

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพดิน ปุ๋ย และ
น้ำทางการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน

2. โครงการวิจัย : การศึกษาติดตามตรวจสอบมลพิษทางดินและเทคโนโลยีบำบัดดิน
ในพื้นที่ปนเปื้อน

กิจกรรม :

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วในพื้นที่สวนผลไม้และ
แนวทางลดการสะสมของโลหะหนักในพืชที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อน

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): A study of cadmium and lead contamination in the
orchard areas and mechanism to reduce the accumulation of
heavy metals in plants grown in contaminated areas

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาววนิดา โนบรเทศา	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นางสาวแววตา พลกุล	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นางสาวขวัญตา มีกลิ่น	สังกัด สำนักพัฒนาและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
	นางอรพิน หนูทอง	สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7
	นางสาวศราริน กลิ่นโพธิ์กลับ	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายอนันต์ ทองภู	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่ว ในพื้นที่สวนผลไม้ ดำเนินการในปี 2560-2562 โดยสำรวจเก็บตัวอย่างดินและมังคุด ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร มาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดิน และผลผลิตมังคุดสด ตลอดจนสมบัติพื้นฐานต่างๆของดิน พบ ปริมาณตะกั่วในดินปลูกมังคุดในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าตั้งแต่ 1-36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและชุมพรพบในช่วง 9-35 และ 3.4-32.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ปริมาณแคดเมียมในดินปลูกมังคุดในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร พบในช่วง nd.-0.6, 0.3-1.8 และ 0.02-1.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งปริมาณแคดเมียมและตะกั่วที่ตรวจพบในดินดังกล่าวมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมิในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาชิกยุโรป (แคดเมียม 1-3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกั่ว 100-300

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงไม่ได้ดำเนินการศึกษาถึงแนวทางลดการสะสมของแคดเมียมและตะกั่วในมังคุดที่ปลูกในพื้นที่ที่พบการปนเปื้อน

สำหรับความเข้มข้นของตะกั่วในผลผลิตมังคุด ทั้ง 3 จังหวัด พบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยมีความเข้มข้น <0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้พืชมินeralในพืชอาหารของ Codex ที่กำหนดไว้ที่ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างมังคุดที่เก็บจากจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร พบในช่วง $0.007-0.09$, $0.03-0.06$ และ $0.006-0.06$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งความเข้มข้นของแคดเมียมในผลผลิตมังคุดในบางพื้นที่ของทั้ง 3 จังหวัดเกินมาตรฐานของประเทศจีนที่อนุญาตให้มีแคดเมียมปนเปื้อนในผลผลิตมังคุดสดได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นพื้นที่ปลูกมังคุดที่ตรวจพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในผลผลิตเกินเกณฑ์มาตรฐาน ควรมีการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันและลดการปนเปื้อนของแคดเมียมในผลผลิตมังคุด

คำสำคัญ โลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว มังคุด

Abstract

Study of cadmium and lead contamination in the orchard areas was conducted in 2017-2019 by randomly sampling soil and mangosteen samples in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani and Chumphon provinces to analyze the amount of heavy metals in the soil and mangosteen products as well as various basic soil properties. The results shown that, the amount of lead (Pb) in mangosteen planted areas in Nakhon Si Thammarat province ranged from 1 to 36 mg kg^{-1} . Whereas in Surat Thani and Chumphon provinces, it was found in the range of $9-35$ and $3.4-32.6$ mg kg^{-1} . While the amount of cadmium (Cd) in mangosteen planted areas in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani and Chumphon provinces were found in $\text{nd.-}0.6$, $0.3-1.8$ and $0.02-1.07$ mg kg^{-1} , respectively. These data indicated that Cd and Pb content in soils were not exceeded the maximum allowable concentration for Cd ($1-3$ mg kg^{-1}) and Pb ($100-300$ mg kg^{-1}) in agricultural soil. Therefore, this study does not conduct a study to reduce the accumulation of Cd and Pb in mangosteen grown in contaminated areas.

The concentration of Pb in mangosteen products in 3 provinces was found in the amount not different, average concentration <0.002 mg Pb kg^{-1} fresh weight. This illustrated that Pb concentration in mangosteen products not exceeded the maximum allowable in food of Codex (0.1 mg Pb kg^{-1}). While the concentration of Cd in mangosteen products collected from Nakhon Si Thammarat, Surat Thani and Chumphon provinces were in the range of $0.007-0.09$, $0.03-0.06$ and $0.006-0.06$ mg Cd kg^{-1} fresh weight, indicated that Cd concentration in mangosteen products at some areas were exceeded maximum allowable standard Cd concentration in food of China (0.05 mg Cd kg^{-1}). Therefore, the mangosteen planted area that

detected Cd contamination in the product exceeded the standard, ongoing monitoring and surveillance should be taken to prevent and reduce Cd contamination in mangosteen products.

Key word Heavy metals, Cadmium, Lead, Mangoseteen

6. คำนำ

มาตรฐานด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นประเด็นที่ถูกหยิบยกขึ้นมากล่าวถึงบ่อยครั้ง ทั้งในแง่สุขอนามัยโดยรวมของผู้บริโภค และในบริบทของการเป็นข้อต่อรองในระบบเปิดเสรีการค้าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ประเทศไทยซึ่งได้มีการเคลื่อนไหวและปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อประเด็นนี้มาโดยตลอด แต่มักมุ่งเน้นไปที่กลุ่มอาหารส่งออกเป็นหลัก เนื่องจากสามารถ ส่งผลกระทบต่อ การส่งออกสินค้าอาหารของไทย ส่วนมาตรฐานและการเฝ้าระวังด้านความปลอดภัยของอาหารเพื่อการบริโภคภายในประเทศนั้นพบว่า หลายหน่วยงานได้พยายามผลักดันให้มาตรฐานอาหารที่คนไทยบริโภคมีมาตรฐานเช่นเดียวกับอาหารส่งออก แต่การนำไปปฏิบัติจริงยังไม่พบว่ามี ความเข้มแข็ง คลอบคลุม และต่อเนื่องเพียงพอ ซึ่งการใส่ใจอย่างจริงจังในเรื่องความปลอดภัยของอาหารที่บริโภคภายในประเทศ นับเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้น ซึ่งจะส่งผลต่อสุขอนามัยที่ดีของประชาชนผู้เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาของประเทศที่แท้จริง

ดังนั้นดินที่ใช้ทำการเกษตร และใช้ปลูกพืชเพื่อบริโภคเป็นอาหาร ควรสะอาดและปลอดจากการปนเปื้อนของสารพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุพิษในกลุ่มของโลหะหนัก เช่น แคดเมียม โปรท สารหนู และ ตะกั่ว อย่างไรก็ตาม การใช้ที่ดินเพื่อเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน รวมทั้งปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และ ยาปราบศัตรูพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอ มีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด ผลจากการใช้ที่ดินในรูปแบบดังกล่าว สารพิษจำพวกโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับปัจจัยการผลิต จะทยอยสะสมรวมเข้ากับเนื้อดิน และยากต่อการย่อยสลาย หากสะสมจนเกินความสามารถของดินจะดูดซับไว้ได้ โลหะหนักบางส่วนจะละลายปนออกมากับธาตุอาหารอื่นๆที่พืชดูดใช้ การสะสมของโลหะหนักดังกล่าวจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อพืช และผู้บริโภค สาเหตุหนึ่งของการปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่การเกษตรคือ เกิดจากกระบวนการแยกและถลุงแร่โลหะ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าพื้นที่การเกษตรในประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของโลหะหนักจากกิจกรรมดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น การปนเปื้อนของโลหะหนักไม่ว่าจะโดยธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ล้วนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ในระยะยาว โดยมนุษย์สามารถรับพิษโลหะหนักได้โดยตรงและผ่านทางการสะสมของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหาร (Mchale and Mchale, 1994) ทำให้เกิดโรคที่เกิดจากการสะสมของโลหะหนักในร่างกายมนุษย์ เช่น โรคมินามาตะ (minamata) จากปรอท และโรคอิไต-อิไต (itai-itai) จากแคดเมียม (Laws, 1993) จากรายงานในอเมริกา พบว่าความเป็นพิษของตะกั่วจะส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของสมองเด็ก ทำให้เด็กสมองพิการ ระบบประสาทล้มเหลว (Abrahams, 2002; Rieuwert *et al.*, 2000) และคนที่บริโภคผักที่ปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่ว ในประเทศตุรกี มีอายุสั้นลงกว่าคนปกติ 9-10 ปี (Türkdoğan *et al.*, 2002) นอกจากนี้ในต่างประเทศยังรายงาน ว่า ผักที่รับประทาน ราก หัว และใบ เป็นพืชที่มีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนแคดเมียม หากปลูกในพื้นที่ปนเปื้อน ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักและธาตุกึ่งโลหะในประเทศไทย ที่

