



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการ
เพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพในเขตลุ่มน้ำปากพนัง

โดย

ผศ. ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตุลาคม 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาลักษณะสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการเพื่อ
การผลิตส้มโอคุณภาพในเขตลุ่มน้ำปากพนัง

ผู้วิจัย

ผศ. ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ชุดโครงการ

การพัฒนางานวิจัยส้มโอเพื่อการส่งออก

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

คำนิยม

โครงการ “การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพในเขตลุ่มน้ำปากพนัง” ได้ดำเนินการวิจัยทั้งภาคสนามและห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 22 เดือน ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ตลอดโครงการ ขอขอบคุณ รศ.ดร. อำไพวรรณ ภราดรพันธุ์ ผู้ประสานงานชุดโครงการ “การพัฒนางานวิจัยส้มโอเพื่อการส่งออก” ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ จนโครงการฯ ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ในระดับที่น่าพอใจ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณเบญจพร สมจิต (เกษตรกรเจ้าของสวนส้มโออำเภอลือชัย จังหวัดนครศรีธรรมราช) และคุณสำเร็จ กุลคง (เกษตรกรเจ้าของสวนส้มโออำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช) ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสวนส้มโอให้ผู้วิจัยใช้ทดสอบธาตุอาหาร และเกษตรกรเจ้าของสวนส้มโออื่นๆ ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และอนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่าง

สมศักดิ์ มณีพงศ์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตุลาคม 2552

บทคัดย่อ

ส้มโอ (*Citrus maxima* Merr.) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ไม่มีข้อจำกัดด้านสภาพภูมิอากาศสำหรับการปลูกพืชชนิดนี้ในประเทศไทย และมีศักยภาพที่จะเพิ่มปริมาณการส่งออกและสร้างความหลากหลายในตลาดโลกได้ เนื่องจากผู้บริโภคยอมรับ เก็บรักษาได้นาน และทนทานต่อการขนส่ง ส้มโอเป็นพืชโตเร็วและให้ผลผลิตสูง ทำให้มีความต้องการธาตุอาหารสูงตามไปด้วย การจัดการธาตุอาหารที่ถูกต้องแม่นยำจึงมีความจำเป็นสำหรับพืชชนิดนี้ เพื่อคงปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความเข้มข้นและสัดส่วนของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของส้มโอ และอิทธิพลของธาตุอาหารต่อองค์ประกอบของผลและคุณภาพของผล การศึกษาดำเนินการโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบและผลในแปลงปลูกส้มโอของเกษตรกรที่อำเภอลือสียงและอำเภอลือโขง จังหวัดนครราชสีมา และสำรวจธาตุอาหารในแปลงปลูกส้มโอของเกษตรกร 41 แปลง ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลา ผลการศึกษาพบว่า ส้มโอสร้างเปลือกก่อนสร้างเนื้อผล ส้มโออายุ 2 เดือน หลังออกดอกมีเนื้อเพียงร้อยละ 16 ของน้ำหนักแห้ง แต่เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวเนื้อผลเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 43 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นส้มโอต้องการธาตุอาหารเพื่อสร้างเปลือกก่อนสร้างเนื้อ ปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยที่ส้มโอต้องการในการสร้างผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 1903 273 3209 1668 220 3.4 0.7 0.5 และ 1.4 มิลลิกรัม/ผล สำหรับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเปลือกลดลงตามอายุผล ในขณะที่ธาตุอื่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สัดส่วนโดยปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส (เปลือก/เนื้อ) ที่ระยะเก็บเกี่ยวยังคงสูง ในขณะที่ธาตุอื่นลดลงจนอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

สมบัติของดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกส้มโอพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 – 6.5 ค่าการนำไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัว 2.0 – 3.0 mS/cm อินทรีย์วัตถุ 15 – 25 g/kg ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) 15 – 25 mg/kg โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 100 – 150 mg/kg แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,000 – 2,000 mg/kg แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 120 – 240 mg/kg เหล็กที่สกัดได้ด้วย DTPA 10 – 20 mg/kg แมงกานีสที่สกัดได้ด้วย DTPA 10 – 20 mg/kg ทองแดงที่สกัดได้ด้วย DTPA 1.0 - 2.0 mg/kg และสังกะสีที่สกัดได้ด้วย DTPA 2.0 – 5.0 mg/kg ความเข้มข้นที่เหมาะสมของธาตุอาหารในใบพบว่า ไนโตรเจนร้อยละ 2.5 – (2.7 - 3.0) ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.15 – 0.20 โพแทสเซียมร้อยละ 1.5 – 2.0 แคลเซียมร้อยละ 3.0 – 4.0 แมกนีเซียมร้อยละ 0.30 – 0.50 เหล็ก 40 – 80 mg/kg แมงกานีส 5 – 15 mg/kg ทองแดงมากกว่า 5 mg/kg และสังกะสีมากกว่า 20 mg/kg สัดส่วนของธาตุอาหารในใบที่เหมาะสมพบว่า N/P, N/K, 100P/N, 100P/K, K/N, K/P, K/Ca, K/Mg และ Ca/Mg เท่ากับ 15.30, 1.29, 6.66, 8.64, 0.80, 12.26, 0.67, 5.33 และ 8.26 ตามลำดับ

พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสี $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ อัตรา 600 กรัม/ตัน ทั้งแปลงอำเภอลือสียง และอำเภอลือโขง การใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตราปีละ 6 กิโลกรัม/ตัน แบ่งใส่ทุกๆ 2 เดือน ในแปลงส้มโอที่อำเภอลือสียง ส่งผลให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลงกว่าเดิม ในขณะที่ดูดใช้โพแทสเซียมได้มากกว่าความจำเป็น การใช้โดโลไมท์ อัตราปีละ 2 กิโลกรัม/ตัน ดีเกลืออัตราปีละ 500 กรัม/ตัน และกรดบอริกอัตราปีละ 30 กรัม/ตัน ในแปลงส้มโอที่อำเภอลือสียง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งขนาดผล น้ำหนักผล ความเข้มข้นของกรดและน้ำตาลในเนื้อผล

Abstract

Pummelo (*Citrus maxima* Merr.) is a native plant of southeast Asia, therefore no climatic restriction for cultivation in Thailand. Pummelo fruit is accepted by world consumer, long shelf-life and suitable for long-distance transport. Then it has a high potential to increase exported quantity, and diversify in the world market. Pummelo is high nutrient consumption, due to its high growth rate and high production. Precise nutrient management is importance to sustain yield and fruit quality. Objectives of this study were to investigate optimum nutrient concentrations and nutrient ratios, and to study effects of nutrients on yield component and yield quality. The study was carried out by monitoring changing of nutrient in leaves and fruits in 2 pummelo orchards located in Sichon district and Pakpanang district, Nakhon Si Thammarat province. A nutrient survey was carried out in 41 farmer orchards in Cheangrai province, Nakhon Si Thammarat province, and Songkla province. The following results were concluded.

Fruit peel was developed before its pulp. Two-months old fruit comprised of pulp only 16 % (w/w dried basis), but it was increased to 43 % at harvesting stage. Therefore, the pummelo requires nutrients for peel components before pulp. Quantities of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn which required for fruit growth were 1903, 273, 3209, 1668, 220, 3.4, 0.7, 0.5 and 1.4 mg/fruit, respectively. Quantities of N, P and K in the peel decreased with the fruit age, whereas the other elements tended to increase. Quantity ratios of Ca, Mg and Mn (peel/pulp) at harvesting stage were still high, whereas the others were lower to nearly equal.

Optimum pummelo growing soil was found that : pH was 5.5 – 6.5; electrical conductivity of saturated solution was 2.0 – 3.0 mS/cm; organic matter was 15 – 25 g/kg; available P (Bray II) was 15 – 25 mg/kg; exchangeable K, Ca and Mg were 100 – 150, 1000 – 2000 and 120 – 240 mg/kg, respectively; and DTPA extractable Fe, Mn, Cu and Zn were 10 - 20, 10 - 20, 1.0 - 2.0 and 2.0 - 5.0 mg/kg respectively. Optimum nutrient concentration in leaves for N, P, K, Ca and Mg were 2.5 - (2.7 - 3.0), 0.15 - 0.20, 1.5 - 2.0, 3.0 - 4.0, and 0.30 - 0.50 %, respectively, and for Fe, Mn, Cu and Zn were 40 - 80, 5 - 15, >5 and >20 mg/kg, respectively. Optimum nutrient ratios for N/P, N/K, 100P/N, 100P/K, K/N, K/P, K/Ca, K/Mg and Ca/Mg were 15.30, 1.29, 6.66, 8.64, 0.80, 12.26, 0.67, and 8.26 respectively.

Pummelo did not respond to application of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ at a rate of 600 g/tree both in Sichon and Pakpanang orchards. Application of compound fertilizer 13-13-21 at a rate of 1 kg/tree every 2 months at Sichon orchard, suppressed Ca uptake and induced luxury consumption of K. Application of dolomite 2 kg/tree, epsomite 500 g/tree, and boric acid 30 g/tree at Sichon orchard, did not show any significant effect on fruit size, fruit weight, concentration of acid and sugar.

Executive Summary

ชื่อโครงการ : การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพในเขต
ลุ่มน้ำปากพนัง

ผู้วิจัย : ผศ. ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์

ระยะเวลาดำเนินการ : 1 มีนาคม พ.ศ. 2550 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551

ส้มโอ (*Citrus maxima* Merr.) เป็นพืชท้องถิ่นของเขตร้อน สันนิษฐานว่ามีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส้มโอมีพื้นที่ปลูกทั่วโลกน้อยเมื่อเทียบกับพืชตระกูลส้มชนิดอื่น โดยประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำด้านการปลูกและส่งออกสู่ตลาดโลกประเทศหนึ่ง ส้มโอมีลักษณะเด่นหลายประการที่น่าจะพัฒนาเป็นพืชอุตสาหกรรมได้ เช่น เป็นพืชที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ให้ผลผลิตสูง เปลือกหนาทนทานต่อการขนส่งระยะทางไกล เก็บรักษาได้นาน อยู่ในตระกูลเดียวกับพืชที่นิยมบริโภค และไม่มีรสนิยมหากปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสม เป็นต้น ส้มโอเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารมาก การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ถึงแม้จะมีการวิจัยด้านธาตุอาหารของพืชตระกูลส้มเป็นจำนวนมาก แต่ไม่ปรากฏงานวิจัยของส้มโอเลย การจัดการธาตุอาหารของส้มโอจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของส้มชนิดอื่นโดยอนุมานตลอดมา ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหานี้จึงได้ขอรับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อการวิจัยด้านนี้โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของส้มโอ
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมดุลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ

การวิจัยได้ดำเนินการ 2 วิธี คือ

1. การติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร (nutrient monitoring)

โดยเลือกสวนส้มโอพันธุ์ทองดีของเกษตรกร 2 สวน ในพื้นที่ อำเภอสิชล และอำเภอปาก จังหวัดนครศรีธรรมราช คัดเลือกต้นส้มโอที่มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกันสวนละ 10 ต้น แบ่งการทดลองเป็น 2 ดำรับ ดำรับละ 5 ต้น ต้นละ 1 ซ้ำ วิธีปฏิบัติแต่ละสวนและแต่ละดำรับแสดงดังตารางที่ 1 เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มทดลอง เก็บตัวอย่างใบทุก 2 เดือน และเก็บตัวอย่างผลที่อายุ 2 4 และ 6 เดือน สำหรับสวนที่อำเภอสิชล สวนสวนที่อำเภอปากพนังเก็บตัวอย่างผลเฉพาะระยะเก็บเกี่ยว เนื่องจากเกษตรกรได้ทำสัญญาขายผลผลิตให้ผู้ส่งออกไว้ล่วงหน้า จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างผลได้มาก นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารรวมทั้งสมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอ ผลการวิจัยโดยสรุปมีดังนี้

ตารางที่ 1 วิธีการให้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินของแต่ละสวน และแต่ละตำรับ

แปลง	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2
อ.สีชล จ.นครศรีฯ	ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตราปุ๋ยละ 6 กิโลกรัม/ตัน แบ่งใส่ 1 กิโลกรัม/ตัน ทุกๆ 2 เดือน	- ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 เหมือน T1 - ใส่ปูนโดโลไมท์ปุ๋ยละ 2 กิโลกรัม/ตัน - ใส่ดีเกลือ ปุ๋ยละ 500 กรัม/ตัน - ใส่ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ปุ๋ยละ 600 กรัม/ตัน - ใส่ H_3BO_3 ปุ๋ยละ 30 กรัม/ตัน
อ.ปากพนัง จ.นครศรีฯ	ปฏิบัติเช่นเดียวกับเกษตรกร	ใส่ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ปุ๋ยละ 600 กรัม/ตัน

1.1 กรณีสวนส้มโออำเภอสีชล

ดินของสวนทดลองที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินระบายน้ำได้ดี มีความเป็นกรดเป็นด่างในระดับต่ำ (pH เฉลี่ยของดินบน 5.27) มีความเค็มต่ำมาก มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10 mg/kg ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไป ยกเว้นบริเวณจอมปลวก มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 50 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำมาก มีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 500 mg/kg ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไป ยกเว้นบริเวณจอมปลวกซึ่งพบว่า มีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า 1000 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสม แมกนีเซียมมีความแปรปรวนสูง แต่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับระดับเหมาะสม เหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA อยู่ในระดับสูงมาก ทองแดงอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับที่พอเพียงสำหรับพืชโดยทั่วไป ยกเว้นบริเวณจอมปลวกซึ่งพบว่า มีทองแดงสูง สังกะสีมีความแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง (0.5 – 3.0 mg/kg) แต่พบว่า ส้มโอแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน

ส้มโอสามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงกว่าระดับเพียงพอ แม้ความเข้มข้นในดินต่ำ การใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ทุก 2 เดือน ส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงขึ้น และดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ดีเกลือร่วมกับสารอื่นของตำรับที่ 2 กลับพบว่า ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ และส้มโอไม่ตอบสนองต่อการใส่ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ การปรับปรุงสถานะธาตุอาหารของสวนส้มโอที่อำเภอสีชลตามวิธีที่ระบุในตำรับที่ 2 จึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม

เส้นรอบวงของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกและช้าลงในระยะหลัง ผลส้มโอระยะ 2 เดือน มีสัดส่วนเนื้อเพียง 16 % (w/w โดยน้ำหนักแห้ง) แต่เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (อายุผล 6 เดือน) พบว่าสัดส่วนเนื้อเพิ่มขึ้นเป็น 43 % (w/w โดยน้ำหนักแห้ง) โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับทั้งขนาดและน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่า ส้มโอต้องการธาตุอาหารเพื่อสร้างเปลือกก่อนสร้างเนื้อผล ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดเฉลี่ยทั้งสองตำรับที่ส้มโอต้องการในการสร้างผลเท่ากับ 1903, 273, 3209, 1668, 220, 3.4, 0.7, 0.5 และ 1.4 mg/ผล สำหรับธาตุ N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ส้มโอต้องการธาตุ

โพแทสเซียมมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบบ่งชี้ว่า ส้มโอสวนนี้ดูดีใช้โพแทสเซียมสูงกว่าระดับความต้องการปกติ ความต้องการที่แท้จริงจึงอาจต่ำกว่า 3209 mg/ผล

สมบัติของน้ำส้มโอที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างระหว่างตำรับอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยของทั้งสองตำรับพบว่า มีความเป็นกรดเป็นด่าง 3.9 มีค่าการนำไฟฟ้า 4.2 mS/cm มีของแข็งที่ละลายน้ำได้ 9.8 °Brix มีความเข้มข้นของกรดที่ไทเทรตได้ 6.6 g-citric/L มีค่าดัชนีรีสชาติ 14.8 มีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส 73, 22 และ 14 g/L ตามลำดับ และมีความเข้มข้นของกรดซิตริก 22.7 g/L (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของผล (yield component) และสมบัติทางเคมีของน้ำคั้น ของส้มโอที่ระยะเก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองอำเภอดิขิต จังหวัดนครศรีธรรมราช

รายการ	หน่วย	ตำรับที่ 1		ตำรับที่ 2	
		mean	SD	mean	SD
น้ำหนักผลสด	g	1,460	112	1,560	173
ปริมาตรผลสด	mL	2,050	127	2,203	145
ความหนาแน่นผลสด	g/L	712	28	707	42
น้ำหนักเปลือกสด	g	627	18	676	48
น้ำหนักเนื้อผล	g	827	94	877	192
น้ำหนักเปลือกแห้ง	g	141	5	154	10
น้ำหนักเนื้อผลแห้ง	g	110	14	113	29
ความชื้นเปลือก	%	77.5	0.4	77.2	0.3
ความชื้นเนื้อผล	%	86.8	0.2	87.2	0.6
ของแข็งที่ละลายน้ำได้	Brix	9.6	0.4	9.9	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า	mS/cm	4.1	0.2	4.3	0.2
กรดที่ไทเทรตได้	g-citric/L	6.7	0.7	6.6	0.7
ความเป็นกรดเป็นด่าง		3.8	0.1	3.9	0.1
ดัชนีรีสชาติ		14.6	1.8	15.1	0.9
ซูโครส	g/L	76.0	1.9	74.4	0.8
กลูโคส	g/L	22.0	0.2	22.2	3.0
ฟรุคโตส	g/L	13.7	0.1	14.2	3.2
กรดซิตริก	g/L	22.8	0.8	22.5	1.3

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.2 กรณีสวนส้มโออำเภอปากพนัง

ดินของสวนส้มโอที่อำเภอปากพนังมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีระดับความเป็นกรดเป็นด่างสูง ปฏิกริยาดินเป็นดินด่าง ดินมีความเค็มสูง มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูง แต่เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง มีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก ดินมีเหล็ก แมงกานีส และทองแดงในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป แต่มีสังกะสีต่ำกว่า 1 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำมาก ส้มโอในแปลงทดลองแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างเห็นได้ชัด

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมีแนวโน้มลดลงตามอายุใบ ในขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ถึงแม้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินจะสูงกว่าแปลงทดลองที่อำเภอสิชล แต่ความเข้มข้นในใบกลับพบว่าใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสม แม้ความเข้มข้นในดินจะสูงมาก ถึงแม้ดินในแปลงทดลองที่อำเภอปากพนังมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงกว่าของอำเภอสิชลมาก แต่พบว่าส้มโอทั้งสองแปลงดูดใช้แคลเซียมได้ใกล้เคียงกัน และการดูดใช้เป็นปฏิกิริยาผูกพันกับโพแทสเซียม นั่นคือ เมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงขึ้น ความเข้มข้นของแคลเซียมก็ลดลง ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และทองแดง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับอายุใบ ความเข้มข้นของสังกะสีไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับอย่างมีนัยสำคัญ แม้ส้มโอตำรับที่ 2 จะได้รับ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งอาจเกิดจากส้มโอตอบสนองต่อสังกะสีที่ให้ทางดินช้า

เส้นรอบวงของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกและช้าลงในระยะหลัง เช่นเดียวกับส้มโอของแปลงทดลองที่อำเภอสิชล ขนาดผลไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับ และเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยวช้ากว่าส้มโอของแปลงทดลองที่อำเภอสิชล โดยส้มโอที่อำเภอสิชลเก็บเกี่ยวที่อายุ 6 เดือน ในขณะที่อำเภอปากพนังเก็บเกี่ยวที่อายุ 7 เดือน น้ำหนักเนื้อและเปลือกไม่แตกต่างระหว่างตำรับทดลอง แต่พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยว ส้มโอของแปลงทดลองที่อำเภอปากพนัง มีน้ำหนักเนื้อมากกว่าเปลือก ในขณะที่ของแปลงทดลองที่อำเภอสิชล มีน้ำหนักเปลือกมากกว่าเนื้อ

สมบัติของน้ำส้มโอที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยของทั้งสองตำรับพบว่า มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.3 มีค่าการนำไฟฟ้า 4.3 mS/cm มีของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10.4 °Brix มีความเข้มข้นของกรดที่ไทเทรตได้ 4.3 g-citric/L มีค่าดัชนีรสชาติ 24.4 มีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส 74, 20 และ 12 g/L ตามลำดับ และมีความเข้มข้นของกรดซิตริก 21.0 g/L เมื่อเทียบกับน้ำส้มโอจากแปลงทดลองที่อำเภอสิชลพบว่า ของแปลงที่อำเภอปากพนังมีความเข้มข้นของกรดต่ำกว่าของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่า ส่งผลให้ดัชนีรสชาติสูงกว่าอย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลการชิมและการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของผล (yield component) และสมบัติทางเคมีของน้ำคั้น ของส้มโอที่ระยะเก็บเกี่ยว จากแปลงทดลองอำเภอบางแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช

รายการ	หน่วย	ดำรับที่ 1		ดำรับที่ 2	
		mean	SD	mean	SD
น้ำหนักผลสด	g	1,464	45	1,467	263
ปริมาตรผลสด	mL	1,868	60	1,787	299
ความหนาแน่นผลสด	g/L	785	40	820	34
น้ำหนักเปลือกสด	g	490	38	431	25
น้ำหนักเนื้อผล	g	963	60	1,003	232
น้ำหนักเปลือกแห้ง	g	113	7	105	12
น้ำหนักเนื้อผลแห้ง	g	125	16	128	32
ความชื้นเปลือก	%	77.0	0.4	75.6	1.7
ความชื้นเนื้อผล	%	87.1	1.2	87.2	0.7
ความหนาเปลือก	cm	1.5	0.4	1.4	0.2
เส้นผ่าศูนย์กลางเนื้อผล	cm	13.0	0.0	13.4	1.1
ของแข็งที่ละลายน้ำได้	Brix	10.5	0.5	10.2	0.4
ค่าการนำไฟฟ้า	mS/cm	4.3	0.4	5.4	0.4
กรดที่ไทเทรตได้	g-citric/L	4.2	0.4	5.0	1.2
ความเป็นกรดเป็นด่าง		4.3	0.1	4.1	0.2
ดัชนีรีสชาติ		25.0	3.5	21.1	4.5
ซูโครส	g/L	75.4	0.3	73.1	1.9
กลูโคส	g/L	20.3	1.0	19.4	2.9
ฟรุคโตส	g/L	11.3	1.1	11.4	2.7
กรดซิตริก	g/L	21.6	0.2	21.6	2.1

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การสำรวจธาตุอาหาร (nutrient survey)

การสำรวจธาตุอาหารเป็นเทคนิคหนึ่งทางการวิจัยการจัดการธาตุอาหารพืช เพื่อนำข้อมูลมาจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารของพืช การวิจัยดำเนินการโดยเก็บข้อมูลผลผลิต เก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบส้มโอจากสวนของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอยะรัง จังหวัดสงขลา 6 สวน พื้นที่อำเภอสิชล อำเภอขนอม และอำเภอบางแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช 29 สวน และอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 6 สวน รวม 41 สวน เพื่อต้องการให้ได้ตัวอย่างที่ครอบคลุมสวนทุกระดับความอุดมสมบูรณ์ นำตัวอย่างดินและ

ใบมาวิเคราะห์สมบัติและความเข้มข้นของธาตุอาหาร แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และสัดส่วนของธาตุอาหาร แล้วจัดทำค่ามาตรฐานเบื้องต้นขึ้น 3 ชุด ดังนี้

2.1 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการประเมินสมบัติและสมรรถนะของดินเพื่อการปลูกส้มโอ

ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการประเมินสมบัติ และสถานะธาตุอาหารสำหรับการปลูกส้มโอที่ได้จากการวิจัยนี้ ร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิที่นักวิจัยท่านอื่นรายงานไว้ก่อนแสดงดังตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของพืชทั่วไป ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งแนะนำให้ปลูกในพื้นที่ซึ่งมีค่า 2.0 – 3.0 mS/cm ในขณะที่พืชตระกูลส้มชนิดอื่นแนะนำให้ปลูกในดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 2.0 mS/cm เนื่องจากพบว่า ส้มโอที่ปลูกในพื้นที่น้ำกร่อยให้ผลผลิตที่มีรสชาติดี และต้องการธาตุอาหารเพิ่มเติมน้อย ค่ามาตรฐานสำหรับส้มโอใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานสำหรับพืชทั่วไปแสดงให้เห็นว่า สมบัติของดินไม่มีความจำเพาะต่อชนิดพืช ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด

ตารางที่ 4 ค่าแนะนำมาตรฐานเบื้องต้นสำหรับดินบน (0 – 15 cm) เพื่อการปลูกส้มโอ

Item (method)	Unit	Very low	Low	Optimum	High	Very high
pH (1:2.5 in water)		< 4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-8.5	> 8.5
EC (saturation)	mS/cm	< 1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	> 4.0
OM (Walkley&Black)	g/kg	< 5	5-15	15-25	25-45	> 45
P (Bray II)	mg/kg	< 5	5-15	15-25	25-75	> 75
K (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 50	50-100	100-150	150-200	> 200
Ca (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 400	400-1000	1000-2000	2000-3000	> 3000
Mg (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 48	48-120	120-240	240-360	> 360
Fe (DTPA extractable)	mg/kg	< 5	5-10	10-20	20-50	> 50
Mn (DTPA extractable)	mg/kg	< 5	5-10	10-20	20-50	> 50
Cu (DTPA extractable)	mg/kg	< 0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-2.5	> 2.5
Zn (DTPA extractable)	mg/kg	< 1.0	1.0-2.0	2.0-5.0	5-10	> 10

2.2 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการวินิจฉัยธาตุอาหารด้วยเทคนิค Sufficient range approach (SRA)

ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการวินิจฉัยธาตุอาหารด้วยเทคนิค SRA ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้แสดงในตารางที่ 5 ผลการวิจัยไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่ชัดเจนของธาตุ N Cu และ Zn ได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ครอบคลุมช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมมากพอ ช่วงความเข้มข้นสำหรับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าค่ามาตรฐานที่จัดทำขึ้นจาก sweet orange ส่วนเหล็กและแมงกานีสมีค่าต่ำกว่า ในขณะที่แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี อยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการวินิจฉัยธาตุอาหารในใบส้มโอ ซึ่งเก็บจากใบตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 อายุใบ 3 – 5 เดือน และเก็บจากกิ่งที่ยืนนอกทรงพุ่ม

ธาตุอาหาร	หน่วย	ค่าเหมาะสมสำหรับส้มโอ
N	%	2.5 – (2.7-3.0)
P	%	0.15 - 0.20
K	%	1.5 - 2.0
Ca	%	3.0 - 4.0
Mg	%	0.30 - 0.50
Fe	mg/kg	40 - 80
Mn	mg/kg	5 - 15
Cu	mg/kg	> 5
Zn	mg/kg	> 20

2.3 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการวินิจฉัยธาตุอาหารด้วยเทคนิค Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)

ค่ามาตรฐาน DRIS ที่ทางโครงการจัดทำขึ้นจากข้อมูลของสวนอ้างอิง 14 สวน จากจำนวนที่สำรวจทั้งหมด 41 สวน มีทั้งหมด 9 คู่ ดังตารางที่ 6 การวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับจุลธาตุได้ เนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์มากพอ เมื่อทดลองนำไปใช้วินิจฉัยสวนที่ให้ผลผลิตต่ำและมีปัญหาด้านธาตุอาหารพบว่า ส้มโอมีปัญหาแคลเซียมรุนแรงมากที่สุด รองลงมาคือไนโตรเจน โดยส้มโอทั้งคู่ใช้ธาตุทั้งสองนี้ได้น้อยกว่าค่ามาตรฐาน โดยปัญหาแคลเซียมน่าจะเกิดจากเกษตรกรขาดความเข้าใจเรื่องการจัดการธาตุอาหารและการปรับปรุงบำรุงดิน ส่วนไนโตรเจนน่าจะเกิดจากความต้องการของส้มโอสูงโดยธรรมชาติของพืช และการสูญเสียสูง โดยเฉพาะกรณีดินต่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ข้อมูลเบื้องต้นในระดับที่น่าพอใจ ถึงแม้มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาเป็นอย่างมาก ทำให้ข้อมูลของธาตุอาหารบางธาตุขาดความสมบูรณ์ การวางแผนการทดลองเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร ดำเนินการก่อนผลการวิเคราะห์ดินแล้วเสร็จ ทำให้ได้ข้อมูลการตอบสนองของส้มโอที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนข้อมูลผลผลิตไม่สามารถเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากระยะเวลาวิจัยเหลื่อมล้ำกับระยะติดผลของส้มโอ และเกษตรกรให้การสนับสนุนได้ภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐาน DRIS (DRIS norm) สำหรับส้มโอ กำหนดขึ้นจากสวนอ้างอิงจำนวน 14 สวน

สัดส่วนธาตุ อาหาร	Norm	CV (%)	สัดส่วนธาตุ อาหาร	Norm	CV (%)
N/P	15.30	14.6	K/Ca	0.67	27.2
N/K	1.29	16.9	K/Mg	5.33	32.6
100P/N	6.66	13.9	Ca/Mg	8.26	30.8
100P/K	8.64	23.4			
K/N	0.80	18.4			
K/P	12.26	26.0			



สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	● ความเป็นมาของการวิจัยส้มโอ ● หลักคิดในการจัดการธาตุอาหารพืช ● การปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราช ● วัตถุประสงค์ของการวิจัย ● กิจกรรมของโครงการ ● ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา ● แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน ● เอกสารอ้างอิง	1 3 11 14 14 16 17 19
บทที่ 2	การสำรวจสวนและเก็บตัวอย่าง	
	● คำนำ ● ข้อมูลทั่วไปของสวน ● ลักษณะพื้นที่ วัสดุปลูก และการให้น้ำ ● พันธุ์ อายุ และผลผลิต ● การใช้ปุ๋ยและปูน ● ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ● ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร ● ปัญหาการผลิต ● เอกสารอ้างอิง	21 24 28 32 36 37 40 42 43
บทที่ 3	การติดตามการจัดการธาตุอาหาร	
	● คำนำ ● วิธีการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง ● ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. สีชล จ. นครศรีธรรมราช ● ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช	44 45 48 74

	● สรุป	92
	● เอกสารอ้างอิง	92
บทที่ 4	การสำรวจธาตุอาหาร	
	● คำนำ	93
	● วิธีสำรวจ	94
	● ผลการสำรวจ	96
	● ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับดินเพื่อการปลูกส้มโอ	112
	● ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบส้มโอ	116
	● สรุป	124
	● เอกสารอ้างอิง	124

ภาคผนวก 1 : รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550

ณ โรงแรมอมารี แอร์พอร์ต กรุงเทพฯ

ภาคผนวก 2 : รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2551

ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน จังหวัดพิษณุโลก

ภาคผนวก 3 : รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2552

ณ โรงแรมรามากาเดนท์ กรุงเทพฯ

ภาคผนวก 4 : สไลด์บทความวิจัยและบทความเต็ม (proceeding) นำเสนอในการประชุมวิชาการพืชสวน

แห่งชาติ ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 26 – 30 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน

จังหวัดพิษณุโลก

ภาคผนวก 5 : บทคัดย่อของบทความวิจัยเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 8

ระหว่างวันที่ 6 - 9 พฤษภาคม 2552 ณ ศูนย์การประชุมนานาชาติ โรงแรมดิเอ็มเพรส

จังหวัดเชียงใหม่

ภาคผนวก 6 : สไลด์อบรมกลุ่มเกษตรกรปลูกส้มโอ อ.ปากพั่น และ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

ภาคผนวก 7 : กิจกรรมสร้างความสัมพันธ์กับเกษตรกรผู้ใช้ประโยชน์จากโครงการ

ภาคผนวก 8 : ผลการวิเคราะห์ดินและพืชที่มอบให้แก่เกษตรกรที่อนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่าง

ภาคผนวก 9 : ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการ

และผลที่ได้รับตลอดโครงการ



บทที่ 1 บทนำ

- ความเป็นมาของการวิจัยส้มโอ
- หลักคิดในการจัดการธาตุอาหารพืช
- การปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราช
 - วัตถุประสงค์ของการวิจัย
 - กิจกรรมของโครงการ
- ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา
- แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน
- ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้นที่เป็นรูปธรรม และตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ
 - กระบวนการผลักดันผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์
 - เอกสารอ้างอิง

1. ความเป็นมาของการวิจัยส้มโอ

ส้มโอเป็นพืชเมืองร้อนที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สันนิษฐานว่ามีผู้นำพืชชนิดนี้ไปปลูกในประเทศจีนเมื่อประมาณ 2,100-2,200 ปีมาแล้ว ปัจจุบันการปลูกส้มโอในประเทศจีนส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ทางตอนใต้ (มณฑลกว่างตุง กวางสี และฟูเจียน) ในปี ค.ศ. 1902 กระทรวงเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำต้นพันธุ์ส้มโอจากประเทศไทยไปปลูกในเรือนกระจกที่กรุงวอชิงตัน จากนั้นขยายพันธุ์ไปปลูกในรัฐฟลอริดา แคลิฟอร์เนีย ประเทศคิวบา เปอร์โตริโก และตรินิแดด การปลูกส้มโอในสหรัฐอเมริกาไม่แพร่หลายเหมือนส้มชนิดอื่น ส่วนใหญ่ปลูกไว้เพื่อเก็บรักษาพันธุ์กรรมตามสถานีวิจัยของกระทรวงเกษตรและมหาวิทยาลัยประชาชนทั่วไปมักปลูกเป็นพืชประดับในบริเวณบ้าน (Morton, 2006; Janick, 2006)

ส้มโอมีชื่อภาษาอังกฤษว่า pummelo หรือ pomelo ซึ่งเข้าใจว่ามีรากศัพท์มาจาก Pompelmoes ในภาษาดัตช์ บางครั้งอาจเรียกส้มโอว่า shaddock ตามชื่อนักเดินเรือชาวอังกฤษ ผู้ซึ่งนำส้มโอไปปลูกในทวีปอเมริกาในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 17 มีชื่อในภาษาจีนว่า You (柚) และมีชื่อในภาษาญี่ปุ่นว่า Buntan (ブ
ンタン) หรือ Zabon (ザボン) ส้มโอมีวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* Merr., *Citrus grandis* (L.) Osbeck หรือ *Citrus decumana* Murr. พืชในสกุลเดียวกับส้มโอ (สกุลส้ม : Citrus) มีหลายชนิด (Tyosabura Tanaka จำแนกได้มากกว่า 145 ชนิด ในขณะที่ Walter T. Swingle จำแนกเพียง 16 ชนิด) (Janick, 2006; Krezdorn, 2006; Porcher, 2006) ชนิดที่นิยมปลูกเพื่อการค้า ได้แก่

- Sweet oranges (*C. sinensis*) ส้มชนิดนี้มีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ Round orange, Navel orange, Pigmented orange, และ Acid-less orange เป็นต้น ประเทศที่ปลูกส้มชนิดนี้มาก คือ อเมริกาและบราซิล ผลผลิตส่วนใหญ่ของส้มชนิดนี้มักนำไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้
- Mandarins (*C. reticulata*) ส้มชนิดนี้มีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ Tangerins, Clementines, Satsumas, และ Willowleaf mandarin เป็นต้น ประเทศที่ปลูกส้มชนิดนี้มาก คือ จีน สเปน และญี่ปุ่น ส้มชนิดนี้ส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปผลสด
- Grapefruit (*C. paradisi*) ส้มชนิดนี้มีการปลูกเพื่อการค้าไม่มาก เมื่อเทียบกับ Orange และ Mandarin ประเทศผู้ปลูกรายใหญ่คือสหรัฐอเมริกา ส้มชนิดนี้ชอบภูมิอากาศแบบร้อนชื้น
- Pummelo (*C. maxima*) ส้มชนิดนี้มีการปลูกเพื่อการค้าไม่มากเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่ปลูกในประเทศจีนและกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
- Lemons (*C. limon*) และ Limes (*C. aurantifolia*) เป็นส้มที่มีกรดสูง ประเทศที่ปลูกมาก คือ เม็กซิโก อินเดีย และอาเจนตินา

นอกจากนี้ยังมีส้มลูกผสมอีกหลายชนิด เช่น Temple, Murcott, Ortanique, และ Tangelos เป็นต้น (Hydro Agri, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์; Janick, 2006; Krezdorn, 2006; Morton, 2006)

ส้มโอเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ซึ่งมีอากาศร้อนและฝนตกชุก ไม่สูงจากระดับน้ำทะเลมากนัก เคยมีผู้ทดลองนำไปปลูกที่ประเทศนิวซีแลนด์ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ส้มโอเป็นพืชที่สามารถทนเค็มได้ดี จึงสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ซึ่งดินเกิดจากตะกอนน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม ในพื้นที่เช่นนี้เกษตรกรมักปลูกโดยวิธียกร่อง เพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง (Morton, 2006) ในขณะที่ Sweet orange เป็นพืชที่ไวต่อความเค็ม ผลผลิตเริ่มลดลงเมื่อความเค็มของดินสูงกว่า 1.6 mS/cm (Suals, 2006) ส้มโอจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพที่จะปลูกในพื้นที่น้ำท่วมขัง และพื้นที่ส่งเสริมการทำการเกษตรน้ำจืดเพื่อทดแทนการเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งในลุ่มน้ำปากพนังและพื้นที่น้ำท่วมขังภาคกลาง

จากการศึกษาการปลูกส้มโอในประเทศมาเลเซียของนักวิจัยจาก University of Malaya ในปี ค.ศ. 1974 พบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย แต่กลับใช้สารเคมีมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นในส้มโอที่มีอายุน้อย ในขณะที่เกษตรกรไม่ค่อยสนใจดูแลรักษาส้มโอที่มีอายุมาก และส้มโออายุมากมักทรุดโทรมจากโรครากเน่า (phytophthora) ส้มโอในมาเลเซียมีแนวโน้มที่จะขาดแมงกานีส สังกะสี และโบรอน (Morton, 2006)

พืชสกุลส้มเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง ผลผลิตเฉลี่ยทั่วโลกประมาณ 12-15 ton/ha ในพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมและมีการจัดการที่ดี สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 30-60 ton/ha (International Fertilizer Industry Association, 2007; Hydro Agri, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) นอกจากการคัดเลือกพันธุ์ที่ดี มีการจัดการน้ำและศัตรูพืชที่เหมาะสมแล้ว การจัดการธาตุอาหารก็มีความสำคัญอย่างมากต่อผลผลิต คุณภาพผล และความยั่งยืนในการให้ผลผลิต พืชที่ให้ผลผลิตสูง ย่อมต้องการธาตุอาหารสูงตามไปด้วย ธาตุอาหารส่วนหนึ่งถูก

นำออกไปจากพื้นที่ในรูปของผลผลิต (ตารางที่ 1-1 และ 1-2) ทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงและเสียสมดุลอย่างรวดเร็ว การจัดการธาตุอาหารอย่างถูกต้องเหมาะสม จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการผลิตพืชสกุลส้ม

ตารางที่ 1-1 ปริมาณธาตุอาหารหลักและอาหารรองที่ติดไปกับผลผลิตของพืชสกุลส้มชนิดต่างๆ (หน่วย : กิโลกรัม/ตันน้ำหนักสด) (ที่มา : International Fertilizer Industry Association, 2007)

ชนิดพืช	N	P	K	Ca	Mg	S
Sweet orange	1.773	0.221	2.651	0.721	0.221	0.142
Mandarin	1.532	0.164	2.046	0.505	0.111	0.111
Lemon & Lime	1.638	0.160	1.731	0.470	0.126	0.074
Grapefruit	1.058	0.130	2.010	0.410	0.110	0.090

ตารางที่ 1-2 ปริมาณจุลธาตุที่ติดไปกับผลผลิตของพืชสกุลส้มชนิดต่างๆ (หน่วย : กรัม/ตันน้ำหนักสด) (ที่มา : International Fertilizer Industry Association, 2007)

ชนิดพืช	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
Sweet orange	3.0	0.8	1.4	0.6	2.8	
Mandarin	2.6	0.4	0.8	0.6	1.3	
Lemon & Lime	2.1	0.4	0.7	0.3	0.5	
Grapefruit	3.0	0.4	0.7	0.5	1.6	

2. หลักคิดในการจัดการธาตุอาหารพืช

ในปัจจุบันพบว่าธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงมี 17 ธาตุ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่พืชได้จากน้ำและอากาศ 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ธาตุกลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืชสูงถึง 96 % โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งพืชได้จากดิน (mineral nutrition) แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง 3 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารเสริม 8 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิเกิล (ยงยุทธ์, 2543; Mengel and Kirkby, 1987) การจัดการธาตุอาหารกลุ่มแรกมุ่งไปที่การจัดการน้ำเป็นหลัก เนื่องจากมักเป็นปัญหามากกว่าอากาศ การจัดการธาตุอาหารกลุ่มที่พืชได้จากดิน เป็นการจัดการที่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากพืชต้องการธาตุอาหารในกลุ่มนี้จำนวนหลายธาตุ ถึงแม้ดินในทุกพื้นที่จะมีธาตุอาหารเหล่านี้ อยู่ก็ตาม แต่มักมีปริมาณหรือสมดุลที่ไม่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช ไนโตรเจนและโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก โดยเฉพาะพืชตระกูลส้ม (ตารางที่ 1-1) ในขณะที่ดินโดยทั่วไปมีไม่เพียงพอ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชต้องการไม่มาก ถึงแม้จะจัดเป็นธาตุอาหารหลัก แต่ดินหลายแห่งโดยเฉพาะดินกรดมักมีฟอสฟอรัสต่ำ แคลเซียมและแมกนีเซียมถึงแม้จะจัดเป็นธาตุอาหารรอง แต่พืชต้องการมากกว่าหรือใกล้เคียง

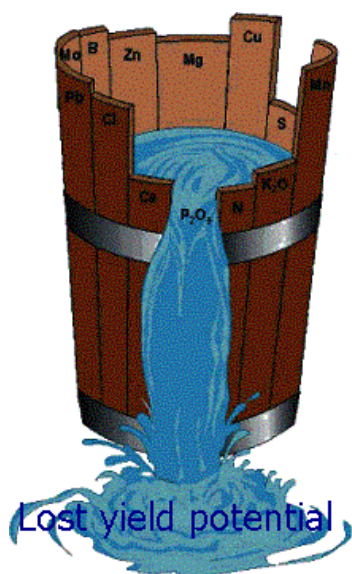
กับฟอสฟอรัส (ตารางที่ 1-1) ดินกรดมักมีธาตุอาหารทั้งสองนี้ต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ในขณะที่ดินเค็มชายทะเลมักมีธาตุทั้งสองนี้มาก แต่ขาดสมดุล ทำให้พืชดูดใช้ได้ไม่เพียงพอ

พืชที่ให้ผลผลิตสูงอย่างเช่นพืชตระกูลส้มย่อมต้องการธาตุอาหารจากดินมากตามไปด้วย ทำให้ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำลดลงถึงระดับไม่เพียงพออย่างรวดเร็ว ส่วนธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสูง ถึงแม้จะอยู่ในระดับเพียงพอ แต่ก็เสียสมดุลอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน ทำให้การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตด้อยลงอย่างรวดเร็ว การจัดการธาตุอาหารที่ถูกต้อง เหมาะสม และทันเวลาจึงจะทำให้แก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้

2.1 ทฤษฎีหลักในการจัดการธาตุอาหาร

การจัดการธาตุอาหารพืชอาศัยทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญ 2 ทฤษฎี คือ

1. **ทฤษฎีถึงไม่โอเค (Law of the minimum)** ทฤษฎีนี้เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Justus von Liebig ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วง ค.ศ. 1803-1873 เขากล่าวว่า ผลผลิตของพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุอาหาร แต่ขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่พืชขาดแคลนมากที่สุด (รูปที่ 1-1) การจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีนี้จำเป็นต้องค้นหาว่า พืชขาดธาตุอาหารธาตุใด โดยใช้ผลการวิเคราะห์ดินและพืชเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความต้องการธาตุอาหารแต่ละธาตุของพืชชนิดนั้นๆ (International Fertilizer Industry Association, 2007; Food & Fertilizer Technology Center, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) จากการตรวจสอบเอกสาร ถึงแม้จะพบว่ามีค่ามาตรฐานของพืชสกุลส้ม (Citrus) แต่ค่ามาตรฐานมักสร้างขึ้นจาก Sweet oranges ซึ่งเป็นส้มต่างชนิดจากส้มโอ (ตารางที่ 1-3, 1-4 และ 1-5) ค่ามาตรฐานที่มีอยู่จึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับส้มโอ Kallsen (2006a; 2006b) เสนอความเห็นที่ว่า พืชสกุลส้มน่าจะต้องการธาตุอาหารโดยทั่วไปใกล้เคียงกัน ยกเว้นไนโตรเจน ซึ่งมะนาวต้องการน้อยกว่า ส่วนส้มโอน่าจะต้องการมากกว่า เนื่องจากเป็นส้มที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว การศึกษาค่ามาตรฐานของธาตุอาหารสำหรับส้มโอจึงมีความสำคัญต่อการผลิตส้มโอเพื่อการค้า เนื่องจากเป็นเครื่องมือสำคัญที่จำเป็นต่อการค้นหาชนิดของธาตุอาหารที่เป็นธาตุจำกัด การเจริญเติบโตและให้ผลผลิต



รูปที่ 1-1 แนวคิดทฤษฎีถึงไม่โอเคของ Justus von Liebig ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของพืชถูกจำกัดด้วยธาตุอาหารที่มีอยู่ในระดับไม่เพียงพอมากที่สุด (ตัวอย่างในรูปคือฟอสฟอรัส) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุที่จำกัดมากที่สุดแล้ว ธาตุจำกัดถัดขึ้นไป จะเป็นตัวจำกัดผลผลิตแทน (ที่มา : <http://www.avocadosource.com/>)

ตารางที่ 1-3 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (Sweet oranges) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่ใช้วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-7 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผล ค่ามาตรฐานนี้เป็นคำแนะนำโดยสำนักงานส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (ที่มา : Kallsen, 2006a)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	<2.2	2.2-2.4	2.5-2.7	2.7-3.0	>3.0
P	%	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	>0.3
K	%	<0.40	0.40-0.69	0.70-1.09	1.1-2.0	>2.3
Ca	%	<1.5	1.6-2.9	3.0-5.5	5.6-6.9	>7.0
Mg	%	<0.16	0.16-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	>1.2
S	%	<0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.4-0.5	>0.6
Cl	%	?	?	<0.03	0.4-0.6	>0.7
Na	%	?	?	<0.16	0.17-0.24	>0.25
Fe	mg/kg	<36	36-59	60-120	130-200	>250?
Mn	mg/kg	<16	16-24	25-200	300-500	>1000
Cu	mg/kg	<3.6	3.6-4.9	5-16	17-22?	>22
Zn	mg/kg	<16	16-24	25-100	110-200	>300
B	mg/kg	<21	21-30	31-100	101-260	>260

ตารางที่ 1-4 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (Sweet oranges) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-6 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผลระหว่างเดือนกรกฎาคม – กันยายน ตามคำแนะนำของสำนักงานส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยฟลอริดา (ที่มา : Sauls, 2006)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	<2.20	2.20-2.40	2.50-2.80	2.90-3.20	>3.30
P	%	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.17	0.18-0.29	>0.30
K	%	<0.70	0.70-1.10	1.20-1.70	1.80-2.30	>2.40
Ca	%	<1.50	1.50-2.90	3.00-5.00	5.10-6.90	>7.00
Mg	%	<0.20	0.20-0.29	0.30-0.50	0.51-0.70	>0.80
S	%	<0.14	0.14-0.19	0.20-0.40	0.41-0.60	>0.60
Cl	%	-	-	<0.5	0.5-0.7	>0.7
Na	%	-	-	<0.2	0.2-0.5	>0.5
Fe	mg/kg	<35	35-59	60-120	121-200	>250
Mn	mg/kg	<18	18-24	25-100	101-300	>500
Cu	mg/kg	<4	4-5	6-16	17-20	>20
Zn	mg/kg	<18	18-24	25-100	101-300	>300
B	mg/kg	<20	20-35	36-100	101-200	>250

ตารางที่ 1-5 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (orange) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่ใช้วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-7 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผล (ที่มา : Davies and Albrigo, 1994)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	2.2	2.2-2.4	2.5-2.7	2.8-3.0	3.0
P	%	0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	0.3
K	%	0.7	0.7-1.1	1.2-1.7	1.8-2.3	2.4
Ca	%	1.5	1.5-2.9	3.0-4.5	4.6-6.0	7.0
Mg	%	0.2	0.2-0.29	0.3-0.49	0.5-0.7	0.8
S	%	0.14	0.14-0.19	0.2-0.39	0.4-0.6	0.6
Cl	%	-	-	<0.2	0.3-0.5	0.7
Na	%	-	-	<0.16	0.17-0.24	0.25
Fe	mg/kg	35	35-49	50-120	130-200	250
Mn	mg/kg	18	18-24	25-49	50-500	1000
Cu	mg/kg	3.6	3.7-4.9	5-12	13-19	20
Zn	mg/kg	18	18-24	25-49	50-200	200
B	mg/kg	20	20-35	36-100	101-200	260
Mo	mg/kg	0.05	0.06-0.09	0.1-1.0	2-50	100
Li	mg/kg	-	-	<1	1-5	12

2. ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหาร (Law of Diminishing returns) ทฤษฎีนี้เสนอโดย E.A. Mitscherlich ในปี ค.ศ. 1909 ซึ่งกล่าวไว้ว่าพืชจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเราให้ธาตุอาหารขณะที่พืชขาดแคลนธาตุอาหารนั้นมาก แต่ผลผลิตส่วนที่เพิ่มขึ้น จะลดลงตามระดับที่พืชขาดแคลน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{dy}{dx} = (A - y) c$$

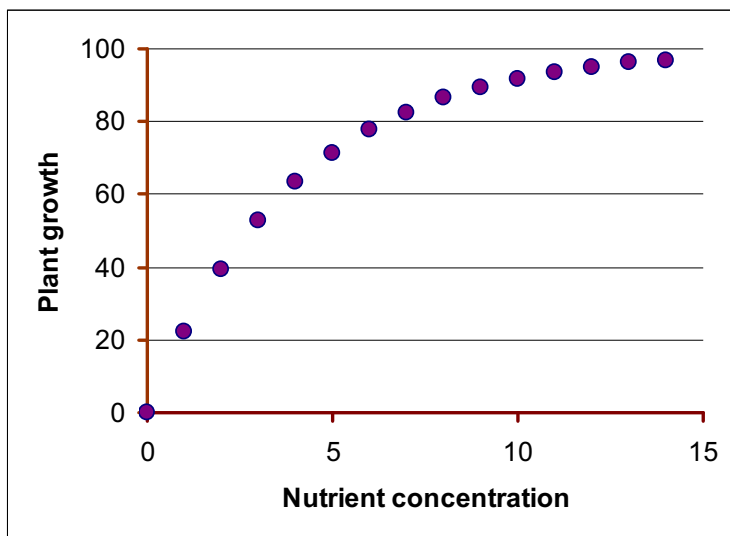
หรือ

$$y = A (1 - e^{-cx})$$

เมื่อ y คือผลผลิต x คือความเข้มข้นของธาตุอาหาร A คือผลผลิตสูงสุด และ c คือค่าคงที่ของสมการ (Rossiter, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) เมื่อนำสมการนี้มาสร้างแบบจำลองโดยสมมติให้พืชเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้สูงสุด 100 หน่วย (A = 100) และ x ที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุดคือ 15 หน่วย จะได้กราฟของแบบจำลองดังรูปที่ 1-2

จากแบบจำลองจะพบว่า ถ้าในดินไม่มีธาตุอาหารพืชอยู่เลย เกษตรกรเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารเป็น 5 หน่วย พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้เพิ่มขึ้นประมาณ 70 หน่วย แต่หากในดินมีธาตุอาหารอยู่ก่อน

แล้ว 5 หน่วย เกษตรกรเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารขึ้นอีก 5 หน่วย เป็น 10 หน่วย การเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิตของพืชจะเพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 20 หน่วย เท่านั้นเอง สมมติให้ธาตุอาหารมีราคา 1000 บาท/หน่วย และผลผลิตของพืชมีราคา 100 บาท/หน่วย กรณีแรกเกษตรกรลงทุน 5000 บาท ขายผลผลิตได้ 7000 บาท เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและมีกำไร แต่ในกรณีหลัง เกษตรกรลงทุน 5000 บาท เช่นกัน แต่ขายผลผลิตได้เพิ่มขึ้นเพียง 2000 บาท เท่านั้นเอง การเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารในกรณีนี้จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน หากพืชที่เกษตรกรปลูกเป็นพืชที่มีราคาแพง เช่น 1000 บาท/หน่วย การลงทุนทั้งสองกรณียังคงมีกำไร เพียงแต่การลงทุนในกรณีหลังมีกำไรลดลงเท่านั้นเอง



รูปที่ 1-2 กราฟของแบบจำลองตาม
ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหารของ
Mitscherlich เมื่อสมมติให้ A เท่ากับ 100
หน่วย และ x ที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุด
เท่ากับ 15 หน่วย

ทฤษฎีนี้แสดงให้เห็นว่า พืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารในระดับที่เหมาะสมระดับหนึ่งเท่านั้น การใช้ปุ๋ยน้อยเกินไป หรือมากเกินไปย่อมไม่เป็นผลดีต่อพืช เช่น ส้มที่ขาดไนโตรเจนจะให้ผลผลิตต่ำ ใบมีสีเหลืองหรือเขียวอมเหลือง ใบร่วงเร็ว ทรงพุ่มมีความหนาแน่นต่ำ หากให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ผลมีขนาดเล็ก เปลือกผลหนา รสหวานลดลง ผลสุกช้า ส้มเข้าสู่ระยะพักตัวช้า และทำให้ไนโตรเจนส่วนเกินปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น (Food & Fertilizer Technology Center, 2006; Kallsen, 2006b; Tisdale, 1993) การคำนวณความต้องการธาตุอาหารของพืชตามทฤษฎีของ Mitscherlich ในทางปฏิบัติทำได้ยาก เนื่องจากค่า A และ c ในสมการมิได้เป็นค่าคงที่แท้จริง แต่ค่าทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชมากมายหลายปัจจัย ทำให้ต้องใช้ข้อมูลจากผลการทดลองจำนวนมาก เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านั้นกับค่า A และ c (Rossiter, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) สมการของ Mitscherlich จึงใช้ได้ผลเฉพาะกรณีที่ปัญหาการขาดธาตุอาหารของพืชไม่ซับซ้อน เช่น Suwannarit et al. (1999) แสดงให้เห็นว่า สมการของ Mitscherlich สามารถใช้คำนวณอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวดอกมะลิ-105 จากค่า mineralizable N ของดินได้ ซึ่งเป็นการคำนวณเฉพาะธาตุไนโตรเจนเพียงธาตุเดียว เป็นต้น ส่วนกรณีที่ซับซ้อน การประมาณค่าด้วยโมเดลสมดุลมวล (mass balance model) ให้ผลการคำนวณที่น่าพอใจ และไม่ต้องใช้ข้อมูลจากการทดลองจำนวนมาก

ถึงแม้งานวิจัยในเวลาต่อมาจะพบว่าทฤษฎีทั้งสองนี้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์นัก ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินกับผลผลิตเป็นไปได้ 4 แบบ คือ รูป U คว่ำ, V คว่ำ, S และ C ทุกแบบผลผลิตของพืชลดลงเมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงเกินไป ซึ่งไม่เป็นไปตามสมการของ Mitscherlich (Reuter and Robinson, 1997) แต่ทฤษฎีทั้งสองยังคงเป็นพื้นฐานที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการธาตุอาหาร

2.2 เครื่องมือในการจัดการธาตุอาหาร

เครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการจัดการธาตุอาหารคือ การวิเคราะห์ดินและพืช การวิเคราะห์ดินช่วยให้ทราบความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินที่พืชมีศักยภาพที่จะดูดใช้ได้ (available index) แต่ไม่หมายความว่าพืชสามารถดูดใช้ได้ตามความเข้มข้นที่ปรากฏ และพืชทุกชนิดมักตอบสนองต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินคล้ายกัน การแปลผลการวิเคราะห์ดินจึงไม่ซับซ้อน การวิเคราะห์พืชมีความซับซ้อนทั้งขั้นตอนเก็บตัวอย่างและขั้นตอนแปลผล พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อธาตุอาหารไม่เหมือนกัน วิธีแปลผลสำหรับพืชชนิดหนึ่งจึงไม่สามารถนำไปใช้กับพืชอีกชนิดหนึ่งได้ การเก็บตัวอย่างจะต้องมีความถูกต้องทั้งชนิดของชิ้นส่วน (พืชโดยทั่วไปนิยมใช้ใบ) ตำแหน่งของชิ้นส่วน และอายุของชิ้นส่วน ส่งผลให้การแปลความหมายมีความซับซ้อนตามไปด้วย ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบแตกต่างกันตามอายุใบและตำแหน่งใบที่เก็บ ในพืชไร่ เช่น Alfalfa ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แมงกานีส และโบรอน มีความเข้มข้นลดลงตามอายุใบ ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจนถึงระยะออกดอก จากนั้นจึงลดลง ในมันฝรั่ง ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีลดลงตามอายุใบ (Wolworth and Sumner, 1987)

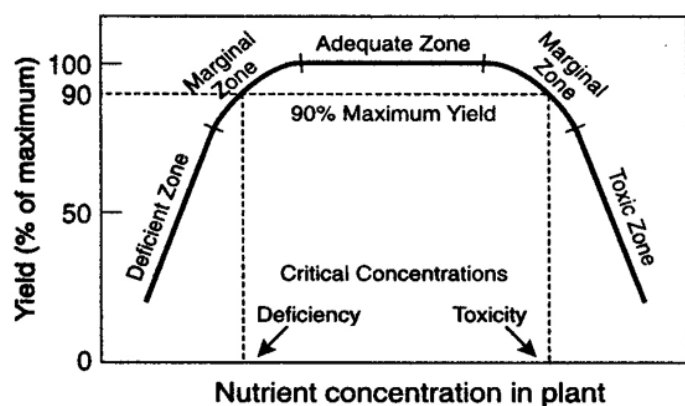
วิธีแปลผลการวิเคราะห์พืชที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 วิธี คือ

1. Critical value (CV)
2. Sufficient range approach (SRA)
3. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)

การแปลผลโดยวิธี CV ผู้จัดทำค่ามาตรฐานจะต้องสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารเพื่อหาว่า ค่าที่อยู่ระหว่างระดับขาดแคลนและเพียงพอสำหรับธาตุอาหารแต่ละธาตุมีค่าเท่าไร โดยทั่วไปจะถือเอาค่าที่ทำให้พืชให้ผลผลิต 90 % ของผลผลิตสูงสุด (Reuter and Robinson, 1997) ส่วนผู้แปลผลจะต้องเก็บตัวอย่างให้สอดคล้องกับวิธีที่ผู้จัดทำค่ามาตรฐานใช้ นำตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ทางเคมีและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐาน

การแปลผลโดยวิธี SRA ผู้จัดทำค่ามาตรฐานจะต้องสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร เพื่อหาว่าช่วงความเข้มข้นต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป ของธาตุอาหารแต่ละธาตุอยู่ในช่วงใด (รูปที่ 1-3) ส่วนผู้แปลผลจะต้องเก็บตัวอย่างพืชให้สอดคล้องกับวิธีที่ผู้จัดทำค่ามาตรฐานใช้ นำตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ทางเคมีและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐาน การแปลผลด้วยวิธี SRA จึงเป็นเสมือนการขยายรายละเอียดของวิธี CV โดยยังคงใช้หลักการพื้นฐานเหมือนกัน

การแปลผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CV และ SRA เป็นการแปลผลแต่ละธาตุที่เป็นอิสระจากกัน การวิเคราะห์พืชจึงสามารถดำเนินการเฉพาะธาตุที่ต้องการตรวจสอบ เช่น ถ้าการวิเคราะห์ดินและพืชในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งพบว่า ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับที่เพียงพออยู่แล้ว พืชมีปัญหาเฉพาะไนโตรเจน การวิเคราะห์ครั้งต่อไปก็อาจไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอีก การแปลผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้มีจุดอ่อนเหมือนกัน คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่ง และอายุใบ ทำให้วิธีทั้งสองขาดความแม่นยำ ผู้เก็บตัวอย่างจะต้องมีความชำนาญ และจะต้องรอถึงช่วงอายุใบที่เหมาะสมจึงจะสามารถเก็บตัวอย่างได้ นอกจากนี้ ช่วงความเข้มข้นเหมาะสมหรือความเข้มข้นวิกฤติ ของธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่ง ไม่ได้เป็นอิสระจากกัน ตามสมมุติฐานของวิธีแปลผลทั้งสองวิธีนี้ พืชหลายชนิดต้องการฟอสฟอรัสมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงขึ้น (Hanan, 1998)



รูปที่ 1-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิต และการแบ่งช่วงความเข้มข้น (ที่มา : Reuter and Robinson, 1997)

DRIS เป็นเทคนิคการแปลผลการวิเคราะห์พืชที่พัฒนาขึ้นโดย E.R. Beaufils ในช่วงทศวรรษที่ 1950 จากการศึกษาธาตุอาหารของยางพาราในประเทศกัมพูชาและเวียดนาม เดิมเรียกเทคนิคนี้ว่า physiological diagnosis system ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น DRIS การแปลผลด้วยเทคนิคนี้จะต้องนำผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารมาคำนวณหาสัดส่วน และดัชนีบ่งชี้สมดุล (nutrient balance index : NBI) แล้วใช้ค่า NBI เป็นตัวบ่งชี้ความพอดีของธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ได้ และลำดับความผิดปกติด้านธาตุอาหารของพืช (Mourao Filho, 2004; Black,)

Beaufils พบว่า เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของธาตุอาหารกับผลผลิตของตัวอย่างจำนวนมากพอ ตำแหน่งความสัมพันธ์จะกระจายอยู่ภายใต้เส้นโค้ง Gaussian distribution ส่วนที่มีผลผลิตสูงจะมีสัดส่วนของธาตุอาหารอยู่บริเวณยอดของเส้นโค้ง ดังนั้น หากทำการสำรวจธาตุอาหารและคัดเลือกส่วนที่ให้ผลผลิตสูงจำนวนหนึ่ง (reference population) ค่ากลางของสัดส่วนธาตุอาหารของส่วนกลุ่มนี้สามารถใช้เป็นค่า "norm" เพื่อใช้อ้างอิงในการจัดการสัดส่วนธาตุอาหาร (รูปที่ 1-4)

เมื่อต้องการใช้เทคนิค DRIS แปลผลการวิเคราะห์พืช จะต้องนำข้อมูลผลการวิเคราะห์มาหาสัดส่วนและคำนวณฟังก์ชันตามสมการ

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{(A/B) - 1}{(a/b) - 1} \right] \frac{100k}{CV} \quad \text{where } A/B > a/b$$

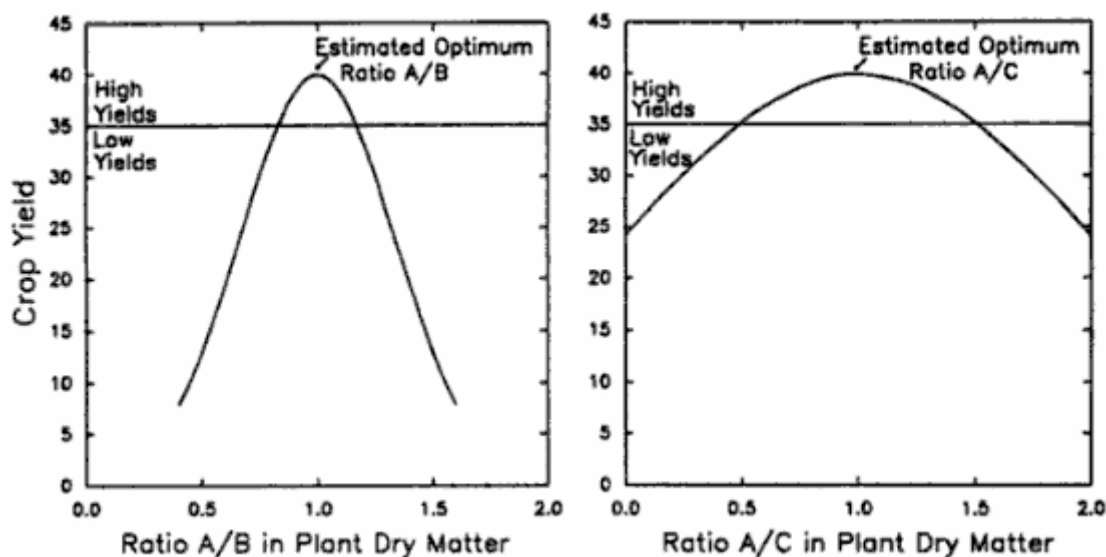
$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{(a/b)}{(A/B)} \right] \frac{100k}{CV} \quad \text{where } A/B < a/b$$

เมื่อ A/B = สัดส่วนของธาตุอาหาร A และ B ใดๆ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากสวนที่ต้องการ
ประเมินธาตุอาหาร

a/b = สัดส่วนของธาตุอาหาร A และ B ใดๆ จากกลุ่มสวนอ้างอิง

CV = Coefficient of variation

k = ค่าคงที่



รูปที่ 1-4 การกระจายของความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของธาตุอาหาร A/B และ A/C กับผลผลิต ค่าสัดส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ A/B และ A/C ที่ยอดของสวนโค้ง (ที่มา : Black,)

และคำนวณ NBI จากสมการ

$$A \text{ index} = \frac{f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{A}{C}\right) + f\left(\frac{A}{D}\right) + \dots + f\left(\frac{A}{N}\right)}{Z}$$

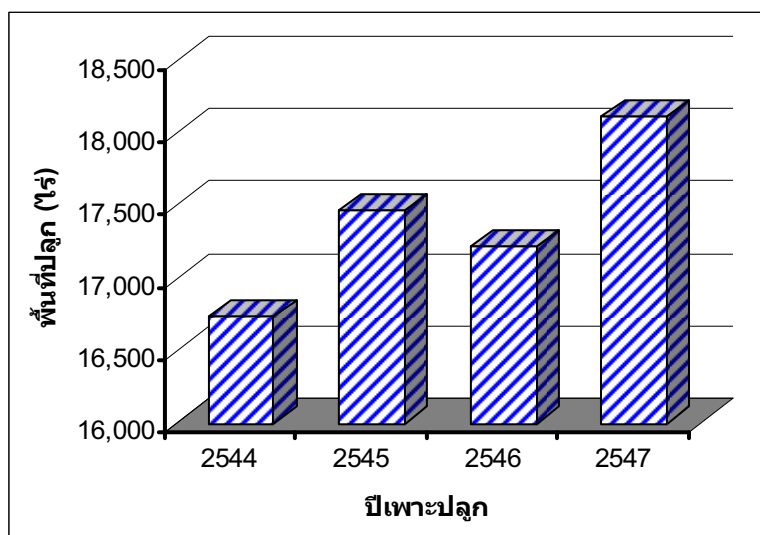
$$B \text{ index} = \frac{-f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{B}{C}\right) + f\left(\frac{B}{D}\right) + \dots + f\left(\frac{B}{N}\right)}{Z}$$

ค่า NBI ของธาตุอาหารใดมีค่าใกล้เคียง 0 แสดงว่าพืชสามารถใช้ธาตุอาหารนั้นได้ในสัดส่วนเหมาะสม ค่า NBI ของธาตุอาหารใดห่างจาก 0 มาก แสดงว่าพืชสามารถใช้ธาตุอาหารนั้นได้ในสัดส่วนไม่เหมาะสม ค่า NBI ยิ่งห่างจาก 0 มากเท่าไร ธาตุอาหารนั้นจำเป็นต้องแก้ไขก่อน

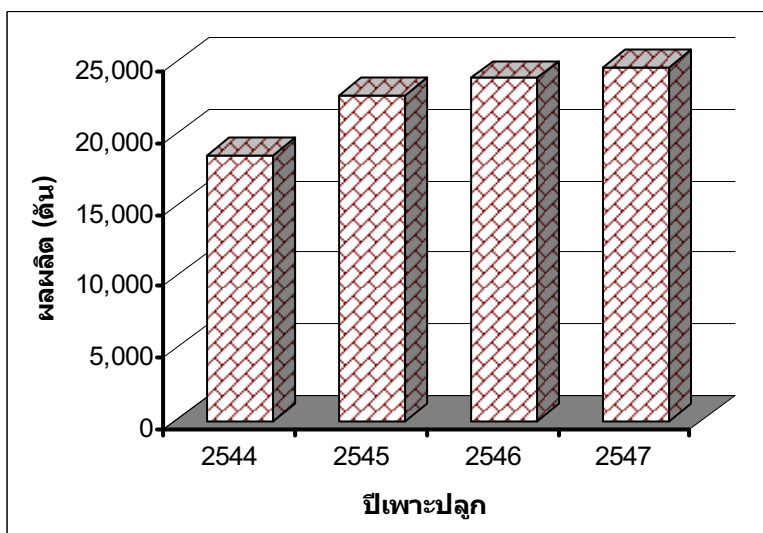
เทคนิค DRIS ไม่สามารถระบุได้ว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นเทคนิคนี้จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับ CV หรือ SRA

3. การปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราช

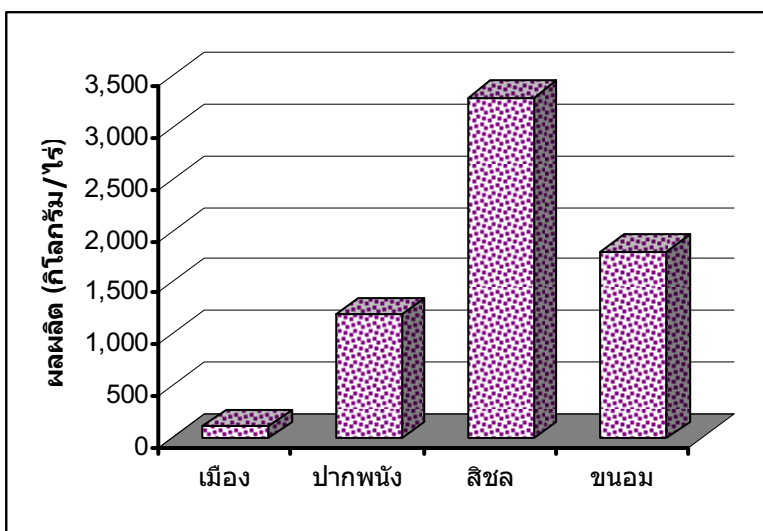
จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ปลูกส้มโอทั้งจังหวัดในปีเพาะปลูก 2547 เพียง 18,117 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นทั้งจังหวัด (ตารางที่ 5) ถึงแม้จะมีพื้นที่ปลูกไม่มาก แต่พบว่าเกษตรกรนิยมปลูกส้มโอกว่าส้มชนิดอื่น (พื้นที่ปลูกส้มเขียวหวาน 167 ไร่ และส้มजू 47 ไร่) พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ ทองดี ขาวพวง และขาวแป้น ทั้งพื้นที่ปลูกและผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 1-3 และ 1-4) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรนิยมปลูกส้มชนิดนี้มากกว่าพืชชนิดอื่นในสกุลเดียวกัน อำเภอที่มีพื้นที่ปลูกส้มโอกมากกว่า 1,000 ไร่ คือ อ.เมือง อ.ปากพนัง อ.สิชล และ อ.ขนอม ผลผลิตเฉลี่ยทั้งจังหวัดประมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ แต่มีความแตกต่างระหว่างอำเภอในช่วงกว้าง (รูปที่ 1-5) ซึ่งต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพืชสกุลนี้มาก แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรน่าจะมีปัญหาการจัดการธาตุอาหาร (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่าง พ.ศ. 2544-2547 (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-4 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่าง พ.ศ. 2544-2547 (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-5 ผลผลิตส้มโอต่อไร่ในปี พ.ศ. 2546 ของอำเภอต่างๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีพื้นที่ปลูกส้มโอมากกว่า 1000 ไร่ (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)

ตารางที่ 5 พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น ปี 2547 ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)

พืช/พันธุ์	พื้นที่ปลูก (ไร่)			ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
	ให้ผล	ไม่ให้ผล	รวม		
กระท้อน	7,658	1,008	8,666	1,077	8,248
กล้วยไข่	3,112	310	3,422	2,375	7,391
กล้วยน้ำว้า	19,816	1,690	21,506	1,763	34,935
กล้วยหอม	646	75	721	1,944	1,256
ขนุนหนัง	896	2	898	3,612	3,236
เงาะ	55,255	9,465	64,720	1,530	84,530
จำปาตะ	513	0	513	758	389

ชมพู	2,456	220	2,676	584	1,435
ทุเรียน	39,056	5,593	44,649	1,192	46,560
ฝรั่ง (กลมสาลี่)	1,179	10	1,189	565	667
มะขาม	1,315	20	1,335	658	865
มะนาว	13,399	1,709	15,108	176	2,354
มะม่วง	10,871	574	11,445	359	3,904
มะม่วงหิมพานต์	3,810	0	3,810	180	686
มะละกอ	3,197	467	3,664	1,211	3,872
มังคุด	53,819	21,841	75,660	936	50,369
ลองกอง	18,763	9,684	28,447	1,034	19,409
ละมุด	6,635	553	7,188	593	3,936
กลางสาด	4,848	195	5,043	758	3,675
ลิ้นจี่	200	0	200	45	9
ส้มเขียวหวาน	95	72	167	473	45
ส้มจุก	27	20	47	920	25
ส้มโอ	16,115	2,002	18,117	1,535	24,740
กาแฟ	6,199	375	6,574	175	1,086
โกโก้	299	0	299	119	36
ปาล์มน้ำมัน	26,387	7,933	34,320	2,444	64,501
มะพร้าว	125,376	4,389	129,765	1,337	167,671
ยางพารา	1,350,824	261,624	1,612,448	292	393,798
สะตอ	10,429	1,152	11,581	442	4,605
หมาก	15,970	821	16,791	5,952	95,052
หน่อไม้ไผ่ตง	83	0	83	1,665	138
กระวาน	85	0	85	70	6
พลู	98	0	98	62	6
พริกไทย	202	0	202	348	70
รวมจังหวัด	1,799,633	331,804	2,131,437	-	1,029,508

4. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิต

3.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมดุลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ

5. กิจกรรมของโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ช่วงเวลา	จำนวนวัน
1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลของส้มโอ	1. จัดหาเกษตรกรอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ 2-3 ราย จำนวน 2-3 แปลง ในพื้นที่ อ.ปากพนังและ อ.ลิซล เพื่อใช้พื้นที่เป็นแปลงติดตามการเจริญเติบโต (monitoring site)	มี.ค. 50– เม.ย. 50	60
	2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของส้มโอในแปลงติดตาม เช่น การแตกใบอ่อน การเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของกิ่ง การแตกช่อดอก และพัฒนาการของผล เป็นต้น	เม.ย. 50– เม.ย. 51	365
	3. ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินที่ระดับความลึก 15-20 cm และ 35-40 cm ในแปลงติดตาม	เม.ย. 50– เม.ย. 51	365
	4. สุ่มตรวจสอบความผิดปกติของธาตุอาหารพร้อมทั้ง เก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอจากสวนเกษตรกรจำนวนไม่น้อยกว่า 25 สวน โดยเน้นสวนส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง อ.เมือง อ.ลิซล และอ.ขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแหล่งปลูกส้มโอของจังหวัด	พ.ค. 50– มี.ค. 51	330
	5. สุ่มตรวจสอบผลการปลูกส้มโอ เช่น พันธุ์ที่มาของกิ่งพันธุ์ อายุ ผลผลิต ระยะปลูก การให้น้ำปุ๋ย และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ในแปลงซึ่งเก็บตัวอย่างดินและใบในแปลงสำรวจของกิจกรรมที่ 4	พ.ค. 50– มี.ค. 51	330
	6. วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างดินและใบส้มโอ โดยจะวิเคราะห์ทั้ง	ก.ย. 50– ก.ค. 51	330

	ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ		
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมดุลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ	7. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตามนำมาวิเคราะห์สัดส่วนองค์ประกอบของผล (yield component)	ก.ย. 50- ก.ค. 51	330
	8. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตามนำมาวิเคราะห์การกระจายของธาตุอาหารในผล	ก.ย. 50- ก.ค. 51	330
	9. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตามนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำคั้น เช่น ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ ชนิดและความเข้มข้นของเกลือแร่ และชนิดและความเข้มข้นของกรดอะมิโน เป็นต้น	ก.ย. 50- ก.ค. 51	330

หมายเหตุ ช่วงเวลาและจำนวนวันเป็นไปตามตารางนี้ เมื่อได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยก่อนวันที่ 1 มีนาคม 2550 และดำเนินการวิจัยระหว่าง มีนาคม 2550 – สิงหาคม 2551

6. ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา

เดือนที่	กิจกรรมที่	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
6 เดือนที่ 1	1	ได้เกษตรกรที่สนใจร่วมวิจัยอย่างน้อย 2 ราย จากต่างพื้นที่กัน เพื่อช่วยเหลือดูแลและเก็บข้อมูลที่ต้องการเก็บอย่างต่อเนื่อง
	2	ทราบการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในรอบปีของส้มโอ
	3	ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของส้มโอ
	4	ได้ตัวอย่างดินและใบส้มโอจากแปลงที่แตกต่างกัน (แตกต่างด้านพื้นที่และความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในกิจกรรมที่ 6
	5	ได้ข้อมูลส้มโอในแปลงที่เก็บตัวอย่าง และการจัดการแปลงปลูก
6 เดือนที่ 2	2	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	3	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	4	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	5	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	6	ได้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอจากสวนที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิต และหาชนิดของธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของส้มโอ
	7	ได้ข้อมูลองค์ประกอบของผล (yield component)
	8	ได้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ในส่วนต่างๆ ของผล
6 เดือนที่ 3	9	ได้ข้อมูลชนิดและปริมาณของสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำคั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพผล
	2	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	3	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	6	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	7	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	8	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	9	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2

หมายเหตุ จัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสุดท้ายตามข้อกำหนดของผู้ให้ทุน

7. แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน

7.1 **พื้นที่ศึกษา :** โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาการจัดการธาตุอาหารส้มในพื้นที่ 4 อำเภอของ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีพื้นที่ปลูกส้มโอมากกว่า 1,000 ไร่ คือ อ.เมือง อ.ปากพนัง อ.ลิซล และ อ.ขนอม โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 เขต คือ เขตผลิตส้มในพื้นที่ลุ่มและมีผลผลิตต่ำ (อ.เมือง และ อ.ปากพนัง) กับเขตผลิตส้มในพื้นที่เชิงเขาและมีผลผลิตสูง (อ.ลิซล และ อ.ขนอม)

7.2 **สมมุติฐานการวิจัย :** โครงการวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้สมมุติฐาน 2 ข้อ คือ

7.2.1 ส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชให้ผลผลิตเฉลี่ยเพียงปีละ 1.5 ตัน/ไร่ ในขณะที่มีรายงานว่าพืชสกุลนี้สามารถให้ผลผลิตได้สูงถึงประมาณปีละ 8.0 ตัน/ไร่ การจัดการธาตุอาหารน่าจะเป็นปัญหาหนึ่งของการผลิต

7.2.2 พื้นที่ผลิตส้มโอส่วนใหญ่ของจังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ทางด้านฝั่งตะวันออกของเทือกเขานครศรีธรรมราช ซึ่งดินเกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิตโดยตรงหรือโดยอ้อม ดินจึงมีสมบัติเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยธรรมชาติ สมบัติของดินดังกล่าวจึงน่าจะเป็นปัญหาสำคัญทำให้ผลผลิตส้มโอต่ำ การวิจัยเพื่อค้นหาชนิดของธาตุอาหารที่เป็นธาตุจำกัดการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของส้มโอตามทฤษฎีถึงไม่โอค (Low of the minimum) จึงมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาธาตุอาหาร

7.3 **แผนการดำเนินงาน :**

กิจกรรม	6 เดือนที่ 1			6 เดือนที่ 2			6 เดือนที่ 3		
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1. จัดหาแปลงติดตาม (monitoring site)									
2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต									
3. ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน									
4. เก็บตัวอย่างดินและพืช									
5. สํารวจข้อมูลการปลูก									
6. วิเคราะห์ธาตุอาหารในดินและพืช									
7. วิเคราะห์องค์ประกอบผล									
8. วิเคราะห์ธาตุอาหารในผล									
9. วิเคราะห์น้ำส้มโอ									
10. จัดทำรายงาน									

7.4 วิธีเก็บข้อมูล :

ข้อมูล	วิธีเก็บข้อมูล
การแตกใบ การแตกช่อดอก ความผิดปกติของธาตุอาหาร พันธุ์ อายุ การใช้ปุ๋ย การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	สำรวจ สังเกต และสอบถาม
เส้นรอบวงกิ่ง ขนาดผล ระยะปลูก	วัดด้วยเครื่องมือวัดขนาด
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	pH meter
ความเค็มของดิน	Electrical conductometer
ความชื้นดิน	FDR probe with data logger
อินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน	CN autoanalyzer (Dumas method)
ไนโตรเจนในพืช	Modified Kjeldahl method
ฟอสฟอรัสในดิน	Bray No 2 & Molybdenum blue method
ฟอสฟอรัสในพืช	HNO ₃ /HClO ₄ digestion & Vanadomolybdate method
โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน	NH ₄ OAc extraction & AAS method
โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในพืช	HNO ₃ /HClO ₄ digestion &
เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในดิน	DTPA extraction & AAS method
เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในพืช	HNO ₃ /HClO ₄ digestion &
น้ำตาลในน้ำส้มโอ	HPLC
กรดอินทรีย์ในน้ำส้มโอ	HPLC
กรดอะมิโนในน้ำส้มโอ	HPLC
เกลือแร่ในน้ำส้มโอ	Ion chromatography

8. เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช. 2548. ข้อมูลเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช ประจำปี 2548. สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Black, C.A. Soil Fertility Evaluation and Control. CRC Press.
- Davies, F.S and Albrigo, L.G.1994. Citrus, CAB International. Oxon, UK.
- Food & Fertilizer Technology Center. Visited 25 December 2006. Fertilizer Management for Citrus Orchards. <http://www.agnet.org/library/article/bc52006.html>.
- International Fertilizer Industry Association. Visited 3 January 2007. World Fertilizer Use Manual. <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm>.
- Janick, J. visited 28 December 2006. Tropical Horticulture. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_32/lec_32.html.
- Kallsen, C. visited 26 December 2006a. Fall leaf tissue samples important for maintaining citrus growth, fruit quality and yield. Topics in Subtropics Newsletter. 1(3). <http://ceventura.ucdavis.edu/newsletterfiles/newsletter653.htm>.
- Kallsen, C. visited 26 December 2006b. Kern Citrus and Subtropical Fruit. <http://cekern.ucdavis.edu/Custom%5FProgram143/>
- Krezdorn, A.H. visited 26 December 2006. Classification of Citrus. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_32/citrus_R.html.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition, 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Morton, J. visited 20 December 2006. Pummelo. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pummelo.html>
- Mourao Filho, F.A.A 2004. DRIS : Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 61:550-560.
- Hydro Agri. Citrus PlantMaster. Oslo, Norway.
- Porcher, M.H. visited 31 December 2006. Multilingual Multiscript Plant Name Database. http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Citrus_1.html
- Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1997. Plant Analysis : An Interpretation Manual. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.
- Rossiter, D.G. visited 31 December 2006. Land Evaluation Part 3: Modeling. http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeal/le_notes/s494ch3p.htm

Sauls, J.W. visited 29 December 2006. Nutrition and Fertilization. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/citrus/nutrition/L2288.htm>.

Suwannarit, A., Buranakarn, S., Kreetapirom, S., Kangkae, P., Phumphet, J., Phiatanen, P., Somboonpong, S., Ratanasupa, S., Romyen, P., Wattanapayapkul, S., Naklang, K., Rotjanakusol, S., Charoendham, P., Palaklang, W., Satawathananon, S. and Inthalang, W. 1999. Equations for calculating N-fertilizer rates for Khaw Dauk Mali-105 rice from soil analysis. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 33:224-233.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993; Soil Fertility and Fertilizer. 5th ed. Macmillan Publishing Company. New York.

Wolworth, J.L. and Sumner, M.E. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) . Advances in Soil Science, vol. 6 p.149-188.