พบว่าแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นธาตุที่สะสมอยู่ในดินและผลผลิตของพืชค่อนข้างสูงจนอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของดินและคุณภาพของผลผลิตพืชที่เป็นอาหาร (พิชิตและสุรสิทธิ์, 2542) สำหรับในพื้นที่สวนผลไม้ ได้มีการรายงานการตรวจพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน ในเขตอำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี อยู่ในช่วง 5.4-6.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในเขตอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ยังพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินในบางพื้นที่ เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการเกษตร (>3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้เนื่องจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดนครศรีธรรมราช ในอดีตมีการทำเหมืองแร่ดีบุก พลวง ทังสแตน เพลตสแปร์ ฟลูออไรด์ และ ยิปซัม จึงอาจมีการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่พื้นที่บริเวณใกล้เคียง (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7, 2556)

ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย ย่อมเป็นประโยชน์ต่อความปลอดภัยของการผลิตพืชอาหารของประเทศไทย ทั้งเพื่อการบริโภคภายในและการค้าขายกับต่างประเทศ นอกจากนี้หากผลการศึกษาบ่งชี้ว่าพื้นที่ทำการเกษตรใด มีปริมาณของโลหะหนักสูงผิดปกติ ย่อมแสดงว่าพื้นที่ทำการเกษตรนั้นอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักเกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำมาบริหารจัดการ และหาวิธีการจัดการ ควบคุมและป้องกันการแพร่กระจายของโลหะหนักไปสู่บริเวณใกล้เคียงอย่างมีประสิทธิภาพ

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

- 1) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น ท่อเจาะดินสแตนเลส กระบอกสแตนเลสสำหรับเก็บตัวอย่างดิน ขนาด 100 มิลลิลิตร พลั่วมือสแตนเลส ค้อนทองแดง ถุงพลาสติก ถังพลาสติก
- 2) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช เช่น ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย
- 3) เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องแก้ว สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช เช่น สารละลายมาตรฐาน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู กรดไนตริก กรดเปอร์คลอริก แก๊สอาร์กอน แก๊สไนโตรเจน และ แก๊สอะเซทิลีน

7.2 วิธีการ

การเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างมังคุด สํารวจเก็บตัวอย่างดินและมังคุดในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในสวนมังคุดของเกษตรกรแต่ละรายพร้อมเก็บตัวอย่างผลผลิตมังคุด เก็บดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร ตันละ 4 จุด (6-8 ตัน/แปลง) ตามแนว 4 ทิศหลัก รวบรวมดินที่เก็บตามระดับความลึก รวมเป็น 2 ตัวอย่าง/แปลง บันทึกพิกัดตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างโดยใช้ Global Positioning System (GPS)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) pH: ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Rayment and Higginson, 1992) คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที และ วัด pH ด้วยเครื่อง pH meter แบบ Glass electrode

2) อินทรีย์วัตถุในดิน: โดยวิธี walkley and black (Nelson and Sommers, 1982) ย่อยดินด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น และ $1N K_2Cr_2O_7$ ไตเตรตด้วยสารละลาย $0.5 N$ ammonium ferrous sulfate

3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์: สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II ($0.03N NH_4F + 0.1N HCl$) วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ โดยทำให้เกิดสีตามวิธี molybdenum blue (Watanabe and Olsen, 1965) วัดความเข้มของสีเทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร

4) โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย $1N NH_4OAc$, pH 7 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

5) ทองแดง สังกะสี เหล็กและแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยสกัดดินด้วยน้ำยา DTPA pH 7.3 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และวิเคราะห์ปริมาณทองแดง สังกะสี เหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ ด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

การวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ย่อยตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ด้วยวิธี aqua regia ($3:1 HCl : HNO_3$) ในหลอดย่อยตัวอย่างแบบเปิด (McGrath and Cunliffe, 1985) วัดความเข้มข้นของโลหะหนักเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV)

การวิเคราะห์โลหะหนักในมั่งคุด ย่อยตัวอย่างเนื้อมั่งคุดสดด้วยกรดผสม $HCl : HNO_3$ (Zarcinas and Cartwright, 1983) โดยชั่งตัวอย่าง $0.5 \times \times \times$ กรัม เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิตร และย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิไม่เกิน 140 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใส วัดความเข้มข้นของโลหะหนักเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ เพื่อลดการปนเปื้อน เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แช่ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ค้างคืน จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นและอบแห้งในตู้อบ ก่อนนำไปใช้เพื่อประเมินค่าความแม่นยำของการวิเคราะห์ ในชุดการวิเคราะห์เดียวกันโดยย่อย reagent blanks 2 ซ้ำ ตัวอย่างพืชอ้างอิง 2 ซ้ำ และตัวอย่างดินอ้างอิง 2 ซ้ำ และในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชทำ 2 ซ้ำ

การประเมินระดับการปนเปื้อนในดินและพืช นำข้อมูลจากผลวิเคราะห์มาประเมินระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและพืช โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมินในดินเพื่อการเกษตรและในพืช (Maximum Allowable Concentration, MAC) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจัดทำพื้นที่ระดับความเสี่ยง (ระดับต่ำ ปานกลางและสูง) โดยใช้แผนที่ดินเป็นแผนที่ฐาน และใช้ GIS ช่วยในการจัดทำขอบเขต

พื้นที่เสี่ยง ซึ่งมาตราส่วนในการทำแผนที่จะขึ้นอยู่กับขอบเขตในการเก็บตัวอย่างในแต่ละจังหวัด (จำนวนจุดที่เก็บตัวอย่าง)

เวลาและสถานที่ เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2562
กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
แปลงมั่งคุดของเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานีและชุมพร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

โดยทั่วไปโลหะหนักในดินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) โลหะหนักกลุ่มที่เป็นธาตุอาหารพืช (Plant nutrient metals group) จำเป็นต่อการเจริญเติบโต แต่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี โดยธรรมชาติธาตุเหล็กและแมงกานีสในดินมีปริมาณสูงและมีการกระจายตัวกว้างมาก จึงไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานในดินไว้ ส่วนทองแดง และสังกะสีในดิน กลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (CEC, 1993) กำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 100 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

2) โลหะหนักกลุ่มที่เป็นธาตุพิษ (Toxic metals group) เช่น แคดเมียม ตะกั่ว สารหนูปรอทโครเมียม และนิเกิล เป็นต้น เป็นธาตุที่มีอยู่แล้วในดิน ดังนั้นพืชจะดูดขึ้นไปสะสมในต้นมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณที่ละลายได้ในดิน ถ้าพืชดูดขึ้นไปสะสมในส่วนของผลผลิตสูง จะทำให้ผลผลิตของพืชนั้นไม่เป็นที่ต้องการของตลาด โดยกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป กำหนดค่ามาตรฐานของ แคดเมียม และตะกั่ว ในดินไว้ที่ คือ 1-3 และ 100-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (CEC, 1993)

8.1 ปริมาณโลหะหนักในดินปลูกมั่งคุด

8.1.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากผลวิเคราะห์ดินในพื้นที่ปลูกมั่งคุดในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ อำเภอลานสกา และอำเภอรพรมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ เช่น แคดเมียม พบ มีค่าตั้งแต่ไม่สามารถตรวจพบจนถึง 0.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบดังกล่าวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของแคดเมียม (1-3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่อนุญาตให้พืชมีในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (CEC, 1993) แต่เมื่อเทียบกับระดับเกณฑ์พื้นฐานของแคดเมียมในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Zarcinas *et al.*, 2004) พบว่า 46 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างดินที่สำรวจมีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานดังกล่าว (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) ทั้งนี้ระดับเกณฑ์พื้นฐานเป็นระดับความเข้มข้นที่นำมาใช้เพื่อประเมินการปนเปื้อนระยะแรก ซึ่งระดับเหล่านี้ไม่ได้บ่งชี้ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น แต่เป็นระดับความเข้มข้นที่ต้องนำมาตรวจสอบต่อไปว่า การปนเปื้อนที่เกิดจากความเข้มข้นระดับนั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆของมนุษย์หรือไม่ หรือทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หรือไม่