บทที่ 2 การสำรวจสวนและเก็บตัวอย่าง

- ข้อมูลทั่วไปของสวน
- ลักษณะพื้นที่ วิธีปลูก และการให้น้ำ
- พันธุ์ อายุ และผลผลิต
- การใช้ปุ๋ยและปูน
- ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด
- ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร
- ปัญหาการผลิต
- เอกสารอ้างอิง

1. คำนำ

ทางโครงการฯ ได้ดำเนินการสำรวจสวนส้มโอของเกษตรกร พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินและใบจำนวน 41 สวน ใน 4 พื้นที่ คือ (1) อ.สีชล และ อ.ชนอม จ.นครศรีธรรมราช (2) อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (3) อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และ (4) อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย เพื่อต้องการทราบข้อมูลทั่วไปของการปลูก การจัดการสวน ผลผลิต และปัญหาต่างๆ และนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินและพืชจากห้องปฏิบัติการ

- พื้นที่ อ.สีชล และ อ.ชนอม จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 15 สวน การปลูกส้มโอของสองอำเภอนี้ของจังหวัดนครศรีธรรมราชมีมานานแล้ว สวนส้มโอเก่าแก่มากกว่า 15 ปี ก่อนปลูกส้มโอ เกษตรกรสวนใหญ่เคยปลูกกาแฟมาก่อน เมื่อประสบปัญหาราคากาแฟตกต่ำ จึงเปลี่ยนมาปลูกส้มโอ ปัจจุบันราคาส้มโอตกต่ำมาก โดยเฉพาะส้มโอที่มีไซส์พันธุ์ทองดี ประกอบกับปัญหาโรคแมลงรบกวนมาก ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชปริมาณมากและบ่อยครั้งขึ้น เกษตรกรสวนใหญ่จึงหันไปปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน เนื่องจากพืชสองชนิดนี้สร้างรายได้ที่มั่นคงและแน่นอนกว่าส้มโอ เกษตรกรบางรายปลูกพืชกระท่อม (ยาชูกำลังของแรงงานผู้ยากไร้) เป็นไร่แปลงหรือพืชแซม เพื่อสร้างรายได้รายสัปดาห์
- พื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 14 สวน การปลูกส้มโอในเขต อ.ปากพนัง เริ่มต้นขึ้นในหมู่บ้านแสงวิมาน (หมู่ 13 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช) ซึ่งเป็นชุมชนมุสลิม ชาวบ้านในชุมชนได้นำวิธีปลูกส้มโอมาจากภาคกลาง ซึ่งปลูกโดยวิธีขุดคูยกร่อง เนื่องจากพื้นที่เป็นพื้นที่ลุ่ม ส้มโอที่ปลูกได้มีรสชาติดี มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ส้มโอแสงวิมานจึงเป็นที่รู้จักแพร่หลายของผู้ที่นิยมบริโภคส้มโอ ต่อมาทางราชการได้ส่งเสริมการปลูกภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อัน

เนื่องจากพระราชดำริ โดยช่วยเหลือเกษตรกรและแจกกิ่งพันธุ์ให้แก่เกษตรกร แต่พันธุ์ที่ทาง
ราชการนำมาแจกเป็นพันธุ์ที่ด้อยคุณภาพ และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์
เกษตรกร) เกษตรกรจึงตัดฟันทิ้งและปลูกแทนใหม่ด้วยพันธุ์ที่ตลาดต้องการ นอกจากนี้ทางราชการได้
ส่งเสริมโดยรับรองแปลงปลูกตามมาตรฐาน GAP ขณะนี้บริษัทส่งออกจากภาคกลางเข้าไปรับซื้อ
ผลผลิตในพื้นที่ ทำให้เกษตรกรสามารถขายผลผลิตได้ราคาดีกว่าการขายในตลาดท้องถิ่น จึงทำให้มี
เกษตรกรจำนวนหนึ่งพึงพอใจการปลูกส้มโอเป็นอาชีพ ส่วนการปลูกส้มโอในหมู่บ้านแสงวิมานซึ่งเป็น
พื้นที่ดั้งเดิม ลดลงอย่างมาก เกษตรกรที่ยังคงยึดอาชีพนี้อยู่ให้ข้อมูลว่า รายได้จากการปลูกส้มโอไม่
เพียงพอต่อการเลี้ยงครอบครัว และไม่แน่นอน เกษตรกรจึงเปลี่ยนอาชีพไปขายแรงงานในเมือง ทำให้
สวนส้มโอถูกปล่อยทิ้งร้างเป็นจำนวนมาก

- พื้นที่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 6 สวน การปลูกส้มโอในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เป็นการปลูก
เพื่อบริโภคในพื้นที่ เนื่องจากมีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ทำให้ความ
ต้องการบริโภคในพื้นที่สูงตามไปด้วย ประกอบกับมีผู้ปลูกน้อยราย ทำให้ราคาที่เกษตรกรขายได้ใน
สวนสูงกว่าในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช (ราคาส้มโอในสวนที่ อ.หาดใหญ่ 15 บาท/ผล ในขณะที่
เกษตรกรที่ จ.นครศรีธรรมราชขายได้เพียงประมาณ 5 บาท/ผล) อย่างไรก็ตามการปลูกส้มโอไม่คุ้มค่า
เกษตรกรมากนัก เนื่องจากเป็นอาชีพที่ต้องใช้แรงงานมาก ลงทุนสูง และมีรายได้เพียงปีละ 1-2 ครั้ง
เกษตรกรหลายรายจึงมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นแทน



รูปที่ 2-1 ซ้าย : สวนส้มโอที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช ส้มโออายุ 8 ปี มีขนาดทรงพุ่ม
ใหญ่ มีความหนาแน่นทรงพุ่มมาก ไม่พบอาการขาดธาตุอาหาร แสดงถึงการจัดการที่ดี
ขวา : สวนส้มโอในพื้นที่ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช ส้มโออายุ 4 ปี และเริ่มให้ผลผลิต แต่เกษตรกร
ปลูกปาล์มน้ำมันแซมเพื่อต้องการโค่นส้มโอทิ้ง เนื่องจากรายได้จากการขายผลผลิตไม่คุ้มค่า
กับการลงทุน

- พื้นที่ อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย จำนวน 6 สวน การปลูกส้มโอในพื้นที่นี้เป็นการปลูกเพื่อการส่งออก โดยมีกรมวิชาการเกษตรเข้าไปสนับสนุนความรู้ด้านการควบคุมโรคและตรวจรับรองสวน แต่เกษตรกรสามารถขายส้มโอได้ราคาเพียง 10 บาท/กิโลกรัม ซึ่งเป็นราคาที่ไม่ต่างจากการขายภายในประเทศมากนัก เกษตรกรที่สวนตั้งอยู่ห่างไกลทางน้ำไหล จำเป็นต้องขุดสระเก็บน้ำไว้ใช้เองในฤดูแล้ง และต้องรดน้ำประมาณ 5 เดือน/ปี (พฤศจิกายน – มีนาคม) ทำให้เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายในการดูแลสวนมากขึ้น เกษตรกรจำนวนหนึ่งจึงหันไปปลูกยางพาราทดแทน (รูปที่ 2-2)



รูปที่ 2-2 ซ้าย : การรดน้ำส้มโอของเกษตรกรที่ อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย ขณะที่ผู้วิจัยเดินทางไปเก็บตัวอย่าง (25 ธันวาคม 2550) โดยดัดแปลงรถไถนาเดินตามเป็นเครื่องสูบน้ำ

ขวา : สวนของเกษตรกรที่ตัดสินใจปลูกยางพาราทดแทนส้มโอต่างๆ ที่ส้มโออยู่ในระยะที่ให้ผลผลิตสูง แต่ราคาส้มโอไม่สูงถึงแม้สามารถส่งออกต่างประเทศได้

การสำรวจครั้งนี้ได้เลือกเก็บข้อมูลเฉพาะสวนที่มีอายุส้มโอ 8 – 16 ปี ซึ่งเป็นระยะที่คาดว่าส้มโอให้ผลผลิตสูงสุด ต้นไม้ทรุดโทรมมากนัก และรากไม้แผ่กว้างหรือลึกมากนัก ทำให้การใช้น้ำส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ได้เลือกสวนที่มีการจัดการธาตุอาหารแตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทั้งสวนที่ให้ผลผลิตสูงและผลผลิตต่ำ การเก็บข้อมูลกระทำโดยใช้แบบสำรวจ (ภาคผนวก ก) และการถ่ายภาพ ข้อมูลที่สำรวจมี 6 กลุ่ม คือ

- ข้อมูลทั่วไปของสวน
- ลักษณะพื้นที่ วิธีปลูก และการให้น้ำ
- พันธุ์ อายุ และผลผลิต
- การใช้น้ำและปุ๋ย

- ศัตรูพืชและการจัดการ
- ปัญหาการผลิต

2. ข้อมูลทั่วไปของสวน

สวนที่สำรวจในเขต อ. ขนอม และ อ. สีชล จ.นครศรีธรรมราช มีพื้นที่ปลูก 2-70 ไร่ (ตารางที่ 2-1) สวนทั้งหมดในเขต อ.ขนอม ดูแลจัดการสวนเชิงธุรกิจเพื่อผลิตสำหรับการส่งออกโดยตรง สวน Kan01, Kan02, Kan03 และ Kan08 มีการจ้างคนงานประจำสวน สวน Sic02 และ Sic05 เป็นสวนที่เจ้าของให้พ่อค้าเช่าผลิต สวน Sic07 เป็นสวนที่ทิ้งร้างมา 2-3 ปีแล้ว และเจ้าของสวนกำลังเปลี่ยนไปปลูกยางพาราแทน ต้นส้มโอในสวนนี้ทรุดโทรมมากและให้ผลผลิตต่ำมาก เจ้าของสวน Sic04 ปลูกปาล์มน้ำมันอายุประมาณ 2 ปี แซมระหว่างแถวส้มโอ และกำลังจะโค่นส้มโอทิ้งหลังจากปาล์มน้ำมันเริ่มให้ผลผลิต เนื่องจากพันธุ์ที่ปลูกในสวนนี้ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ตลาดไม่ต้องการ (ไม่ใช่พันธุ์ทองดี) ทำให้ราคาขายในสวนสำหรับผลขนาดใหญ่ต่ำเพียง 2-3 บาท/ผล ส่วนผลขนาดเล็กไม่สามารถขายได้ สวน Sic01 เป็นสวนที่เจ้าของเดิมไม่ได้ดูแลมากนัก และเพียงขายให้เจ้าของใหม่ สภาพต้นส้มสมบูรณ์ปานกลาง แต่อายุต้นส้มยังไม่มากนัก คาดว่าน่าจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยและปูนได้ดี จึงได้เลือกสวนนี้เป็นสวนติดตาม (monitoring plot) สวนนี้มีเงาะเป็นพืชแซม แต่ให้ผลผลิตต่ำเนื่องจากขาดการดูแล

ทางโครงการฯ ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอในเขต อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช รวม 10 สวน (ตารางที่ 2-1) สวนส้มโอมีพื้นที่ 2-30 ไร่ ทุกสวนปลูกส้มโอเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีพืชแซม เกษตรกรได้รับการส่งเสริมจากทางราชการและบริษัทเอกชนที่ดำเนินธุรกิจส่งออกส้มโอจากภาคกลาง ยกเว้นสวนส้มโอในหมู่บ้านแสงวิมาน (Pak07 และ Pak08) ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกส้มโอดั้งเดิมของ อ.ปากพนัง นายอาณัติ แสงวิมาน เช่าพื้นที่ของผู้อื่นเพื่อปลูกส้มโอเป็นอาชีพ ส่วนเกษตรกรรายอื่นปลูกส้มโอในพื้นที่ของตนเอง สวน Pak09 ได้ลงทุนขุดคูยกร่อง พร้อมทั้งสร้างคันคูป้องกันน้ำท่วม เพื่อสร้างสวนส้มโอในพื้นที่ถึง 30 ไร่ แต่ส้มโอประสบปัญหาโรครากเน่าโคนเน่าอย่างรุนแรง ทำให้ได้ผลผลิตต่ำมาก ทางราชการภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (คปร.) ได้เข้ามาช่วยเหลือเกษตรกรเปลี่ยนพื้นที่นาข้าวเป็นไร่นาสวนผสม โดยสนับสนุนเครื่องจักรในการขุดคูยกร่องให้แก่เกษตรกรที่สนใจเข้าร่วมโครงการรายละ 3 ไร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 จนถึงปี พ.ศ. 2548 เกษตรกรที่ผ่านการประเมินอาจได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมอีก ทำให้เกษตรกรมีโอกาสปลูกส้มโอในพื้นที่นี้ได้ เกษตรกรที่ประสบความสำเร็จบางรายได้ขุดคูยกร่องเพิ่มพื้นที่ด้วยเงินทุนของตนเอง ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 เกษตรกรที่ปลูกส้มโอในพื้นที่นี้ได้รวมตัวกันจัดตั้งกลุ่มผู้ปลูกส้มโอขึ้น โดยมีสมาชิกเริ่มก่อตั้งจำนวน 43 ราย โดยมีนายวิรัตน์ นองเนื่อง เป็นประธานกลุ่มและมีนายวันชัย เย็นใส เป็นรองประธานกลุ่ม ปัจจุบัน (สิงหาคม 2550) มีสมาชิกเหลืออยู่เพียง 24 ราย สาเหตุที่ทำให้สมาชิกเลิกปลูกส้มโอเนื่องจากมีรายได้ไม่แน่นอน และขาดแคลนเงินทุน

ทางโครงการฯ ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอในเขต อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 6 สวน ในระหว่างวันที่ 15 – 16 มิถุนายน 2550 สวนที่สำรวจมีพื้นที่ปลูกเพียง 1.5 - 4 ไร่ เกษตรกรจำนวนหนึ่งในพื้นที่

เคยได้รับการส่งเสริมปัจจัยการผลิตจากสำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา และเคยได้รับความช่วยเหลือทางวิชาการจากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมี ดร. วิจิตร วรณชิต เป็นหัวหน้าโครงการ ดร. วิจิตรได้ใช้ความพยายามอย่างสูงเพื่อสร้างภาพพจน์ของ “ส้มโอหอมหาดใหญ่” ให้เป็นส้มโอที่มีคุณภาพและมีเอกลักษณ์ประจำถิ่น แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มั่นใจอาชีพการปลูกส้มโอ เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องลงทุนสูงทั้งแรงงานและปัจจัยการผลิต (ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช และการกำจัดวัชพืช) ในขณะที่ให้ผลตอบแทนต่ำ และไม่สม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับยางพารา

ทางโครงการฯ ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอในเขต อ.เวียงเก่า จ.เชียงราย จำนวน 6 สวน ในระหว่างวันที่ 25-26 ธันวาคม 2550 ขนาดสวนอยู่ในช่วง 2-6 ไร่ ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับสวนของเกษตรกรส่วนใหญ่ในภาคใต้ เกษตรกรในพื้นที่รวมกลุ่มกันผลิตเพื่อการส่งออก จึงตั้งใจดูแลสวนเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพ พื้นที่อำเภอเวียงเก่ามีฤดูแล้งที่ยาวนานกว่าภาคใต้ ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนด้านการให้น้ำที่สูงกว่าภาคใต้ แต่ก็มีข้อดีที่สามารถบังคับให้ส้มโอออกดอกได้ง่ายกว่าภาคใต้



รูปที่ 2-3 ขวา : สวนส้มโอในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เคยได้รับการส่งเสริมปัจจัยการผลิตและเทคนิคการผลิตจาก สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา และคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ขวา : สวนส้มโอในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังบางส่วนได้รับการรับรอง GAP จากกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลทั่วไปของสวนที่สำรวจในงวดที่ 1 และ 2 (มีนาคม 2550 – กุมภาพันธ์ 2551)

รหัสสวน	ชื่อ-นามสกุล เจ้าของสวน	ที่ตั้งสวน	พื้นที่ปลูก (ไร่)	วันสำรวจ
Sic01	นางเบญจพร สมจิต	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	8	14 พ.ค. 2550
Sic02	นายธวัช พรหมแก้ว	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	13	15 พ.ค. 2550
Sic03	นายนนทพร	หมู่ 6 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	3	15 พ.ค. 2550
Sic04	นางเป็ก เมืองจันทบุรี	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	24	16 พ.ค. 2550
Sic05	นายบัว (สอบถามข้อมูลจากผู้ดูแลสวน)	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	5	16 พ.ค. 2550
Sic06	นายไทรรัตน์ ผิวกระดัง	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	5	1 มิ.ย. 2550
Sic07	นายเงิน ใจโปร่ง	หมู่ 2 ต.สีชล อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช	20	1 มิ.ย. 2550
Kan01	นายสุรินทร์ ขนอม	หมู่ 4 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2.5	18 พ.ค. 2550
Kan02	นายสุรินทร์ ขนอม	หมู่ 4 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	4	18 พ.ค. 2550
Kan03	นายบัณฑิต แก้วรัตน์	หมู่ 9 ต.ขนอม อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	70	12 พ.ค. 2551
Kan04	นายมนเทียร เพ็งรัตน์	หมู่ 12 ต.ขนอม อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	18	12 พ.ค. 2551
Kan05	นายทวี คงประพันธ์	หมู่ 4 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	5	12 พ.ค. 2551
Kan06	นายจำรูญ เกิดคำ	หมู่ 2 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	12	12 พ.ค. 2551
Kan07	นายบำรุง มีเดช	หมู่ 4 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	30	13 พ.ค. 2551
Kan08	นายวิเชาว์ ขนอม	หมู่ 7 ต.ท้องเนียน อ.ขนอม จ.	30	13 พ.ค. 2551

		นครศรีธรรมราช		
Pak01	นายสำเริง กุลคง	หมู่ 15 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	10	21 พ.ค. 2550
Pak02	นายสมพร นาคงาม	หมู่ 15 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	5	22 พ.ค. 2550
Pak03	นายโกวิทย์ มากงาม	หมู่ 15 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	4.5	22 พ.ค. 2550
Pak04	นายวิรัตน์ นองเนื่อง	หมู่ 3 ต.เกาะทวด อ.ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช	2	23 พ.ค. 2550
Pak05	นายวิรัตน์ นองเนื่อง	หมู่ 3 ต.เกาะทวด อ.ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช	2.5	23 พ.ค. 2550
Pak06	นายวันชัย เย็นใส	หมู่ 8 ต.เกาะทวด อ.ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช	14	23 พ.ค. 2550
Pak07	นายอาณัติ แสงวิมาน	หมู่ 13 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	12	6 มิ.ย. 2550
Pak08	นายโหมด อนันทขาน	หมู่ 13 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	6	6 มิ.ย. 2550
Pak09	นายหนูคง นวลจันทร์คง	หมู่ 8 ต.เกาะทวด อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	30	20 มิ.ย. 2550
Pak10	นางลัดดาวัลย์ อ่อนแครง	หมู่ 3 ต.เกาะทวด อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	10	20 มิ.ย. 2550
Pak11	นางอัมพร สวัสดิ์สุข	หมู่ 15 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	40	25 มิ.ย. 2551
Pak12	นายเอื้อน ไตรรัตน์	หมู่ 17 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	15	25 มิ.ย. 2551
Pak13	นายประสิทธิ์ คงแป้น	หมู่ 17 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	14	25 มิ.ย. 2551
Pak14	นายสมนึก นาคงาม	หมู่ 17 ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	6	25 มิ.ย. 2551
Had01	นายพราก แซ่คิม	หมู่ 3 ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	1.5	15 มิ.ย. 2550
Had02	นายพราก แซ่คิม	หมู่ 3 ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่	3	15 มิ.ย. 2550

		จ.สงขลา		
Had03	นายเจียร เสมอวงศ์	หมู่ 3 ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	3.5	15 มิ.ย. 2550
Had04	นายเสริม วงษ์ชนะ	หมู่ 5 ต.ฉลุง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	4.5	16 มิ.ย. 2550
Had05	นายวิจิตร วรรณชิต	ต.ทุ่งตำเสา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	4	16 มิ.ย. 2550
Had06	นายฟอง วงษ์ชนะ	หมู่ 3 ต.ทุ่งตำเสา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	2.5	16 มิ.ย. 2550
Wig01	นายเจริญ บุคดี	ต.ม่วงยาย อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	5	25 ธ.ค. 2550
Wig02	นายทอง อินเทพ	ต.ม่วงยาย อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	2.5	25 ธ.ค. 2550
Wig03	นายประคอง บุคดี	ต.ม่วงยาย อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	4	25 ธ.ค. 2550
Wig04	นายวุฒิพงษ์ คำลือ	ต.ห้วยงาม อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	6	26 ธ.ค. 2550
Wig05	นายปรีชา อินเทพ	ต.ห้วยงาม อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	3	26 ธ.ค. 2550
Wig06	นายสมบัติ บุคดี	ต.ห้วยงาม อ.เวียงแก่น จ. เชียงราย	2	26 ธ.ค. 2550

3. ลักษณะพื้นที่ วิธีปลูก และการให้น้ำ

สวนส้มโอในเขต อ.ชนอม และ อ.สิชล มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี ไม่มีปัญหาน้ำท่วมขัง ยกเว้นสวนที่อยู่ติดถนน อาจประสบปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูฝน เนื่องจากถนนขาดขวางการระบายน้ำ เกษตรกรมีการสร้างแปลงปลูก 3 แบบ คือ

- สร้างแปลงปลูกแบบพื้นราบผสมร่องคู จำนวน 2 แปลง
- สร้างแปลงปลูกแบบลูกฟูก จำนวน 2 แปลง
- สร้างแปลงปลูกแบบพื้นราบ จำนวน 5 แปลง

สวน Sic02 เป็นเพียงสวนเดียวในพื้นที่ที่ได้รับการช่วยเหลือชุดคูยกทรงจากโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (คปร.) เพื่อเปลี่ยนจากพื้นที่นาข้าวเป็นสวนส้มโอ ทำให้สวน Sic02 ปลูกทั้ง

แบบพื้นราบและร่องคู เกษตรกรส่วนใหญ่สร้างแปลงปลูกแบบขุดหลุมปลูกบนพื้นราบ เนื่องจากพื้นที่นี้ไม่ค่อยประสบปัญหาน้ำท่วมขัง เกษตรกรในพื้นที่นี้ใช้ระยะปลูกหลากหลาย โดยมีระยะระหว่างต้น 4.5 – 8.5 เมตร และระยะระหว่างแถว 5.5 – 10.5 เมตร หรือมีจำนวนต้นอยู่ในช่วง 22 – 55 ต้น/ไร่ บางส่วนมีระยะปลูกไม่ค่อยแน่นอน เนื่องจากเกษตรกรปลูกส้มโอแซมพืชที่ปลูกไว้ก่อน จากนั้นจึงโค่นพืชที่ปลูกไว้ก่อนทิ้งไป ส่วนส่วนที่มีระยะปลูกแน่นอน เกษตรกรปลูกโดยปรับพื้นที่ให้โล่งเตียนก่อนแล้วจึงปลูกส้มโอ (ตารางที่ 2-2) การให้น้ำในพื้นที่นี้มีทั้งอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว (Sic01, 05, 06, 07) และมีระบบสปริงเกอร์ช่วยในระยะที่ฝนทิ้งช่วง (Sic02, 03, 04 Kan01, 02, 03)

สวนส้มโอในเขต อ.ปากพนัง มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด ดินระบายน้ำได้ไม่ดี สวนใน ต.เกาะทวด และหมู่บ้านแสงวิมานมักประสบปัญหาน้ำท่วมขังเป็นเวลานานในช่วงฤดูฝน ทำให้เกษตรกรทุกรายในพื้นที่เลือกปลูกแบบร่องคู เกษตรกรในหมู่บ้านแสงวิมานขุดคูยกทรงโดยใช้แรงงานคน ทำให้คูมีขนาดเล็ก ส่วนพื้นที่อื่นขุดคูด้วยเครื่องจักร เกษตรกรปลูกโดยใช้ระยะระหว่างต้นประมาณ 2.5 – 6.5 เมตร และใช้ระยะระหว่างแถวประมาณ 2.5 – 15.5 เมตร (รูปที่ 2-3) เกษตรกรแต่ละรายมีวิธีการของตัวเองในการเลือกระยะปลูกที่เหมาะสม สวน Pak07 ใช้ระยะปลูกชิดที่สุด เพื่อควบคุมวัชพืชและต้องการให้ส้มโอให้ผลผลิตระยะหนึ่งก่อนที่จะตัดโค่นให้มีระยะระหว่างต้นห่างขึ้นเมื่อส้มโออายุมากขึ้น เกษตรกรบางรายปลูกแบบแถวคูบนสันร่อง ในขณะที่บางรายปลูกแบบแถวเดี่ยว โดยเกษตรกรที่ปลูกแบบแถวคูให้เหตุผลว่า การปลูกแบบแถวคูช่วยลดภาระในการกำจัดวัชพืช ลดปัญหาแดดเผา และช่วยให้เดินหรือลำเลียงวัสดุเข้าไปทำงานในแปลงสะดวกกว่า ส่วนเกษตรกรที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวให้เหตุผลว่า การปลูกแบบนี้ช่วยให้พืชโตเร็ว ได้ผลผลิตสูง และไม่ต้องสร้างสันร่องขนาดใหญ่ช่วยประหยัดต้นทุนในการสร้างแปลง วิธีการให้น้ำของเกษตรกรในพื้นที่นี้มีทั้งอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ใช้เรือลากรดน้ำ และติดตั้งระบบสปริงเกอร์ (ตารางที่ 2-2) พื้นที่ อ.ปากพนัง เป็นพื้นที่ลุ่ม เกษตรกรจึงประสบปัญหาทั้งน้ำท่วมและน้ำแล้ง นอกจากนี้ เนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด ทำให้น้ำซึมลงไปในดินได้ช้ามาก การควบคุมความชื้นในดินทำได้ยาก และการรดน้ำด้วยเรือลากไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ

สวนส้มโอในเขต อ.หาดใหญ่ มีลักษณะเป็นที่ราบ หรือลาดเทเล็กน้อย เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี ในจำนวนที่สำรวจ 6 สวน มีการปลูกแบบร่องคู 1 สวน ปลูกแบบลูกฟูก 1 สวน และที่เหลือเป็นการปลูกแบบพื้นราบ โดยใช้ระยะระหว่างต้น 4 – 8 เมตร และระยะระหว่างแถว 6 - 8 เมตร แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความเห็นที่หลากหลายในประเด็นระยะปลูกที่เหมาะสม จากการสังเกตพบว่า เกษตรกรในพื้นที่นี้มีการปลูกเป็นแถวเป็นแนวอย่างเป็นระเบียบมากกว่าในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เกษตรกรจำนวน 3 สวนติดตั้งระบบสปริงเกอร์ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรเล็งเห็นปัญหาที่เกิดจากฝนทิ้งช่วงในบางครั้ง เกษตรกรในพื้นที่นี้ประสบปัญหาน้ำท่วมในบางปี แต่เป็นเพียงการท่วมระยะสั้นๆ จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายร้ายแรงกับพืช

สวนส้มโอในเขต อ.เวียงแก่น ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นราบหรือลาดเท มีเพียงสวน Wig06 ซึ่งเกษตรกรปลูกส้มโอในพื้นที่ซึ่งเคยเป็นนาข้าวมาก่อน ทำให้มีปัญหาการระบายน้ำ เกษตรกรจึงแก้ปัญหาด้วยการปลูกแบบยกร่องลูกฟูก พื้นที่ อ.เวียงแก่น มีช่วงแล้งเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องเตรียมระบบน้ำไว้ใช้ทุกสวน สวนที่ตั้งอยู่ในทำเลที่เหมาะสม (Wig05) สามารถสร้างฝายและวางระบบประปาภูเขา

เพื่อนำน้ำมาใช้ ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนลงได้มาก เกษตรกรส่วนใหญ่วางระบบน้ำโดยติดตั้งท่อประธาน (main) และหัวจ่ายเป็นจุดๆ จากนั้นค่อยต่อท่อรอง (sub-main) แบบชั่วคราวเมื่อต้องการรดน้ำ การวางระบบน้ำชลประทานแบบนี้ช่วยให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากไม่ต้องติดตั้งท่อรองและท่อแขนงจำนวนมากภายในสวน และช่วยให้การทำงานในสวนสะดวกขึ้น โดยไม่มีท่อน้ำกีดขวาง



รูปที่ 2-4 ซ้าย : สวนส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งเกษตรกรได้รับความช่วยเหลือชุดคูยก
ร่องจากโครงการ คปร. สันร่องกว้าง 9 เมตร ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกส้มโอได้ 2 แถว
ขวา : ในขณะที่สวนส้มโอที่เกษตรกรชุดยกร่องด้วยตนเองเป็นเพียงขนาดเล็กและสันร่องแคบ
ปลูกส้มโอได้เพียงแถวเดียว



รูปที่ 2-5 การสร้างแปลงปลูกส้มโอแบบปลูกฟูกของเกษตรกรในพื้นที่ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (ซ้าย สวน
Sic05) และพื้นที่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา (ขวา สวน Had04) เกษตรกรปลูกส้มโอแบบแถวเดียว มี
ระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 8 เมตร หากมีน้ำขังระหว่างแถวมักพบปัญหาการระบาดของโรค
รากเน่าโคนเน่าอย่างรุนแรง

ตารางที่ 2-2 วิธีปลูก ระยะระหว่างต้นระหว่างแถว ลักษณะพื้นที่ และการให้น้ำของสวนที่สำรวจในงวดที่ 1 และ 2 (มีนาคม 2550 – กุมภาพันธ์ 2551)

รหัสสวน	วิธีปลูก	ระยะระหว่างต้น (เมตร)	ระยะระหว่างแถว (เมตร)	ลักษณะพื้นที่	การให้น้ำ
Sic01	พื้นราบ	4.6 – 7.3	6.0 – 6.5	ราบไม่มีคูระบาย	น้ำฝน
Sic02	พื้นราบ/ร่องคู	7.0	10.4 - 10.8	ราบมีคูระบาย	สปริงเกอร์
Sic03	ลูกฟูก	4.8 – 5.6	5.4 – 6.9	ราบมีคูระบาย	สปริงเกอร์
Sic04	พื้นราบ	5.0 – 5.4	5.4 – 5.7	ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกอร์
Sic05	ลูกฟูก	8.5	8.5	ราบมีคูระบาย	น้ำฝน
Sic06	พื้นราบ/ร่องคู	6.0	6.5	ราบมีคูระบาย	น้ำฝน
Sic07	พื้นราบ	6.7 – 7.3	7.0	ราบไม่มีคูระบาย	น้ำฝน
Kan01	พื้นราบ	5.5 – 6.5	5.5 – 6.0	ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกอร์
Kan02	พื้นราบ	7.5	7.5	ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกอร์
Kan03	พื้นราบ	6.0	10.0	ราบมีคูระบาย	สปริงเกอร์
Kan04	พื้นราบ	6.0	8.0	ลาดเอียง	น้ำฝน
Kan05	พื้นราบ	7.5	7.5	ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกอร์
Kan06	พื้นราบ	6.0	8.0	ราบไม่มีคูระบาย	น้ำฝน
Kan07	พื้นราบ	7.0	7.0	ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกอร์
Kan08	พื้นราบ	6.0	8.0	ลาดเอียง	สปริงเกอร์
Pak01	ร่องคู	3.8 – 4.4	4.8 – 5.2	ลุ่มน้ำขัง	เรือลาก
Pak02	ร่องคู	3.5	13.3	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Pak03	ร่องคู	4.0	4.5	ลุ่มน้ำขัง	เรือลาก
Pak04	ร่องคู	4.5	15.7	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์
Pak05	ร่องคู	3.0 – 3.5	5.4	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Pak06	ร่องคู	3.0	5.5	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Pak07	ร่องคู	2.1 – 2.8	2.3 – 2.6	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์
Pak08	ร่องคู	3.3 – 4.3	6.8 – 7.2	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Pak09	ร่องคู	5.0 – 5.2	4.9 – 5.1	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์
Pak10	ร่องคู	6.1 – 6.5	11.5	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์
Pak11	ร่องคู	4.5	5.0	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Pak12	ร่องคู	4.0	5.0	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์
Pak13	ร่องคู	4.5	6.0	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกอร์

Pak14	ร่องคู	4.0	5.0	ลุ่มน้ำขัง	น้ำฝน
Had01	ร่องคู	4.0	7.0	ที่ราบมีคูระบาย	น้ำฝน
Had02	พื้นราบ	4.9 – 5.4	7.0	ที่ราบมีคูระบาย	น้ำฝน
Had03	พื้นราบ	6.2 – 6.6	6.0 – 6.3	ที่ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Had04	ลูกฟูก	7.8 – 8.7	8.2	ที่ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Had05	พื้นราบ	6.1 – 6.3	6.4 – 6.6	ลาดเทเล็กน้อย	สปริงเกลอร์
Had06	พื้นราบ	6.5 – 6.7	7.1 – 7.6	ที่ราบไม่มีคูระบาย	น้ำฝน
Wig01	พื้นราบ	5.9-6.2	5.4-6.1	ลาดเทเล็กน้อย	สปริงเกลอร์
Wig02	พื้นราบ	6.0-6.5	4.3-4.6	ที่ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Wig03	พื้นราบ	7.9-8.3	6.9-7.2	ที่ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Wig04	พื้นราบ	6.8-7.1	7.0-7.1	ที่ราบมีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Wig05	พื้นราบ	6.5	6.4-6.6	ที่ราบไม่มีคูระบาย	สปริงเกลอร์
Wig06	พื้นราบ	5.6-6.0	6.0-6.6	ลุ่มน้ำขัง	สปริงเกลอร์

4. พันธุ์ อายุ และผลผลิต

สวนส้มโอในเขต อ.ชนอม และ อ.สิชล มีพันธุ์หลากหลาย เช่น ทองดีทองถิ่น ทองดีภาคกลาง ขาวพวง และเขียวน้ำผึ้ง เป็นต้น ปัจจุบันพันธุ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดมีเพียงพันธุ์ทองดี ทำให้ผู้ปลูกส้มโอพันธุ์อื่นจำเป็นต้องโค่นทิ้ง และหันไปปลูกพืชอื่นแทน กิ่งพันธุ์ส่วนใหญ่ เป็นกิ่งพันธุ์ในพื้นที่ ยกเว้นสวน Sic02 นำกิ่งพันธุ์มาจากภาคกลาง สวน Sic04 มีอายุน้อยที่สุดในจำนวนสวนที่สำรวจทั้งหมด โดยเป็นสวนที่เพิ่งให้ผลผลิตประมาณปีเศษ สวนสวน Sic07 เป็นสวนที่มีอายุมากที่สุด ผลผลิตส้มโอในแต่ละรอบการผลิตมีความสัมพันธ์กับการจัดการสวน สวนที่มีการจัดการดูแลดี ต้องการผลผลิตเพื่อการส่งออก สามารถได้ผลผลิตสูงถึง 200 ผล/ต้น (Kan01, 02) สวนที่มีการดูแลปานกลางได้ผลผลิต 80 – 150 ผล/ต้น สวนสวนที่ประสบปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งจะได้รับผลผลิตต่ำกว่า 80 ผล/ต้น (ตารางที่ 2-3)

สวนส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง มีพันธุ์ทองดีเป็นส่วนใหญ่ รองลงไปเป็นพันธุ์ทับทิมสยาม ส่วนพันธุ์อื่นมีปลูกปะปนบ้างเพียงเล็กน้อย เกษตรกรเคยได้รับแจกกิ่งพันธุ์จากทางราชการ ซึ่งมีหลากหลายพันธุ์ผสมปนเปกัน เช่น ทองดี ขาวพวง ขาวใหญ่ ขาวหอม และขาวน้ำผึ้ง เป็นต้น ในขณะที่พันธุ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดมีเพียง พันธุ์ทองดี ทำให้เกษตรกรโค่นส้มโอที่ทางราชการนำมาแจกทั้งทั้งสวน หรือทั้งบางส่วนแล้วปลูกใหม่ด้วยพันธุ์ทองดีภาคกลาง โดยมีพ่อค้าส่งออกเป็นผู้จัดหากิ่งพันธุ์มาจำหน่ายให้ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นพันธุ์ทองถิ่นที่เกษตรกรในหมู่บ้านแสงวิมานเคยปลูกมาก่อน เข้าใจว่าเกษตรกรนำกิ่งพันธุ์มาจากจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งเป็นส้มโอที่นิยมใช้ปรุงข้าวยาของท้องถิ่น ส้มโอพันธุ์นี้มีรสชาติหวานเข้มข้นกว่าพันธุ์ทองดี เม็ดข้าวสารขนาดเล็กสีแดง เรียงตัวเป็นกระจุกไม่ค่อยเป็นระเบียบ รูปทรงผลคล้ายส้มจุก เปลือกผลนิ่มและมีขนอ่อนๆ โตเร็ว ติดผลดก และต้านทานต่อโรคและแมลงได้ดีกว่าพันธุ์ทองดี นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถขาย

ได้ราคาดีกว่าพันธุ์ทองดี ทำให้เกษตรกรเพิ่มพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว ส้มโอฟันธุ์ทับทิมสยามมีจุดอ่อนที่เปลือกนุ่ม ทำให้บอบช้ำง่ายและไม่สามารถวางจำหน่ายได้นานเหมือนพันธุ์ทองดี นอกจากนี้หากเกษตรกรเก็บเกี่ยวในระยะที่ไม่เหมาะสมอาจมีรสชาติขม (เก็บเกี่ยวเร็ว) หรือจืด (เก็บเกี่ยวช้า) สวนส้มโอฟันธุ์ในพื้นที่ อ.ปากพนังมีอายุใกล้เคียงกัน และสวนใหญ่มีอายุไม่เกิน 10 ปี ยกเว้นสวนในหมู่บ้านแสงวิมานเพียงสวนเดียว (Pak08) ที่มีอายุเกิน 10 ปี สวนส้มโอฟันธุ์ในพื้นที่ที่มีการจัดการดี ใส่ปุ๋ยสม่ำเสมอสามารถได้รับผลผลิตสูงกว่า 80 ผล/ต้น สวนที่ได้ผลผลิตต่ำกว่านี้มักมีปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ต้นโทรมเนื่องจากน้ำท่วมขังเป็นเวลานานในปีที่ผ่านมา (Pak04, 05) ปัญหาโรครากเน่าโคนเน่าระบาดอย่างรุนแรง (Pak09) หรือเกษตรกรเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากเกินไป (Pak07, 08) เป็นต้น เกษตรกรในพื้นที่ อ.ปากพนัง ไม่นิยมปลูกพืชยืนต้นแซมส้มโอ มีเพียงการปลูกพืชล้มลุกเท่านั้น

สวนส้มโอฟันธุ์จำนวน 6 สวน ที่สำรวจในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ ปลูกส้มโอฟันธุ์หอมหาดใหญ่ทั้งหมด ส้มโอฟันธุ์นี้เป็นพันธุ์ท้องถิ่น มีผลโต เปลือกหนา เนื้อสีแดง เม็ดขาวสารมีขนาดใหญ่เรียงตัวสม่ำเสมอในทิศทางเดียวกัน พื้นที่ใบสองข้างของก้านใบไม่สมมาตรกัน ต้นที่มีอายุ 10-15 ปี ติดผลเพียง 30 – 80 ผล/ต้น ซึ่งจัดว่าติดผลน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช ไม่พบโรครากเน่าโคนเน่าเลยทั้ง 6 สวน จึงเข้าใจว่า ส้มโอฟันธุ์นี้สามารถต้านทานต่อโรคนี้ได้ดี เกษตรกรในพื้นที่นี้ไม่นิยมปลูกพืชแซมในสวนส้มโอ

สวนส้มโอฟันธุ์ในพื้นที่ อ.เวียงแก่น ปลูกส้มโอฟันธุ์ขาวทองดีเป็นส่วนใหญ่ แต่มักมีพันธุ์อื่นปะปนในสวนด้วย เช่น ขาวใหญ่ เชลเลอร์ บัตตาเวีย และขาวน้ำผึ้ง เป็นต้น เกษตรกรนำกิ่งพันธุ์มาจากภาคกลาง นอกจากพันธุ์เชลเลอร์ซึ่งนำมาจากต่างประเทศ อายุส้มโอทั้ง 6 สวน ที่สำรวจอยู่ในช่วง 9-12 ปี สวน Wig01 เป็นสวนที่เกษตรกรให้ข้อมูลว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากกว่าปีละ 200 ผล/ต้น ส่วนสวน Wig06 ซึ่งเป็นสวนที่ทรมามากที่สุด ยังคงให้ผลผลิตปีละประมาณ 100 ผล/ต้น เกษตรกรในพื้นที่นี้นิยมบังคับให้ส้มโอออกดอกพร้อมกันเพียงครั้งเดียวในแต่ละปี ยกเว้นสวน Wig05 ซึ่งพบว่า เกษตรกรปล่อยให้ส้มโอมีผลผลิตหลายรุ่นในต้นเดียวกัน



รูปที่ 2-6 ซ้าย : ส้มโอพันธุ์ขาวพวงซึ่งมีผลรูปไข่และติดผลดก เกษตรกรในพื้นที่ อ.ลิซล นิยมปลูก แต่กลับไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ราคาตกต่ำมาก ทำให้เกษตรกรเริ่มโค่นทิ้ง
 ขวา : ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามซึ่งผลมีลูกและขนอ่อนๆ ติดผลดก ด้านทางโรคและแมลงได้ดี กำลังเป็นที่ต้องการของตลาด ราคาสูง ทำให้เกษตรกรเริ่มขยายพื้นที่ปลูก

ตารางที่ 2-3 พันธุ์ อายุ และผลผลิตส้มโอของสวนที่สำรวจในงวดที่ 1 และ 2 (มีนาคม 2550 – กุมภาพันธ์ 2551)

รหัสสวน	พันธุ์ที่ปลูก	ที่มาของกิ่งพันธุ์	อายุ (ปี)	ผลผลิต (ผล/ต้น)	พืชแซม
Sic01	ขาวทองดี ขาวพวง	ในท้องถิ่น	7	80	เงาะ
Sic02	ขาวทองดี	ภาคกลาง	10	60	ไม่มี
Sic03	ขาวทองดี	ในท้องถิ่น	8	120	มะพร้าว
Sic04	ขาวพวง ทองดี เขียว น้ำผึ้ง	ต้นเดิมของตนเอง	4-5	80	ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ชะอม
Sic05	ขาวทองดี	ในท้องถิ่น	8	150	ไม่มี
Sic06	ขาวทองดี	ในท้องถิ่น	10	60	ขนุน มะพร้าว ชะอม รางจืด
Sic07	ขาวพวง ขาวทองดี	ในท้องถิ่น	17	20	ยางพารา
Kan01	ขาวทองดี	ต้นเดิมของตนเอง	15	200	ไม่มี
Kan02	ขาวทองดี	ต้นเดิมของตนเอง	8	200	ไม่มี
Kan03	ขาวทองดี	ต้นเดิมของตนเอง		200	ไม่มี
Kan04	ขาวทองดี	ในท้องถิ่น		200	ไม่มี

Kan05	ขาวทองดี	ในท้องถื่น		160	ไม่มี
Kan06	ขาวทองดี	ในท้องถื่น		180	ไม่มี
Kan07	ขาวทองดี	ในท้องถื่น		200	ไม่มี
Kan08	ขาวทองดี	ในท้องถื่น		180	ไม่มี
Pak01	ขาวทองดี ทับทิม สยาม	แปดริ้ว/ แสงวิมาน	7	150	ไม่มี
Pak02	ขาวทองดี	ต้นเดิมของตนเอง	6	70	ไม่มี
Pak03	ขาวทองดี ทับทิม สยาม ขาวพวง	ต้นเดิมของตนเอง/ แสงวิมาน/ รัฐแจก	8	150	ไม่มี
Pak04	ขาวทองดี	แสงวิมาน	7	80	ไม่มี
Pak05	ขาวทองดี	แสงวิมาน	6	70	ไม่มี
Pak06	ขาวทองดี ทับทิม สยาม ขาวน้ำผึ้ง ขาว หอม	แสงวิมาน/ รัฐแจก	7	100	พริก พักทอง มะละกอ
Pak07	ขาวทองดี	นครชัยศรี	5	50	ไม่มี
Pak08	ทับทิมสยาม ขาว ทองดี	แสงวิมาน	13	70	พริก
Pak09	ขาวทองดี ทับทิม สยาม	แสงวิมาน/ รัฐแจก	7	30	ไม่มี
Pak10	ขาวทองดี	แสงวิมาน/ นครชัยศรี	10	150	ไม่มี
Pak11	ขาวทองดี ทับทิม สยาม	แสงวิมาน/ นครชัยศรี	10	160	ไม่มี
Pak12	ขาวทองดี	นครชัยศรี	10	200	ไม่มี
Pak13	ขาวทองดี	นครชัยศรี	10	120	ไม่มี
Pak14	ขาวทองดี	นครชัยศรี	15	180	ไม่มี
Had01	หอมหัดใหญ่	ในพื้นที่	15	30	ไม่มี
Had02	หอมหัดใหญ่	ต้นเดิมของตนเอง	6	30	ไม่มี
Had03	หอมหัดใหญ่	ในพื้นที่	19	25	ไม่มี
Had04	หอมหัดใหญ่	ในพื้นที่	10	50	ไม่มี
Had05	หอมหัดใหญ่	ในพื้นที่	14	80	ไม่มี
Had06	หอมหัดใหญ่	ในพื้นที่	9	30	ไม่มี

Wig01	ชาวทองดี ชาวใหญ่ เชลเลอร์	ภาคกลาง	10	>200	ไม่มี
Wig02	ชาวทองดี ปัตตาเรีย เชลเลอร์	ภาคกลาง	12	170	ไม่มี
Wig03	ชาวทองดี	ภาคกลาง	8	100-150	ยางพารา
Wig04	ชาวทองดี ชวนน้ำผึ้ง ชาวใหญ่ เชลเลอร์	ภาคกลาง	10	200	ไม่มี
Wig05	ชาวทองดี ชาวใหญ่ เชลเลอร์	ภาคกลาง	9	150-200	ไม่มี
Wig06	ชาวทองดี ชาวใหญ่ ชวนน้ำผึ้ง เชลเลอร์	ภาคกลาง	10	100	ไม่มี

5. การใช้ปุ๋ยและปูน

ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่มีสัดส่วนของต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรส่วนใหญ่จึงใช้ด้วยความระมัดระวัง ส่วนที่ต้องการผลิตเพื่อส่งออก มักใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง ประมาณปีละ 4 – 6 กิโลกรัม/ตัน โดยมีวิธีใช้เลียนแบบจากการผลิตไม้ผลชนิดอื่น คือ ใช้สูตร 15-15-15 หลังเก็บเกี่ยว ใช้สูตร 8-24-24 เมื่อใบแก่จัดก่อนออกดอก และใช้สูตร 13-13-21 เมื่อส้มโอติดผลประมาณ 2 เดือน ส่วนเกษตรกรที่ไม่เน้นผลิตเพื่อส่งออกใช้ปุ๋ยเคมีปีละประมาณ 2 กิโลกรัม/ตัน เกษตรกรเกือบทุกรายใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย โดยมีแหล่งที่มาแตกต่างกันตามความสามารถในการจัดหาของเกษตรกรแต่ละราย เช่น ปุ๋ยคอกจากสัตว์เลี้ยงในครัวเรือน ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด ปุ๋ยหมักผลิตเอง ปุ๋ยอินทรีย์จากโรงปุ๋ยชุมชน และปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากร้านขายปุ๋ย เป็นต้น เกษตรกรบางรายใช้ปุ๋ยทางใบ (Pak07, 08) แต่ใช้ในอัตราต่ำเพียง 1 ลิตร/แปลง เกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลักพบว่า ส้มโอติดผลน้อย ความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ และมีกิ่งตายบนต้นมาก โดยเกษตรกรคิดว่าเป็นผลกระทบจากเหตุการณ์ชื่อนามิ (รูปที่ 2-6)

เกษตรกรมีการใช้ปูนน้อยราย เกษตรกรในพื้นที่ อ.ชนอม (Kan01, 02) ให้ข้อมูลว่าเคยใช้ปูนที่ทำจากเปลือกหอย เกษตรกรบางรายในพื้นที่ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช ได้รับแจกปูนโดโลไมท์จากกรมพัฒนาที่ดิน แต่ก็นำมากองไว้เฉยๆ โดยไม่ทราบว่าจะใช้ทำอะไรและใช้ทำไม เกษตรกรบางรายในพื้นที่ อ.ปากพนัง ให้ข้อมูลว่าเคยใช้ปูนโดโลไมท์ ทั่วๆ ที่ดินเป็นดินด่าง (Pak06, 09, 10) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรไม่เข้าใจวิธีใช้ปูน และมีเกษตรกร 2 ราย ในหมู่บ้านแสงวิมาน (Pak07, 08) ให้ข้อมูลว่าใช้หินปูนผสมกับปุ๋ยเคมี (หินปูนเม็ดที่เกษตรกรใช้มีชื่อการค้าว่า ซุปเปอร์เทอร์โบ ผลิตโดย บริษัท เอที เพื่อนเกษตร จำกัด 260/1 ถ.สิงห์วัฒน์ ต.บ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก)

เกษตรกรเจ้าของสวน Wig01 และ Wig02 ให้ข้อมูลว่า ใช้ปูนโดโลไมท์ปีละ 1.5 ตัน และ 1 ตัน ตามลำดับ ทุกสวนมีการใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมี เกษตรกรมักใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปีละครั้งหลังเก็บเกี่ยว

ผลผลิตอัตราประมาณ 0.5 – 1.0 กระสอบ/ตัน ยกเว้นสวน Wig06 ซึ่งเกษตรกรเจ้าของสวนมีปัญหาคอกจากการเลี้ยงสัตว์ปริมาณมาก จึงใช้ปุ๋ยคอกบ่อยครั้งกว่าสวนอื่น เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เป็นหลัก และเสริมด้วยสูตร 46-0-0 หรือ 8-24-24 แต่ละสวนใช้ปุ๋ยเคมีด้วยความถี่แตกต่างกันในช่วง 2-6 ครั้ง/ปี โดยทั่วไปเกษตรกรในพื้นที่ อ.เวียงแก่น ใช้ปุ๋ยมากกว่าเกษตรกรในภาคใต้ นอกจากนี้เกษตรกรยังนิยมใช้ปุ๋ยปรับปรุงดินด้วย ในขณะที่เกษตรกรในภาคใต้ใช้ปุ๋ยน้อยมาก



รูปที่ 2-7 สัมโอที่เกษตรกรใช้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมพบว่ามีทรงพุ่มหนาแน่น มีจำนวนใบในแต่ละกิ่งมาก (ซ้าย) ในขณะที่สัมโอซึ่งเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อยพบว่า มีทรงพุ่มโปร่ง มีกิ่งตายบนต้นมาก และติดผลน้อย (ขวา)

6. ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด

สวนส้มโอในเขต อ.ชนอม และ อ.สิชล ประสบปัญหาศัตรูพืชอย่างหนัก เกษตรกรให้ข้อมูลว่า หากไม่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดจะไม่ได้ผลผลิตเลย ศัตรูพืชที่เป็นปัญหาสำคัญในพื้นที่นี้ ได้แก่ โรครากร่นาโคนเน่า หนอนฝาดาช เพลี้ยไฟ ไรแดง ไรสนิม หนอนเจาะผล หนอนเจาะโคนต้น และราต่างๆ ทั้งที่เกิดกับผิวผลและใบ เกษตรกรที่ผลิตเพื่อการส่งออกจึงใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ทุกๆ 15 วัน ในระยะ 3 เดือน แรกนับจากวันออกดอก จากนั้นฉีดพ่นเดือนละครั้งจนถึงระยะเก็บเกี่ยว สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ Abamectin, Imidacloprid, Omethoate, Cypermethrin, Dimethoate, Copper hydroxide, Copper oxychloride, และ Petroleum oil เป็นต้น เกษตรกรใช้สารเคมีเหล่านี้โดยแบ่งเป็นกลุ่มๆ (เพลี้ยและไร หนอน และรา) แล้วใช้สารเคมีต่างชนิดสลับกับในแต่ละรุ่นของส้ม โดยให้เหตุผลว่า เพื่อป้องกันการดื้อยา

ในพื้นที่ อ.ปากพั่น เกษตรกรประสบปัญหาการระบาดของศัตรูพืชน้อยกว่าในพื้นที่ อ.ชนอม และ อ.สิชล ศัตรูพืชที่พบในพื้นที่นี้ ได้แก่ โรครากร่นาโคนเน่า เพลี้ยไฟ ไรแดง ไรสนิม เพลี้ยหอย หนอนเจาะผล หนอน

ชอนใบ และราต่างๆ ทั้งที่เกิดกับผิวผลและใบ เกษตรกรใช้สารเคมีป้องกันกำจัดคล้ายกับในพื้นที่ อ.ชนอม และ อ.สิชล แต่มีความถี่น้อยกว่า

ในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ เกษตรกรประสบปัญหาการระบาดของศัตรูพืชรุนแรงเช่นเดียวกับในพื้นที่ อ.ชนอม และ อ.สิชล แต่ไม่พบปัญหาโรครากเน่าโคนเน่า ซึ่งอาจเกิดจากส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่สามารถต้านทานโรคนี้ได้ดี หรือพื้นที่ปลูกเป็นดินร่วนปนทรายระบายน้ำได้ดี เกษตรกรบางรายป้องกันแมลงเจาะผลโดยใช้ถุงตาข่าย เพื่อลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยสารที่ใช้ ได้แก่ Cabosulfan, Abamectin, Emidoconfric เป็นต้น โดยไม่พบว่า เกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราในกลุ่มของสารประกอบทองแดง เหมือนในพื้นที่ อ.ชนอม อ.สิชล และ อ.ปากพนัง

เกษตรกรในพื้นที่ อ.เวียงแก่น ให้ข้อมูลว่า ศัตรูพืชหลักที่สร้างปัญหาให้กับการผลิตส้มโอ ได้แก่ เพลี้ยไฟ ไรขาว หนอนชอนใบ หนอนเจาะผล แมลงวันทอง โรคแคงเกอร์ และโรคจุดดำ เป็นต้น โรคแคงเกอร์พบระบาดรุนแรงในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ ไม่พบสวนใดประสบปัญหาโรครากเน่าโคนเน่าเลย ในขณะที่ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีที่ปลูกในเขต จ.นครศรีธรรมราช ประสบปัญหาโรครากเน่าเกือบทุกสวน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพพื้นที่ของสวนในพื้นที่ อ.เวียงแก่น ระบายน้ำได้ดี



รูปที่ 2-8 โรครากเน่าโคนเน่าที่พบว่าเป็นปัญหารุนแรงกับส้มโอพันธุ์ทองดี แต่กลับไม่พบปัญหานี้ในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม และพันธุ์หอมหาดใหญ่ โคนต้นส้มเป็นแผลมียางไหล (ซ้าย) ส้มโอแสดงอาการใบเหลือง ใบร่วง และยืนตายในที่สุด (ขวา)



รูปที่ 2-9 โรคโคนเน่าที่เกิดจากปัญหาน้ำท่วมขังเป็นเวลานานในพื้นที่ อ.ปากพนัง โคนต้นเน่า เนื้อไม้ผุ (ซ้าย)
ในที่สุดต้นส้มโอหักโค่นทุกๆ ที่ไปยังเขียวอยู่ (ขวา)



รูปที่ 2-10 ผลส้มโอที่ถูกทำลายจากหนอนฝัสดาษ ซึ่งพบว่ามีปัญหารุนแรงในพื้นที่ อ.ขนอม อ.สิชล และ อ.
หาดใหญ่ แต่ไม่พบการระบาดในพื้นที่ อ.ปากพนัง

7. ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร

ส้มโอที่สำรวจในพื้นที่ อ.ชนอม (Kan01, 02) ไม่พบความผิดปกติของการขาดธาตุอาหาร เนื่องจากสวนทั้งสองผลิตเพื่อการส่งออก จึงมีการจัดการสวนที่ดี ส้มโอส่วนใหญ่ในพื้นที่ อ.สีชล ทั้งที่สำรวจเก็บตัวอย่างและไม่ได้สำรวจเก็บตัวอย่าง แสดงอาการขาดสังกะสีอย่างเห็นได้ชัด (ใบมีสีเหลืองซีดในระยะใบอ่อน และแสดงอาการ interveinal chlorosis เมื่อใบเจริญเต็มที่) สวน Sic02 พืชแสดงอาการขาดทั้งฟอสฟอรัสและสังกะสีอย่างรุนแรง และมีอาการคล้ายได้รับพิษจากแมงกานีส ทั้งนี้เนื่องจากสวนนี้ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการ คปร. เพื่อขุดคูยกทรงนำดินที่ลึกกว่า 1 เมตร ขึ้นมาสร้างสันร่องปลูกส้มโอ สวน Sic06 ใช้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว และสวน Sic07 ซึ่งเกษตรกรไม่ได้ใช้ปุ๋ยมาเป็นเวลานาน พบว่า ส้มโอมีความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ มีกิ่งตายบนต้นมาก ติดผลน้อย และพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารหลายธาตุร่วมกัน

สวนส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง พบอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน แต่อาการไม่รุนแรงมากเท่าพื้นที่ อ.สีชล สวนในหมู่บ้านแสงวิมาน (Pak 07, 08) พบว่าพืชเจริญเติบโตช้า แคระแกร็น มีกิ่งตายบนต้นมาก ซึ่งอาการเหล่านี้น่าจะเกิดจากเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย และใช้น้ำหมักควบคุมวัชพืช (หมักโดยใช้สับปะรด กากน้ำตาล และเกลือ) สวนส้มโอ Pak10 (สวนคุณลัดดาวัลย์ อ่อนเครื่อง ตั้งอยู่ ต.เกาะหวด) พบอาการลำต้นแตก ซึ่งน่าจะเกิดจากการขาดโบรอน เกษตรกรให้ข้อมูลว่าส้มโอมีอาการดอกร่วงมากผิดปกติ ซึ่งเป็นอาการบ่งชี้อีกอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าพืชขาดโบรอน (รูปที่ 2-10)



รูปที่ 2-11 อาการกิ่งแตกของส้มโอสวน Pak10 ต.เกาะหวด อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

สวนส้มโอทั้ง 6 สวนในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ พบอาการใบห่อคล้ายอาการขาดทองแดง จากผลการศึกษาความต้องการธาตุอาหารของถั่ว ในชุดดินคอหงส์ ของชัยรัตน์และคณะ (2536) พบว่า เมื่อใส่ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ลงไปในดิน สามารถช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเป็นไปได้ที่ส้มโอในพื้นที่นี้จะขาดทองแดง นอกจากนี้ยังพบว่า ส้มโอทุกสวนที่สำรวจติดผลน้อย ถึงแม้สวนที่มีการดูแลใส่ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอก็ได้ผลผลิตเพียง 80 ผล/ต้น (Had05) ซึ่งเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าพืชอาจจะขาดทองแดง นอกจากนี้ยังไม่พบว่าเกษตรกรฉีดพ่นสารทองแดงเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อราเหมือนในพื้นที่อื่น สวนที่ใช้ปุ๋ยน้อย (Had01, 02, 03, 06) พบว่า หน้่าในสวนแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสอย่างชัดเจน จึงเป็นไปได้สูงที่ส้มโอในแปลงเหล่านี้จะขาดฟอสฟอรัสด้วย สวน Had01, 03, และ 05 พบว่า มีความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ และมีกิ่งตายบนต้นมาก แสดงให้เห็นว่า พืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ หรือไม่สมดุล



รูปที่ 2-12 อาการขาดสังกะสีของส้มโอ ใบยอดมีขนาดเล็กกว่าใบที่อยู่ด้านล่างมาก และแผ่นใบมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ (intervein chlorosis)



รูปที่ 2-13 อาการใบห่อขมลงด้านล่าง คล้ายอาการขาดทองแดง ของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่

ผลการสำรวจพบว่า ส้มโอที่ปลูกในพื้นที่ อ.เวียงแก่น แสดงอาการผิดปกติด้านธาตุอาหารจำนวน 2 ส่วน จากจำนวนสวนที่สำรวจทั้งหมด 6 สวน สวนที่พบอาการผิดปกติคือ Wig05 พบอาการขาดสังกะสี ส่วน Wig06 พบว่าพืชต้นโทรม ความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ การแตกกิ่งใหม่น้อยผิดปกติ คล้ายอาการขาดไนโตรเจน ร่วมกับธาตุอื่นๆ



รูปที่ 2-14 ส้มโอสวน Wig06 อายุประมาณ 10 ปี มีความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ ขนาดทรงพุ่มเล็ก และแตกกิ่งน้อย (ซ้าย) เมื่อเทียบกับส้มโอสวน Wig01 ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกัน (ขวา)

8. ปัญหาการผลิต

เกษตรกรในพื้นที่ อ.ชนอม ให้ความสำคัญกับปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืชมากที่สุด รองลงไปเป็นปัญหาการออกดอกที่ไม่แน่นอน และส้มโอออกดอกหลายครั้งในรอบปี ทำให้ยากต่อการจัดการ หากส้มโอออกดอกน้อยเกษตรกรจะตัดดอกหรือผลอ่อนทิ้ง เนื่องจากไม่คุ้มค่าสารเคมี หากรุ่นใดติดดอกออกผลมาก (มากกว่า 100 ผล/ต้น) จึงตัดสินใจไว้ผล และเริ่มพ่นสารเคมีตั้งแต่ดอกเริ่มร่วง เกษตรกรในพื้นที่นี้ผลิตเพื่อส่งออกโดยตรง และจ้างแรงงานจากต่างถิ่น ทำให้ไม่มีปัญหาด้านการตลาดและแรงงาน

เกษตรกรในพื้นที่ อ.สิชล ให้ความสำคัญกับปัญหาการตลาดมากที่สุด เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่นี้ปลูกส้มโอหลายพันธุ์ปะปนกัน ในขณะที่ตลาดต้องการเฉพาะพันธุ์ทองดี เกษตรกรบางรายจึงลดความเสี่ยงด้านการตลาดโดย ให้ผู้รับซื้อเป็นผู้เช่าสวนแทนการผลิตด้วยตนเอง วิธีนี้นอกจากช่วยลดความเสี่ยงด้านการตลาดแล้ว ยังช่วยลดภาระด้านแรงงานด้วย

เกษตรกรในพื้นที่ อ.ปากพนัง ให้ความสำคัญกับปัญหาผลตอบแทนที่ไม่แน่นอน ต้องใช้เงินลงทุนมาก รองลงไปเป็นปัญหาการจัดการน้ำและโรคแมลง พื้นที่ อ.ปากพนัง เป็นพื้นที่ราบลุ่ม จึงมักประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี บางปีน้ำท่วมนานกว่า 1 เดือน ทำให้ต้นส้มโอทรุดโทรมมากยากแก่การฟื้นฟู ถึงแม้ทางราชการจะช่วยเหลือสร้างร่องคู เพื่อทำการเกษตรแบบผสมผสาน แต่ทางราชการก็ช่วยได้จำกัดเพียงรายละเอียด 3 ไร่ คูคลองธรรมชาติขาดการปรับปรุงให้สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการควบคุมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เกษตรกรในพื้นที่ อ.ปากพนัง ยังประสบปัญหาผลแตกของส้มโอพันธุ์ทองดี เนื่องจากส้มโอในพื้นที่นี้มีเปลือกบาง ในช่วงใกล้เก็บเกี่ยว หากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน เมื่อมีฝนหรือรดน้ำ มักทำให้เกิดปัญหานี้ เกษตรกรไม่ค่อยกังวลกับปัญหานี้มากนัก เนื่องจากปัญหาผลแตกมักเกิดขึ้นหลังจากได้ตกลงราคากับผู้ซื้อแล้ว

เกษตรกรในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ ให้ความสำคัญกับปัญหาแรงงานและราคาผลผลิตที่ไม่จูงใจ ถึงแม้เกษตรกรในพื้นที่นี้จะขายผลผลิตได้ราคาดีในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช (ราคาในสวน ณ วันสำรวจ 15 บาท/ผล) และตลาดส้มโอในพื้นที่เป็นตลาดของผู้ผลิต แต่เกษตรกรเห็นว่า ส้มโอเป็นพืชที่สร้างรายได้เพียงปีละ 1-2 ครั้ง ในขณะที่ยางพาราและปาล์มน้ำมันสร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกทุกเดือน และตรงกับความต้องการใช้เงินมากกว่า



รูปที่ 2-15 ปัญหาแตกผิวสำหรับส้มโอที่ไม่มีใบปกคลุม (ซ้าย) และปัญหาผลแตก ซึ่งพบเฉพาะพันธุ์ทองดีในพื้นที่ อ.ปากพนัง

9. เอกสารอ้างอิง

ชัยรัตน์ นิลนนท์ วิเชียร จากุพจน์. 2539. การประเมินความอุดมสมบูรณ์และความต้องการธาตุอาหารของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในชุดดินคองหงส์. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 18:35-42.

บทที่ 3 การติดตามการจัดการธาตุอาหาร

- คำนำ
- วิธีการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง
 - ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. สีชล จ. นครศรีธรรมราช
 - ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

1. คำนำ

การติดตามการจัดการธาตุอาหาร (nutrient monitoring) เป็นการติดตามเพื่อระบุว่า พืชตอบสนองต่อธาตุอาหารที่เพิ่มลงไป在地หรือไม่ โดยอาศัยแนวคิดเรื่อง การตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชลดลง เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเข้าใกล้ระดับที่พอเพียง (Law of Diminishing returns) (Mengel and Kirkby, 1987) หรือ นักวิจัยบางท่านตั้งชื่อแนวคิดนี้ใหม่ว่า “ความแตกต่างของผลผลิตที่เกิดขึ้น” (Delta yield concept) นั่นคือ หากระดับธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ก่อนแล้ว พืชจะไม่เจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น หากพืชได้รับธาตุอาหารจากดินในระดับปานกลาง แต่ยังคงขาดแคลนบางส่วน (พืชไม่แสดงอาการ) พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มธาตุอาหารลงไปในดิน หากระดับธาตุอาหารในดินต่ำมาก (พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหาร) พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเพิ่มธาตุอาหารลงไปในดิน (Murrell, 2007; Kachanoski, 1996)

โครงการฯ ได้เลือกสวนส้มโอของนางเบญจพร สมจิต ซึ่งตั้งอยู่ที่ หมู่ 2 ตำบลสีชล อำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช (รหัสสวน Sic01) และสวนส้มโอของนายสำเริง กุลวงศ์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ หมู่ 15 ตำบลคลองน้อย อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (รหัสสวน Pak01) เป็นสวนติดตามการจัดการธาตุอาหาร สวน Sic01 เป็นสวนที่เพิ่งซื้อต่อจากเจ้าของเดิม มีพื้นที่ประมาณ 8 ไร่ ปลูกส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวพวงอายุประมาณ 7-8 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 80 ผล/ต้น ปลูกบนพื้นราบไม่มีคูระบายน้ำ มีเงาะอายุประมาณ 2 ปี เป็นพืชแซมปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว เจ้าของสวนกำลังจะไถปรับพื้นที่เพื่อปลูกยางพาราในปี พ.ศ. 2551 ทางโครงการฯ ได้ขอเช่าส้มโอพันธุ์ทองดีจำนวน 10 ต้น ที่มีอายุและขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้

สวนส้มโอของนายสำเริง กุลวงศ์ เป็นสวนส้มโอที่ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (คปร.) เพื่อขุดคูระบายน้ำที่ 3 ไร่ และได้ขุดเพิ่มเติมด้วยตนเองอีกประมาณ 7 ไร่ ปลูกส้มโอ 3 รุ่น คือ อายุ 6 ปี 4 ปี และ 2 ปี ส้มโอที่ปลูกมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ทองดีและพันธุ์ทับทิม

สยาม มีการดูแลสวนอย่างสม่ำเสมอ ทางโครงการฯ ได้เลือกส้มโอที่ปลูกบนคันคูที่ได้รับการส่งเสริมจากโครงการ คปร. พันธุ์ทองดีจำนวน 10 ต้น เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2. วิธีการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง

ด้วยข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการดำเนินโครงการนี้ ทำให้ไม่สามารถศึกษาการจัดการธาตุอาหารตามขั้นตอนที่ควรจะเป็นได้ เนื่องจากการวิเคราะห์ดินและใบส้มยังไม่แล้วเสร็จ ทางโครงการฯ จึงได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาใช้วางแผนการทดลอง

2.1 ตำรับการทดลอง (treatment)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete random design) โดยในแต่ละสวนแบ่งตำรับการทดลองออกเป็น 2 ตำรับ ตำรับละ 5 ซ้ำ (ต้นละ 1 ซ้ำ) ตำรับที่ 1 (T1) จัดการธาตุอาหารเหมือนเกษตรกรปฏิบัติ ส่วนตำรับที่ 2 (T2) เพิ่มธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่คาดว่าพืชน่าจะตอบสนอง สวน Sic01 ดินเป็นกรดจึงหว่านปูนโดโลไมท์ ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) และดีเกลือ ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) พืชแสดงอาการขาดสังกะสีจึงหว่าน $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และเนื้อดินเป็นดินทราย คาดว่าพืชน่าจะตอบสนองต่อโบรอน จึงหว่าน H_3BO_3 ส่วนสวน Pak01 หว่านเฉพาะ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 แผนการทดลองตรวจสอบติดตามการจัดการธาตุอาหารสำหรับสวนส้มโอในพื้นที่ อ.สีชล (Sic01) และ อ.ปากพนัง (Pak01) จ.นครศรีธรรมราช

แปลง	ตำรับที่ 1 (T1)	ตำรับที่ 2 (T2)
Sic01	ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา ปีละ 6 กิโลกรัม/ต้น แบ่งใส่ 1 กิโลกรัม/ต้น ทุกๆ 2 เดือน	- ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 เหมือน T1 - ใส่ปูนโดโลไมท์ ปีละ 2 กิโลกรัม/ต้น (ใส่ครั้งเดียว เมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2550) - ใส่ดีเกลือ ปีละ 500 กรัม/ต้น (ใส่ครั้งเดียวเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2550) - ใส่ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ปีละ 600 กรัม/ต้น (แบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี ใส่ครั้งแรกเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2550 และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2550) - ใส่ H_3BO_3 ปีละ 30 กรัม/ต้น (ใส่ครั้งเดียวเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2550)
Pak01	ปฏิบัติเช่นเดียวกับเกษตรกร	ใส่ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ปีละ 600 กรัม/ต้น (แบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี ใส่ครั้งแรกเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2550 และครั้งที่ 2 วันที่ 20 ตุลาคม 2550)

สวน Sic01 ได้ตัดผลที่ติดอยู่บนต้นทั้งทั้ง T1 และ T2 เนื่องจากผลอยู่ในระยะใกล้เก็บเกี่ยว จึงไม่มีประโยชน์ในการศึกษาผลของความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง และได้ตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่ง เนื่องจากเจ้าของสวนขาดการดูแลมาเป็นเวลานาน ส่วนสวน Pak01 ไม่ได้ดำเนินการพิเศษใดๆ นอกเหนือจากการปฏิบัติตามปกติของเกษตรกร

2.2 รายการที่ทำการตรวจติดตาม

แต่ละสวนหรือแต่ละต้นทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ดังนี้

- **สมบัติทางกายภาพของดิน** (เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน) ทำการศึกษสมบัติทางกายภาพของดินเพียงครั้งเดียวระหว่างการทดลอง เนื่องจากสมบัติเหล่านี้ของดินไม่ได้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการทดลอง ตัวอย่างสำหรับศึกษาเนื้อดินและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เก็บโดยใช้สว่านสำรวจดินเจาะดินบริเวณชายพุ่มของต้นส้มโอแต่ละต้นที่เลือกใช้เป็นต้นทดลอง ต้นละ 4 หลุม ที่ความลึก 0-15 cm และ 15-45 cm นำตัวอย่างที่ได้จากความลึกเดียวกันของแต่ละต้นมาผสมกันเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม (composite sample) นำตัวอย่างมาผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง ต่ำแล้วนำไปวิเคราะห์
- **สมบัติทางเคมีของดิน** (ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม อินทรีย์คาร์บอน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ โบรอนที่ละลายได้) เก็บตัวอย่างก่อนการทดลองเพียงครั้งเดียว โดยใช้สว่านสำรวจดินเจาะดินบริเวณชายพุ่มของต้นส้มโอแต่ละต้นที่เลือกใช้เป็นต้นทดลอง ต้นละ 4 หลุม ที่ความลึก 0-15 cm และ 15-45 cm นำตัวอย่างที่ได้จากความลึกเดียวกันของแต่ละต้นมาผสมกันเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม (composite sample) นำตัวอย่างมาผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง ต่ำและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และเก็บในกระปุกพลาสติก เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
- **พัฒนาการของผลและการออกดอก** ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวง น้ำหนักผล ความหนาแน่นผล สัดส่วนของเปลือกและเนื้อ การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในเปลือกและเนื้อผล และศึกษาช่วงเวลาออกดอกในรอบปี
- **การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบ** ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบส้มโอ โดยเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน
- **การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน** ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินโดย tensiometer ที่ระดับความลึก 15 และ 45 เซนติเมตร จากผิวดิน อ่านค่าความเครียดน้ำ (water tension) ทุกสัปดาห์

- **องค์ประกอบของผล** ศึกษาโดยเก็บตัวอย่างผลที่เกิดจากดอกที่บานหลังเริ่มทำการทดลองมาวิเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ เช่น ความหนาเปลือก น้ำหนักแห้งของเนื้อผล ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผล ความเข้มข้นของกรด และชนิดของน้ำตาล เป็นต้น



รูปที่ 3-1 ส้มโอในสวนที่ใช้ทดลองที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ก่อนเริ่มทดลองได้ตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่งเหมือนกันทุกต้น ตัดผลที่อยู่บนต้นทิ้งทั้งหมด เพื่อใช้ผลซึ่งเกิดหลังจากใส่สิ่งทดลองแล้ว



รูปที่ 3-2 สภาพสวนและต้นส้มโอในสวนที่ใช้ทดลองที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01) ขณะเริ่มทดลองส้มอยู่ในระยะติดผล เกษตรกรเจ้าของสวนได้ทำสัญญาขายผลผลิตให้ผู้รับซื้อในลักษณะเหมาสวน จึงไม่สามารถตัดผลทิ้งได้ และไม่สามารถใส่สิ่งทดลองได้มาก

3. ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. สิชล จ. นครศรีธรรมราช

3.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ตัวอย่างดินบนจากสวน Sic01 ประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 24-28 ทรายแป้งร้อยละ 12-24 และทรายร้อยละ 49-59 (ตารางที่ 3-2) อนุภาคดินเหนียวมีความแปรปรวนอยู่ในช่วงร้อยละ 4 ในขณะที่ดินทรายมีความแปรปรวนอยู่ในช่วงร้อยละ 10 โดยเฉลี่ยดินบนมีเนื้อดินเป็น เมื่อจำแนกตามระบบ International Union of Soil Science (IUSS) และมีเนื้อดินเป็น silty clay loam เมื่อจำแนกตามระบบ United State Department of Agriculture (USDA) ตัวอย่างดินล่างประกอบด้วยดินเหนียวร้อยละ 14-31 ทรายแป้งร้อยละ 12-26 และทรายร้อยละ 43-64 ดินล่างมีความแปรปรวนของขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงกว้างกว่าดินบน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่าง T2R4 มีสัดส่วนขนาดอนุภาคต่างไปจากตัวอย่างอื่นๆ มาก เนื้อดินโดยเฉลี่ยเมื่อจำแนกตามระบบ IUSS เป็น และมีเนื้อดินเป็น sandy clay loam เมื่อจำแนกตามระบบ USDA เนื้อดินของสวน Sic 01 มีความเหมาะสมต่อการจัดการน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากดินสามารถระบายน้ำได้ดี ลดปัญหาน้ำท่วมขังในฤดูฝน การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่ให้พืชทางผิวดินเกิดขึ้นได้เร็ว ทำให้พืชสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยทางผิวดินได้เร็วตามไปด้วย

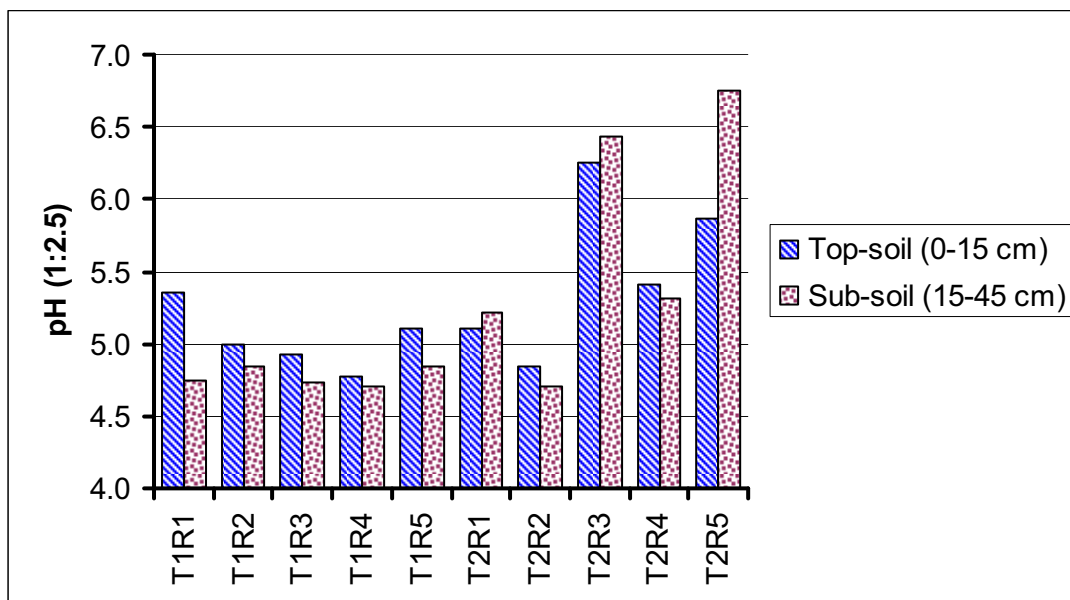
ตารางที่ 3-2 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดินของสวนติดตาม Sic01 อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

Sample	Depth (cm)	Particle size (%)			Soil texture	
		Clay	Silt	Sand	IUSS	USDA
T1R1	0-15	27	19	54	sandy clay	sandy clay loam
	15-45	28	26	46	light clay	sandy clay loam
T1R2	0-15	24	20	56	sandy clay loam	sandy clay loam
	15-45	37	20	43	light clay	clay loam
T1R3	0-15	24	22	54	clay loam	sandy clay loam
	15-45	26	20	54	light clay	sandy clay loam
T1R4	0-15	26	20	54	light clay	sandy clay loam
	15-45	28	20	52	light clay	sandy clay loam
T1R5	0-15	24	21	55	clay loam	sandy clay loam
	15-45	27	21	52	light clay	sandy clay loam
T2R1	0-15	27	24	49	light clay	sandy clay loam
	15-45	31	21	48	light clay	sandy clay loam
T2R2	0-15	28	22	50	light clay	sandy clay loam
	15-45	30	20	50	light clay	sandy clay loam
T2R3	0-15	26	15	59	sandy clay	sandy clay loam
	15-45	26	18	56	sandy clay	sandy clay loam
T2R4	0-15	21	13	66	sandy clay loam	sandy clay loam
	15-45	14	22	64	loam	sandy loam
T2R5	0-15	23	12	65	sandy clay loam	sandy clay loam
	15-45	27	12	61	sandy clay	sandy clay loam
mean	0-15	25	19	56	sandy clay	sandy clay loam
	15-45	27	20	53	light clay	sandy clay loam

3.2 สมบัติทางเคมีของดิน

3.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นที่ T1R1 – T1R5 พบว่ามีค่า pH อยู่ในช่วง 4.5 – 5.5 ทั้งดินบนและดินล่าง โดยทุกต้นของ T1 มี pH ดินบนสูงกว่าดินล่าง สำหรับตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของ T2R1 – T2R5 พบว่า มีความแตกต่างกันมาก T2R3 และ T2R5 มีค่า pH สูงกว่าต้นอื่นมาก และดินล่างมีค่า pH สูงกว่าดินบน ความแตกต่างนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากจอมปลวกที่อยู่ในบริเวณต้นดังกล่าว (รูปที่ 3-3) pH ของดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอในแปลงนี้ส่วนใหญ่ถือว่าอยู่ในระดับต่ำควรปรับปรุง ยกเว้นต้นที่ T2R3 และ T2R5 การตัดสินใจใช้ปูนจากการคาดคะเนจึงถือว่าเหมาะสม แต่ปริมาณที่ใช้ไม่มากพอที่จะยกระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วงเหมาะสม



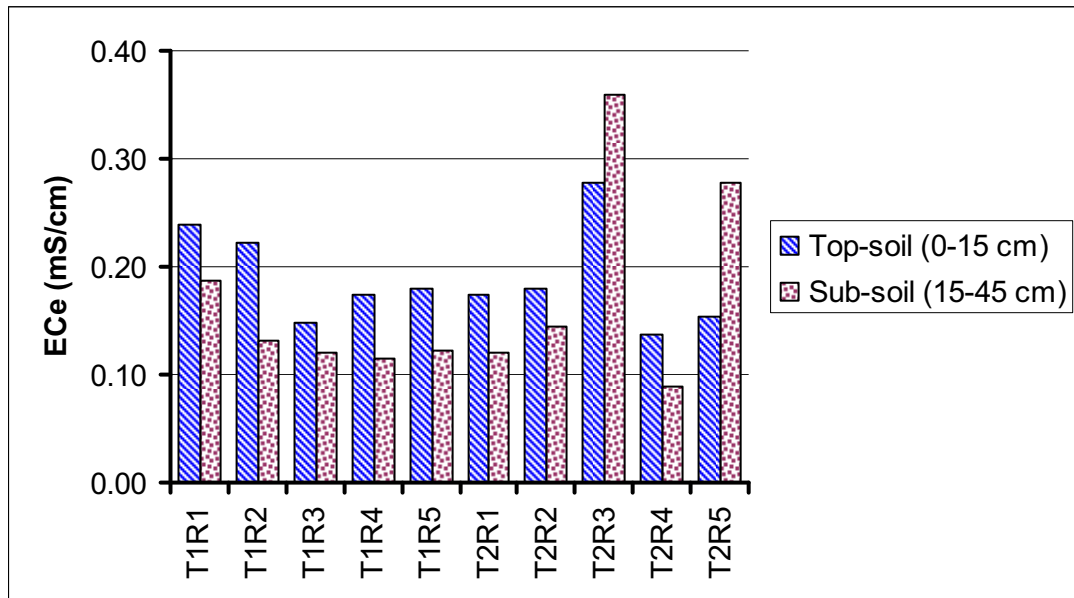
รูปที่ 3-3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) รอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

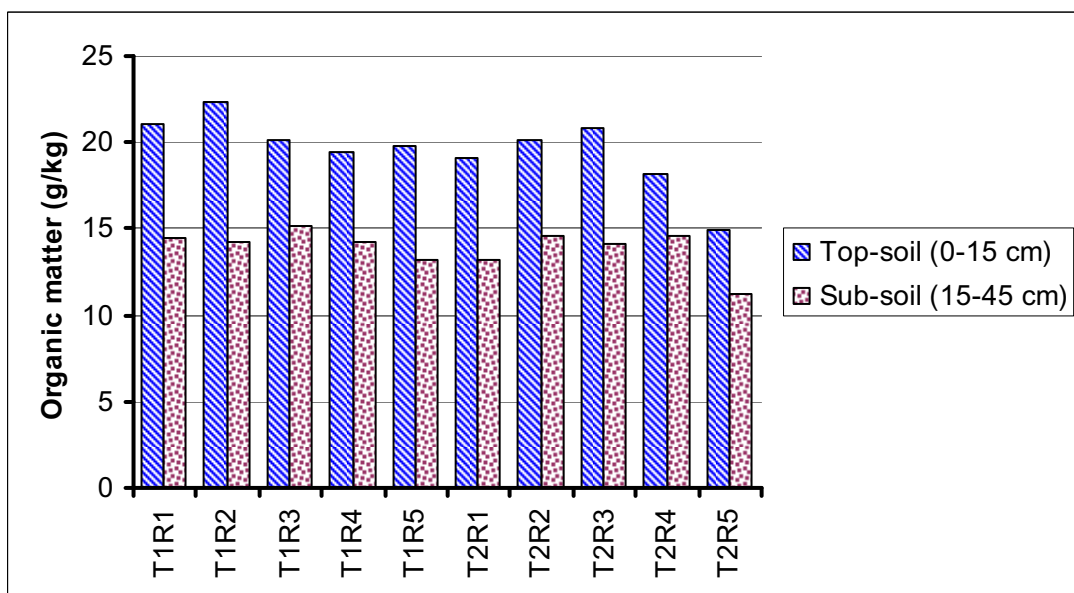
ตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทุกต้นที่เลือกใช้ทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 1 mS/cm ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำมาก ความเค็มของดินจึงไม่เป็นปัญหาใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของส้มโอทุกต้น T2R3 และ T2R5 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าต้นอื่นๆ มาก และดินล่างมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินบน ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากจอมปลวกที่อยู่บริเวณต้นทั้งสอง ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของไอออนที่สูงกว่าด้วยเช่นเดียวกัน การเลือกส้มโอต้นที่ T2R3 และ T2R5 เป็นต้นทดลองในครั้งนี้จึงไม่น่าจะเหมาะสมนัก แต่ด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาดำเนินโครงการฯ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการตามขั้นตอนที่ควรจะเป็นได้ (รูปที่ 3-4)

3.2.3 อินทรีย์วัตถุในดิน

ตัวอย่างดินจากรอบทรงพุ่มต้นที่ T1R1 – T2R4 มีอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกัน แต่ T2R5 มีค่าต่ำกว่าต้นอื่นๆ มาก ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากจอมปลวกที่อยู่บริเวณโคนต้น จากการสังเกตพบว่า วัชพืชต่างๆ เจริญเติบโตได้ไม่ดีบริเวณโคนต้น T2R5 จึงน่าจะส่งผลให้อินทรีย์วัตถุในดินต่ำไปด้วย (รูปที่ 3-5)



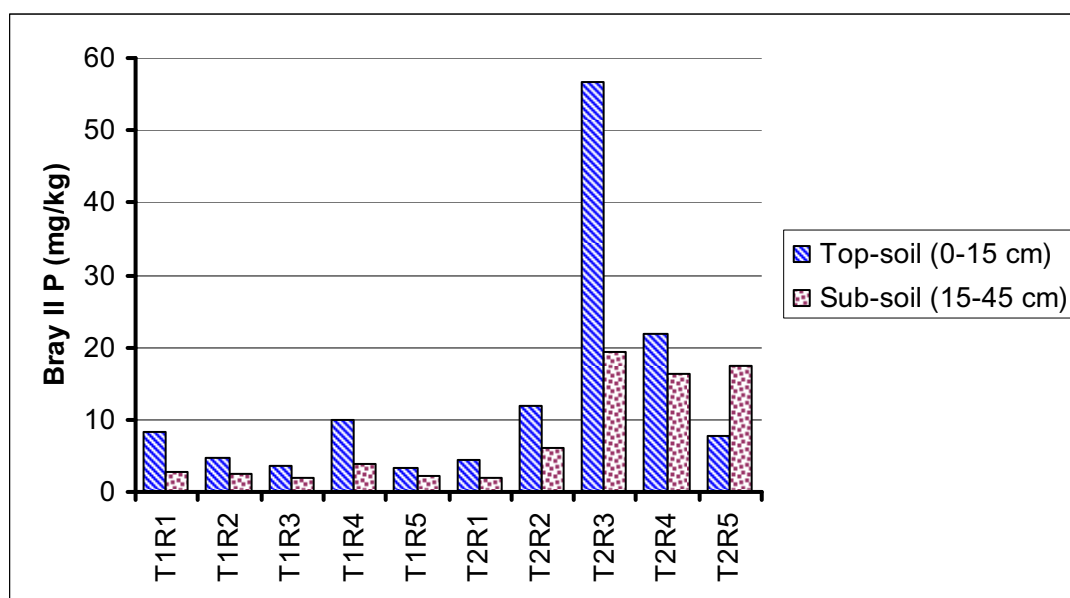
รูปที่ 3-4 ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช



รูปที่ 3-5 ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุของดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

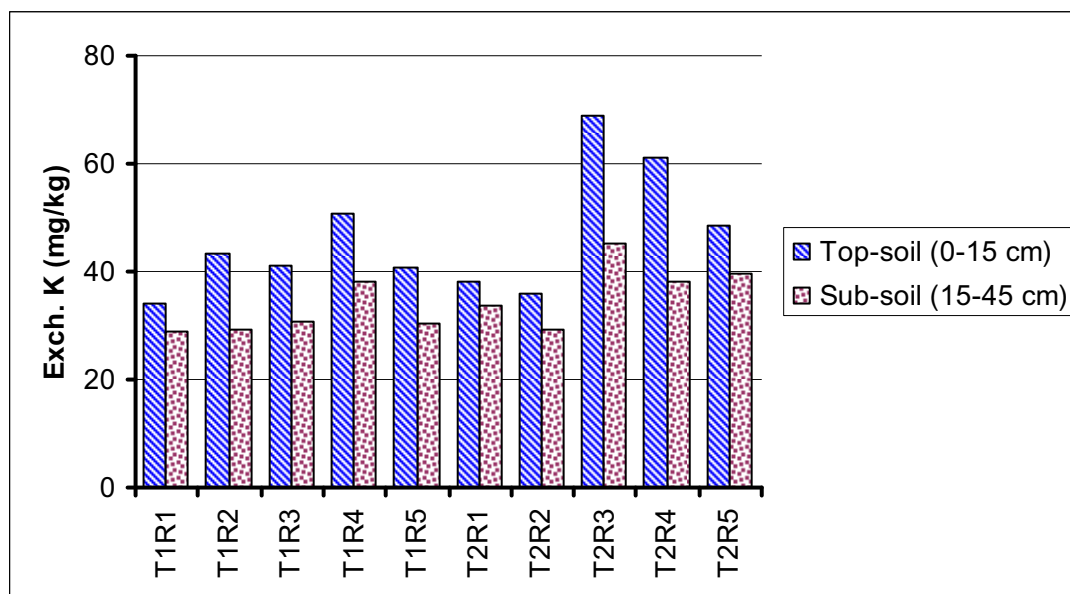
ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองในครั้งนี้พบว่า มีความแปรปรวนสูงมาก ดินบนของต้น T1R1 – T1R5 (ดำรับที่ 1) มีค่าอยู่ในช่วง 3.3 – 10.0 mg/kg ในขณะที่ของต้น T2R1 – T2R5 (ดำรับที่ 2) มีค่าอยู่ในช่วง 4.5 – 56.8 mg/kg ความแปรปรวนนี้น่าจะเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร และจอมปลวกที่อยู่บริเวณโคนต้น T2R3 และ T2R5 (รูปที่ 3-6) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอแปลงนี้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก การเลือกใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ด้วยจึงน่าจะเป็นการคาดคะเนที่เหมาะสม



รูปที่ 3-6 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.5 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความแปรปรวนของโพแทสเซียมในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองคล้ายกับสมบัติและธาตุอาหารอื่นที่กล่าวแล้ว นั่นคือต้นที่ T1R1 – T1R5 (ดำรับที่ 1) มีความแปรปรวนของโพแทสเซียมในดินบนเพียง 34 – 51 mg/kg ในขณะที่ต้นที่ T2R1 – T2R5 (ดำรับที่ 2) มีความแปรปรวนของดินบนในช่วง 36 – 69 mg/kg โดยต้นที่ T2R3 และ T2R4 มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงกว่าต้นอื่นอย่างชัดเจน ความแปรปรวนดังกล่าวน่าจะมีสาเหตุจากอิทธิพลของจอมปลวกเช่นเดียวกับสมบัติอื่นที่กล่าวแล้ว (รูปที่ 3-7) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอส่วนใหญ่ที่เลือกทดลองอยู่ในระดับต่ำมาก ยกเว้นต้นที่ได้รับอิทธิพลจากจอมปลวก ดังนั้นส้มโอน่าจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ผลการสังเกตอาการของพืชไม่พบความผิดปกติใดๆ ที่บ่งชี้การขาดโพแทสเซียม การเลือกใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ซึ่งมีโพแทสเซียมในสัดส่วนที่สูงจึงน่าจะเป็นการคาดคะเนที่เหมาะสม



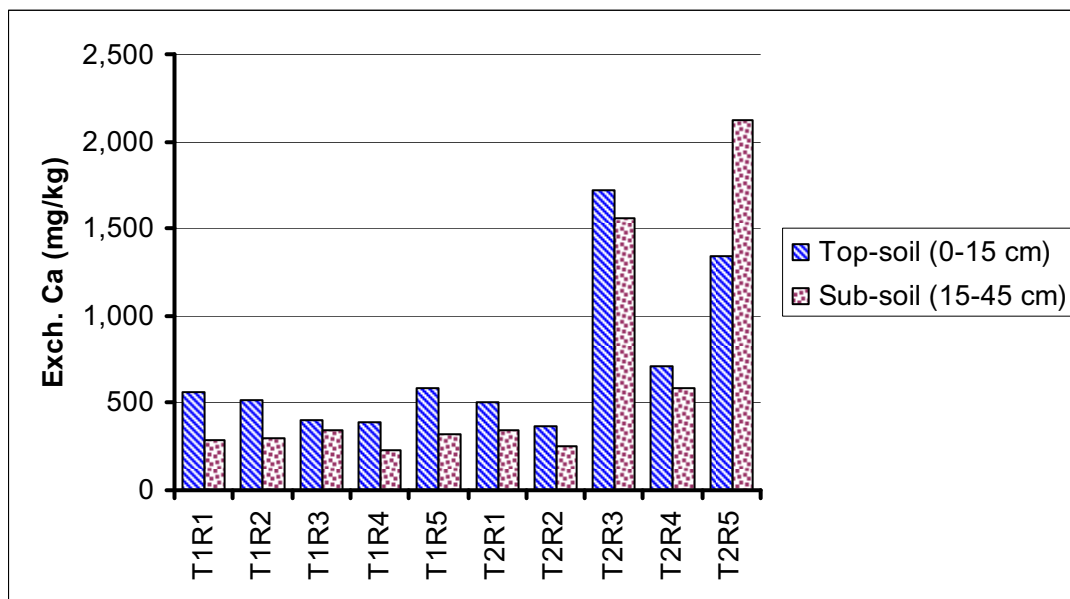
รูปที่ 3-7 ความเข้มข้นโพแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.6 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