ส่วนปริมาณตะกั่วในดิน พบในช่วง 1-36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อเทียบปริมาณที่ตรวจพบในดินดังกล่าวกับระดับเกณฑ์พื้นฐานของตะกั่วในดินของประเทศไทย (55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมาตรฐานที่

อนุญาตให้พืชมินดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป จะเห็นว่าดินปลูกมังคุดในพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราชอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงปริมาณแคดเมียมในดินปลูกมังคุดในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ อำเภอลานสกา และ อำเภอพรมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงปริมาณตะกั่วในดินปลูกมังคุดในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ อำเภอลานสกา และอำเภอพรมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

สำหรับปริมาณโลหะหนักในกลุ่มที่เป็นธาตุอาหารพืช เช่น ทองแดงและสังกะสีทั้งหมดในดิน ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบอยู่ระหว่าง 0.3-61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 8-52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณทองแดงและสังกะสีที่พบในดินดังกล่าวต่ำกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานของทองแดงและสังกะสี

ในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 45 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ทองแดงและสังกะสีอนุญาตให้พืชมินิในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (ตารางที่ 1)

8.1.2 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างดินปลูกมังคุดในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิมและบ้านนาสาร จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ดินที่ปลูกมังคุดในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณแคดเมียมในดินตั้งแต่ 0.32-1.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) ซึ่ง 36 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างดินที่สำรวจมีค่าการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานเกณฑ์ต่ำของแคดเมียมอนุญาตให้พืชมินิในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (CEC, 1993) และพบว่าทุกตัวอย่างดินที่สำรวจมีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนในดินสูงกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานของแคดเมียมในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

ปริมาณตะกั่วในดิน พบในช่วง 9-35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อเทียบปริมาณที่ตรวจพบในดินดังกล่าวกับระดับเกณฑ์พื้นฐานของตะกั่วในดินของประเทศไทย (55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมินิในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป จะเห็นว่าดินปลูกมังคุดในพื้นที่ที่สำรวจในจังหวัด นครศรีธรรมราชอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงปริมาณแคดเมียมในดินปลูกมังคุด ในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิม และอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี



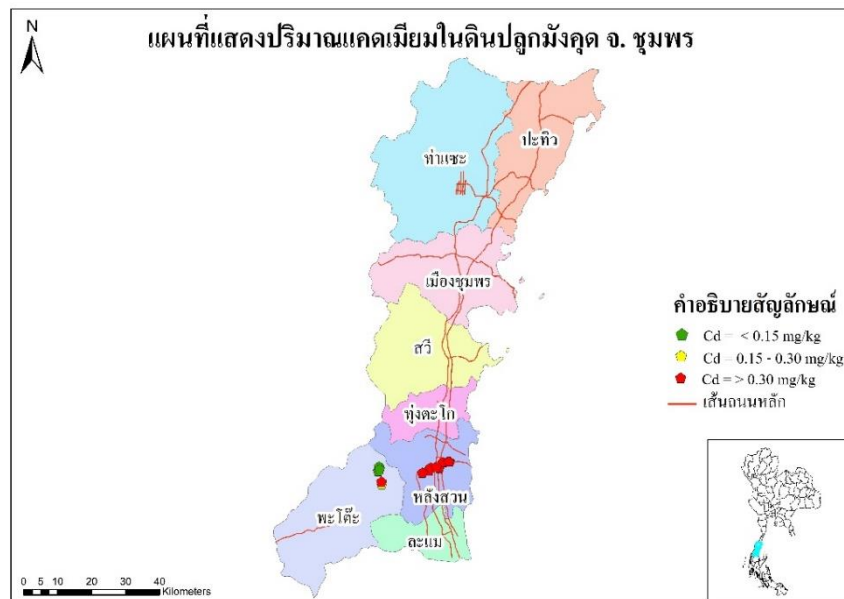
ภาพที่ 4 แผนที่แสดงปริมาณตะกั่วในดินปลูกมังคุด ในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิม และอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ส่วนปริมาณทองแดงและสังกะสีทั้งหมดในดินปลูกมั่งคุดในอำเภอบ้านนาเดิมและบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบระหว่าง 1.6-10.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 12-65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณทองแดงและสังกะสีที่พบในดินดังกล่าวต่ำกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานของทองแดงและสังกะสีในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 45 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของทองแดงและสังกะสีอนุญาตให้พืชมีในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาชิกยุโรป (ตารางที่ 2)

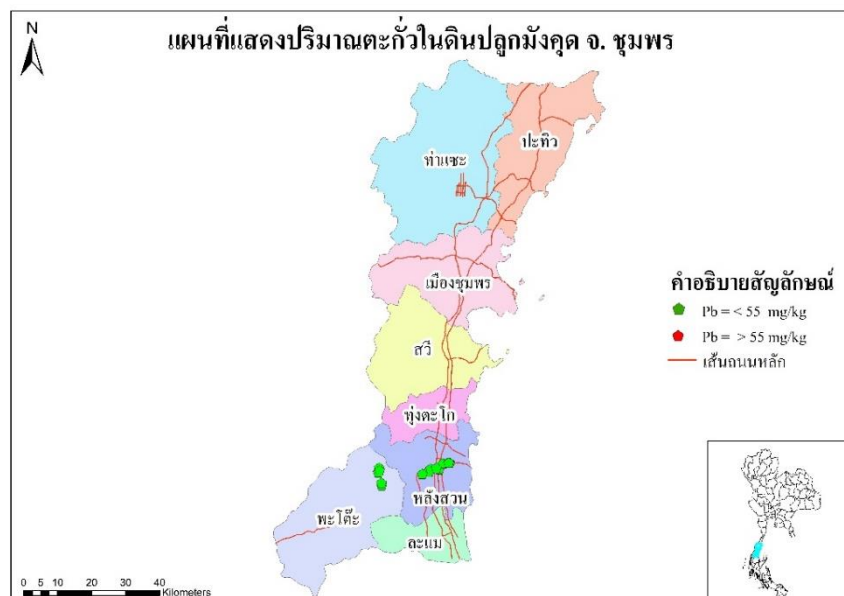
8.1.3 จังหวัดชุมพร

ปริมาณของแคดเมียมในดินปลูกมังคุดในเขตอำเภอยะโฮร์และหลังสวน จังหวัดชุมพร พบอยู่ระหว่าง 0.02-1.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) ซึ่ง 73 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างที่สำรวจมีค่าสูงกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานของแคดเมียมในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 5) เนื่องจากแคดเมียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายจากดินไปสะสมที่ผลิตผลพืชได้มากกว่าธาตุโลหะหนักอื่นๆ ดังนั้นจึงควรมีการติดตามตรวจสอบพื้นที่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ส่วนปริมาณตะกั่วในดินพบในช่วง 5-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ตรวจพบในดินดังกล่าวกับระดับเกณฑ์พื้นฐานของตะกั่วในดินของประเทศไทยและมาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมิในดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาชิกยุโรป จะเห็นว่าดินในเขตจังหวัดที่อำเภอยะโฮร์อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของตะกั่ว (ภาพที่ 6)

ปริมาณทองแดงและสังกะสีทั้งหมดในดินปลูกมั่งคุดในเขตอำเภอยะโฮร์และหลังสวน จังหวัดชุมพร พบอยู่ระหว่าง 2-13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 13.5-60.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณทองแดงและสังกะสีที่พบในดินดังกล่าวต่ำกว่าระดับเกณฑ์พื้นฐานของทองแดงและสังกะสีในดินของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 45 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของทองแดงและสังกะสีอนุญาตให้พืชมินดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 5 แผนที่แสดงปริมาณแคดเมียมในดินปลูกมังคุด ในพื้นที่อำเภอพะโต๊ะ และอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงปริมาณตะกั่วในดินปลูกมังคุด ในพื้นที่อำเภอพะโต๊ะ และอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร