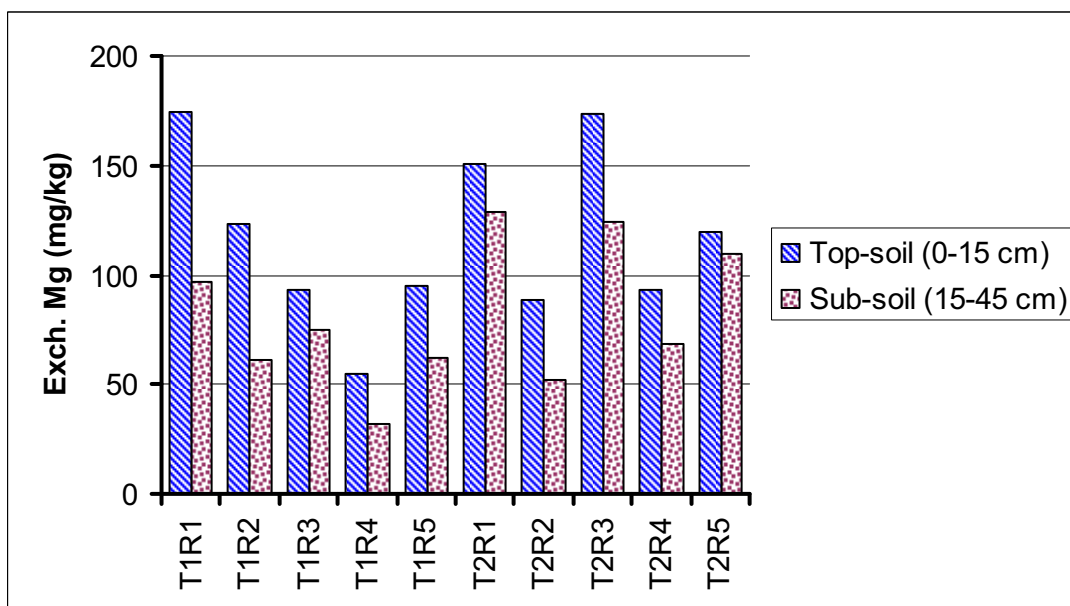
ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองมีความแปรปรวนทำนองเดียวกับโพแทสเซียม นั่นคือ ตัวอย่างดินจากทั้ง 5 ต้นของตำรับที่ 1 (T1R1 – T1R5) มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงแคบๆ เพียง 392 – 586 mg/kg (ดินบน) ส่วนตำรับที่ 2 มีความแปรปรวนในช่วงกว้างถึง 372 – 1,718 mg/kg (ดินบน) โดยปัจจัยที่ทำให้ตัวอย่างดินจาก T2R3 และ T2R5 มีความเข้มข้นสูงกว่าต้นอื่นๆ มากจอมปลวกเช่นเดียวกับสมบัติอื่นที่กล่าวแล้ว (รูปที่ 3-8) ความเข้มข้นของแคลเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอส่วนใหญ่ที่เลือกทดลองอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นต้นที่ได้รับอิทธิพลจากจอมปลวก ดังนั้นส้มโอน่าจะตอบสนองต่อปุ๋ย

3.2.7 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองพบว่า มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้างทั้งตำรับที่ 1 และ 2 โดยพบว่า ดินบนมีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 55 – 174 mg/kg และดินล่างอยู่ในช่วง 32 – 128 mg/kg คาดว่าสาเหตุน่าจะมาจากธรรมชาติของดินในพื้นที่ (รูปที่ 3-9) ดินรอบทรงพุ่มส่วนใหญ่มีแมกนีเซียมในระดับต่ำถึงต่ำมาก ยกเว้น T1R1, T2R1 และ T2R3 การปรับปรุงดินด้วยโดโลไมท์จึงน่าจะช่วยให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดินของตำรับที่ 2 สูงขึ้นมาอยู่ในระดับเพียงพอทุกต้น



รูปที่ 3-8 ความเข้มข้นแคลเซียมในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซด จ.นครศรีธรรมราช



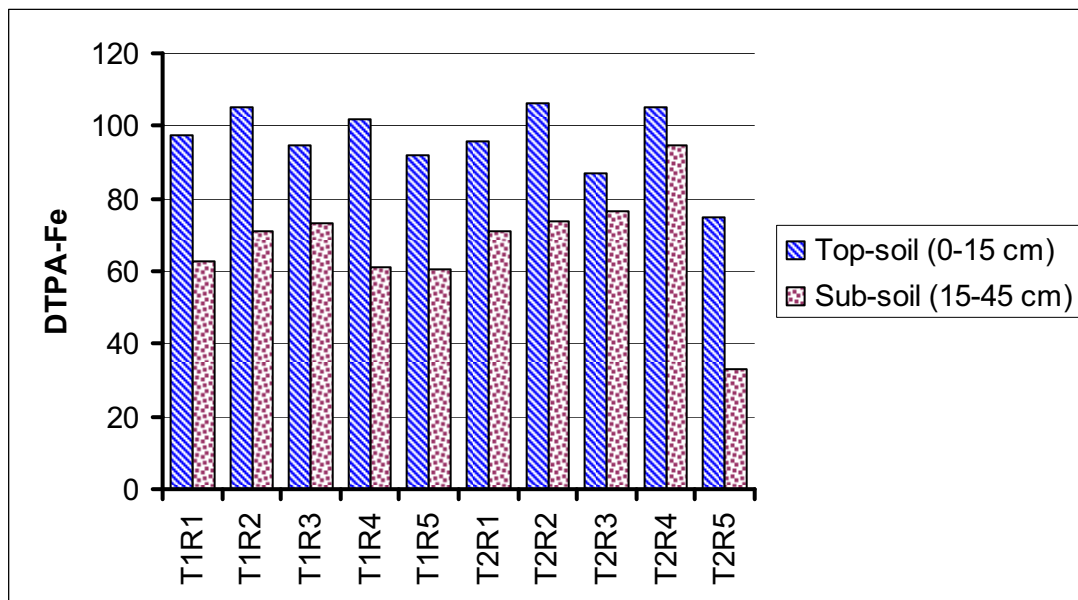
รูปที่ 3-9 ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซด จ.นครศรีธรรมราช

3.2.8 เหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

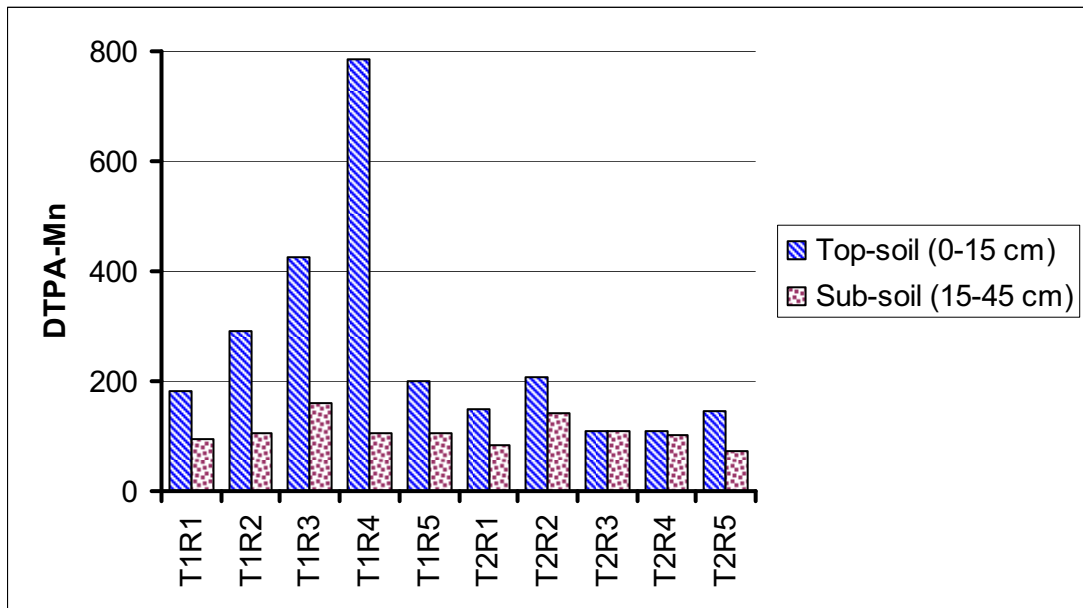
ความเข้มข้นของเหล็กในดินทุกตัวอย่างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ยกเว้น T2R5 ซึ่งมีเหล็กต่ำกว่า ตัวอย่างอื่น ดินบนมีเหล็ก 96 ± 10 mg/kg ในขณะที่ดินล่างมีเหล็กเพียง 68 ± 16 mg/kg ความเข้มข้นของเหล็กในระดับนี้ถือว่ามากเกินความต้องการของพืช (รูปที่ 3-10)

3.2.9 แมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

ความเข้มข้นของแมงกานีสในตัวอย่างดินจากบริเวณใต้ทรงพุ่มของตำรับที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ตำรับที่ 1 มีความแปรปรวนสูงในดินบน ในขณะที่ดินล่างมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับตัวอย่างอื่นๆ ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินบนสูงกว่าดินล่างในทุกตัวอย่าง และไม่พบอิทธิพลของจอมปลวกต่อความเข้มข้นของแมงกานีสในดิน ความเข้มข้นในทุกตัวอย่างถือว่าอยู่ในระดับสูงมากเช่นเดียวกับเหล็ก (รูปที่ 3-11)



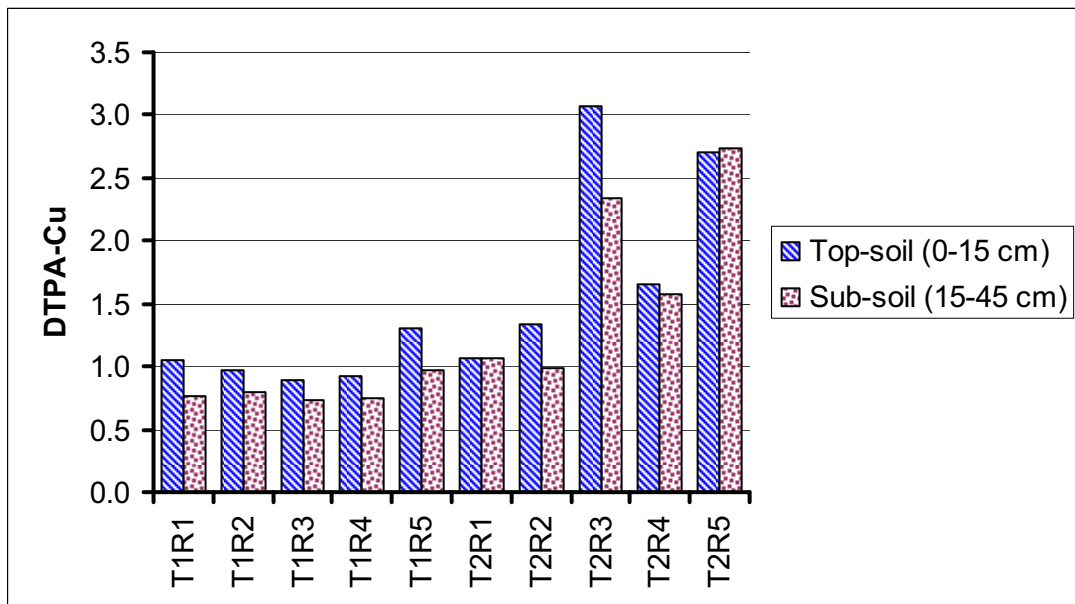
รูปที่ 3-10 ความเข้มข้นของเหล็กในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช



รูปที่ 3-11 ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.10 ทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

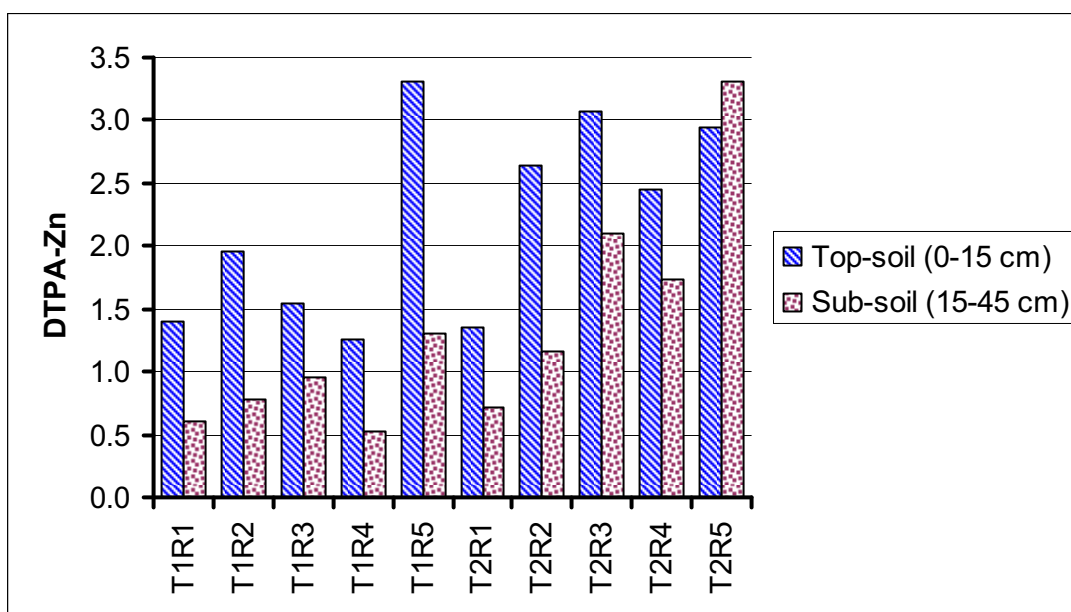
ความเข้มข้นของทองแดงในตัวอย่างดินจากบริเวณใต้ทรงพุ่มของทุกต้นใกล้เคียงกัน ยกเว้น T2R3 และ T2R5 ซึ่งมีทองแดงสูงกว่าต้นอื่นๆ มาก ตัวอย่างดินจากตำรับที่ 1 ทั้ง 5 ต้น มีความเข้มข้นของทองแดงใกล้เคียงหรือต่ำกว่า 1 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ค่อนข้างต่ำ (รูปที่ 3-12)



รูปที่ 3-12 ความเข้มข้นของทองแดงในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.11 สังกะสีที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

ความเข้มข้นของสังกะสีในตัวอย่างดินจากบริเวณใต้ทรงพุ่มของแต่ละต้นพบว่า แปรปรวนอยู่ในช่วง 1.3 – 3.3 mg/kg สำหรับดินบน และ 0.5 – 3.3 mg/kg สำหรับดินล่าง ซึ่งส่วนใหญ่พบว่า ความเข้มข้นในดินบนสูงกว่าดินล่าง ต้นที่มีจอมปลวก (T2R3 และ T2R5) พบว่า ความเข้มข้นของสังกะสีในดินมีแนวโน้มสูงกว่าต้นอื่น โดยเฉพาะดินล่าง (รูปที่ 3-13) ถึงแม้ความเข้มข้นของสังกะสีในดินอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับเพียงพอ (บทที่ 4) แต่พบว่า สัมโอแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน การหว่านสังกะสีบริเวณโคนต้นตำรับที่ 2 (T2R1 – T2R5) จึงน่าจะช่วยให้ความเข้มข้นของสังกะสีมีความแตกต่างระหว่างตำรับมากขึ้น



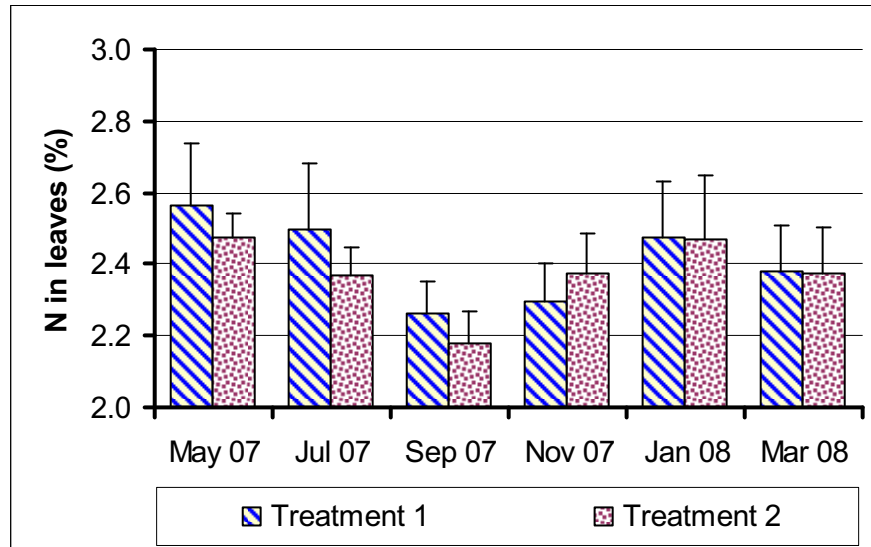
รูปที่ 3-13 ความเข้มข้นของสังกะสีในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบได้เริ่มเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นชุดใบที่แตกใบอ่อนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 จากนั้นเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 เดือน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ได้เปลี่ยนเป็นเก็บตัวอย่างจากชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 แทน

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน

ใบชุดแรกพบว่า ไนโตรเจนลดลงตามอายุใบ ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใบมีอายุต่างกัน 4 เดือน ใบชุดที่ 2 พบว่า ไนโตรเจนมีความเข้มข้นสูงสุดในเดือนที่ 4 จากนั้นลดลงทำนองเดียวกับใบชุดแรก ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบชุดแรกพบว่า ตำรับที่ 2 มีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับที่ 1 ส่วนใบชุดที่ 2 ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับ (รูปที่ 3-14)



รูปที่ 3-14 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส

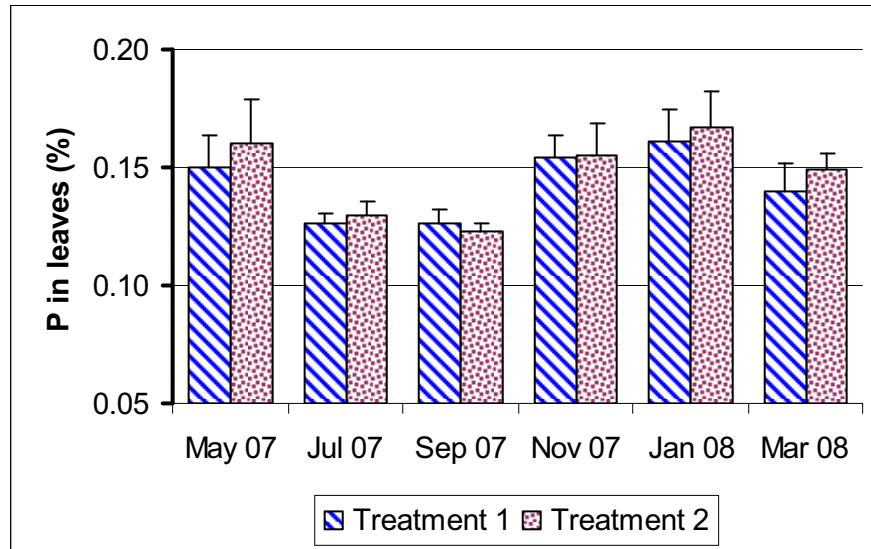
ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับไนโตรเจน นั่นคือความเข้มข้นในใบชุดที่ 1 มีแนวโน้มลดลงตามอายุใบ ส่วนใบชุดที่ 2 พบว่า ใบอายุ 4 เดือน มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงสุด และลดลงเมื่ออายุ 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบใบที่มีอายุเท่ากันระหว่างชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบว่า ใบชุดที่ 2 มีความเข้มข้นสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าส้มโอชุดใช้ฟอสฟอรัสได้มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 หรืออาจเนื่องมาจากเป็นชุดใบที่อยู่ในช่วงฤดูฝน (รูปที่ 3-15)

3.3.3 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียม

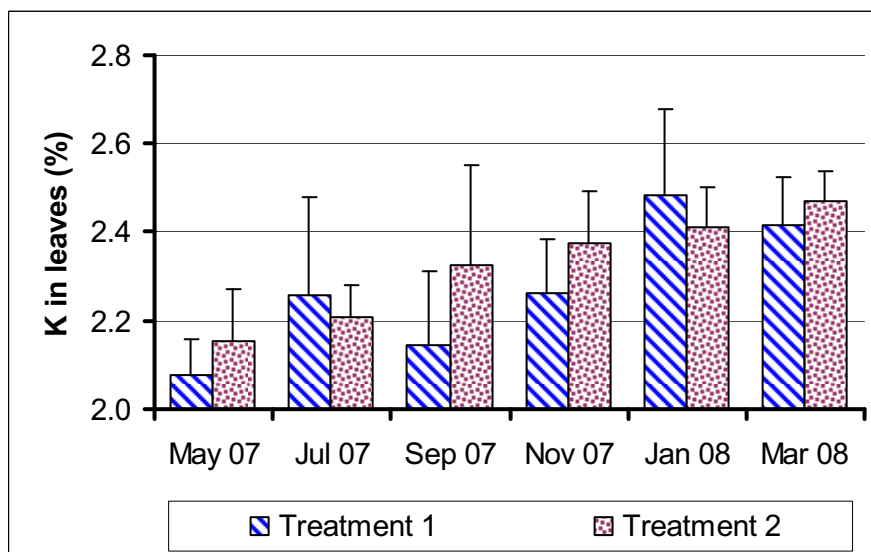
ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ทุกๆ 2 เดือน และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับทดลอง (รูปที่ 3-16)

3.3.4 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียม

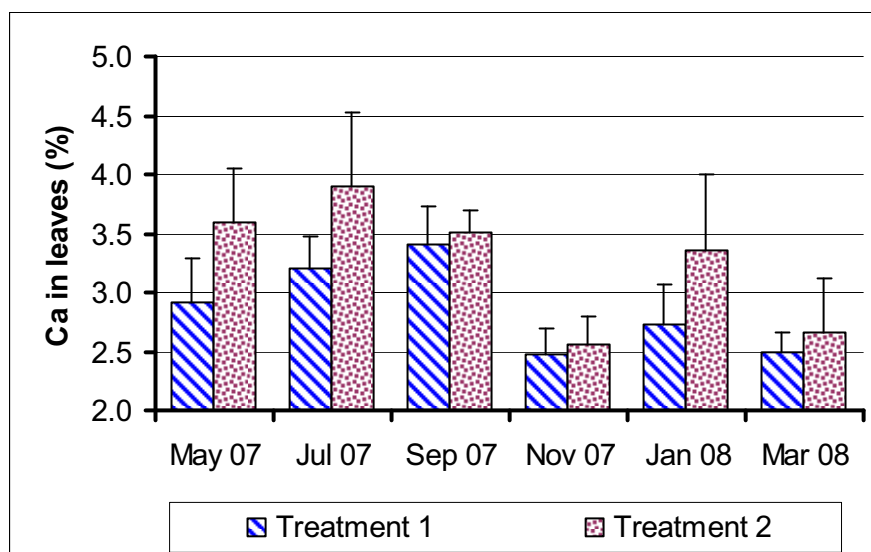
ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบชุดที่ 1 สูงกว่าชุดที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากสมบัติความเป็นปฏิปักษ์ระหว่างแคลเซียมและโพแทสเซียม ในใบชุดที่ 2 ส้มโอชุดใช้โพแทสเซียมได้สูงขึ้นมา ทำให้ดูดใช้แคลเซียมได้ต่ำลง ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบส้มโอตำรับที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของโดโลไมท์ หรืออิทธิพลของดินจอมปลวกของต้นที่ T2R3 และ T2R5 (รูปที่ 3-17)



รูปที่ 3-15 การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน



รูปที่ 3-16 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน



รูปที่ 3-17 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01)

ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

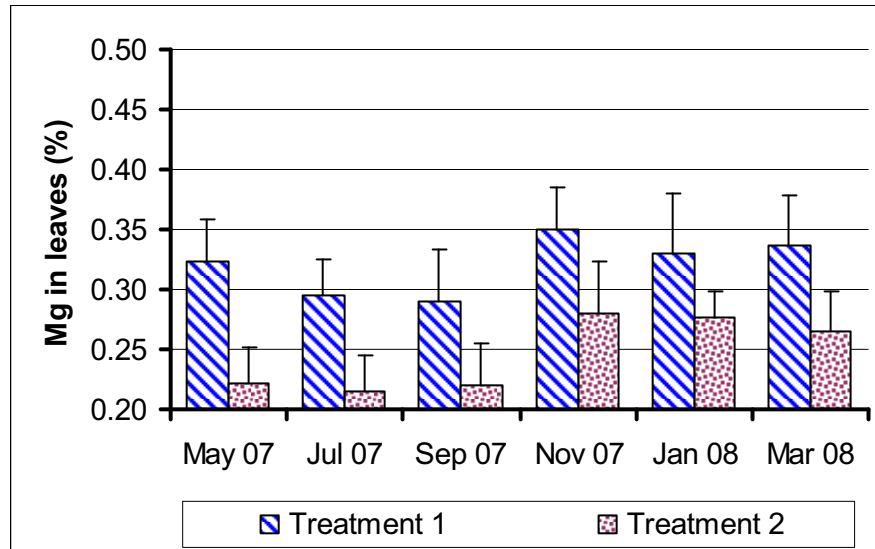
3.3.5 การเปลี่ยนแปลงของแมกนีเซียม

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบตำรับที่ 1 สูงกว่าตำรับที่ 2 อย่างชัดเจน ทั้งใบชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ส้มโอตำรับที่ 2 ทุกต้นได้รับแมกนีเซียมทั้งในรูปดีเกลือ ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) และโดโลไมท์ ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) แต่กลับพบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าส้มโอที่ไม่ได้ใส่แมกนีเซียม สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสมบัติการเป็นปฏิปักษ์ของแมกนีเซียมกับโพแทสเซียมและแคลเซียม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในดิน ทำให้ส้มโอดูดใช้แมกนีเซียมได้น้อยลง แม้จะใส่แมกนีเซียมลงไปในดิน แต่ก็ไม่ช่วยให้พืชดูดใช้แมกนีเซียมได้สูงขึ้น (รูปที่ 3-18)

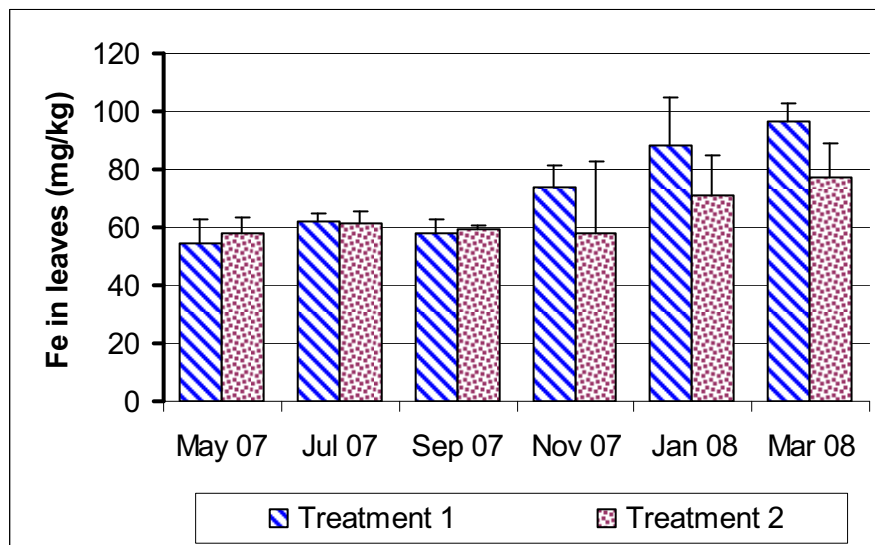
3.3.6 การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี

ความเข้มข้นของเหล็กมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุใบ และไม่แตกต่างระหว่างตำรับการทดลองสำหรับใบชุดที่ 1 แต่ในกรณีของใบชุดที่ 2 กลับพบว่า ความเข้มข้นของเหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุใบ และตำรับที่ 1 มีความเข้มข้นสูงกว่าตำรับที่ 2 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากใบชุดที่ 2 เป็นใบที่อยู่ในช่วงฤดูฝน ทำให้เหล็กในดินละลายออกมาได้มาก ส่งผลให้ส้มโอสามารถดูดใช้เหล็กได้มากตามไปด้วย (รูปที่ 3-19)

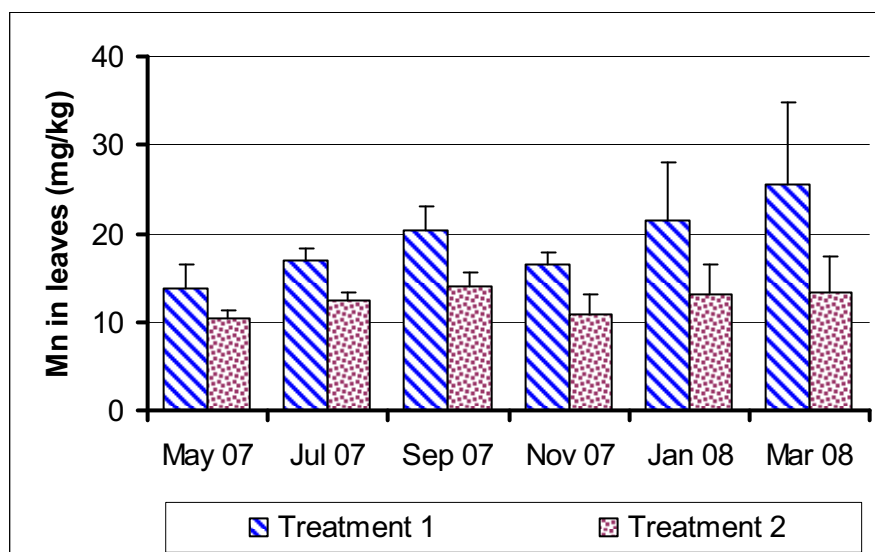
ความเข้มข้นของแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุใบ ทั้งใบชุดที่ 1 และใบชุดที่ 2 ใบส้มโอตำรับที่ 2 มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำกว่าชุดที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเกิดจากดินบริเวณโคนต้นส้มโอ T2R3, T2R4 และ T2R5 มีค่า pH สูงกว่าดินบริเวณโคนต้นส้มโอต้นอื่นๆ แมงกานีสจึงละลายได้น้อย ส่งผลให้ส้มโอดูดใช้แมงกานีสได้น้อยตามไปด้วย (รูปที่ 3-3 และ 3-20)



รูปที่ 3-18 การเปลี่ยนแปลงของแมกนีเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน



รูปที่ 3-19 การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

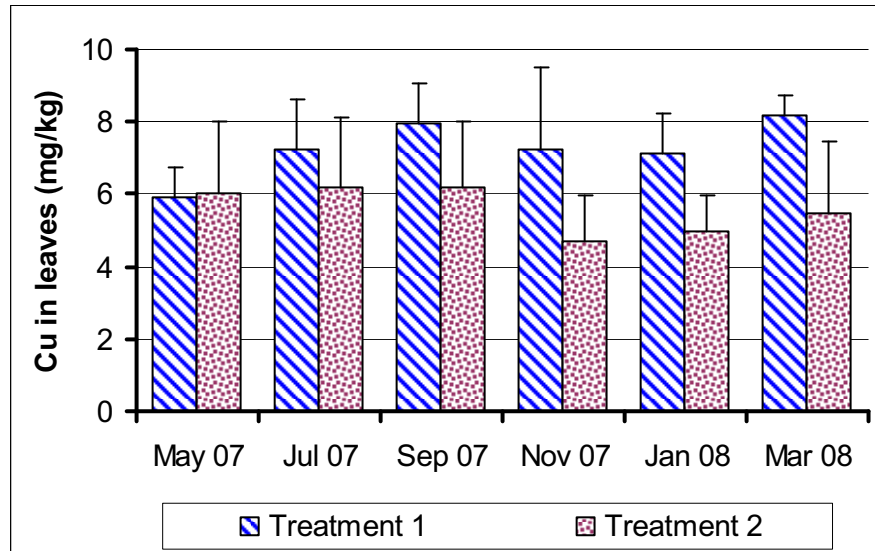


รูปที่ 3-20 การเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01)

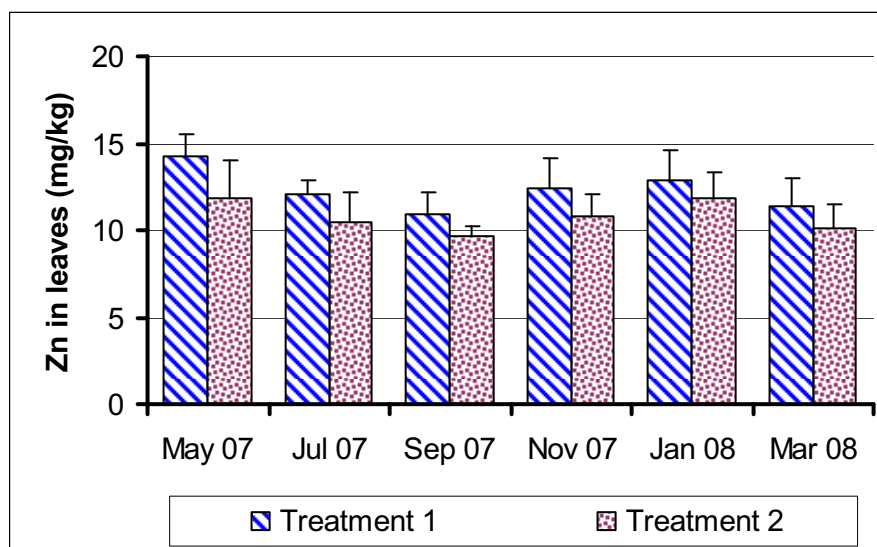
ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

สวนที่ทำการทดลองไม่พ่นสารทองแดงตลอดการทดลอง ความเข้มข้นของทองแดงจึงไม่ได้รับอิทธิพลจากการปนเปื้อน ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงพบว่า ความเข้มข้นของทองแดงไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ความเข้มข้นในใบตำรับที่ 1 สูงกว่าใบตำรับที่ 2 ซึ่งน่าจะเกิดจากความแตกต่างของ pH ระหว่างตำรับ เช่นเดียวกับแมงกานีส (รูปที่ 3-3 และ 3-21)

ความเข้มข้นของสังกะสี มีแนวโน้มลดลงตามอายุใบ และความเข้มข้นในใบตำรับที่ 1 สูงกว่าตำรับที่ 2 ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากค่า pH ของดินบริเวณโคนต้นของตำรับที่ 2 บางต้นสูงกว่าตำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของจอมปลวก ดังที่ได้กล่าวแล้ว ทำให้สังกะสีละลายได้น้อย ส้มโอจึงดูดใช้ได้น้อยตามไปด้วย (รูปที่ 3-3 และ 3-22)



รูปที่ 3-21 การเปลี่ยนแปลงของทองแดงในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01)
ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่าง
เดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน



รูปที่ 3-22 การเปลี่ยนแปลงของสังกะสีในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01)
ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่าง
เดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

3.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

ความชื้นดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดิน และการออกดอกของพืชเมืองร้อน เกษตรกรที่ทางโครงการสัมภาษณ์ให้ข้อมูลตรงกันว่า สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อการออกดอกของส้มโอ ส้มโอมักออกดอกเมื่อมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอหลังช่วงแล้ง ดังนั้น เกษตรกรที่ต้องการบังคับการออกดอกนอกฤดู มักใช้วิธีควบคุมการให้น้ำเพียงอย่างเดียว โดยไม่จำเป็นต้องพ่นหรือราดสารเคมี อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช ให้ข้อมูลตรงกันว่า ส้มโอออกดอกหลายครั้งในรอบปี ทำให้มีผลหลายรุ่นบนต้นเดียวกัน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการจัดการคุณภาพผลผลิต ในปัจจุบันยังขาดข้อมูลที่ชัดเจนเพื่อบ่งชี้ระดับความชื้นดินที่เหมาะสมที่จะกระตุ้นการออกดอก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้วางแผนติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน พร้อมๆ กับการติดตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และธาตุอาหารในใบของส้มโอ

ผู้วิจัยวางแผนจะใช้เครื่องวัดความชื้นดินแบบ Frequency domain reflectometry (FDR) เนื่องจากสามารถวัดได้ในช่วงกว้าง และสามารถบันทึกค่าได้บ่อยเท่าที่ต้องการ แต่ไม่สามารถจัดซื้อเครื่องมือได้ทันในงวดนี้ จึงได้ใช้ tensiometer วัดแทน ทำให้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถอ่านค่าความเครียดน้ำได้สูงกว่า 80 cbar และไม่สามารถอ่านได้บ่อย เนื่องจากต้องเดินทางไปยังแปลงทดลองทุกครั้งที่ต้องการอ่านค่า นอกจากนี้ยังพบว่า tensiometer มีอายุการใช้งานสั้น ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ในขณะที่รอการสั่งซื้อและติดตั้งใหม่

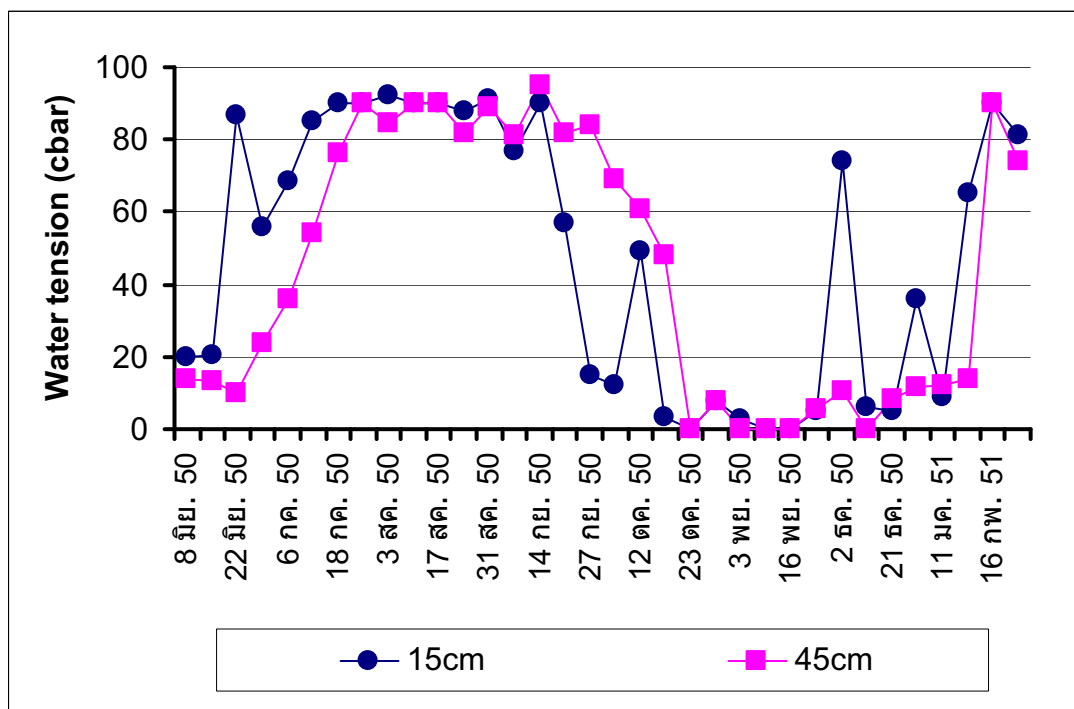


รูปที่ 3-23 การติดตั้ง tensiometer เพื่อวัดความเครียดน้ำในแปลงติดตามธาตุอาหารที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) โดยติดตั้งที่ระดับความลึก 15 และ 45 เซนติเมตร ระดับความลึกละ 2 อัน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นดินในแปลง Sic01 พบว่า ความชื้นที่ระดับ 45 เซนติเมตร ค่อยๆ ลดลงตามความชื้นที่ระดับ 15 เซนติเมตร (ค่าความเครียดน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น) ต้นเดือนมิถุนายน 2550 ถึงกลางเดือนกรกฎาคม 2550 ดินยังคงมีความชื้นเพียงพอต่อพืช (ค่าความเครียดน้ำต่ำกว่า 80 cbar) ทั้งที่ระดับ 15 และ

45 เซนติเมตร เมื่อเข้าสู่ปลายเดือนกรกฎาคม – ต้นกันยายน 2550 พบว่า ค่าความเครียดน้ำสูงกว่า 80 cbar ซึ่งสูงกว่าระดับที่ tensiometer จะสามารถอ่านค่าได้ (รูปที่ 3-24) สัมโออาจเกิดความเครียดน้ำในระยะนี้ แต่ไม่พบอาการสลดของใบส้ม (อาการขาดน้ำของพืช) หลังวันที่ 15 กันยายน 2550 ใบเริ่มมีฝนมากพอทำให้ค่าความเครียดน้ำลดลง โดยค่าความเครียดที่ระดับ 15 เซนติเมตร ลดลงก่อน จากนั้นค่าที่ระดับ 45 เซนติเมตร จึงลดตามลงมา ระหว่างวันที่ 20 ตุลาคม ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 ดินมีความชื้นในระดับอิ่มตัว จากนั้นเกิดฝนทิ้งช่วงระยะสั้นๆ ระหว่างวันที่ 25 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 10 ธันวาคม 2550 และระหว่างวันที่ 25 – 31 ธันวาคม 2550 ทำให้ค่าความเครียดน้ำที่ระดับ 15 เซนติเมตร สูงขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ เมื่อเข้าสู่เดือนกุมภาพันธ์ค่าความเครียดน้ำในดินสูงขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากมีฝนตกน้อยในเดือนนี้

การวิจัยครั้งนี้ได้ตัดแต่งกิ่งและตัดผลที่ติดอยู่บนต้นทั้งในวันที่ 22 มิถุนายน 2550 เพื่อให้กิ่งที่แตกใหม่ในเดือนพฤษภาคม 2550 ออกดอกและติดผล สัมโอแตกใบอ่อนอีกครั้งประมาณ 50 % ของกิ่งทั้งหมดในช่วงวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550 พร้อมทั้งออกดอกประมาณ 50 ช่อ/ต้น การแตกใบอ่อนและออกดอกสัมพันธ์กับค่าความเครียดน้ำที่ลดลงในช่วงนี้ สัมโอออกดอกอีกครั้งในช่วงวันที่ 20 – 25 พฤศจิกายน 2550 ประมาณ 20 ช่อ/ต้น ยกเว้นต้นที่ออกดอกน้อยในเดือนกันยายน พบว่าออกดอกประมาณ 50 ช่อ/ต้น การออกดอกครั้งที่ 2



รูปที่ 3-24 การเปลี่ยนแปลงค่าความเครียดน้ำในแปลงส้มโอ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ระหว่างเดือน มิถุนายน 2550 – กุมภาพันธ์ 2551 ค่าที่เกิน 80 cbar เป็นค่าที่อยู่นอกเหนือความสามารถของ เครื่องมือวัด

3.4 พัฒนาการของผล

ขณะเริ่มทดลอง ส้มโอสวน อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) มีผลติดอยู่บนต้นแต่เป็นระยะใกล้เก็บเกี่ยว และมีโรคแมลงทำลายมาก จึงตัดสินใจตัดผลทิ้งทั้งหมด และทำการศึกษาโดยใช้ผลที่เกิดจากดอกที่ออกในช่วงวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550 ห่อผลด้วยถุงใยสังเคราะห์หีสีขาวตั้งแต่ระยะดอกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการทำลายของแมลงโดยไม่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเลย (รูปที่ 3-25) ตัดแต่งผลให้เหลือเพียงช่อละ 1 ผล และตัดผลที่ถูกเพลี้ยหรือไรเข้าทำลายทิ้ง เมื่อผลอายุได้ประมาณ 1 เดือน ผลที่เหลือจนถึงระยะเก็บเกี่ยวบางผลยังคงถูกทำลายด้วยมด เพลี้ยแป้ง และ/หรือราดำ แต่ไม่พบการถูกทำลายด้วยหนอนเจาะผลและแมลงวันผลไม้