8.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในผลผลิตมังคุด

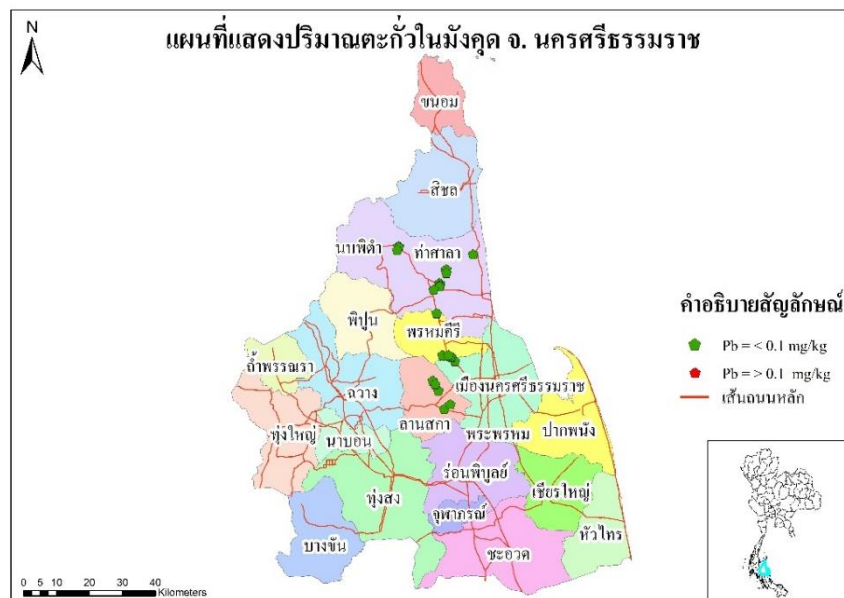
8.2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างมังคุดในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ อำเภอลานสกาและอำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช พบมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อมังคุดสด ระหว่าง 0.008-0.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4 และภาพที่ 7) และเกินมาตรฐานที่กำหนดของกลุ่มสมาชิกยุโรป (0.05

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 1 ตัวอย่าง ส่วนตะกั่วพบปนเปื้อนในเนื้อมังคุด < 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4 และภาพที่ 8) ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดของ Codex ที่ยอมให้ตะกั่วปนเปื้อนในอาหารได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (CCCF, 2006)



ภาพที่ 7 แผนที่แสดงความเข้มข้นของแคดเมียมในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ
อำเภอลานสกา และอำเภอยะหริ่ง จังหวัดนครศรีธรรมราช



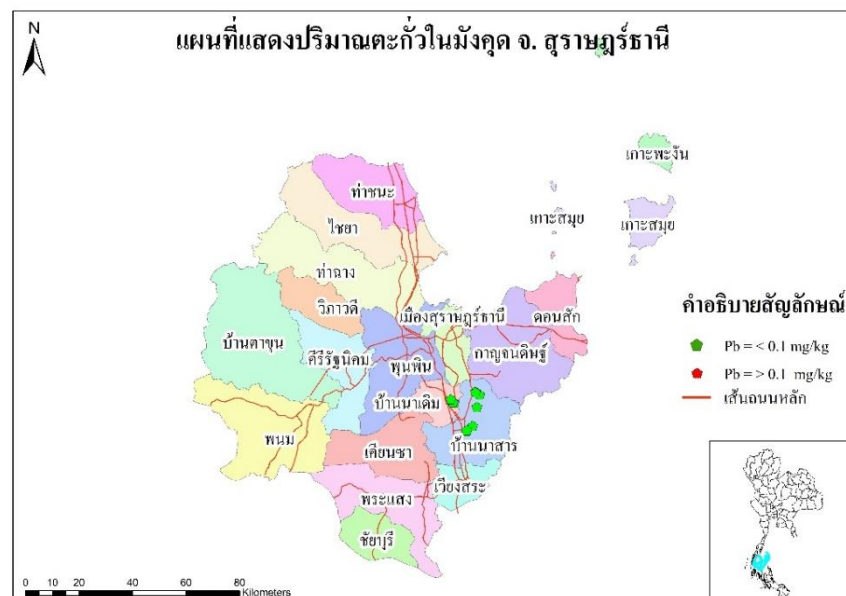
ภาพที่ 8 แผนที่แสดงความเข้มข้นตะกั่วในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ
อำเภอลานสกา และอำเภพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

8.2.2 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างมังคุดในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิมและอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อมังคุดสด ระหว่าง 0.03-0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5 และภาพที่ 9) ซึ่งมีร้อยละ 30 ของจำนวนตัวอย่างที่สำรวจมีแคดเมียมปนเปื้อนเกินมาตรฐานที่กำหนดของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป (0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนตะกั่วพบปนเปื้อนในเนื้อมังคุด < 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5 และภาพที่ 10) ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดของ Codex ที่ยอมให้ตะกั่วปนเปื้อนในอาหารได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (CCCF, 2006)



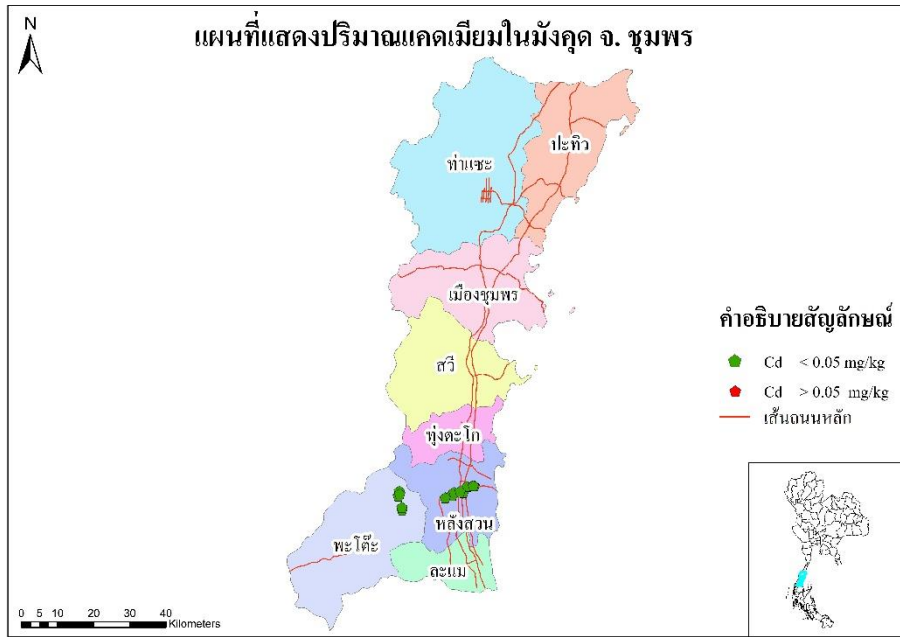
ภาพที่ 9 แผนที่แสดงความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำผิวดินในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิมและอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี



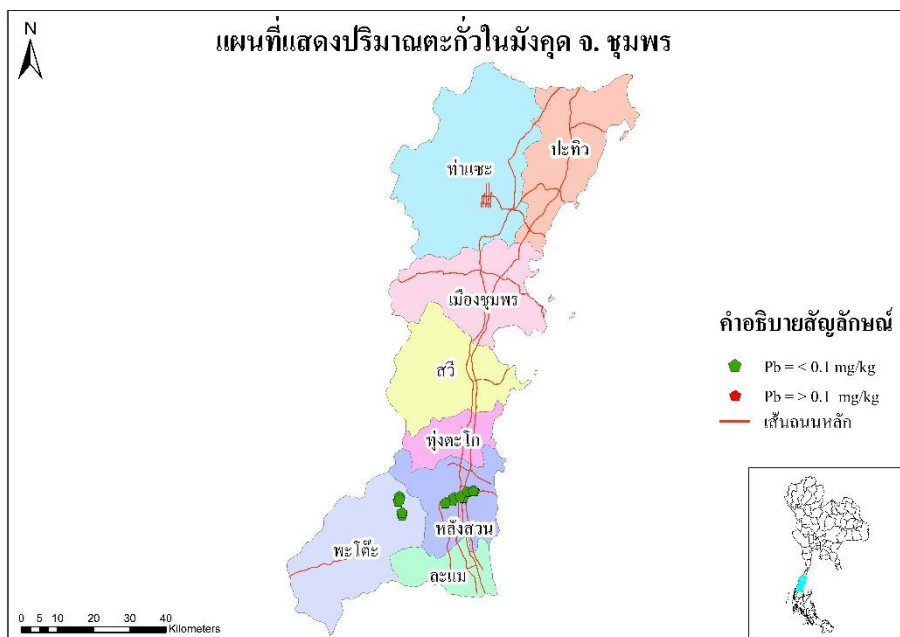
ภาพที่ 10 แผนที่แสดงความเข้มข้นตะกั่วในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่อำเภอบ้านนาเดิมและอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