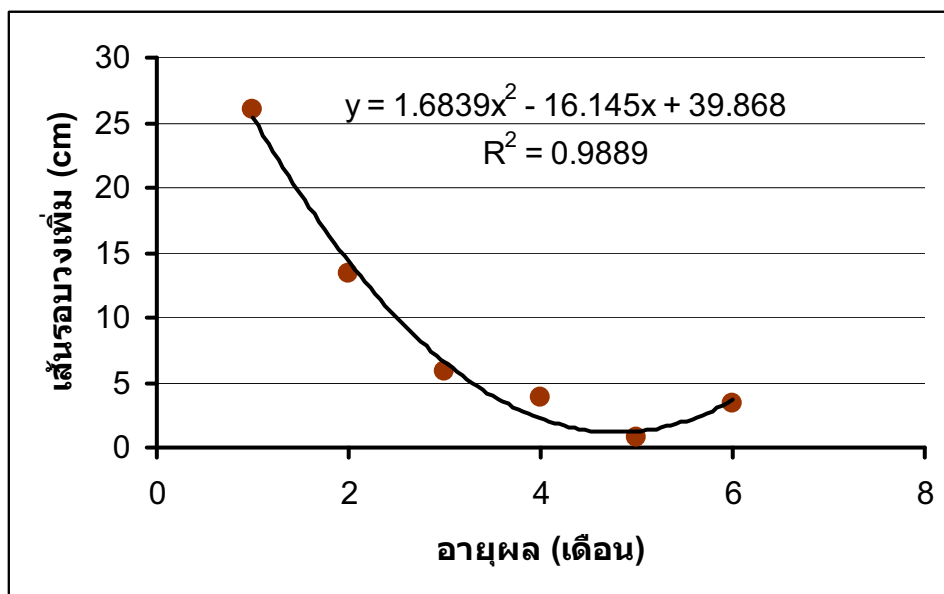
รูปที่ 3-25 การห่อผลส้มโอในแปลงทดลอง อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) เพื่อป้องกันการทำลายของแมลง แต่การห่อผลยังคงพบปัญหาการถูกทำลายด้วยมด เพลี้ยแป้ง และราดำ

3.4.1 เส้นรอบวงผล

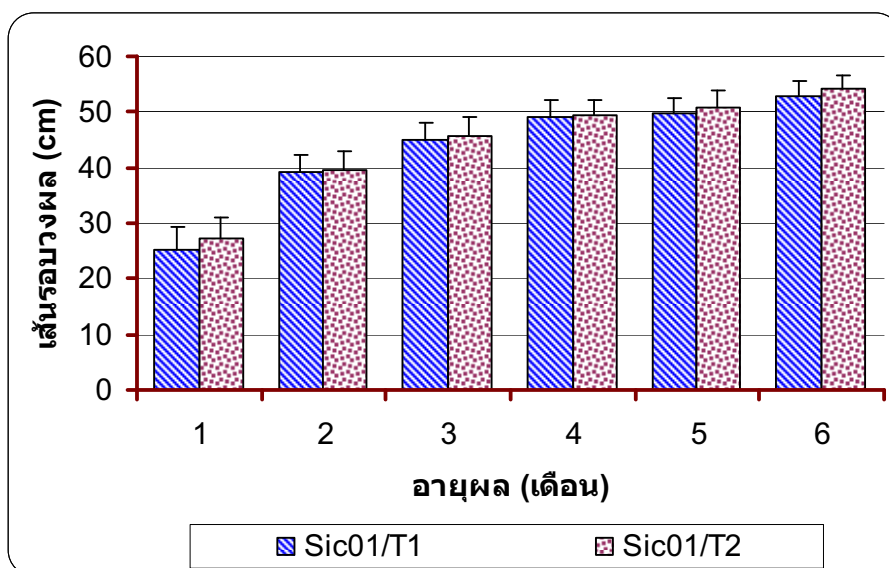
การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดเส้นรอบวงของผลเดือนละ 1 ครั้ง ในช่วงการติดผล 1 – 6 เดือน โดยเลือกวัดเฉพาะผลที่ทำเครื่องหมายไว้เท่านั้น เพื่อลดความแปรปรวน ในเดือนแรกวัดประมาณ 10 ผล/ต้น และจำนวนลดลงเหลือประมาณ 2 ผล/ต้น ในเดือนสุดท้าย เนื่องจากผลส่วนหนึ่งร่วงหล่น ถูกแมลงทำลาย และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์องค์ประกอบผลและธาตุอาหาร ผลการศึกษาพบว่า ผลส้มโอมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยถึง 26 เซนติเมตร ในเดือนแรก จากนั้นการขยายเส้นรอบวงของผลลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 3.5 เซนติเมตร ในเดือนสุดท้าย (รูปที่ 3-26)

การขยายเส้นรอบวงของผลพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการทดลอง 2 ดำรับ แสดงให้เห็นว่า ธาตุอาหารที่ให้แก่ส้มโอเพิ่มเติมในดำรับที่ 2 (แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และโบรอน) ไม่ส่งผลต่อการพัฒนาผลในด้านขนาด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ เวลาที่ศึกษาห่างจากเวลาที่ให้ธาตุอาหารน้อยเกินไป

ทำให้พืชยังไม่ได้รับผลจากธาตุอาหารที่ให้ ปริมาณที่ให้อาจต่ำเกินไปจนไม่มีผลต่อพืชอย่างมีนัยสำคัญ หรือพืชอาจตอบสนองต่อพัฒนาการอย่างอื่น (รูปที่ 3-27)



รูปที่ 3-26 การขยายเส้นรอบวงของผลส้มโอของสวนติดตามธาตุอาหาร อ.สิทธิ จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

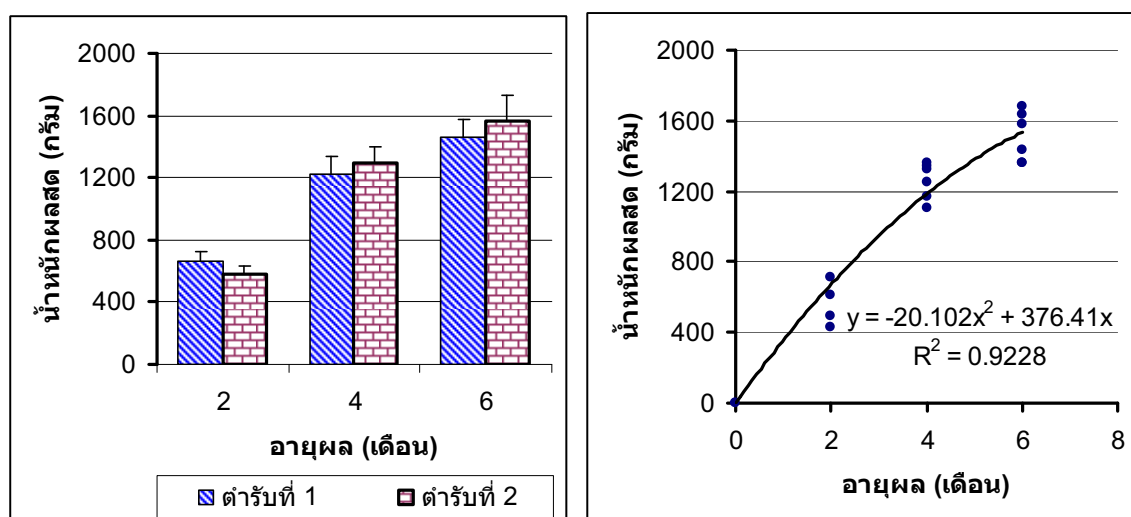


รูปที่ 3-27 เส้นรอบวงของผลส้มโอของสวนติดตามธาตุอาหาร อ.สิทธิ จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

3.4.2 น้ำหนักสดของผล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างผลที่อายุ 2 4 และ 6 เดือน มาชั่งน้ำหนักในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักสดของส้มโอเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในระยะ 4 เดือนแรก โดยน้ำหนัก 2 เดือนแรกเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 619 กรัม/ผล และเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 1258 กรัม/ผล เมื่อผลส้มโอมีอายุ 4 เดือน หลังจากนั้นการเพิ่มน้ำหนักลดลงเหลือเฉลี่ยเดือนละ 125 กรัม/ผล การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง (รูปที่ 3-28)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ในระยะ 4 เดือนแรก ส้มโอมีการพัฒนาด้านน้ำหนักเป็นหลัก การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารมาสะสมที่ผลอย่างรวดเร็วน่าจะเกิดขึ้นในระยะนี้ หลังจากระยะนี้ไปแล้ว อัตราการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารมายังผลน่าจะลดลง การเปลี่ยนแปลงรูปสสารประกอบน่าจะเกิดขึ้นมากในระยะหลังจากผลมีอายุ 4 เดือน ไปแล้ว ซึ่งย่อมจะส่งผลให้ความต้องการใช้ธาตุอาหารน่าจะลดลงด้วย



รูปที่ 3-28 น้ำหนักผลสดของตัวอย่างส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ผล

ส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

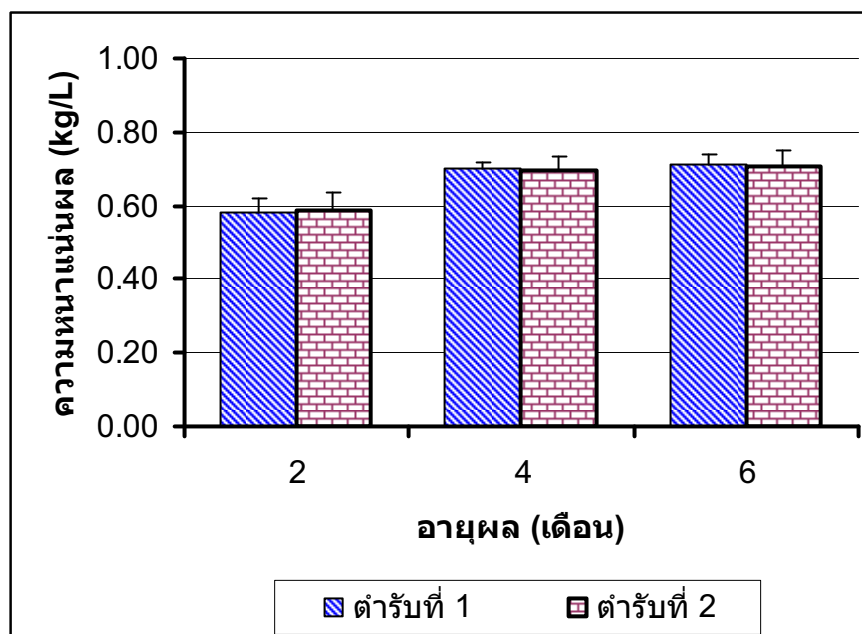
ซ้าย : กราฟแสดงน้ำหนักผลสดของผลส้มโอแยกตำรับการทดลอง

ซ้าย : กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลส้มโอโดยไม่แยกตำรับทดลอง

3.4.3 ความหนาแน่นผล

จากการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของผลมีค่าประมาณ 0.58 กิโลกรัม/ลิตร เมื่อส้มโอมีอายุ 2 เดือน จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.70 กิโลกรัม/ลิตร เมื่อผลมีอายุ 4 เดือน และความหนาแน่นเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย เมื่อส้มโอมีอายุมากขึ้นกว่านี้ นอกจากนี้ยังพบว่า ความหนาแน่นของผลไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับที่ทดลอง (รูปที่ 3-29)

การเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงขนาดและน้ำหนักดังที่ได้กล่าวแล้ว ซึ่งบ่งชี้ว่า ความต้องการธาตุอาหารมาสะสมที่ผลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ 4 เดือนแรก



รูปที่ 3-29 ความหนาแน่นของผลส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

3.4.4 น้ำหนักแห้งของเนื้อและเปลือก

จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักแห้งของเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 % ของน้ำหนักแห้งเปลือกที่ระยะเก็บเกี่ยว ในระยะ 2 เดือนแรก หลังจากระยะนี้ไปแล้ว น้ำหนักแห้งของเปลือกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย น้ำหนักแห้งเปลือกของส้มโอดำรับที่ 2 (T2) มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ 1 (T1) ที่ระยะ 4 และ 6 เดือน (รูปที่ 3-30)

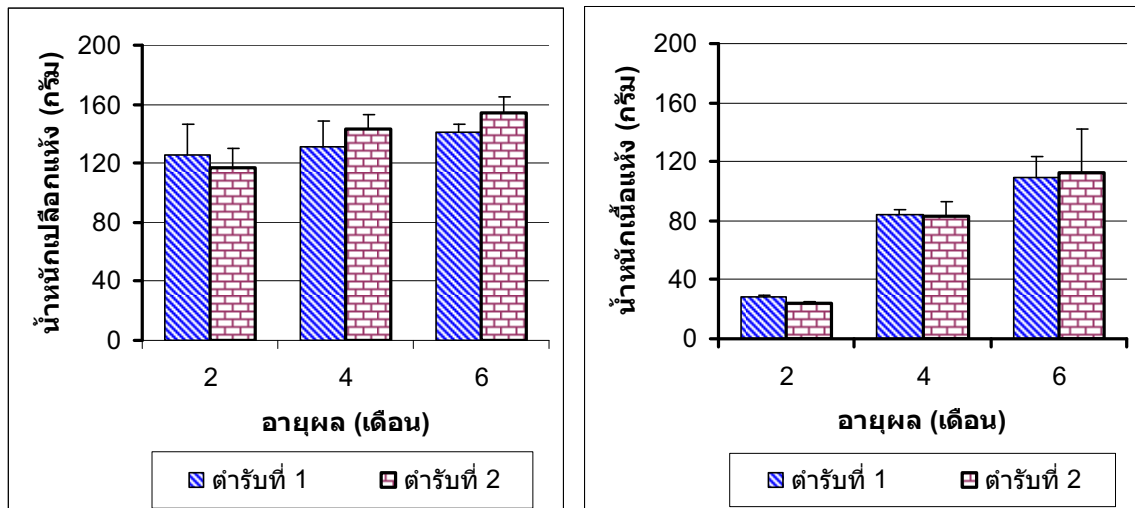
น้ำหนักแห้งของเนื้อผลน้อยกว่าเปลือกมากที่ระยะ 2 เดือน แต่หลังจากนั้นน้ำหนักแห้งของเนื้อผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังคงน้อยกว่าน้ำหนักแห้งเปลือกที่ระยะเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งเนื้อผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับทดลอง (รูปที่ 3-30)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ส้มโอใช้ธาตุอาหารส่วนใหญ่ในการสร้างเปลือกในระยะ 2 เดือนแรกของการพัฒนาผล และหลังจากนั้นธาตุอาหารส่วนใหญ่จึงใช้เพื่อการสร้างเนื้อผล

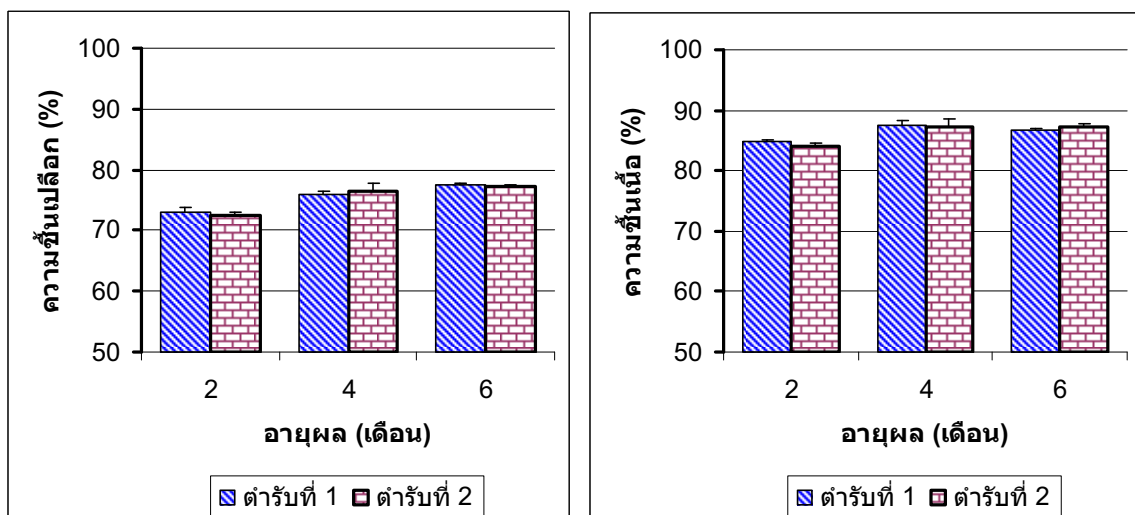
3.4.5 ความชื้นของเนื้อและเปลือก

จากการศึกษาพบว่า เปลือกส้มโอมีความชื้นประมาณ 73 % ที่ระยะ 2 เดือน หลังจากนั้นความชื้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 76 % และ 77 % ที่ระยะ 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ และความชื้นของเปลือกไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับที่ทดลอง เนื้อผลมีความชื้นสูงกว่าเปลือก โดยมีความชื้นประมาณ 84 % ที่ระยะ 2

เดือน และเพิ่มขึ้นเป็น 87 % ที่ระยะ 4 และ 6 เดือน โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับทดลองเช่นเดียวกัน (รูปที่ 3-31) ความชื้นในเปลือกและเนื้อของผลส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะพัฒนาการของผล โดยเนื้อผลมีความชื้นมากกว่าเปลือกประมาณ 10 %



รูปที่ 3-30 น้ำหนักแห้งของเปลือกและเนื้อผลของส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ลือชัย จ.นครศรีธรรมราช ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550



รูปที่ 3-31 ความชื้นของเปลือกและเนื้อผลของส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ลือชัย จ.นครศรีธรรมราช ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

3.5 สมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอ

3.5.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำส้มโอที่อายุ 4 เดือน ไม่แตกต่างระหว่างตำรับทดลอง และมีค่าสูงขึ้นเมื่อผลส้มโออายุ 6 เดือน น้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตำรับที่ 2 สูงกว่าตำรับที่ 1 ประมาณ 0.1 pH unit ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำส้มโอที่เพิ่มขึ้นเมื่อผลส้มโอมีอายุมากขึ้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของกรดที่ไทเทรตได้ที่ลดลง (ตารางที่ 3-3)

3.5.2 ค่าการนำไฟฟ้า

จากการศึกษาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำส้มโอที่อายุ 4 เดือน มีค่าสูงกว่าน้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือน ทั้งสองตำรับ และค่าของน้ำส้มโอดำรับที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ 1 เมื่อเทียบกับส้มโอที่มีอายุเท่ากัน (ตารางที่ 3-3) ความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารอิเล็กโทรไลต์ในน้ำส้มโอที่ได้จากตำรับที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่า

3.5.3 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส้มโอ

จากการศึกษาพบว่า ของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่อผลส้มโอมีอายุ 6 เดือน และน้ำส้มโอที่ได้จากตำรับที่ 2 มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าตำรับที่ 1 โดยทั่วไปค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้สัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำตาลและความหวานของน้ำส้มโอ แต่จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อผลส้มโอมีอายุ 6 เดือน แต่ความเข้มข้นรวมของน้ำตาลกลับลดลง (ตารางที่ 3-3)

3.5.4 กรดที่ไทเทรตได้ในน้ำส้มโอ

จากการศึกษาพบว่า น้ำส้มโอที่อายุ 4 เดือน มีกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าน้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือน ทั้งตำรับที่ 1 และ ที่ 2 น้ำส้มโอดำรับที่ 2 ที่อายุ 4 เดือน มีกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าตำรับที่ 1 แต่เมื่อส้มโออายุ 6 เดือน พบว่า มีกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3-3)

3.5.5 ดัชนีรีดชาติ

ดัชนีรีดชาติคำนวณจากของแข็งที่ละลายน้ำได้หารด้วยกรดที่ไทเทรตได้ (หน่วย %) จากการศึกษพบว่า น้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือน มีดัชนีรีดชาติสูงขึ้นทั้งตำรับที่ 1 และที่ 2 โดยตำรับที่ 2 มีค่าดัชนีรีดชาติสูงกว่าตำรับที่ 1 เล็กน้อย (ตารางที่ 3-3)

3.5.6 ความเข้มข้นของน้ำตาล

จากการศึกษาพบว่า น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของน้ำส้มโอมี 3 ชนิด คือ ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส โดยน้ำตาลซูโครสมีความเข้มข้นสูงสุด น้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือนมีน้ำตาลซูโครสลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดในน้ำส้มโอที่มีอายุเท่ากันพบว่า ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3-3)

ตารางที่ 3-3 สมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอเก็บตัวอย่างจากการทดลองดำรับที่ 1 และดำรับที่ 2 เมื่อผลส้มโออายุ 4 เดือน และ 6 เดือน (สวนทดลอง อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช)

คุณสมบัติ	ดำรับที่ 1		ดำรับที่ 2	
	ผล 4 เดือน	ผล 6 เดือน	ผล 4 เดือน	ผล 6 เดือน
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	3.60 ± 0.20	3.85 ± 0.07	3.60 ± 0.12	3.93 ± 0.11
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	4.40 ± 0.70	4.10 ± 0.16	4.99 ± 1.29	4.33 ± 0.24
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix)	8.5 ± 0.3	9.6 ± 0.4	8.6 ± 0.8	9.9 ± 1.2
กรดที่ไทเทรตได้ (g-citric/L)	8.6 ± 1.4	6.7 ± 0.7	9.8 ± 1.9	6.6 ± 0.7
ดัชนีรสนชาติ (TSS/TA)	10.1 ± 2.0	14.6 ± 1.8	9.1 ± 2.4	15.1 ± 0.9
ซูโครส (g/L)	100 ± 32	76 ± 2	99 ± 15	74 ± 1
กลูโคส (g/L)	14 ± 4	22 ± 1	14 ± 3	22 ± 3
ฟรุคโตส (g/L)	7 ± 2	14 ± 1	7 ± 2	14 ± 3
น้ำตาลทั้งหมด (g/L)	121 ± 38	112 ± 2	120 ± 20	110 ± 5

3.6 การใช้ธาตุอาหารในการสร้างผลของส้มโอ

การศึกษาการใช้ธาตุอาหารของส้มโอ ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลที่อายุ 2 4 และ 6 เดือน หลังดอกบาน ดำรับการทดลองละ 3 ผล นำมาแยกเปลือกและเนื้อ (รวมเมล็ด) อบที่อุณหภูมิ 70 °C จนแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของแต่ละส่วน แล้วคำนวณปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในแต่ละส่วนประกอบ ผลการศึกษาพบว่า

3.6.1 ปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนในเปลือกก่อนข้างคอกที่ตลอดอายุผล ผลที่อายุ 2 และ 6 เดือน มีไนโตรเจนอยู่ในเปลือกใกล้เคียงกัน ทั้งๆ ที่ผลอายุ 2 เดือน มีขนาดและน้ำหนักน้อยกว่ามาก (หัวข้อ 3.4) ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุผลสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ผลมีอายุ 6 เดือน) ปริมาณรวมของไนโตรเจนในผลจากดำรับที่ 2 สูงกว่าดำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3-4)

3.6.2 ปริมาณฟอสฟอรัส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในเปลือกและเนื้อตามอายุผล คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน และเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว ปริมาณรวมของฟอสฟอรัสในผลจากดำรับที่ 2 สูงกว่าดำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3-4)

3.6.3 ปริมาณโพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมในเปลือกจากตำรับที่ 1 มีแนวโน้มคงที่ ในขณะที่ตำรับที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุผล ปริมาณโพแทสเซียมในเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุผล สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อทั้งสองตำรับเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว ปริมาณรวมของโพแทสเซียมในผลจากตำรับที่ 2 สูงกว่าตำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3-4) แสดงให้เห็นว่า สัมโถตำรับที่ 2 สามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้มากกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเนื่องมาจาก สัมโถต้นที่ T2R3, T2R4 และ T2R5 มีโพแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มสูงกว่าต้นอื่น (รูปที่ 3-7)

3.6.4 ปริมาณแคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมทั้งในเปลือกและในเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุผล แต่พบว่าปริมาณแคลเซียมส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของเปลือก ปริมาณแคลเซียมในเปลือกที่อายุ 6 เดือน สูงกว่าที่อายุ 2 เดือน เพียง 2 เท่า สำหรับตำรับที่ 1 แต่สูงกว่าถึง 2.9 เท่า สำหรับตำรับที่ 2 และเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวปริมาณรวมของแคลเซียมในผลจากตำรับที่ 2 สูงกว่าตำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3-4) แสดงให้เห็นว่า สัมโถตำรับที่ 2 ดูดใช้แคลเซียมได้มากกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเนื่องมาจากสัมโถต้นที่ T2R3 และ T2R5 มีแคลเซียมในดินรอบทรงพุ่มสูงกว่าต้นอื่น (รูปที่ 3-8) รวมทั้งอิทธิพลจากการใช้ปุ๋ยโดโลไมท์

3.6.5 ปริมาณแมกนีเซียม

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งในเปลือกและเนื้อผลเพิ่มขึ้นตามอายุทั้งสองตำรับการทดลอง โดยปริมาณในเปลือกมากกว่าในเนื้อทุกระยะของการพัฒนาผลเช่นเดียวกับแคลเซียม ผลสัมโถจากตำรับที่ 1 มีปริมาณแมกนีเซียมในเปลือกและปริมาณรวมมากกว่าจากตำรับที่ 2 สอดคล้องกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบ ซึ่งพบว่า ใบสัมโถตำรับที่ 1 มีความเข้มข้นสูงกว่าตำรับที่ 2 (รูปที่ 3-18) ทั้งๆ ที่สัมโถตำรับที่ 2 ได้รับแมกนีเซียมทั้งจากโดโลไมท์และดีเกลือ แต่กลับดูดใช้ได้น้อยกว่า (ตารางที่ 3-4)

3.6.6 ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี

ปริมาณเหล็กรวมเพิ่มขึ้นตามอายุผลเช่นเดียวกับปริมาณเหล็กในเนื้อ ปริมาณเหล็กในผลอายุ 2 เดือนทั้งในเปลือกและเนื้อพบว่า ของตำรับที่ 1 มากกว่าของตำรับที่ 2 มาก ซึ่งอาจเกิดจากดินบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นตำรับที่ 1 มีค่า pH ต่ำกว่า ของต้นตำรับที่ 2 โดยเฉพาะต้น T2R3 และ T2R5 ร่วมกับอิทธิพลที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ ทำให้เหล็กในดินบริเวณทรงพุ่มของตำรับที่ 1 ละลายได้ดีกว่า สัมโถจึงสามารถดูดใช้ได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับความเข้มข้นในใบ ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของเหล็กในชุดใบที่แตกใบอ่อนในเดือนกันยายน 2550 ของต้นตำรับที่ 1 สูงกว่าของต้นตำรับที่ 2 (ตารางที่ 3-4 และรูปที่ 3-19)

ปริมาณแมงกานีสทั้งในเปลือก เนื้อ และปริมาณรวมเพิ่มขึ้นตามอายุผล และปริมาณในเปลือกมากกว่าในเนื้อทุกระยะการเจริญเติบโต ปริมาณแมงกานีสในผลจากตำรับที่ 1 สูงกว่าจากตำรับที่ 2 ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลของ pH ดิน และการใช้โดโลไมท์เช่นเดียวกับเหล็ก (ตารางที่ 3-4) ความแตกต่างดังกล่าวสอดคล้องกับความเข้มข้นในใบ (รูปที่ 3-20)

ปริมาณทองแดงในเนื้อและปริมาณรวมเพิ่มขึ้นเมื่อผลพัฒนาจากอายุ 2 เดือน เป็น 4 เดือน แต่หลังจากนั้นไม่มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอีก ปริมาณรวมในผลอายุ 2 เดือน ของตำรับที่ 1 สูงกว่าตำรับที่ 2 แต่หลังจากนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3-4)

ปริมาณสังกะสีในเปลือกเพิ่มขึ้นตามอายุผลเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณในเปลือกเพิ่มขึ้นมากกว่าตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อ ปริมาณรวมของตำรับที่ 1 สูงกว่าของตำรับที่ 2 ทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งๆ ที่มีการหว่านสังกะสีรอบทรงพุ่มในตำรับที่ 2 แต่สัมผัสน้ำไม่ตอบสนอง ค่า pH ของดินมีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลมากกว่า (ตารางที่ 3-4)

ตารางที่ 3-4 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละส่วนประกอบของผล ที่อายุ 2 4 และ 6 เดือน

ข้อมูลได้จากผลการศึกษาดวนส้มโอที่ อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช ผลเกิดจากช่อดอกที่แตกในเดือนกันยายน 2550

ตำรับ	อายุผล (เดือน)	N (mg/fruit)			P (mg/fruit)			K (mg/fruit)		
		เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม
1	2	889	355	1,244	121	55	176	1,598	496	2,094
	4	782	766	1,548	99	127	226	1,518	1,212	2,730
	6	722	995	1,716	89	163	252	1,495	1,510	3,005
2	2	844	216	1,060	127	36	146	1,172	254	1,426
	4	982	827	1,809	136	152	287	1,735	1,266	3,000
	6	958	1,132	2,090	115	182	298	1,804	1,609	3,413

ตำรับ	อายุผล (เดือน)	Ca (mg/fruit)			Mg (mg/fruit)			Fe (mg/fruit)		
		เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม
1	2	615	123	738	122	35	157	1.82	0.57	2.39
	4	1,124	270	1,394	151	64	215	1.60	1.29	2.90
	6	1,255	250	1,506	153	75	228	1.71	1.47	3.17
2	2	534	79	612	88	19	107	0.80	0.27	1.07
	4	973	235	1,208	121	60	181	1.28	1.12	2.40
	6	1,557	272	1,829	136	76	213	1.93	1.66	3.59

ตำรับ	อายุผล (เดือน)	Mn (mg/fruit)			Cu (mg/fruit)			Zn (mg/fruit)		
		เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม	เปลือก	เนื้อ	รวม
1	2	0.39	0.10	0.50	0.29	0.10	0.40	0.81	0.26	1.08
	4	0.56	0.20	0.76	0.26	0.24	0.50	0.83	0.50	1.33
	6	0.62	0.22	0.84	0.23	0.25	0.48	0.89	0.54	1.43
2	2	0.32	0.05	0.37	0.24	0.06	0.30	0.56	0.12	0.69
	4	0.42	0.15	0.58	0.28	0.25	0.52	0.73	0.46	1.19
	6	0.45	0.18	0.63	0.26	0.25	0.50	0.76	0.54	1.30

4. ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช

4.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ตัวอย่างดินบนจากสวน Pak01 มีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 39-44 ทรายแป้งร้อยละ 19-27 และทรายร้อยละ 34-38 ขนาดอนุภาคแปรปรวนอยู่ในช่วงแคบ เมื่อจำแนกเนื้อดินตามระบบ IUSS มีเนื้อดินเป็น Light clay และเมื่อจำแนกตามระบบ USDA มีเนื้อดินเป็น clay ตัวอย่างดินล่าง (15-45 cm) สัดส่วนอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 40-51 ทรายแป้งร้อยละ 19-24 และทรายร้อยละ 30-38 (ตารางที่ 3-5) ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินล่างมีความแปรปรวนของขนาดอนุภาคมากกว่าดินบน เมื่อจำแนกเนื้อดินตามระบบ IUSS มีเนื้อดินเป็น Light clay และเมื่อจำแนกตามระบบ USDA มีเนื้อดินเป็น clay เนื้อดินของสวน Pak01 จึงเป็นอุปสรรคต่อการจัดการน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเนื้อดินเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ และการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่ให้กับพืชทางผิวดิน ผู้วิจัยคิดว่าควรหาวิธีแก้ไขปัญหานี้ โดยวิธีต่างๆ เช่น การหว่านกลบ ซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อช่วยเพิ่มช่องว่างในดิน

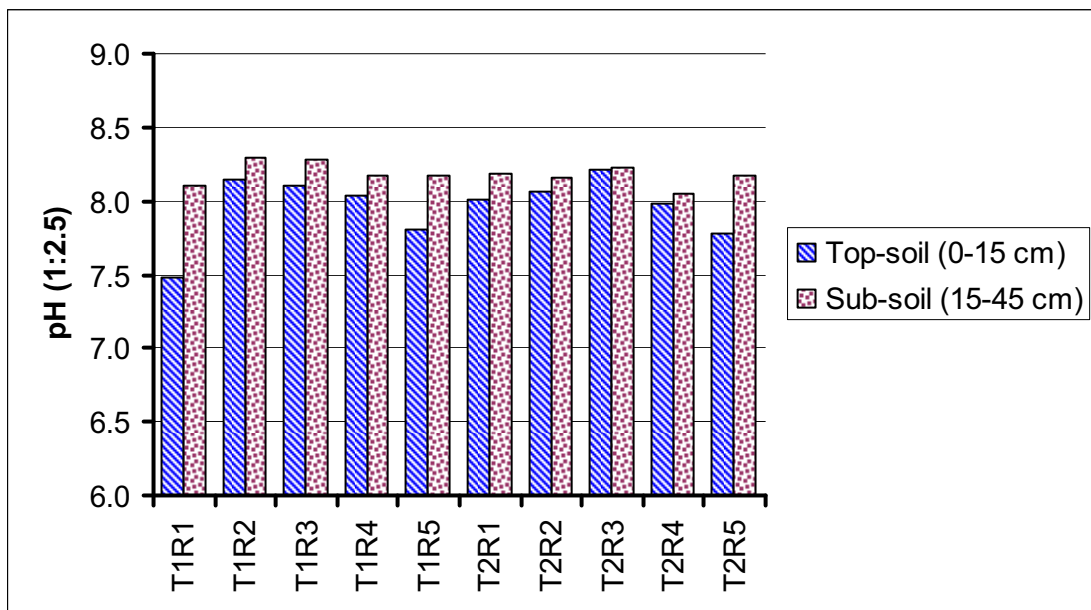
ตารางที่ 3-5 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดินของสวนติดตาม อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

Sample (Pak01)	Depth (cm)	Particle size (%)			Soil texture	
		Clay	Silt	Sand	IUSS	USDA
T1R1	0-15	43	23	34	Light clay	clay
	15-45	43	21	36	Light clay	clay
T1R2	0-15	43	20	37	Light clay	clay
	15-45	40	22	38	Light clay	clay
T1R3	0-15	42	22	36	Light clay	clay
	15-45	51	19	30	heavy clay	clay
T1R4	0-15	43	21	36	Light clay	clay
	15-45	44	19	37	Light clay	clay
T1R5	0-15	40	20	40	Light clay	clay
	15-45	42	20	38	Light clay	clay
T2R1	0-15	44	22	34	Light clay	clay
	15-45	41	24	35	Light clay	clay
T2R2	0-15	39	27	34	Light clay	clay loam
	15-45	41	19	40	Light clay	clay
T2R3	0-15	41	21	38	Light clay	clay
	15-45	43	20	37	Light clay	clay
T2R4	0-15	41	21	38	Light clay	clay
	15-45	41	21	38	Light clay	clay
T2R5	0-15	43	19	38	Light clay	clay
	15-45	43	20	37	Light clay	clay
mean	0-15	42	22	37	Light clay	clay
	15-45	43	21	37	Light clay	clay

4.2 สมบัติทางเคมีของดิน

4.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

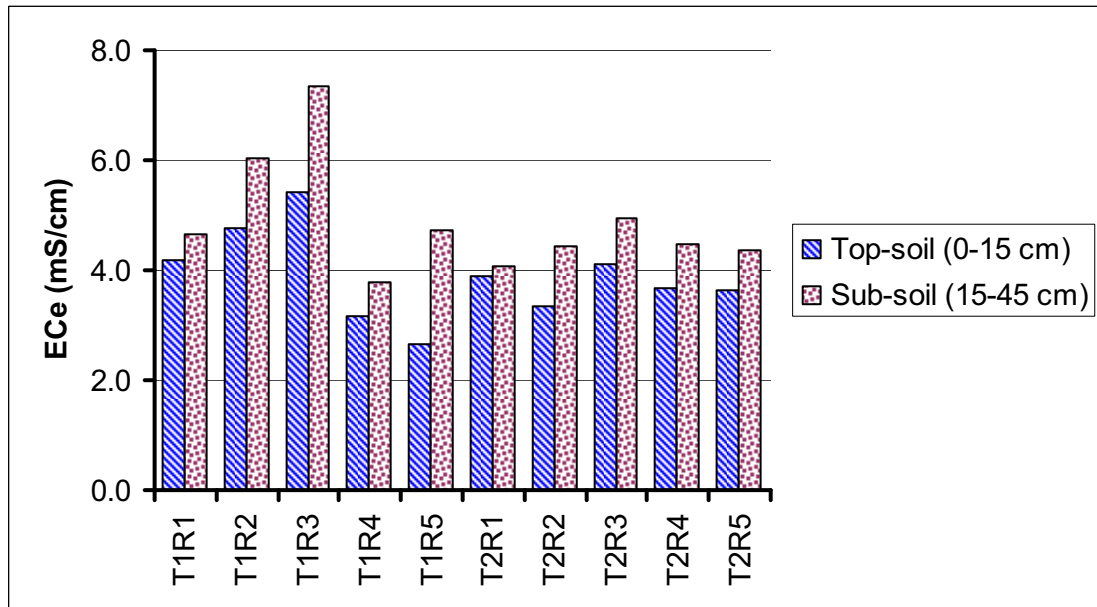
ความเป็นกรดเป็นด่างของดินรอบทรงพุ่มส้มโอสวน อ.ปากพนัง (Pak01) พบว่า ทั้งดำรับที่ 1 และดำรับที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.5 – 8.5 ดินบนมีค่า pH ต่ำกว่าดินล่างเล็กน้อยทุกตัวอย่าง (รูปที่) ดังนั้น จึงถือได้ว่า ค่า pH ไม่มีความแตกต่างระหว่างดำรับการทดลอง การทดลองไม่ได้ใส่ปุ๋ยเหมือนสวน อ.สิชล จึงเป็นการคาดคะเนที่ถูกต้อง ค่า pH ในระดับนี้ถือว่าสูงสำหรับส้มโอ (บทที่ 4) อย่างไรก็ตาม ค่า pH ไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ แต่ส่งผลโดยอ้อม เช่น การละลายของธาตุอาหาร กิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เป็นต้น



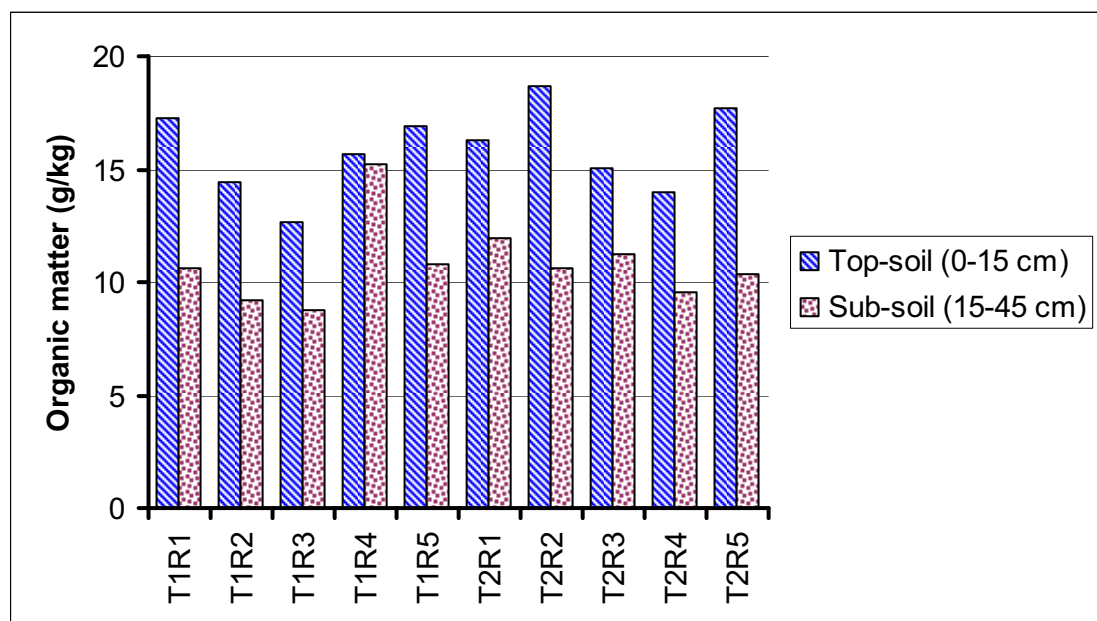
รูปที่ 3-32 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) รอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

ค่าการนำไฟฟ้าของดินรอบทรงพุ่มส้มโอสวน อ.ปากพนัง (Pak01) พบว่า มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.6 – 5.4 mS/cm สำหรับดินบน และอยู่ในช่วง 3.8 – 7.4 mS/cm สำหรับดินล่าง ความเค็มระดับนี้ถือว่าสูงถึงสูงมากสำหรับส้มโอ จากการสังเกตพบว่า ส้มโอเจริญเติบโตช้ากว่าพื้นที่ซึ่งดินมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ พืชขาดน้ำเร็ว แสดงอาการขาดน้ำหรือใบเหลืองเมื่อเกษตรกรไถไถปุ๋ย รวมทั้งเกิดผลแตกจำนวนมากเมื่อฝนตกหลังดินแห้ง (รูปที่ 3-33)



รูปที่ 3-33 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe) รอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



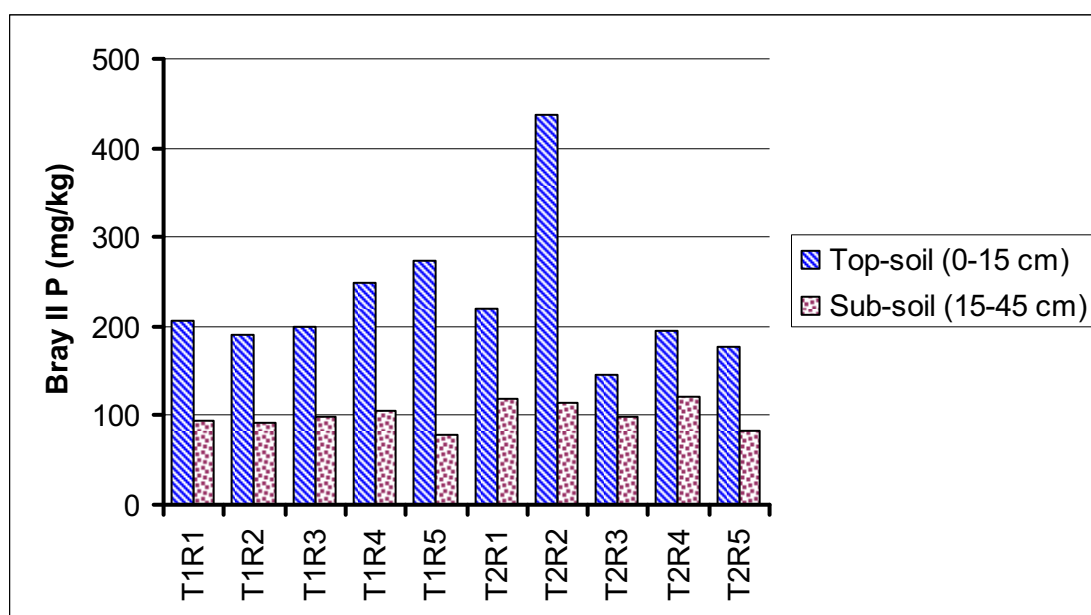
รูปที่ 3-34 อินทรีย์วัตถุในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.3 อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดินบนพบว่ามีความค่า 15.9 ± 1.9 g/kg (mean $\pm$ SD) ในดินบน และ 10.9 ± 1.8 g/kg (mean $\pm$ SD) ในดินล่าง ซึ่งถือได้ว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างดำรับทดลอง ดินบนมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่าง โดยธรรมชาติ ถึงแม้เกษตรกรเจ้าของสวนจะให้ข้อมูลว่า มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อยู่เป็นประจำทุกปี แต่ยังไม่ปรากฏว่าอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (รูปที่ 3-34)