8.2.3 จังหวัดชุมพร

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างมังคุดในพื้นที่อำเภอฟะโงะและอำเภอลำสนธิ จังหวัดชุมพร พบมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อมังคุดสด < 0.006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถึง 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6 และภาพที่ 11) ซึ่งมีจำนวน 1 ตัวอย่างที่สำรวจมีแคดเมียมปนเปื้อนเกินมาตรฐานที่กำหนดของกลุ่มสมาชิกยุโรป (0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนตะกั่วพบปนเปื้อนในเนื้อมังคุด < 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6 และภาพที่ 12) ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดของ Codex ที่ยอมให้ตะกั่วปนเปื้อนในอาหารได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (CCCF, 2006)



ภาพที่ 11 แผนที่แสดงความเข้มข้นแคดเมียมในเนื้อมังคุดสดในพื้นที่อำเภอฟะเ็าะ และอำเภอลังสวน จังหวัดชุมพร



ภาพที่ 12 แผนที่แสดงความเข้มข้นของตะกั่วในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่อำเภอพะโต๊ะ และอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร

8.3 สมบัติทั่วไปของดินในพื้นที่ปลูกมังคุด

8.3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินปลูกมังคุด

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร พบว่า ดินที่ปลูกมังคุดส่วนใหญ่มีความเป็นกรด (ตารางที่ 7 8 และ 9) โดยดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช มี pH อยู่ในช่วง 4.1-5.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (0.5 เปอร์เซ็นต์) ถึงปานกลาง (1.8 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากดินในพื้นที่ปลูกมังคุดดังกล่าวส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนเหนียวปนทราย (ตารางที่ 7) ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำโดยธรรมชาติ สำหรับดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 4.0-4.6 พบอินทรีย์วัตถุในดินต่ำในช่วง 0.8-1.7 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงดินร่วนเหนียวปนทราย (ตารางที่ 8) ส่วนดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดชุมพร มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 4.2-4.7 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ 0.8-1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว (ตารางที่ 9)

8.3.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกมังคุด

สถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกมังคุด ใช้เกณฑ์การประเมินจากค่าวิเคราะห์ 3 รายการคือ ร้อยละปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ซึ่งแปรผลจากค่าวิเคราะห์ดิน โดยให้เกณฑ์การประเมินเป็น ค่าสูง ปานกลาง และ ต่ำ ในการกำหนดคะแนน เมื่อรวมผลคะแนนจากค่าวิเคราะห์ดินทั้ง 3 รายการ จึงนำมาจัดระดับสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังตารางที่ 10 สำหรับระดับจุลธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดิน เช่น สังกะสี และ ทองแดง ใช้วิธีประเมินเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามวิธีของ Viet and Lindsay (1973) ซึ่งจากข้อมูลการประเมินสามารถนำมาวินิจฉัยว่าระดับจุลธาตุในดินอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 11

จากการนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินมาประเมินคุณภาพระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในด้านธาตุอาหารหลักและประเมินปริมาณความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารพืชในดิน (ตารางที่ 7 8 และ 9) พบว่า ดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานีและชุมพร มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในด้านจุลธาตุอาหาร พบว่าในพื้นที่ปลูกมังคุดทั้ง 3 พื้นที่จังหวัดที่สำรวจมีปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินพอเพียงกับความต้องการของพืช ส่วนสังกะสีที่เป็นประโยชน์ ทั้งในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานีและชุมพร มีปริมาณไม่พอเพียงกับความต้องการของพืช ซึ่ง 75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างดินที่เก็บจากสวนมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ไม่พอเพียงกับความต้องการของพืช รองลงมาคือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 6175 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างดิน และชุมพร 44 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างดิน ซึ่งหากพืชที่ปลูกมีความไวต่อการขาดธาตุเหล็ก ทองแดง และสังกะสี จะแสดงอาการขาดธาตุดังกล่าวได้

8.4 แนวทางลดการสะสมของโลหะหนักในพืชที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อน

จากผลวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร (ตารางที่ 1 2 และ 3) พบปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วในดินต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมินดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรป ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงไม่ได้ดำเนินการศึกษาถึงแนวทางลดการสะสมของแคดเมียมและตะกั่วในมังคุดที่ปลูกในพื้นที่ที่พบการปนเปื้อน เนื่องจากปริมาณตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนในดินระดับต่ำ ส่วนในบางแปลงที่ตรวจพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในผลผลิต โดยเฉพาะมังคุดที่เก็บจากอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดนครศรีธรรมราช อาจเนื่องมาจากดินที่ปลูกมังคุดในพื้นที่ดังกล่าวมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ จึงเป็นปัจจัยส่งเสริมการละลายของแคดเมียมออกสู่สารละลายดิน ทำให้พืชดูดซึมแคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนที่บริโภคได้ ดังนั้นในการแก้ไขเบื้องต้นควรใช้ปูนขาวหรือโดโลไมต์ เพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น และลดการละลายของแคดเมียมออกสู่สารละลายดิน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ปริมาณโลหะหนักในดินในพื้นที่ปลูกมังคุดในจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานีและชุมพร พบการปนเปื้อนของตะกั่วในดินต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมินดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรปและระดับเกณฑ์พื้นฐานของตะกั่วในดินของประเทศไทย ส่วนแคดเมียมในดินพบในปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมินดินทำการเกษตรของกลุ่มสมาพันธ์ยุโรปเช่นกัน แต่เมื่อเทียบกับระดับเกณฑ์พื้นฐานของแคดเมียมในดินของประเทศไทย (0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่าแคดเมียมในดินปลูกมังคุดในบางสวนของทั้ง 3 จังหวัดที่สำรวจ มีค่าเกินระดับเกณฑ์พื้นฐานของแคดเมียมในดินของประเทศไทย ซึ่งระดับเกณฑ์พื้นฐานดังกล่าวเป็นระดับความเข้มข้นที่นำมาใช้เพื่อประเมินการปนเปื้อนระยะแรก และระดับเหล่านี้ไม่ได้บ่งชี้ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น แต่ยังจำเป็นต้องตรวจสอบต่อไปว่า การปนเปื้อนที่เกิดจากความเข้มข้นระดับนั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆของมนุษย์หรือไม่ หรือทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หรือไม่

นอกจากนี้ยังพบว่าในบางแปลงตรวจพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในผลผลิตสูงเกินมาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะมังคุดที่เก็บจากอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดนครศรีธรรมราช อาจเนื่องมาจากดินที่ปลูกมังคุดในพื้นที่ดังกล่าวมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ จึงเป็นปัจจัยส่งเสริมการละลายของแคดเมียมออกสู่สารละลายดิน ทำให้พืชดูดซึมแคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนที่บริโภคได้ ดังนั้นในการแก้ไขเบื้องต้นควรใช้ปูนขาวหรือโดโลไมต์ เพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น และลดการละลายของแคดเมียมออกสู่สารละลายดิน และควรมีการคัดแยกผลผลิตมังคุดในส่วนที่ตรวจพบว่าการปนเปื้อนของแคดเมียมก่อนส่งเข้าสู่ตลาด หรือสุ่มตรวจผลผลิตมังคุดในพื้นที่ดังกล่าวทุกครั้งก่อนที่ขายผลผลิตสู่ท้องตลาด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดเกณฑ์พื้นฐานของปริมาณโลหะหนักในดิน ในพื้นที่การเกษตรของประเทศ ตลอดจนเป็นข้อมูลทางวิชาการเพื่อใช้ป้องกันไม่ให้เกิดดินเสื่อมเนื่องจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตลอดจนวางแผนในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง เพื่อการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของโลหะ

หน้าในดินและผลิตผลของพืชต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุน ยืนยันต่อผู้บริโภคว่าผลิตผล
มังคุดที่ผลิตจากแหล่งดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 1 ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ จังหวัด นครศรีธรรมราช

No.	Location (47P)		Toxic metals in soil (mg/kg)			Plant nutrient metals in soil (mg/kg)	
	X	Y	Cd	Pb	As	Cu	Zn
1	599168	969883	0.52±0.08	11.5±0.2	16.1±2.7	4.6±0.5	28±5
2	590879	965206	0.38±0.05	9.0±0.6	13.2±1.9	2.9±0.5	20±3
3	591039	965334	0.37±0.05	8.6±0.6	12.6±1.9	2.9±0.2	19±3
4	591022	964282	0.26±0.04	7.5±0.4	9.9±1.5	2.1±0.4	19±4
5	589154	960850	0.14±0.01	6.5±0.4	7.2±0.7	1.4±0.1	13±2
6	588966	961175	0.16±0.03	6.9±0.4	7.5±0.9	2.3±0.8	14±1
7	589115	960507	0.12±0.11	6.7±1.2	7.8±2.7	2.1±0.7	19±2
8	589074	960331	0.11±0.03	7.2±0.4	7.8±0.8	2.5±0.2	24±4
9	588896	960100	0.08±0.02	6.8±0.2	7.6±0.6	2.4±0.5	49±4
10	587166	959209	0.01±0.02	3.8±0.4	5.8±0.7	0.9±0.3	18±3
11	590389	922998	0.44±0.06	8.9±0.3	16.6±1.9	1.9±0.5	24±2
12	592208	924386	0.42±0.18	10.7±1.9	18.1±3.3	2.6±1.4	21±3
13	588603	928604	0.07±0.10	5.5±2.4	8.8±2.5	4.7±1.2	44±11
14	586909	931595	0.05±0.02	3.2±0.3	8.7±0.7	2.8±0.6	35±3
15	587652	930516	0.04±0.04	4.4±0.6	6.3±0.9	3.2±0.4	39±7
16	576538	972353	0.20±0.04	5.2±1.9	9.3±0.9	0.8±0.5	19±4
17	576573	972072	0.63±0.14	36.7±16.6	19.9±4.9	16.1±8.9	35±10
18	576122	971189	0.02±0.02	6.6±1.3	3.7±0.5	1.7±1.4	17±3
19	588075	952017	0.02±0.03	1.0±0.4	1.7±0.5	0.3±0.1	1.1±1
20	593635	937542	0.09±0.09	5.0±0.9	5.9±2.8	3.0±1.1	8±2
21	592586	938775	0.23±0.06	3.7±0.3	9.8±1.7	5.1±0.8	14±2
22	592239	938910	0.10±0.06	1.4±0.3	5.4±1.6	1.1±0.4	3.1±1
23	589856	939345	0.17±0.09	3.9±0.9	8.6±3.3	3.7±1.6	17±7
24	591698	939352	0.52±0.10	12.5±0.5	16.3±2.4	5.0±0.6	34±3
25	598824	969662	0.5±0.10	12.4±1.5	16.8±3.3	4.6±0.7	31±6
26	598747	969669	nd.	3.2±1.5	3.6±1.4	3.1±1.0	43±8
27	584795	928752	nd.	4.4±0.7	4.1±0.4	2.0±0.7	35±4
28	585866	928472	0.02±0.02	5.1±1.0	6.6±1.2	3.7±2.8	52±12
Min.			nd.	1.0	1.7	0.3	8.0
Max.			0.63	36.7	19.9	16.1	52.0
EU standard ^A			1-3	100-300	-	100	300
Thai background ^B			0.15	55	30	45	70

แหล่งที่มา : ^A Commission of the European Communities (CEC, 1993)

^B Zarcinas *et al.* (2004)

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ
จังหวัดสุราษฎร์ธานี

No.	Location (47P)		Toxic metals in soil (mg/kg)			Plant nutrient metals in soil (mg/kg)	
	X	Y	Cd	Pb	As	Cu	Zn
1	544795	987084	0.82±0.34	13.0±2.8	19.6±5.5	1.6±0.4	12±2.3
2	546387	985969	0.84±0.10	17.9±2.2	20.9±2.6	2.7±0.4	16±0.9
3	541524	972498	0.79±0.15	12.7±0.9	19.9±3.2	7.9±4.3	30±4.8
4	541189	972212	0.86±0.26	14.5±0.8	21.6±.2	9.5±5.2	30±1.5
5	543758	974329	0.32±0.12	12.6±2.5	8.7±3.0	5.8±3.5	21±3.2
6	536418	983296	1.23±0.07	14.4±0.8	32.3±1.7	6.5±1.5	45±4.9
7	535904	983205	1.48±0.11	15.9±1.1	39.0±2.5	6.2±1.0	46±1.6
8	544795	986912	2.44±0.22	35.1±8.1	66.5±6.3	6.5±2.0	37±9.1
9	541576	972663	0.43±0.15	11.8±1.4	16.5±4.0	9.1±5.8	29±2.9
10	545339	981402	0.70±0.20	9.3±0.7	24.0±3.4	3.4±0.7	26±3.0
11	536785	982984	1.82±0.29	18.8±3.2	48.3±4.3	10.2±3.6	65±11
12	536340	983156	1.47±0.12	17.6±1.1	39.9±3.5	6.8±0.3	54±3.6
13	535524	984308	0.94±0.11	13.3±1.0	27.0±2.9	7.3±1.8	43±6.3
		Min.	0.32	9.3	8.7	1.6	12
		Max.	1.82	35.1	66.5	10.2	65
EU standard ^A			1-3	100-300	-	100	300
Thai background ^B			0.15	55	30	45	70

แหล่งที่มา : ^A Commission of the European Communities (CEC, 1993)

^B Zarcinas *et al.* (2004)

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ
จังหวัดชุมพร

No.	Location (47P)		Toxic metals in soil (mg/kg)			Plant nutrient metals in soil (mg/kg)	
	X	Y	Cd	Pb	As	Cu	Zn
1	509302	1100822	0.38±0.07	13.3±0.4	14.6±2.3	6.9±0.6	30.1±3.1
2	510732	1100982	0.76±0.02	18.2±0.9	25.1±0.8	13.1±0.6	60.5±0.6
3	505123	1098302	0.31±0.08	9.9±1.4	11.6±2.9	4.7±0.4	26.1±0.3
4	505140	1098584	0.40±0.08	15.2±2.5	14.6±2.5	5.6±0.4	31.6±2.4
5	505664	1099228	0.45±0.08	12.6±0.4	15.6±2.3	6.8±1.0	34.8±2.9
6	508185	1099133	0.41±0.07	13.6±0.3	14.8±2.2	8.5±1.7	47.3±10.4
7	490210	1098159	0.02±0.01	5.0±0.7	3.4±0.2	2.1±0.7	14.2±2.8
8	490500	1099567	0.07±0.04	15.9±0.6	6.2±0.8	7.3±2.1	31.0±4.1
9	490600	1098782	0.05±0.03	8.2±1.5	4.6±0.9	3.0±1.4	13.5±3.8
10	491249	1094365	0.22±0.03	12.3±0.9	10.0±1.4	9.0±2.1	26.2±4.7
11	491194	1095078	1.07±0.68	14.8±4.4	32.6±7.5	12.1±4.3	32.0±6.9
12	509207	1100813	0.61±0.08	15.9±1.2	21.3±2.0	12.0±0.5	52.7±1.9
13	511245	1100996	0.42±0.13	12.3±2.4	15.9±3.6	9.2±2.2	41.1±8.8
14	510949	1101012	0.38±0.14	11.7±2.5	15.2±3.7	8.4±2.0	39.1±9.2
15	507292	1099452	0.59±0.19	15.7±1.7	20.8±5.0	12.0±1.3	49.9±5.2
16	503170	1097717	0.59±0.10	13.5±0.8	20.3±2.7	9.0±0.8	37.7±2.6
		Min.	0.02	5.0	3.4	2.1	13.5
		Max.	1.07	18.2	32.6	13.1	60.5
EU standard ^A			1-3	100-300	-	100	300
Thai background ^B			0.15	55	30	45	70

แหล่งที่มา : ^A Commission of the European Communities (CEC, 1993)

^B Zarcinas *et al.* (2004)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นโลหะหนักในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดนครศรีธรรมราช

No.	Location (47P)		Toxic metals (mg/kg)		
	X	Y	Pb	Cd	As
1	599168	969883	< 0.006	0.02	0.05
2	590879	965206	< 0.006	0.02	< 0.02
3	591039	965334	< 0.006	0.02	< 0.005
4	591022	964282	< 0.006	0.02	< 0.02
5	589154	960850	< 0.006	0.03	0.03
6	588966	961175	< 0.006	0.02	< 0.02
7	589115	960507	< 0.002	0.05	0.02
8	589074	960331	< 0.006	0.03	< 0.005
9	588896	960100	0.007	0.04	0.04
10	587166	959209	< 0.006	0.02	< 0.005
11	590389	922998	< 0.002	0.03	< 0.02
12	592208	924386	< 0.006	0.02	0.05
13	588603	928604	< 0.006	0.09	< 0.02
14	586909	931595	< 0.002	0.02	< 0.005
15	587652	930516	< 0.002	0.03	< 0.005
16	576538	972353	< 0.002	0.007	< 0.005
17	576573	972072	< 0.002	0.01	< 0.005
18	576122	971189	< 0.006	0.05	0.04
19	588075	952017	< 0.002	0.01	< 0.02
20	593635	937542	< 0.002	0.01	0.05
21	592586	938775	< 0.002	0.009	0.05
22	592239	938910	< 0.002	0.008	0.03
23	589856	939345	< 0.002	0.008	< 0.02
24	591698	939352	< 0.002	0.01	< 0.02
	Standard	Codex	0.1		-