4.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

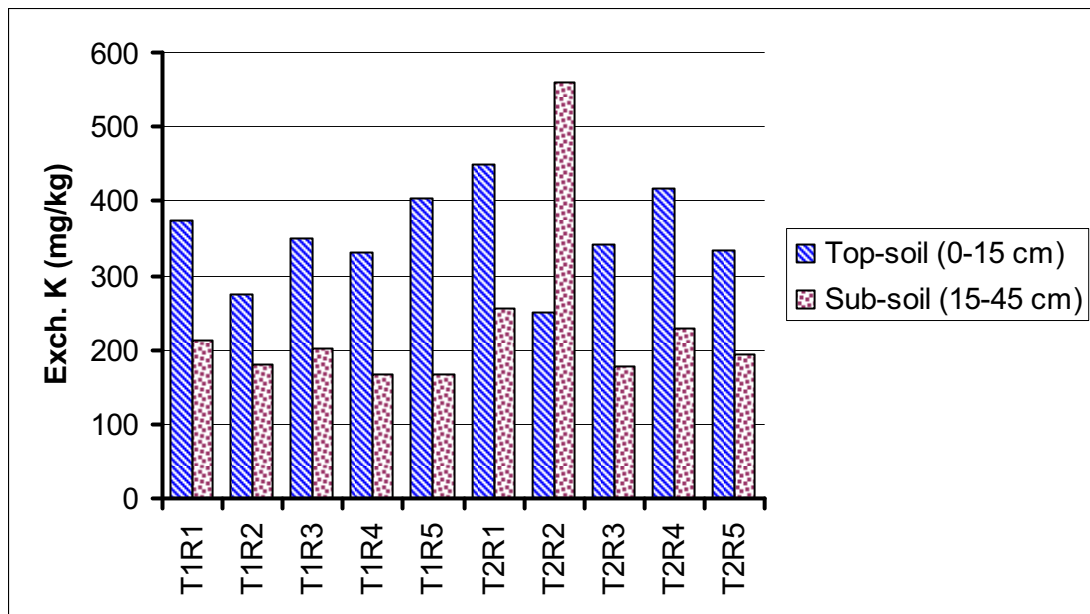
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินพบว่า ดินบนมีความแปรปรวนระหว่างต้นสูง (146 – 436 mg/kg) ในขณะที่ดินล่างมีค่าใกล้เคียงกัน (80 – 121 mg/kg) และความเข้มข้นในดินบนสูงกว่าดินล่างมาก แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง ถึงแม้ในดินจะมีฟอสฟอรัสสูงอยู่แล้วก็ตาม (รูปที่ 3-35)



รูปที่ 3-35 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.5 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง โดยดินบนมีค่า 353 ± 62 mg/kg (mean $\pm$ SD) ดินล่างของต้น T2R2 มีค่าสูงผิดปกติมาก ในขณะที่ต้นอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 3-36) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในระดับนี้ โดยทั่วไปถือว่าเป็นค่าที่สูงมาก (บทที่ 4) แต่เนื่องจากดินมีแคลเซียมสูงมากด้วย ทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมได้น้อย เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูง และพืชมีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมเช่นกัน



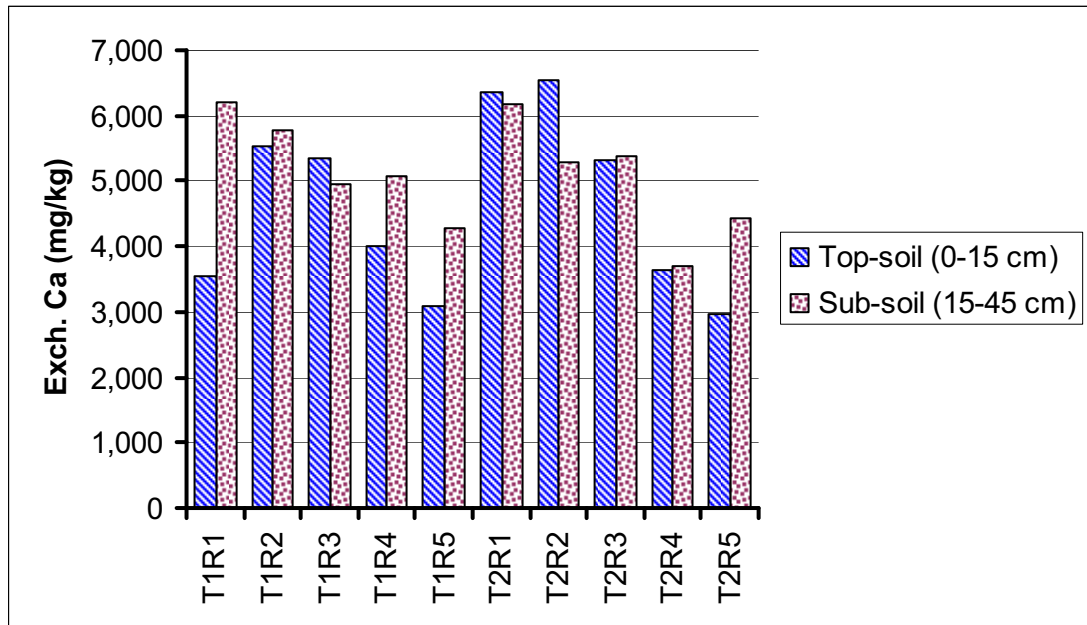
รูปที่ 3-26 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.6 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

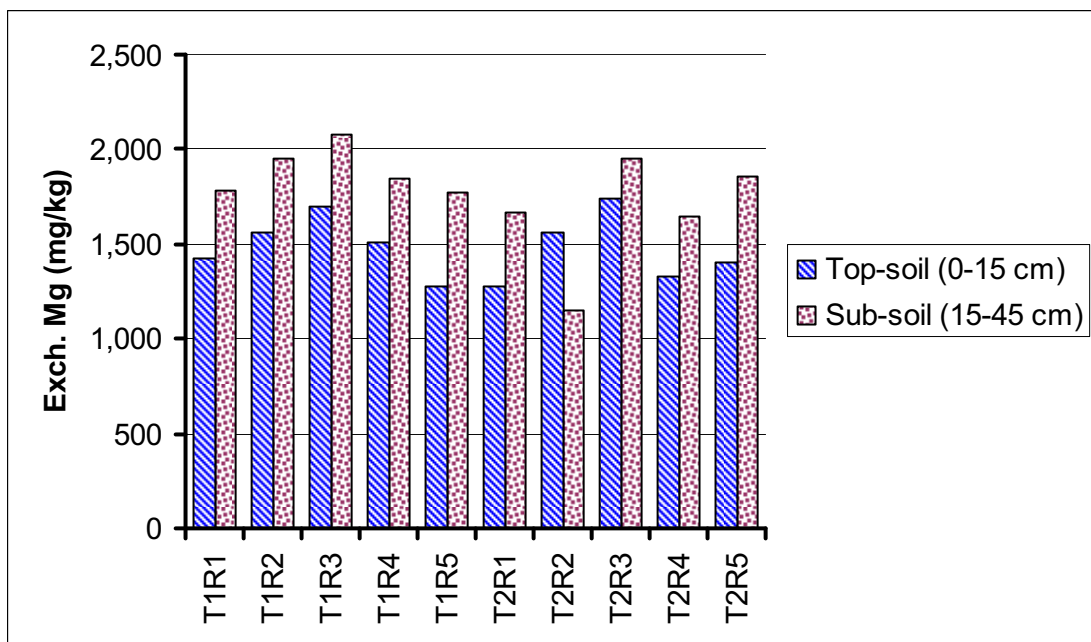
แคลเซียมในดินแปรปรวนอยู่ในช่วงประมาณ 3,000 – 6,000 mg/kg โดยไม่มีแนวโน้มของความแตกต่างระหว่างตำรับ แต่ดินล่างมีแคลเซียมสูงกว่าดินบน (ดินบนมีแคลเซียมเฉลี่ย 4,634 mg/kg ส่วนดินล่างมีแคลเซียมเฉลี่ย 5,129 mg/kg) (รูปที่ 3-37) แคลเซียมในระดับนี้เป็นระดับที่สูงมาก (บทที่ 4) ปริมาณมีมากเพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่อาจสร้างปัญหาให้กับสมดุลระหว่างธาตุอาหาร

4.2.7 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีความแปรปรวนสูง แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง ความเข้มข้นในดินบนมีค่า $1,477 \pm 164$ mg/kg (mean $\pm$ SD) และความเข้มข้นในดินล่างมีค่า $1,769 \pm 257$ mg/kg (mean $\pm$ SD) โดยส่วนใหญ่พบว่า ความเข้มข้นในดินล่างมีค่าสูงกว่าดินบน (รูปที่ 3-38) ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในระดับนี้เป็นระดับที่สูงมาก อาจสร้างปัญหาการดูดใช้แคลเซียมและโพแทสเซียม (ตารางที่ 3-28)



รูปที่ 3-37 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



รูปที่ 3-38 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.8 เหล็กที่สกัดได้ด้วย DTPA

ความเข้มข้นของเหล็กในดินบนมีค่าอยู่ในช่วง 17 - 36 mg/kg ดินล่างมีค่าอยู่ในช่วง 15 - 60 mg/kg ความเข้มข้นในระดับนี้เป็นความเข้มข้นที่สูงหรือสูงมาก เหล็กจึงไม่น่าจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของส้มโอสวนนี้ ดินล่างของต้น T2R1 มีค่าสูงผิดปกติมาก ในขณะที่ตัวอย่างอื่นไม่แตกต่างกันมากนัก ตัวอย่างส่วนใหญ่มีเหล็กในดินบนมากกว่าดินล่าง (รูปที่ 3-39)

4.2.9 แมงกานีสที่สกัดได้ด้วย DTPA

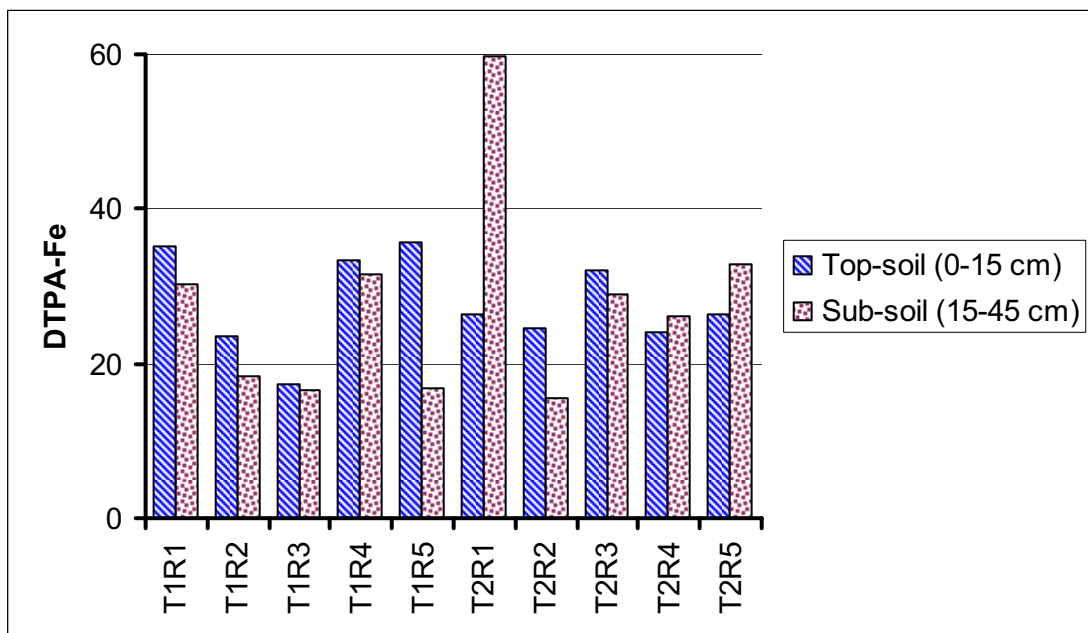
ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินบนมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างระหว่างตำรับ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27 - 44 mg/kg แต่พบว่าดินล่างของต้น T2R1 และ T2R5 มีค่าสูงผิดปกติมาก ตัวอย่างส่วนใหญ่มีแมงกานีสในดินบนมากกว่าดินล่าง ระดับความเข้มข้นในระดับนี้เป็นระดับที่สูงมาก แต่ไม่สังเกตเห็นอาการพิษที่ชัดเจน (รูปที่ 3-40)

4.2.10 ทองแดงที่สกัดได้ด้วย DTPA

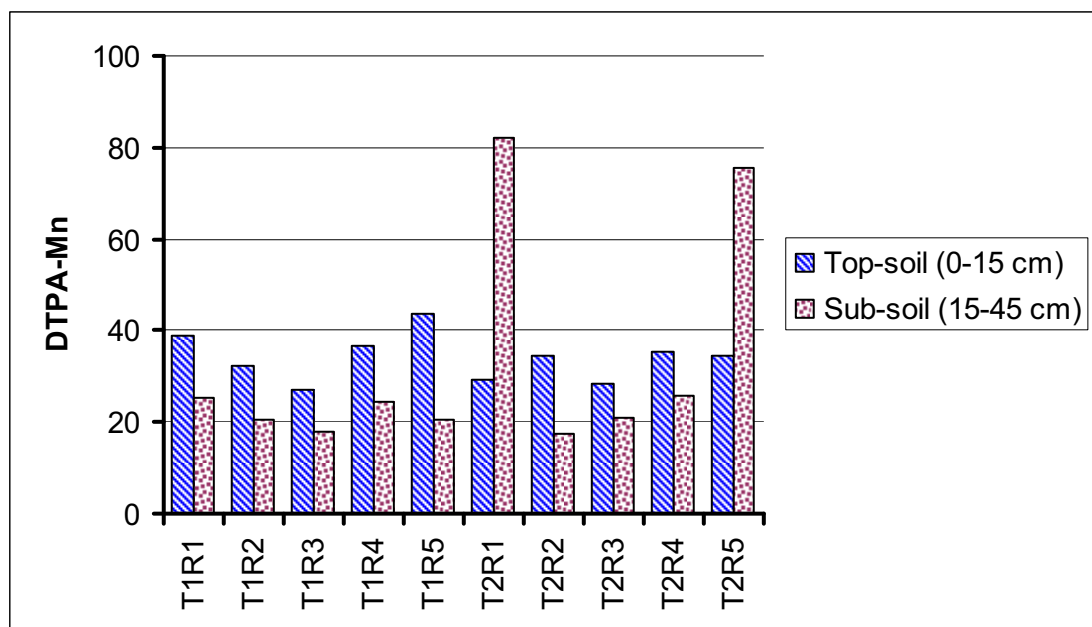
ทองแดงในดินบนมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.0 - 2.3 mg/kg ในขณะที่ดินล่างมีความเข้มข้น 0.6 - 2.9 mg/kg ตัวอย่างส่วนใหญ่มีทองแดงในดินบนสูงกว่าดินล่าง ยกเว้น T2R5 ความเข้มข้นของทองแดงในระดับนี้ถือว่าเพียงพอสำหรับความต้องการของส้มโอ ผลการสังเกตอาการของพืชไม่พบความผิดปกติเนื่องจากทองแดง ความเข้มข้นของทองแดงในดินเดิมอาจไม่สูง แต่เกษตรกรใช้สารทองแดงเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทำให้ความเข้มข้นของทองแดงในดินบนสูงขึ้น (รูปที่ 3-41)

4.2.11 สังกะสีที่สกัดได้ด้วย DTPA

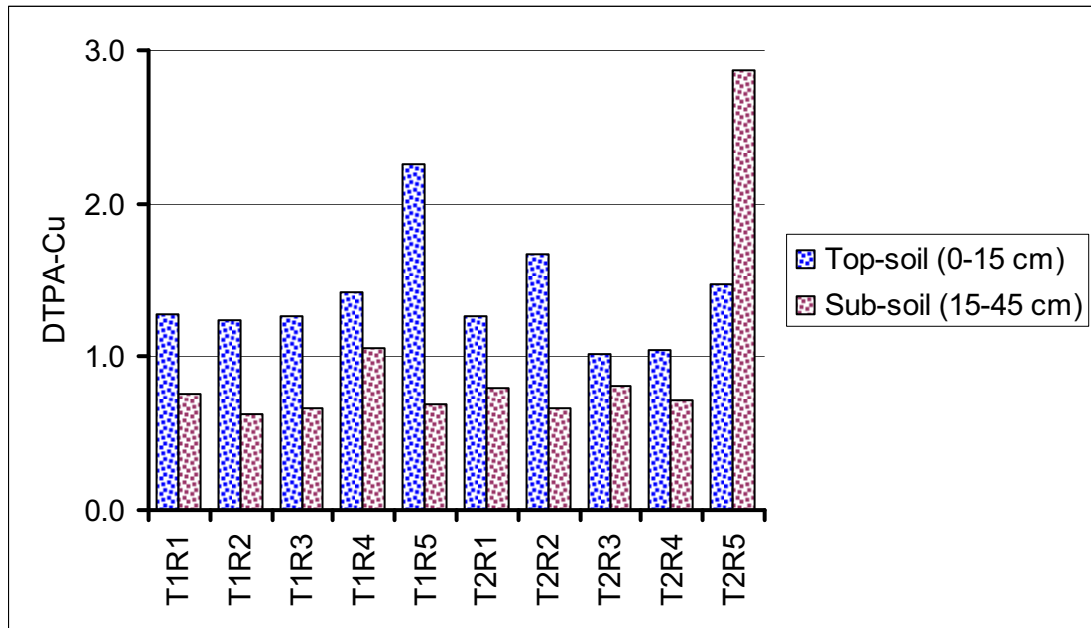
ความเข้มข้นของสังกะสีในดินเกือบทุกตัวอย่างต่ำกว่า 1 mg/kg ยกเว้น ดินล่างของต้น T2R5 พบว่าสูงถึง 3.4 mg/kg โดยไม่ทราบว่าจะเกิดจากเหตุใด ความเข้มข้นของสังกะสีโดยรวมของพื้นที่ทดลองถือว่าต่ำมาก (บทที่ 4) สอดคล้องกับผลการสังเกตอาการของพืช ซึ่งพบว่า พืชแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน (พืชแสดงอาการใบเหลืองระหว่างเส้นใบที่ใบยอด ยอดอ่อนเหลืองซีด ช่อใบเป็นพวงมีใบซ้อนทับกันมาก และใบแรกๆ ของกิ่งมีขนาดเล็กผิดปกติ) ดังนั้น การราดสารละลายสังกะสีน่าจะทำให้พืชตอบสนอง (รูปที่ 3-42)



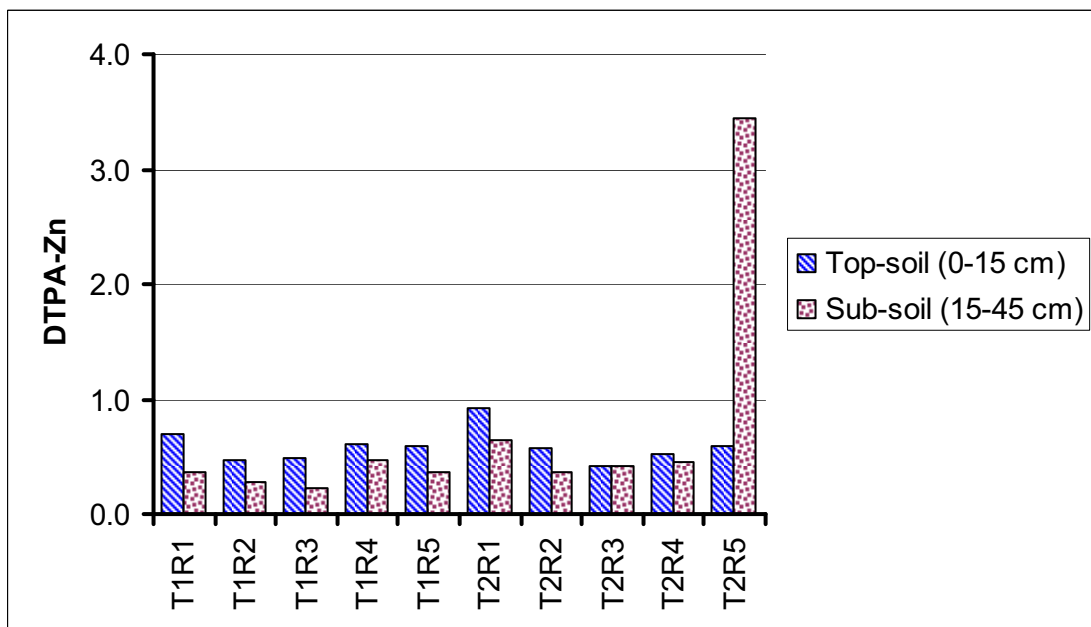
รูปที่ 3-39 เหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



รูปที่ 3-40 แมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



รูปที่ 3-41 ทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



รูปที่ 3-42 สังกะสีที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

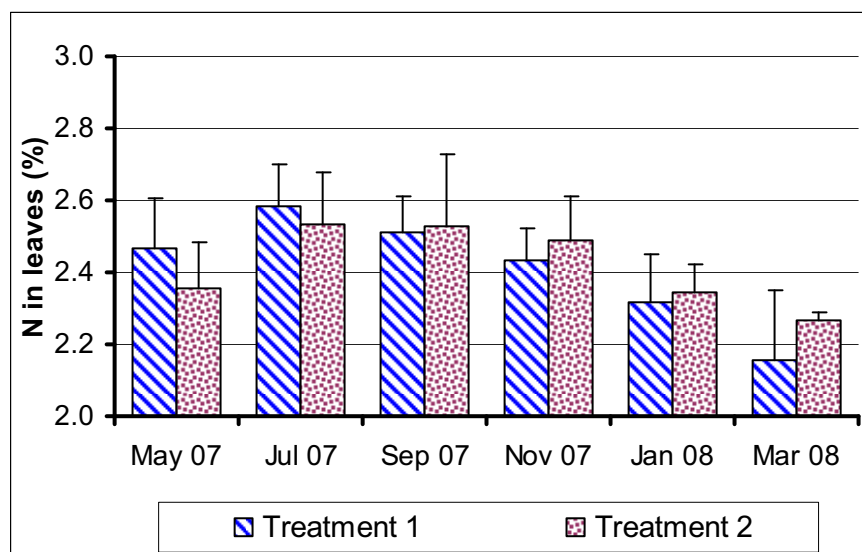
4.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโบ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารไนโบสัอมของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01) ได้ทำการเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งใบที่ 3 หรือ 4 ของช่อใบที่พัฒนาสมบูรณ์เต็มที่ (recent mature leaf) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1	เก็บเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2550	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนมกราคม 2550
ครั้งที่ 2	เก็บเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2550	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 3	เก็บเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2550	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 4	เก็บเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2550	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 5	เก็บเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2551	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนตุลาคม 2550
ครั้งที่ 6	เก็บเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2551	ช่อใบแตกใบอ่อนในเดือนตุลาคม 2550

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน

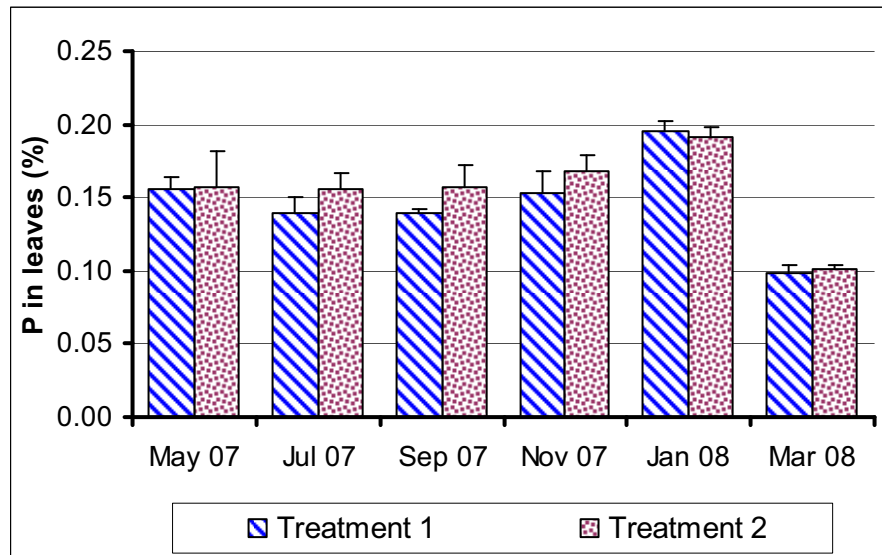
ความเข้มข้นของไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในช่อใบที่แตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550 มีแนวโน้มสูงกว่าใบช่ออื่น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากส้มโอมีผลอยู่บนต้น ปลายเดือนพฤศจิกายน 2550 เกษตรกรเก็บผลทั้งหมด ในเดือนธันวาคม 2550 มีฝนตกชุก เกษตรกรยังไม่ใส่ปุ๋ย เกษตรกรตัดสินใจใส่ปุ๋ยกลางเดือนมกราคม 2551 แต่เนื่องจากราคาปุ๋ยในระยะนั้นแพงมาก ทำให้เกษตรกรตัดสินใจใช้ปุ๋ย “ชีวภาพ” ซึ่งมีราคาถูกกว่าปุ๋ยเคมีมาก ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างใบในเดือนมีนาคม 2551 พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนต่ำลงมาก (รูปที่ 3-43)



รูปที่ 3-43 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในใบส้มโอสวนติดตาม อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบไม้ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง และไม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามอายุใบ ตัวอย่างที่เก็บในเดือนมีนาคม 2551 มีความเข้มข้นต่ำกว่าในเดือนอื่นๆ มาก ทั้งๆ ที่ดินรอบทรงพุ่มมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงมาก ไม่น่าจะส่งผลให้การดูดใช้ต่ำผิดปกติ (รูปที่ 3-44)



รูปที่ 3-44 การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียม

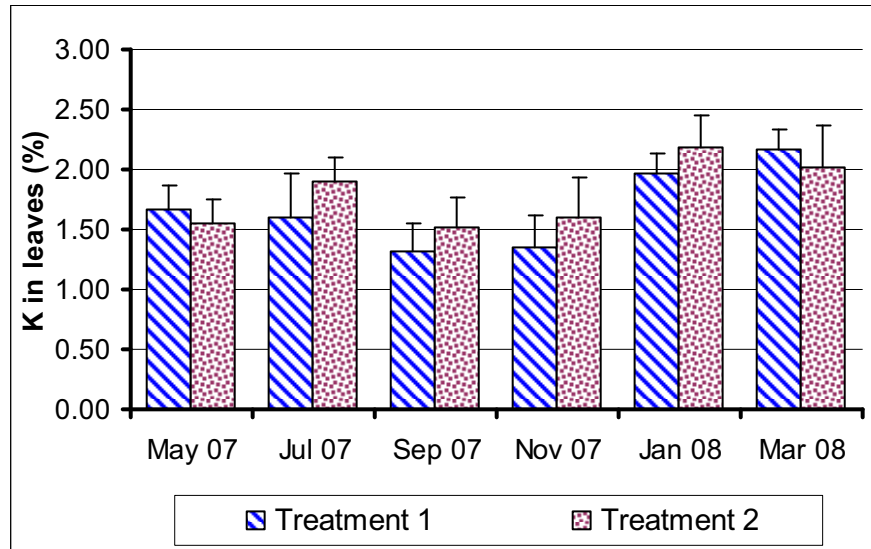
ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง สอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นในดินรอบทรงพุ่ม ตัวอย่างที่เก็บในเดือนมกราคม และ มีนาคม 2551 มีโพแทสเซียมสูงกว่าของตัวอย่างที่เก็บก่อนหน้านั้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นชุดใบที่ผ่านช่วงฤดูฝน ทำให้ส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมได้มาก หรืออาจเกิดจากส้มโอไม่มีผลอยู่บนต้น ทำให้โพแทสเซียมไม่ถูกเคลื่อนย้ายไปยังผล (รูปที่ 3-45)

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียม

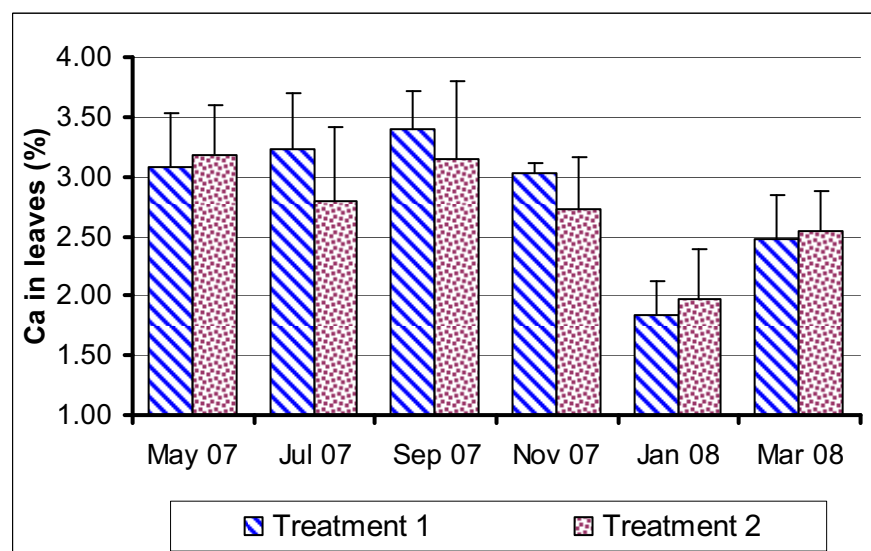
ความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง สอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นในดินรอบทรงพุ่ม ตัวอย่างที่เก็บในเดือนมกราคม และ มีนาคม 2551 มีแคลเซียมต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บจากชุดใบก่อนหน้านั้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสมบัติความเป็นปฏิปักษ์ระหว่างแคลเซียมกับโพแทสเซียม เมื่อส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงขึ้น ส่งผลในทางตรงกันข้ามให้ดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง (รูปที่ 3-45 และ 3-46)

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงของแมกนีเซียม

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบของต้นตำรับที่ 1 มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ 2 ทั้งๆ ที่ความเข้มข้นในดินรอบทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับ (รูปที่ 3-47)



รูปที่ 3-45 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช



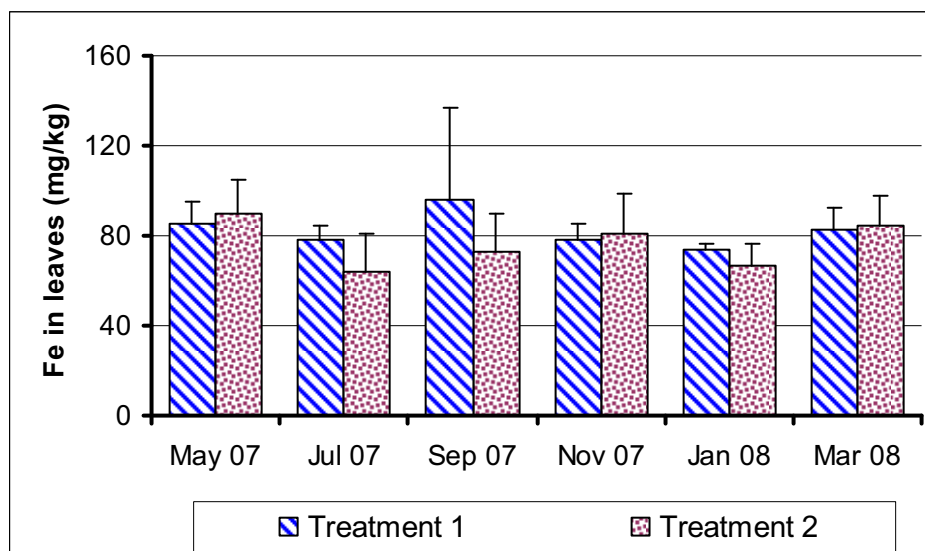
รูปที่ 3-46 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช

4.3.6 การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี

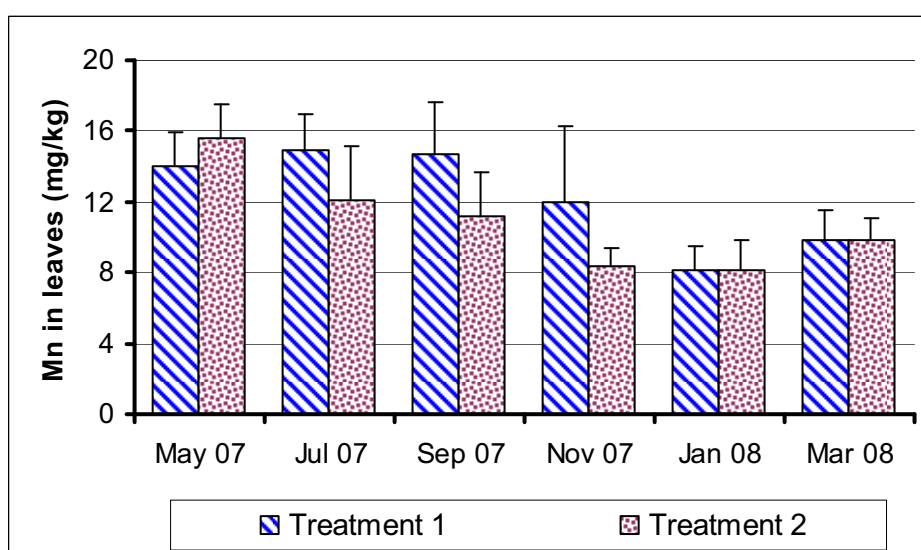
ความเข้มข้นของเหล็กไม่มีความแตกต่างระหว่างตัวรับการทดลอง โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยทุกตัวอย่างเท่ากับ 79 ± 17 mg/kg (mean $\pm$ SD) (รูปที่ 3-47)

ความเข้มข้นของแมงกานีสในชุดใบที่แตกใบอ่อนเดือนเมษายน 2550 ของตัวรับที่ 1 มีแนวโน้มสูงกว่าตัวรับที่ 2 ในขณะที่ใบชุดอื่นไม่มีแนวโน้มของความแตกต่าง ชุดใบที่แตกในเดือนตุลาคม 2550 มีความเข้มข้นต่ำกว่าชุดใบอื่น ทั้งๆ ที่เป็นชุดใบที่ผ่านฤดูฝน แมงกานีสน่าจะละลายได้มากขึ้น และส้มโอน่าจะดูดใช้ได้มากขึ้นตามไปด้วย แต่กลับพบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสมีแนวโน้มต่ำลง (รูปที่ 3-48)

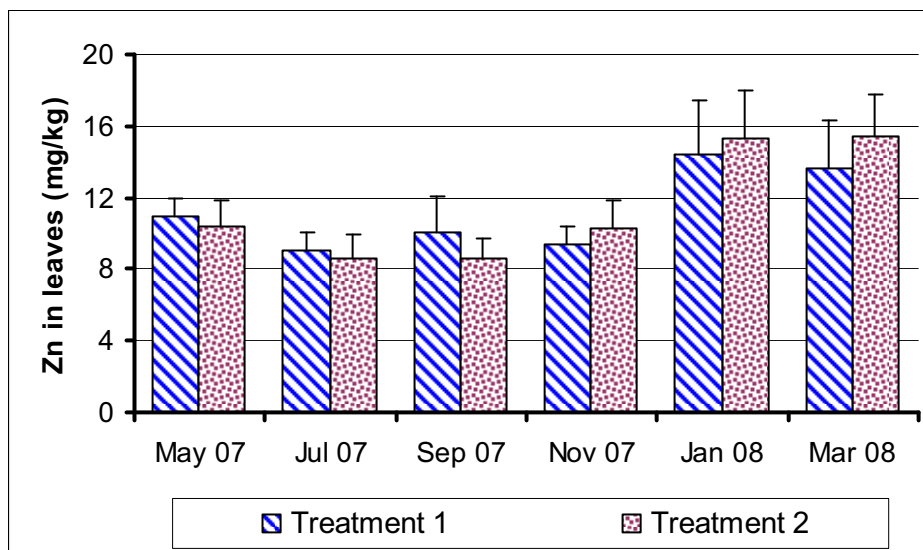
ความเข้มข้นของสังกะสีในชุดใบที่แตกใบอ่อนเดือนตุลาคม 2550 มีแนวโน้มสูงกว่าชุดใบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบส้มโอดำรับที่ 2 ซึ่งหวานสังกะสีรอบทรงพุ่ม มีความเข้มข้นสูงกว่าของดำรับที่ 1 เพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 3-49)



รูปที่ 3-47 การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในใบส้มโอดำจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช



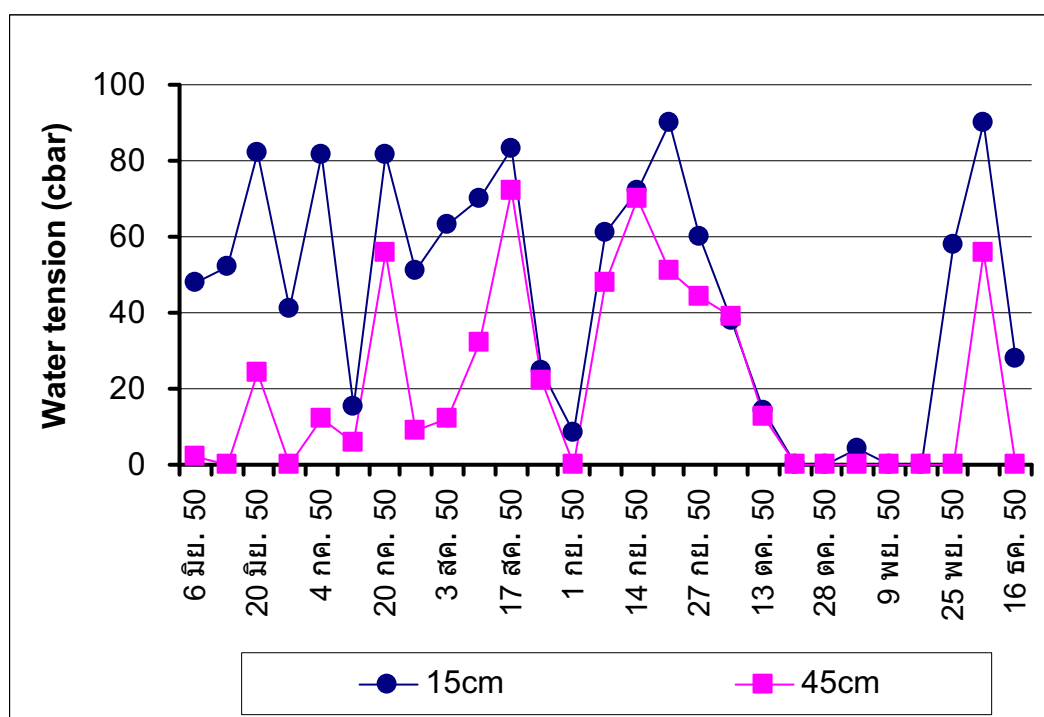
รูปที่ 3-48 การเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสในใบส้มโอดำจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช



รูปที่ 3-49 การเปลี่ยนแปลงของสังกะสีในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพั่น จ.นครศรีธรรมราช

4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

ค่าความเครียดน้ำในดินของสวนส้มโอ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01) มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงบ่อยครั้งกว่าสวน อ.ลิซล (รูปที่ 3-24 และ 3-43) ทั้งนี้เพราะฝนทิ้งช่วงไม่นาน และเกษตรกรรดน้ำเมื่อความชื้นดินลดลงจนทำให้ใบส้มแสดงอาการขาดน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเดือนที่ศึกษา (มิถุนายน – พฤศจิกายน 2550) เป็นช่วงที่ส้มโอมีผลอยู่บนต้น 2 – 3 รุ่น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องให้น้ำเพื่อป้องกันผลผลิตเสียหาย กลางเดือนตุลาคม – ปลายพฤศจิกายน 2550 เป็นช่วงฤดูฝน ทำให้ค่าความเครียดน้ำอยู่ในระดับต่ำมากตลอดช่วง ค่าความเครียดน้ำจึงสูงกว่า 80 cbar อยู่เพียงระยะเวลาสั้นๆ ค่าความเครียดน้ำที่ระดับ 45 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำกว่า 20 cbar เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับระดับน้ำใต้ดิน



รูปที่ 3-43 การเปลี่ยนแปลงค่าความเครียดน้ำในแปลงติดตามธาตุอาหาร อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

ระหว่างเดือนมิถุนายน – ธันวาคม 2550 ค่าเกิน 80 cbar เป็นค่าที่อยู่นอกเหนือความสามารถของเครื่องมือวัด

พฤติกรรมการแตกใบและออกดอกของส้มโอสวนติดตาม อ.ปากพนัง พบว่า ส้มโอแตกใบอ่อนพร้อมทั้งออกดอกครั้งแรกของปี 2550 ต้นเดือนมกราคม ดอกมีปริมาณมากเกษตรกรเจ้าของสวนจึงตัดสินใจไว้ผลรุ่นนี้ (ผลรุ่นนี้เก็บเกี่ยวช่วงวันที่ 20 – 30 สิงหาคม 2550) ส้มโอแตกใบอ่อนพร้อมทั้งออกดอกครั้งที่ 2 ของปีปลายเดือนเมษายน 2550 ปริมาณดอกมีมากเช่นเดียวกัน เกษตรกรเจ้าของสวนจึงตัดสินใจไว้ผลรุ่นนี้ในขณะที่มีผลรุ่นมกราคมอยู่แล้วบนต้น (ผลรุ่นนี้เก็บเกี่ยวช่วงวันที่ 20 - 25 พฤศจิกายน 2550) ส้มโอสวนนี้ออกดอกครั้งที่ 3

ระหว่างวันที่ 15 – 25 กันยายน 2550 ปริมาณดอกมีน้อย เกษตรกรจึงตัดสินใจตัดผลรุ่นนี้ทิ้ง ปลายเดือน ตุลาคม 2550 ส้มโอบอกใบอ่อนอีกครั้ง และมีดอกเล็กน้อย เกษตรกรตัดสินใจตัดดอกทิ้งเช่นเดียวกัน

การออกดอกของส้มโอมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินอย่างเห็นได้ชัด ต้นเดือนกันยายน 2550 มีฝน น้อยทำให้ดินมีความชื้นต่ำ (ค่าความเครียดน้ำสูง) เมื่อมีฝนตกและค่าความเครียดน้ำในดินเริ่มลดลง ส้มโอจึง ออกดอกในช่วงนี้ ปริมาณดอกที่ออกปลายเดือนกันยายนมีไม่มากอาจเนื่องมาจาก ส้มโอติดผลอยู่ก่อนแล้วถึง 2 รุ่น ในปีนี้ อาหารสะสมจึงอาจมีไม่เพียงพอ เกษตรกรให้น้ำเป็นระยะๆ เพื่อให้ผลผลิตบนต้นสมบูรณ์ ระยะเวลาที่พืชขาดน้ำจึงสั้น และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ส้มโอออกดอกน้อย

เครื่องวัดความเครียดน้ำในดินที่ใช้พบว่า ไม่สามารถอ่านค่าความเครียดน้ำที่สูงกว่า 80 cbar ได้ ผู้วิจัยจะต้องเดินทางไปยังสวนที่ติดตั้งทุกครั้งที่ต้องการอ่านค่า ทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้บ่อยตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังพบว่า tensiometer ชำรุดบ่อย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดซื้อเครื่องวัดแบบ Frequency domain reflectometry (FDR) ติดตั้งเพิ่มเติม (รูปที่ 3-44)



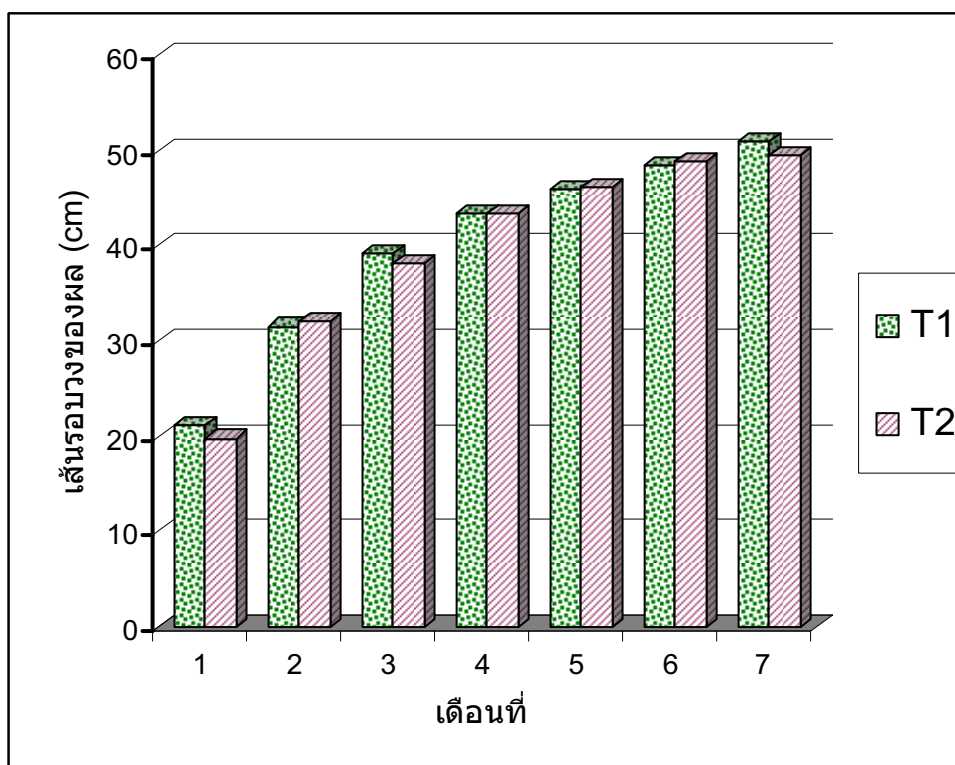
รูปที่ 3-44 การติดตั้ง tensiometer (ขาว) และหัววัดแบบ FDR พร้อมทั้งอุปกรณ์อ่านค่าและบันทึกข้อมูล (ซ้าย) เพื่อวัดความเครียดน้ำในแปลงติดตามธาตุอาหารที่ อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช โดย ติดตั้งที่ระดับความลึก 15 และ 45 เซนติเมตร