EU	-	0.05	-
----	---	------	---

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นโลหะหนักในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

No.	Location (47P)		Toxic metals (mg/kg)		
	X	Y	Pb	Cd	As
1	544795	987084	< 0.002	0.03	< 0.02
2	546387	985969	< 0.002	0.06	0.02
3	541524	972498	< 0.002	0.06	0.02
4	541189	972212	< 0.002	0.04	0.03
5	543758	974329	< 0.002	0.04	0.05
6	536418	983296	< 0.002	0.04	0.04
7	535904	983205	< 0.002	0.04	< 0.02
8	544795	986912	< 0.002	0.03	0.02
9	541576	972663	< 0.002	0.06	0.03
10	545339	981402	< 0.002	0.06	0.05
11	536785	982984	< 0.002	0.04	0.04
12	536340	983156	< 0.002	0.03	< 0.02
13	535524	984308	< 0.002	0.04	0.03
Standard Codex			0.1		-
EU			-	0.05	-

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นโลหะหนักในเนื้อมังคุดสด ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดชุมพร

No.	Location (47P)	Toxic metals (mg/kg)
-----	----------------	----------------------

	X	Y	Pb	Cd	As
1	509302	1100822	< 0.006	0.02	< 0.02
2	510732	1100982	< 0.002	0.06	0.04
3	505123	1098302	< 0.006	0.03	< 0.005
4	505140	1098584	< 0.002	0.02	< 0.005
5	505664	1099228	< 0.006	0.01	0.06
6	508185	1099133	< 0.002	0.02	0.05
7	490210	1098159	< 0.002	0.02	< 0.005
8	490500	1099567	< 0.006	0.01	< 0.005
9	490600	1098782	< 0.006	0.01	< 0.005
10	491249	1094365	< 0.002	0.02	< 0.005
11	491194	1095078	< 0.002	0.006	< 0.005
12	509207	1100813	< 0.002	<0.006	< 0.02
13	511245	1100996	< 0.002	0.02	< 0.005
14	510949	1101012	< 0.002	0.03	< 0.02
15	507292	1099452	< 0.002	0.007	0.04
16	503170	1097717	< 0.002	0.02	0.04
	Standard	Codex	0.1		-
		EU	-	0.05	-

ตารางที่ 7 สมบัติทั่วไปและปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดนครศรีธรรมราช

No.	Location (47P)		Texture	pH	OM	Avai. P ¹	K ²	Ca ²	Mg ²	Cu ³	Zn ³
	X	Y		(1:1)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	599168	969883	Clay loam	4.3±0.2	1.1±0.6	121±105	102±17	157±27	26±1	0.51±0.38	0.79±0.55
2	590879	965206	Loam	4.3±0.1	1.0±0.5	11±10	18±4	13±8	10±6	0.61±0.67	0.32±0.32
3	591039	965334	Sandy loam	4.4±0.2	0.8±0.5	12±10	21±4	49±24	18±5	0.21±0.11	0.28±0.19
4	591022	964282	Loam	4.4±0.1	0.9±0.6	6±5	24±12	12±9	10±7	0.15±0.04	0.21±0.10
5	589154	960850	Loam	4.5±0.1	0.9±0.6	5±2	20±5	49±28	25±11	0.12±0.01	0.22±0.16
6	588966	961175	Sandy clay loam	4.5±0.1	0.9±0.5	44±15	30±16	92±43	13±12	0.35±0.27	0.75±0.78
7	589115	960507	Sandy clay loam	4.5±0.1	1.2±0.4	11±7	25±12	69±28	25±10	0.17±0.07	0.36±0.27
8	589074	960331	Sandy clay loam	4.4±0.1	1.3±0.7	7±3	27±8	100±31	42±29	0.24±0.12	0.53±0.38
9	588896	960100	Clay loam	4.1±0.1	1.1±0.5	14±11	34±8	101±27	30±8	0.28±0.19	1.11±0.51
10	587166	959209	Clay loam	4.2±0.2	1.3±0.6	13±12	32±6	89±10	24±11	0.15±0.10	0.54±0.43
11	590389	922998	Sandy clay loam	4.7±0.3	1.2±0.5	17±23	45±18	81±35	21±13	0.17±0.12	0.28±0.18
12	592208	924386	Clay loam	4.5±0.1	1.2±0.5	12±7	29±5	45±57	15±9	0.28±0.22	0.55±0.33
13	588603	928604	Sandy clay loam	4.7±0.3	1.4±0.7	96±48	99±68	362±	51±38	0.71±0.53	0.89±0.91
14	586909	931595	Sandy clay loam	4.7±0.2	1.5±0.2	28±20	55±12	189±37	30±11	0.22±0.07	0.40±0.17
15	587652	930516	Loamy sand	5.1±0.3	0.5±0.3	60±20	32±16	156±39	25±6	0.24±0.08	0.23±0.09

16	576538	972353	Sandy clay loam	4.5±0.2	1.8±0.8	14±3	18±8	28±6	8±6	0.11±0.06	0.42±0.39
17	576573	972072	Sandy loam	4.8±0.2	1.2±0.6	2±1	28±14	83±49	44±12	0.76±0.39	0.49±0.23
18	576122	971189	Silty clay	4.6±0.1	0.9±0.4	101±70	46±12	95±18	15±8	0.42±0.48	1.28±0.88
19	588075	952017	Sandy clay loam	4.3±0.3	1.1±0.8	7±2	8±6	10±4	7±5	0.06±0.02	0.29±0.14
20	593635	937542	Sandy loam	4.2±0.3	1.0±1.2	5±3	15±5	16±10	8±5	0.32±0.12	0.35±0.19
21	592586	938775	Silty clay loam	4.3±0.3	1.4±0.7	75±23	14±5	25±19	9±6	0.65±0.44	0.54±0.33
22	592239	938910	Clay loam	4.4±0.5	0.7±0.6	6±5	7±3	11±5	5±3	0.06±0.03	0.42±0.34
23	589856	939345	Sandy loam	4.4±0.6	1.3±0.9	10±9	19±11	128±22	46±24	0.31±0.19	0.42±0.28
24	591698	939352	Loam	4.8±0.3	1.0±0.4	72±28	115±98	209±50	40±26	0.60±0.47	3.84±0.65
25	598824	969662	Clay loam	5.0±0.2	0.8±0.3	12±9	38±18	58±46	33±13	0.36±0.08	1.11±0.83
26	598747	969669	Loam	4.4±0.3	1.2±0.5	69±26	85±35	193±37	35±18	0.64±0.51	1.83±1.00
27	584795	928752	Clay loam	4.5±0.2	1.0±0.4	103±27	105±81	165±51	33±21	0.50±0.16	1.47±0.78
28	585866	928472	Sandy loam	5.0±0.6	0.6±0.3	12±9	30±11	408±46	31±21	1.19±1.28	1.17±0.88
Min.				4.1	0.5	2	7	10	5	0.06	0.21
Max.				5.0	1.8	121	115	408	51	1.19	3.84

Note: ¹ Bray II method, ² 1N NH₄OAc. extraction method, ³ DTPA extraction method

ตารางที่ 8 สมบัติทั่วไปและปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

No.	Location (47P)		Texture	pH	OM	Avai. P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	X	Y		(1:1)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	544795	987084	Sandy clay loam	4.0±0.1	1.4±0.6	6±4	29±24	19±13	8.6±4	0.17±0.06	0.33±0.28
2	546387	985969	Sandy loam	4.2±0.1	0.8±0.2	9±4	22±6	27±12	7.7±4	0.30±0.09	0.26±0.13
3	541524	972498	Sandy clay loam	4.0±0.2	1.4±0.5	126±86	53±35	133±11	12±6	1.23±0.87	1.16±0.82
4	541189	972212	Loam	4.1±0.1	1.1±1.0	47±10	38±19	115±57	27±14	1.56±0.98	0.62±0.32
5	543758	974329	Clay loam	4.3±0.2	1.0±0.9	14±6	45±28	187±26	41±23	1.14±0.81	1.07±0.70
6	536418	983296	Clay loam	4.1±0.1	1.7±0.2	31±24	52±22	164±16	55±25	0.75±0.36	1.33±0.55
7	535904	983205	Clay	4.2±0.2	1.5±0.2	13±4	62±12	204±21	54±22	0.62±0.36	1.06±0.83
8	544795	986912	Clay	4.2±0.4	1.4±0.5	4±2	37±10	145±59	18±4	0.42±0.36	0.77±0.53
9	541576	972663	Sandy clay loam	4.4±0.1	0.9±0.5	97±45	34±16	64±25	10±4	1.73±1.57	0.38±0.11
10	545339	981402	Sandy clay loam	4.3±0.2	1.1±0.3	17±16	47±11	71±59	22±14	0.20±0.16	0.32±0.13
11	536785	982984	Clay loam	4.4±0.2	1.4±0.7	101±21	236±25	397±34	96±57	0.71±0.66	1.31±1.11
12	536340	983156	Clay loam	4.1±0.2	1.2±0.5	9±4	90±66	75±56	24±9	0.31±0.15	0.71±0.30
13	535524	984308	Clay loam	4.6±0.2	1.0±0.5	24±20	60±28	218±94	46±26	0.75±0.43	1.30±0.94

Min.	4.0	0.8	4	22	19	7.7	0.17	0.26
Max.	4.6	1.7	126	236	397	96	1.73	1.33

ตารางที่ 9 สมบัติทั่วไปและปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกมังคุด ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในพื้นที่สำรวจ จังหวัดชุมพร

No.	Location (47P)		Texture	pH	OM	Avai. P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	X	Y		(1:1)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	509302	1100822	Clay loam	4.3±0.30	1.5±0.9	78±25	85±49	146±35	39±13	0.4±0.3	0.9±0.5
2	510732	1100982	Silty clay loam	4.7±0.05	1.4±0.5	7±6	19±11	173±39	125±5	1.2±0.2	1.9±0.2
3	505123	1098302	Loam	4.7±0.16	1.1±0.3	120±33	49±3	147±37	48±26	0.5±0.3	2.9±3.5
4	505140	1098584	Clay loam	4.3±0.03	1.2±0.8	49±16	79±39	171±60	69±24	0.5±0.1	1.2±0.3
5	505664	1099228	Clay loam	4.6±0.41	1.5±1.1	72±62	84±39	295±41	92±62	0.8±0.6	2.9±2.6
6	508185	1099133	Clay loam	4.8±0.58	1.3±0.8	159±28	132±37	326±71	104±34	1.2±0.04	10.1±0.5
7	490210	1098159	Loam	4.4±0.02	1.1±0.6	16±8	21±1	16±7	12±5	0.2±0.05	0.4±0.2
8	490500	1099567	Clay loam	4.7±0.14	1.3±0.7	3±3	28±14	119±35	51±11	0.7±0.05	0.6±0.4
9	490600	1098782	Sandy clay loam	4.2±0.26	0.8±0.5	38±29	34±6	21±8	8.5±3	0.2±0.02	0.3±0.1
10	491249	1094365	Clay loam	4.5±0.02	1.3±0.5	6±5	25±6	38±15	46±7	0.7±0.04	0.8±0.4
11	491194	1095078	Clay loam	4.5±0.41	1.4±0.6	24±17	65±27	179±21	73±37	1.1±1.03	1.5±1.7
12	509207	1100813	Clay	4.7±0.32	1.3±0.5	17±18	47±16	213±84	104±11	0.7±0.32	0.9±0.8
13	511245	1100996	Clay loam	4.5±0.21	0.9±0.5	10±9	27±20	50±43	60±12	0.7±0.2	0.9±0.4
14	510949	1101012	Clay loam	4.2±0.24	0.8±0.5	22±14	32±15	54±45	40±20	0.6±0.1	1.0±0.5
15	507292	1099452	Clay loam	4.6±0.35	0.9±0.5	34±46	90±46	237±75	158±64	1.2±0.8	2.4±1.7
16	503170	1097717	Silty clay loam	4.6±0.38	1.1±0.6	61±38	90±47	224±94	51±17	0.7±0.3	1.3±0.8
			Min.	4.2	0.8	3	19	16	9	0.2	0.3
			Max.	4.7	1.5	159	132	326	158	1.2	10.1

ตารางที่ 10 เกณฑ์การประเมินคุณภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน

รายการ	ระดับความอุดมสมบูรณ์		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
OM (%)	<1.5	1.5-3.5	>3.5
	(1 คะแนน)	(2 คะแนน)	(3 คะแนน)
Avai. P (mg/kg)	<10	10-25	>25
	(1 คะแนน)	(2 คะแนน)	(3 คะแนน)
Avai. K (mg/kg)	<60	60-90	>90
	(1 คะแนน)	(2 คะแนน)	(3 คะแนน)

ที่มา: ดัดแปลงจากกองสำรวจดิน (2523)

หมายเหตุ: วิธีการคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้วิธีการให้คะแนน

ผลรวมคะแนนทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1-3	ดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ
ผลรวมคะแนนทั้งหมดอยู่ระหว่าง 4-7	ดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง
ผลรวมคะแนนทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8-9	ดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับสูง

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินระดับจุลธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งเทียบกับค่าวิกฤติของระดับ Fe Mn Cu และ Zn ในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA สำหรับพืชที่ไวต่อการขาดจุลธาตุที่ 4 ธาตุ

ธาตุ (mg/kg)	ระดับ		
	ขาดแคลน	เกือบขาดแคลน	พอเพียง
Fe	<2.5	2.5-4.5	>4.5
Mn	<1.0	----	>1.0
Cu	<0.2	----	>0.2
Zn	<0.5	0.5-1.0	>1.0

ที่มา: Viet and Lindsay (1973)

11. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28 กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2542. การประเมินความปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในดิน. วารสารดินและปุ๋ย 21:71-82.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7. 2556. การสำรวจการแพร่กระจายของธาตุโลหะหนัก (แคดเมียม) ในสวนผลไม้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช. รายงานความก้าวหน้างานวิจัย ปี 2556. กรมวิชาการเกษตร.
- Abrahams, P.W. 2002. Soils: their implications to human health. Sci. Total. Environ., 291, 1-32.
- CCCF. 2006. Twenty-ninth Session, Geneva, Switzerland, 3-7 July 2006: Codex Committee on Contaminants in Foods Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Alinorm 06/29/12, 2006. <http://www.codexalimentarius.net/web/archives.jsp?year=06>

- CEC. 1993. Withdrawal of certain proposal and drafts from the Commision to the Council (93/C 228/04) Commission of the European Communities. Office Journal of the European Communities No. C 228/13.
- Laws, E.A. 1993. Metals in aquatic pollution: An introductory text. U.S.A.: John Wiley & Sons.
- Mchale, A.P. and Mchale, S. 1994. Microbial biosorption of metals: potential in the treatment of metal pollution. *Biotech Adv*, 12:647-652.
- McGrath, S.P. and C.H. Cunliffe. 1985. A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from soils and sewage sludge. *J. Sci. Food & Agri.* 36:794-798.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. pp 539-579. In *Method of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiology Properties. Agronomy Monograph 9 (2nd) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.*
- Rayment, G.E. and F.R. Higginson. 1992. *Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods*. Inkarta Press, Melbourne, Australia.
- Rieuwert, J.S., M.E. Farago, M. Cikrt, and V. Bencko. 2000. Differences in lead bioavailability between a smelting and a mining area. *Water, Air and Soil Pollution.*, 122, 203-229.
- Türkdoğan, M.K., F. Kilicel, K. Kara, I. Tuncer, and I. Uygan. 2002. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environ. Toxicol. Phaemacol.*, 13, 175-179.
- Watanabe, F.S., and S.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts. *Soil Sci. Am. Proc.* 29:677-678.
- Viet, F.G. and W.L. Lindsay. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. pp 153-172. *In* L.M. Walsh and I.D. Beaton (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison Wisconsin.
- Zarcinas, B.A. and B. Carwright. 1983. Analysis of plant material by inductively couple plasma-optical emission spectrometry. *CSIRO Aus. Div. Tec. Paper.* 5:1-36.
- Zarcinas, B.A., P. Pongsakul, M.J. McLaughlin, and G. Cozens. 2004. Heavy metals in soils and crops in Southeast Asia. 2. Thailand. *Environmental Geochemistry and Health*, 26, 359-371.