4.4 พัฒนาการของผล

4.4.1 เส้นรอบวงผล

เมื่อเริ่มทดลอง (พฤษภาคม 2550) ส้มโอในสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช มีผลอยู่บนต้นแล้ว 2 รุ่น คือรุ่นออกดอกต้นเดือนมกราคม 2550 และรุ่นออกดอกเดือนปลายเมษายน 2550 ยกเว้นต้น T2R2, T2R4, และ T2R5 ซึ่งมีผลเฉพาะรุ่นออกดอกเดือนมกราคม 2550 เกษตรกรเจ้าของสวนให้ข้อมูลว่า การออกดอกของส้มโอในสวนควบคุมได้ยาก และมักมีหลายรุ่นอยู่บนต้นเดียวกัน หากต้องการศึกษาผลที่ออกดอกพร้อมกัน ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าส้มโอจะออกดอกอีกเมื่อไร ประกอบกับเจ้าของสวนวางแผนจะตัดดอกทิ้งเพื่อตัดแต่งกิ่งและพักต้นหลังเก็บผลผลิตหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจเก็บข้อมูลของผลที่มีอยู่บนต้น แม้จะเกิดจากดอกต่างรุ่นกัน

ผลการศึกษาพบว่า เส้นรอบวงของผลเพิ่มขึ้นมากในเดือนแรก สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุผลมากขึ้นจนมีเส้นรอบวงประมาณ 50 เซนติเมตร ในเดือนที่ 7 ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว (รูปที่ 3-35) เส้นรอบวงของผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับที่ทำการทดลอง (T1 และ T2)



รูปที่ 3-35 การเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของผลส้มโอสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช เดือนที่ 1-4 เป็นผลที่ออกดอกในเดือนเมษายน 2550 ส่วนเดือนที่ 4-7 เป็นผลที่ออกดอกในเดือนมกราคม 2550

4.4.2 สมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอ

การศึกษาสมบัติและองค์ประกอบของผลส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช ได้ศึกษาโดยใช้ผลที่เกิดจากดอกปลายเดือนเมษายน 2550 และได้เก็บตัวอย่างผลมาศึกษาเฉพาะระยะเก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว โดยเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2550 ผลที่เก็บตัวอย่างมีอายุ 7 เดือน อายุผลระยะเก็บเกี่ยวของสวน อ.ปากพนัง มากกว่าสวน อ.สิชล 1 เดือน เกษตรกรเจ้าของสวน อ.ปากพนัง ขยายผลผลิตแบบเหมาสวน จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างจำนวนมากได้

ตารางที่ 3- 5 สมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอเก็บตัวอย่างจากการทดลองดำรับที่ 1 และดำรับที่ 2 เมื่อผลส้มโออายุ 7 เดือน (สวนทดลอง อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช)

	หน่วย	ดำรับที่ 1		ดำรับที่ 2	
		mean	SD	mean	SD
น้ำหนักผลสด	(g)	1,464.0	44.6	1,466.6	263.2
ปริมาตรผลสด	(mL)	1,867.7	60.1	1,787.3	299.5
ความหนาแน่นผลสด	(kg/L)	0.785	0.04	0.820	0.03
น้ำหนักเปลือกสด	(g)	489.8	38.2	431.2	24.6
น้ำหนักเนื้อผล	(g)	963.3	60.3	1,003.4	232.2
น้ำหนักเปลือกแห้ง	(g)	112.6	6.9	105.2	12.5
น้ำหนักเนื้อผลแห้ง	(g)	124.9	16.4	128.3	32.4
ความชื้นเปลือก	(%)	77.0	0.4	75.6	1.7
ความชื้นเนื้อผล	(%)	87.1	1.2	87.2	0.7
ความหนาเปลือก	(cm)	1.5	0.4	1.4	0.2
เส้นผ่าศูนย์กลางเนื้อผล	(cm)	13.0	0.0	13.4	1.1
ของแข็งที่ละลายน้ำได้	(Brix)	10.5	0.5	10.2	0.4
ค่าการนำไฟฟ้า	(mS/cm)	4.3	0.4	5.4	-
กรดที่ไทเทรตได้	(g-citric/L)	4.2	0.4	5.0	1.2
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)		4.3	0.1	4.1	0.2
ดัชนีรีดชาติ		25.0	3.5	21.1	4.5
ซูโครส	(g/L)	75.4	0.3	73.1	1.9
กลูโคส	(g/L)	20.3	1.0	19.4	2.9
ฟรุคโตส	(g/L)	11.3	1.1	11.4	2.7
กรดซิตริก	(g/L)	21.6	0.2	21.6	2.1
น้ำตาลรวม	(g/L)	107.0	1.8	103.9	5.6
สัดส่วนซูโครส	(%)	70.5	1.5	70.4	3.7

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของผลที่นำมาศึกษาไม่พบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างดำรับทดลอง (ตารางที่ 3-5) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสิ่งก่สไม่มีผลต่อคุณภาพผล หรือระยะเวลาที่ให้

สังกะสียังไม่แน่นอนพอที่จะทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างตำรับ นอกจากนี้สมบัติของดินที่เป็นต่างอาจทำให้สังกะสีที่ให้ทางดินตกตะกอน ส้มโอไม่สามารถดูใช้ได้ ปัญหาเหล่านี้ผู้วิจัยจะศึกษาเพิ่มเติมในงวดที่ 3

4. สรุป

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินส่งผลต่อการแตกใบอ่อนและการออกดอกของส้มโออย่างเห็นได้ชัด ส้มโอออกดอกเมื่อค่าความเครียดน้ำในดินสูงกว่า 80 cbar อยู่ระยะหนึ่ง แล้วความเครียดน้ำลดลงและคงที่เป็นระยะเวลานานมากพอ การออกดอกของส้มโอไม่ตอบสนองต่อการลดลงของความเครียดน้ำเป็นระยะเวลานานๆ อย่างไรก็ตาม การใช้ค่าความเครียดน้ำไม่สามารถทำนายล่วงหน้าได้ว่า ส้มโอจะออกดอกเมื่อไร เนื่องจากความชื้นที่จะกระตุ้นให้ส้มโอออกดอกขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน การวัดความเครียดน้ำในดินเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างมากในการบังคับการออกดอกในกรณีที่เกษตรกรติดตั้งระบบน้ำไว้ในสวน ซึ่งเกษตรกรสามารถควบคุมความชื้นในดินได้โดยไม่ต้องรอฝน ทำให้เกษตรกรสามารถบังคับการออกดอกของส้มโอได้นั่นเอง

การศึกษครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างที่เกิดกับผลส้มโอระหว่างตำรับการทดลองทั้งสวนติดตามติ อ.สิชล และ อ.ปากพนัง ผลส้มโอไม่ตอบสนองต่อธาตุอาหารที่ให้ สมบัติของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินของสวนติดตามติ อ.สิชล มีความแปรปรวนระหว่างต้นมาก อันเนื่องมาจากอิทธิพลของจอมปลวกที่บริเวณโคนต้น ซึ่งผู้วิจัยไม่สังเกตเห็นในขั้นตอนการคัดเลือกต้นทดลอง ในขณะที่ความแปรปรวนของสวนที่ อ.ปากพนัง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5. เอกสารอ้างอิง

- Chen, F., Lu, J. and Liu, D. 2007. Investigation of soil fertility in citrus orchards of southern China. Better Crops with Plant Food. 91:24-25.
- Kachanoski, R.G. 1996. Better Crops with Plant Food. 80:20-23.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition, 4th ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Murrell, T.S. 2007. The delta yield concept : An update. Better Crops with Plant Food. 91:20-21.

บทที่ 4 การสำรวจธาตุอาหาร

- คำนำ
- วิธีสำรวจ
- ผลการสำรวจ
- ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับดินเพื่อการปลูกส้มโอ
- ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบส้มโอ
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

1. คำนำ

การสำรวจธาตุอาหาร (nutrient survey) เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้ค้นหาระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพของพืชชนิดหรือพันธุ์นั้นๆ วิธีนี้นิยมใช้กับไม้ผลและไม่ยืนต้น เนื่องจากพืชเหล่านี้ต้องใช้เวลานานในการปลูกจึงจะให้ผลผลิต ซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเหมาะสมของธาตุอาหาร การใช้วิธีทดสอบหาธาตุอาหารที่ผิดปกติและหาระดับธาตุอาหาร (omission trial and rate trial) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลดีในพืชอายุสั้น กลับต้องใช้เวลานานมากสำหรับไม้ยืนต้น การสำรวจธาตุอาหารจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่า ถึงแม้วิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก แนวคิดของการสำรวจธาตุอาหารทำโดยการสำรวจหาส่วนที่พืชเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสูง และไม่มีความผิดปกติใดๆ เกี่ยวกับธาตุอาหาร จากนั้นเก็บตัวอย่างดินและพืชนำมาวิเคราะห์หาสมบัติและความเข้มข้นของธาตุอาหาร แล้วใช้ค่าดังกล่าวเป็นค่าอ้างอิง หรือค่าแนะนำมาตรฐาน จากแนวคิดนี้คาดว่า เมื่อผลการวิเคราะห์ดินและพืชของสวนใดๆ ต่างไปจากค่าแนะนำมาตรฐาน ก็ดำเนินการปรับปรุงดินให้มีค่าผลวิเคราะห์เท่ากับค่ามาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม สวนที่เหมาะสมสำหรับสร้างค่าแนะนำมาตรฐาน มักสำรวจหาได้ยากมาก หรืออาจไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ สวนโดยทั่วไปมักมีปัญหาด้านปริมาณหรือสมดุลของธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งหรือหลายธาตุ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องใช้ข้อมูลจากสวนจำนวนมาก โดยการเก็บตัวอย่างดินและชิ้นส่วนพืช (นิยมใช้ใบในระยะเจริญเติบโตเต็มที่) พร้อมทั้งเก็บข้อมูลความผิดปกติด้านธาตุอาหาร และการให้ผลผลิต แล้วนำตัวอย่างดินและชิ้นส่วนพืชมาวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละชนิด นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารและผลผลิต จากนั้นแบ่งระดับธาตุอาหารออกเป็นระดับขาดแคลน พอเพียง และสูงเกินไป ข้อมูลที่ได้เหล่านี้นำมาใช้เป็นค่าแนะนำมาตรฐาน

Chen et al. (2007) ได้สำรวจธาตุอาหารของสวนส้มทางตอนใต้ของประเทศไทยใน 17 พื้นที่ 6 จังหวัด ส้มที่ปลูกส่วนใหญ่เป็น Satsuma mandarin, navel orange, และ Ponkan mandarin คณะนักวิจัยกลุ่มนี้ได้

เก็บตัวอย่างดินทั้งดินบนและดินล่างจำนวน 63 ตัวอย่าง ในช่วงความลึก 0 – 30 เซนติเมตร เมื่อนำผลการวิเคราะห์ดินมาสร้างความสัมพันธ์กับผลผลิตแล้ว ได้จัดทำคำแนะนำดังตารางที่ 4-1 เขาพบว่าค่า pH ไม่มีผลต่อผลผลิตมากนัก ร้อยละ 45 ของดินจากสวนที่ให้ผลผลิตสูง (ผลผลิตมากกว่า 45 ton/ha) มีค่า pH อยู่ในระดับต่ำหรือต่ำมาก ค่าแนะนำมาตรฐานที่ Chen et al. (2007) สร้างขึ้นนี้ใกล้เคียงกับคำแนะนำทั่วไป ซึ่งโดยปกติมักพบว่า พืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีสมบัติแตกต่างจากดินปกติ เช่น มีเพียงพืชทนเค็มเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็ม หรือมีเพียงพืชชอบกรดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินกรด เป็นต้น

ตารางที่ 4-1 ค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นโดย Chen et al. (2007) จากผลการสำรวจธาตุอาหารในสวนส้มทางตอนใต้ของประเทศไทย

รายการ	ต่ำมาก	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงมาก
pH	<4.8	4.8-5.5	5.5-6.5	6.5-8.5	>8.5
OM (g/kg)	<5	5-15	15-30	>30	-
Avail. N (mg/kg)	<50	50-100	100-200	>200	-
Avail. P (mg/kg)	<5	5-15	15-80	>80	-
Avail. K (mg/kg)	<50	50-100	100-200	>200	-
Avail. Ca (mg/kg)	<200	200-1000	1000-2000	2000-3000	>3000
Avail. Mg (mg/kg)	<80	80-150	150-300	300-500	>500
Avail. Fe (mg/kg)	<	5-10	10-20	20-50	>50
Avail. Mn (mg/kg)	<	2-5	5-20	20-50	>50
Avail. Zn (mg/kg)	<	0.5-1.0	1.0-5.0	5.0-10.0	>10.0
Avail. Mo (mg/kg)	-	<0.05	0.05-0.20	0.20-0.30	>0.3
Avail. B (mg/kg)	-	<0.5	0.5-1.0	>1.0	-

หมายเหตุ OM = อินทรีย์วัตถุ Avail. = ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

2. วิธีสำรวจ

2.1 การเก็บตัวอย่าง

ทางโครงการฯ ได้เก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบส้มโอจากสวนที่เลือกเป็นตัวแทนในแต่ละพื้นที่ ดังที่ได้กล่าวรายละเอียดแล้วในบทที่ 2 โดยในแต่ละพื้นที่ได้พยายามเลือกสวนให้ครอบคลุมลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำ หรือพืชแสดงอาการผิดปกติของธาตุอาหาร

2. กลุ่มที่ให้ผลผลิตปานกลาง และไม่พบอาการผิดปกติของธาตุอาหาร
3. กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง และไม่พบอาการผิดปกติของธาตุอาหาร

ตัวอย่างดินในแต่ละสวนเก็บโดยใช้สว่านเจาะดิน เก็บตัวอย่างบริเวณชายพุ่มของต้นที่ 2 ระดับความลึก คือ 0-15 เซนติเมตร (ดินบน) และ 15-45 เซนติเมตร (ดินล่าง) กำหนดตำแหน่งแบบสุ่มสวนละ 7-9 หลุม นำตัวอย่างดินแต่ละระดับความลึกมาผสมกันเพื่อสร้างเป็นตัวอย่างรวม นำมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง ต่ำและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างในกระปุกพลาสติกเพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างใบส้มโอเก็บโดยสุ่มใบที่เจริญเต็มที่ในตำแหน่ง 3-4 นับจากยอด สุ่มเก็บจากใบที่อยู่นอกทรงพุ่ม ซึ่งเป็นตำแหน่งใบที่ได้รับแสงเต็มที่ นำมาอบที่อุณหภูมิ 70 °C ชั่งน้ำหนักและนับจำนวนใบ แล้วบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh เก็บตัวอย่างในกระปุกพลาสติกที่อุณหภูมิ 5 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ดิน

วิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้งดินบนและดินล่างดังรายการต่อไปนี้

- **ความเป็นกรดเป็นด่าง** วัดค่า pH ของสารแขวนลอยดินในน้ำอัตราส่วน 1:2.5 (ดิน:น้ำ) ด้วย pH meter (Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 1986)
- **ค่าการนำไฟฟ้า** วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารแขวนลอยดินในน้ำอัตราส่วน 1:5 (ดิน:น้ำ) ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า แล้วประมาณค่าที่จุดอิ่มตัว (Rayment and Higginson, 1992)
- **อินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอน** วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Walkley and Black (Rayment and Higginson, 1992) แล้วประมาณค่าอินทรีย์วัตถุ
- **ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์** วิเคราะห์โดยสกัดด้วยสารละลาย Bray No.2 (0.03 M NH_4F ในสารละลาย 0.1 M HCl) แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นในสารละลายที่สกัดได้ด้วยวิธี Molybdenum blue (Rayment and Higginson, 1992; Olsen and Sommers, 1982)
- **โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้** วิเคราะห์โดยสกัดด้วยสารละลาย 1.0 M NH_4OAc pH 7.0 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นในสารละลายที่สกัดได้ด้วยวิธี AAS (Soil and Plant Analysis Council, 1992)
- **เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี** วิเคราะห์โดยสกัดด้วยสารละลาย DTPA pH 7.3 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นในสารละลายที่สกัดได้ด้วยวิธี AAS (Soil and Plant Analysis Council, 1992)
- **ขนาดอนุภาคและเนื้อดิน** วิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer (Loveland and Whalley, 1991)

2.3 การวิเคราะห์พืช

- ในโตรเจน วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl (Tandon, 1995; Jones, 2001)
- ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสม $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ อัตราส่วน 1:2 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นในสารละลายด้วยวิธี AAS (Tandon, 1995; Jones, 2001)

4. ผลการสำรวจ

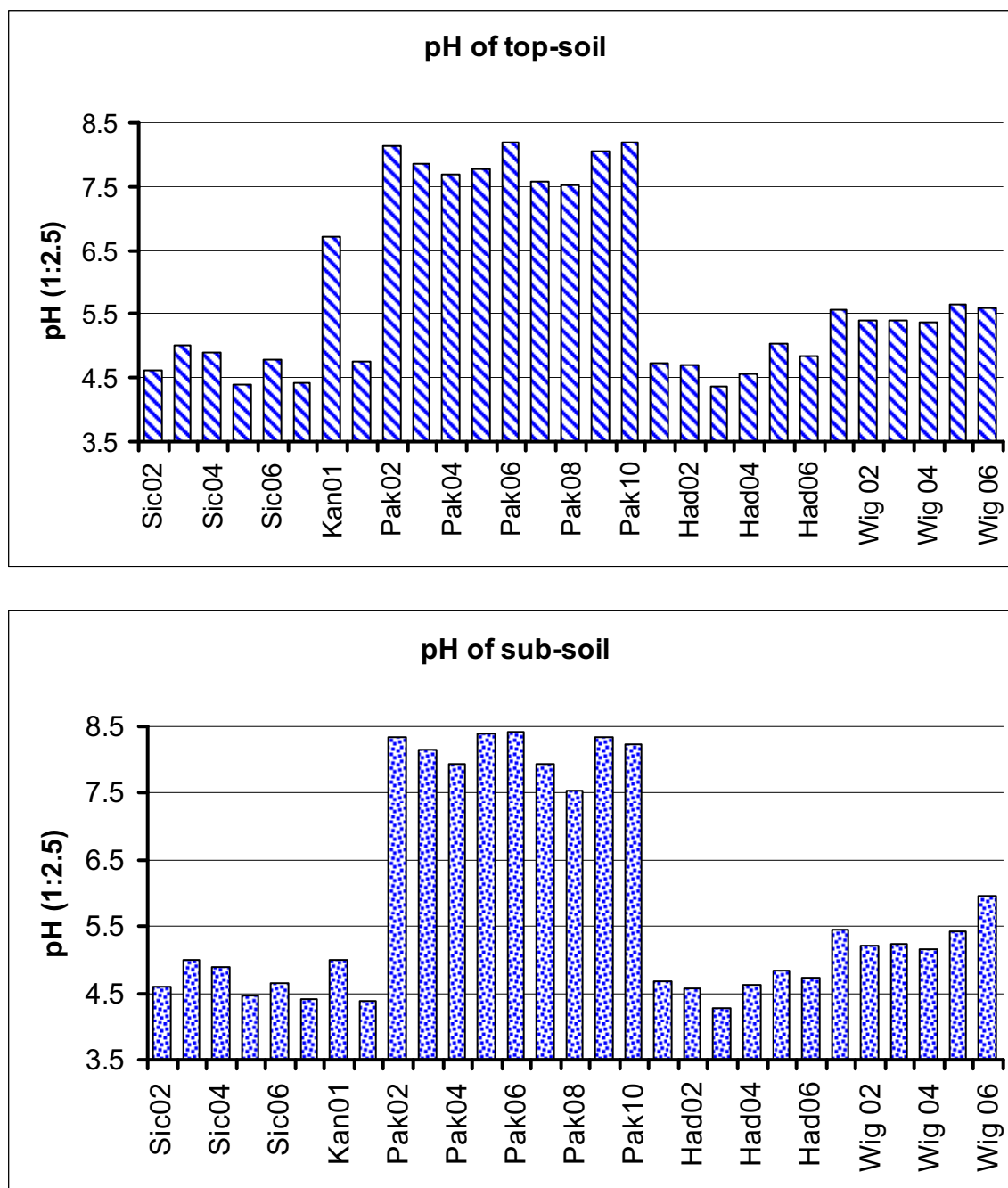
4.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

โดยทั่วไปพบว่า ค่า pH ของดินบนและดินล่างสัมพันธ์กัน ตัวอย่างดินบนและดินล่างจากสวนส้มโอในเขต อ.ลิซล (Sic02 – Sic07) พบว่า มีค่า pH ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4-1) โดยตัวอย่างจากดินทุกสวนมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 และบางสวนต่ำกว่า 4.5 (Sic05 และ Sic07) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินของสวนในพื้นที่นี้เป็นกรดจัดหรือกรดจัดมาก สอดคล้องกับผลการสอบถามซึ่งเกษตรกรให้ข้อมูลว่า ไม่ได้ใช้ปูนปรับปรุงดินมาเป็นเวลานานหรือไม่เคยใช้ปูนเลย เกษตรกรควรใช้ปูนเพื่อยกระดับ pH ให้สูงขึ้น ลดกรดที่แลกเปลี่ยนได้ และเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในดินให้สูงขึ้น

ตัวอย่างดินจากสวนส้มโอใน อ.ขนอม (Kan01) พบว่า ดินบนเป็นกลางส่วนดินล่างเป็นกรดปานกลาง โดยดินบนมีค่า pH สูงกว่าดินล่างถึง 1.7 หน่วย สวนนี้ตั้งอยู่ริมถนน ในฤดูฝนเกิดน้ำท่วมและพัดพาเอาหินถนนลงไปใ้แปลง จึงทำให้ดินในแปลงมีค่า pH สูงขึ้นจากอิทธิพลของหินปูน (รูปที่ 4-1) ตัวอย่างดินจากสวน Kan02 มีค่า pH เป็นกรดจัดทั้งดินบนและดินล่าง โดยดินบนมีค่า pH สูงกว่าดินล่างเพียง 0.4 หน่วย แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรไม่ได้ใช้ปูนในแปลงนี้

ตัวอย่างดินจากทุกสวนในเขต อ.ปากพอง พบว่า มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5 – 8.5 ซึ่งเป็นช่วงด่างอ่อนและด่างปานกลาง ตัวอย่างจากเกือบทุกสวน (ยกเว้นสวน Pak08) พบว่าดินบนมีค่า pH ต่ำกว่าดินล่าง (รูปที่ 4-1) ดินในพื้นที่ อ.ปากพองส่วนใหญ่เป็นดินชุดบางกอก เป็นดินที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมของตะกอนน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม ทำให้ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล โดยธรรมชาติของดินชุดนี้มี pH เป็นกรดในดินชั้นบน (ชั้น Ap และ AB) แต่มี pH เป็นด่างในดินชั้นล่าง (ชั้น Bt) เมื่อเกษตรกรขุดคูยกร่อง ทำให้ดินชั้นล่างถูกขุดขึ้นมาถมเป็นดินชั้นบน ดินใหม่ที่เกิดขึ้นจึงมี pH เป็นด่าง ในบางสวนพบซากหอยขึ้นเล็กๆ ปะปนอยู่ในดิน การสำรวจไม่พบว่า pH ของดินเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นเบื้องต้นว่า ไม่มีความจำเป็นต้องปรับปรุง pH ของดิน เนื่องจากเมื่อทำให้ดินมีค่า pH ต่ำลง (ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น) ย่อมส่งผลให้สารประกอบคาร์บอนेटในดินละลายสูญหายไป แคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (Ca, Mg และ K) ถูกแทนที่ด้วยกรดที่แลกเปลี่ยนได้ และธาตุอาหารเหล่านี้สูญหายไปจากดิน ทำให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยในปริมาณมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ดินด่างทำให้การใช้ปุ๋ยในรูป NH_4^+ มีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจาก NH_4^+ ทำ

ปฏิกิริยากับต่างที่อยู่ในดินกลายเป็นแก๊ส NH_3 ระเหยไปจากดิน ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีประสิทธิภาพดีกว่าจึงควรเป็นปุ๋ยที่อยู่ในรูป NO_3^-



รูปที่ 4-1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH 1:2.5 in water) ของดินบน (บน) และดินล่าง (ล่าง) ของตัวอย่างดินจาก อ.สีชล (Sic) อ.ชนอม (Kan) อ.ปากพั่น (Pak) อ.หาดใหญ่ และ อ.เวียงแก่น (Wig)

ตัวอย่างดินจากทุกสวนในเขต อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา พบว่ามีค่า pH ต่ำกว่า 5.0 ซึ่งเป็นดินกรดจัด และส่วนใหญ่ดินล่างมี pH ต่ำกว่าดินบน (ยกเว้น Had04) (รูปที่ 4-1) สอดคล้องกับผลการสอบถามเกษตรกร ซึ่งให้ข้อมูลว่าไม่ได้ใช้ปูนปรับปรุงดินมาเป็นเวลานาน และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ส้มโอในพื้นที่นี้ทรุดโทรมและให้ผลผลิตต่ำ เกษตรกรในพื้นที่นี้จึงควรใช้ปูนเพื่อปรับค่า pH ของดินให้สูงกว่า 5.5 ซึ่งจะเป็นผลดีต่ออีกกรรมของ จุลินทรีย์ดิน ช่วยให้เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารดีขึ้น และลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมลง

ตัวอย่างดินจาก อ.เวียงแก่น พบว่าโดยทั่วไปมีค่า pH สูงกว่าตัวอย่างจาก อ.สีชล และ อ.หาดใหญ่ ดินบนจากทั้ง 6 สวน มีค่า pH ใกล้เคียงกัน และอยู่ในระดับที่เป็นกรดเล็กน้อย ดินล่างส่วนใหญ่มีค่า pH ต่ำกว่าดินบน ยกเว้นสวน Wig06 ค่า pH ของดินในพื้นที่นี้ใกล้เคียงค่าเหมาะสมที่ Chen et al. (2007) เสนอไว้ (ตารางที่ 4-1) ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการใช้วัสดุปูนปรับปรุงดินอย่างสม่ำเสมอของเกษตรกร

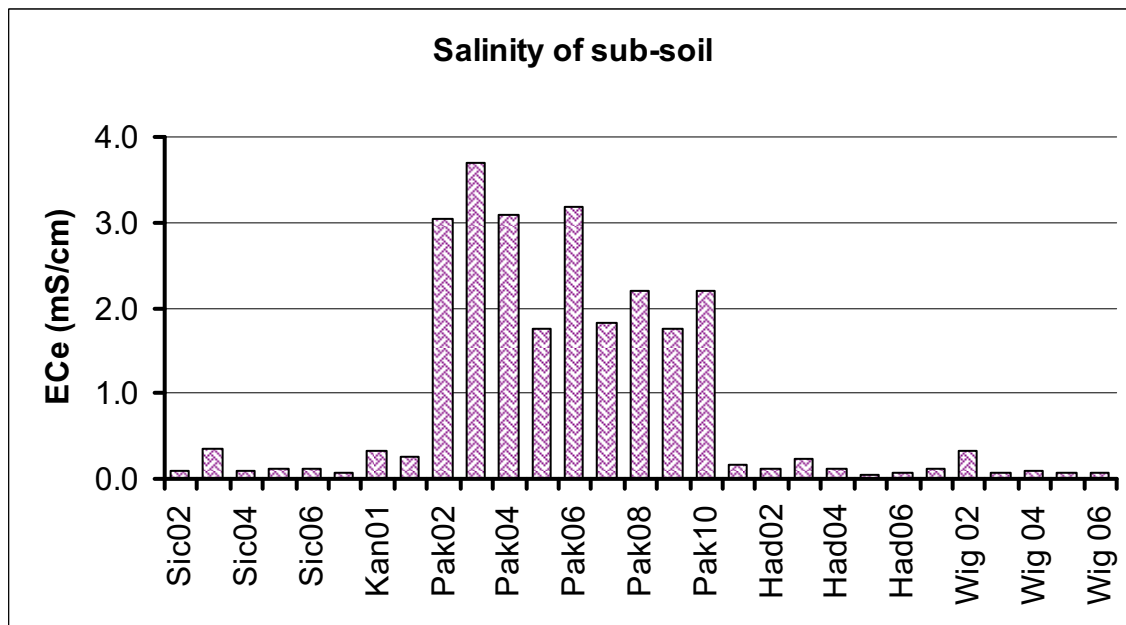
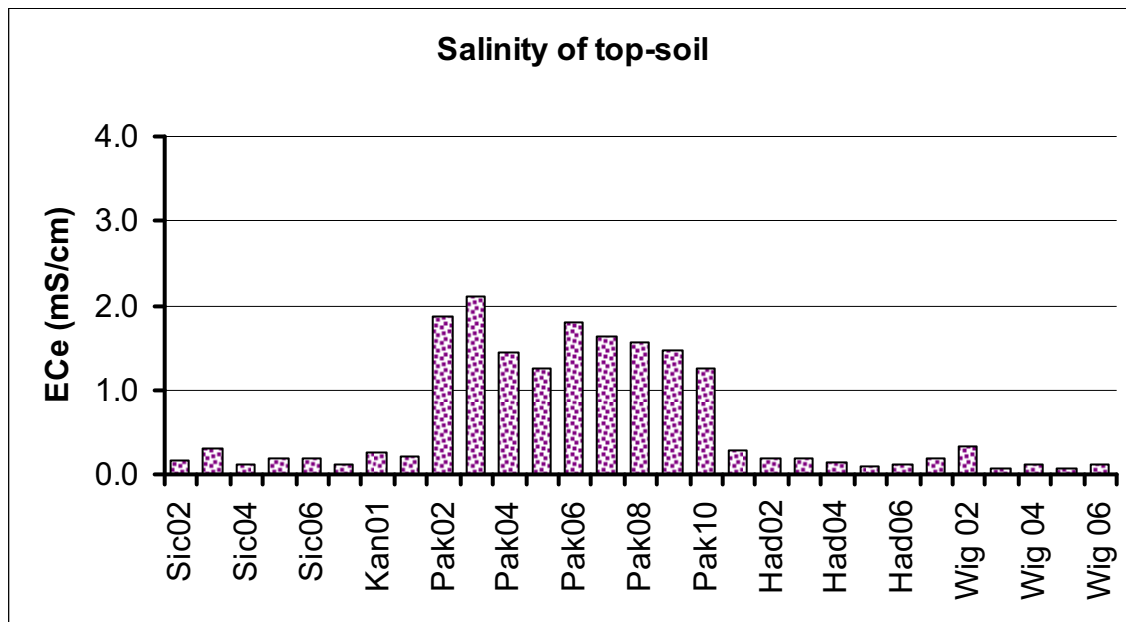
4.2 ความเค็มของดิน

โดยทั่วไปพบว่าความเค็มของดินบนสูงกว่าดินล่างเล็กน้อย และมักสอดคล้องกับการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร นั่นคือ สวนที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงมักมีค่าความเค็ม (ค่าการนำไฟฟ้า) สูงกว่าสวนอื่นๆ ในพื้นที่เดียวกัน (ยกเว้นตัวอย่างดินจาก อ.ปากพนัง ซึ่งดินเค็มโดยธรรมชาติ) ตัวอย่างดินจากสวนส้มโอในเขต อ.ขนอม และ อ.สีชล มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (รูปที่ 4-2) ความเค็มในระดับนี้ไม่มีผลใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างดินจากสวน Kan01 และ Kan02 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าตัวอย่างดินจากสวนในเขต อ.สีชล (ยกเว้น Sic03) อาจเนื่องมาจากสวนนี้มีการใช้ปุ๋ยเคมีค่อนข้างมาก และเป็นสวนที่ผลิตเพื่อการส่งออกโดยตรง

ตัวอย่างดินจากสวนส้มโอในเขต อ.ปากพนัง มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าตัวอย่างดินจากพื้นที่อื่นมาก เนื่องจากธรรมชาติของดินในพื้นที่นี้ จากการสำรวจไม่พบว่าส้มโอแสดงอาการได้รับพิษจากเกลือ และส้มโอยังสามารถให้ผลผลิตได้สูง และมีรสชาติดีกว่าพื้นที่อื่น ความเค็มในระดับนี้น่าจะเป็นผลดีต่อการผลิตส้มโอกว่าความเค็มต่ำ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขใดๆ ในเรื่องความเค็ม ค่าความเค็มของดินบนต่ำกว่าดินล่างทุกสวน น่าจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนที่ละลายน้ำได้ดีจากชั้นบนไปสะสมในดินชั้นล่าง

ตัวอย่างดินจากสวนส้มโอในเขต อ.หาดใหญ่ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ในระดับใกล้เคียงกับตัวอย่างดินจากเขต อ.สีชล ความเค็มในระดับนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตัวอย่างดินจาก อ.เวียงแก่น พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับตัวอย่างจาก อ.สีชล อ.ขนอม และ อ.หาดใหญ่ ซึ่งเป็นระดับความเค็มที่ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช สวน Wig01 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าสวนอื่นๆ ในพื้นที่นี้ สอดคล้องกับการใช้ปุ๋ยในอัตราสูงของเกษตรกร



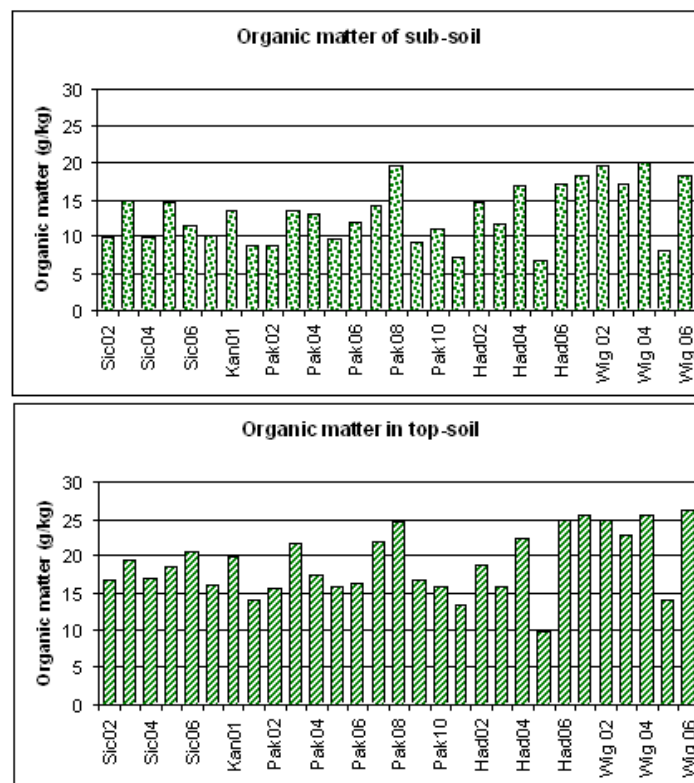
รูปที่ 4-2 ค่าการนำไฟฟ้าที่จุดอิมตัวของดินบน (บน) และดินล่าง (ล่าง) ของตัวอย่างดินจาก อ.สีชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

4.3 อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดินของสวนที่สำรวจพบว่าอยู่ในช่วง 9.7-26.2 g/kg (ดินบน) และ 6.6-20.0 g/kg (ดินล่าง) สวนในพื้นที่ อ.เวียงแก่นส่วนใหญ่มีอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าในพื้นที่อื่น ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากเกษตรกรในพื้นที่นี้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากเฉพาะสวนที่

เกษตรกรต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีเท่านั้น (Sic06, Pak07, Pak08, และ Had04) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรในภาคเหนือเข้าใจหลักการใช้ปุ๋ยดีกว่าเกษตรกรในภาคใต้ ผลการสำรวจไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุในดิน ส่วน Sic06 ซึ่งพบว่าเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดในพื้นที่ อ.สิชล และ อ.ขนอม กลับเป็นส่วนที่มีผลผลิตต่ำ ส่วน Pak08 ซึ่งเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดในพื้นที่ อ.ปากพนัง กลับเป็นส่วนที่มีผลผลิตต่ำเช่นเดียวกัน ส่วน Had05 ซึ่งเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ กลับเป็นส่วนที่มีผลผลิตสูงที่สุดในพื้นที่ และส่วน Wig06 ซึ่งเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกับส่วนที่มีผลผลิตสูง (Wig01, Wig02) แต่กลับมีผลผลิตต่ำกว่ามาก (รูปที่ 4-3)

ผลการสำรวจนี้สอดคล้องกับผลการสำรวจของ Chen et al. (2007) ซึ่งพบว่า ส่วนสัมทางตอนใต้ของจีนที่ดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำเพียง 10 g/kg ก็สามารถให้ผลผลิตสูงได้ ดังนั้น การละลายหรือปฏิเสธการใช้ปุ๋ยเคมีน่าจะเป็นสาเหตุให้ส้มโอได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิต และอินทรีย์วัตถุในดินเป็นเพียงปัจจัยร่วมในหลายๆ ปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชดีขึ้น คล้ายกับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

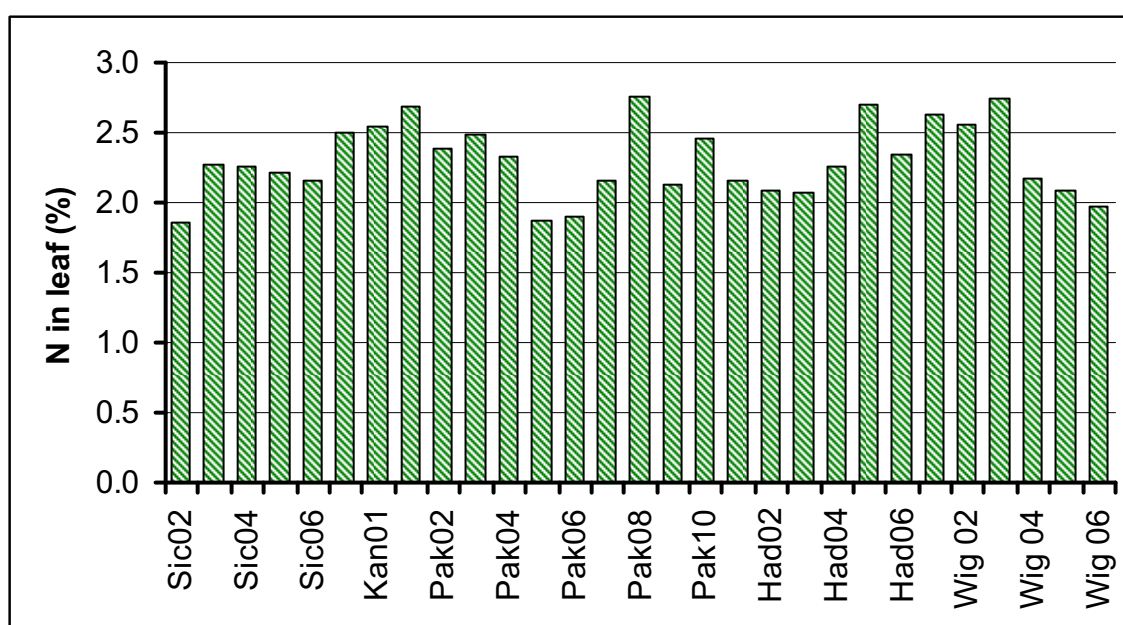


รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุในดินบน (บน) และดินล่าง (ล่าง) ของตัวอย่างดินจาก อ.สิชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และ อ.เวียงแก่น (Wig)

4.4 ไนโตรเจนในพืช

ไนโตรเจนในใบสั้มโจากสวนที่สำรวจพบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.9-2.8 โดยพบว่าสวนที่สั้มโมีการเจริญทางลำต้นสมบูรณ์และให้ผลผลิตสูงในแต่ละพื้นที่ เช่น Kan01, Kan02, Had05, Wig01, Wig02, และ Wig03 เป็นต้น มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าร้อยละ 2.5 ในขณะที่สวนซึ่งการเจริญเติบโตด้านลำต้นไม่ดีหรือให้ผลผลิตต่ำ พบว่ามีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำกว่าร้อยละ 2.0 เช่น Sic02, Pak05, Pak06, และ Wig06 เป็นต้น ดังนั้น ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสั้มโน่าจะจัดระดับได้ดังนี้

- | | |
|--------------|---|
| ระดับต่ำมาก | หมายถึงความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำกว่าร้อยละ 2.0 |
| ระดับต่ำ | หมายถึงความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบอยู่ในช่วงร้อยละ 2.0 – 2.5 |
| ระดับเหมาะสม | หมายถึงความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมากกว่าร้อยละ 2.5 - 3.0 |

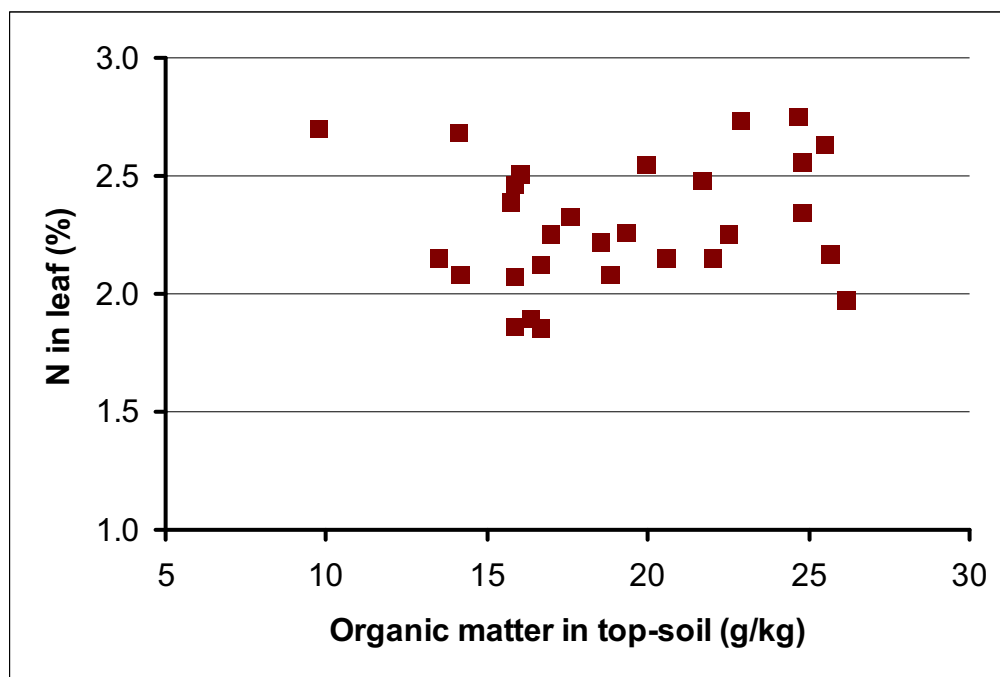


รูปที่ 4-4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสั้มโอายุ 3-5 เดือน เก็บจากใบตำแหน่ง 3 หรือ 4 ของกิ่งนอกทรงพุ่ม และวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl ตัวอย่างเก็บจากสวนในพื้นที่ อ.สีชล (Sic) อ.ชนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

สำหรับสวนในพื้นที่ อ.ปากพนัง พบว่า สวน Pak08 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงที่สุด แต่กลับพบว่าผลผลิตไม่สูง แต่เป็นสวนซึ่งเกษตรกรเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลัก (รูปที่ 4-4) สวน Pak02, Pak03 และ Pak04 ถึงแม้จะให้ผลผลิตสูง และเกษตรกรจะใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง (มากกว่าปีละ 6 กิโลกรัม/ตัน) แต่กลับพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบกลับไม่สูงกว่าร้อยละ 2.5 ซึ่งน่าจะเกิดจากปัญหาการสูญเสียไนโตรเจน

ในอัตราสูง นอกจากนี้ยังพบว่า สัมไอในพื้นที่ อ.ปากพนังมีเปลือกบางและมีปัญหาผลแตก ในขณะที่ในพบ ลักษณะเช่นนี้ในพื้นที่อื่นที่ปลูกส้มโอพันธุ์ขาวทองดีเหมือนกัน (รูปที่ 4-4)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุในดิน (รูปที่ 4-5) แสดงให้เห็นว่า สัมโอได้รับไนโตรเจนจากแหล่งอื่นมากกว่าจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน

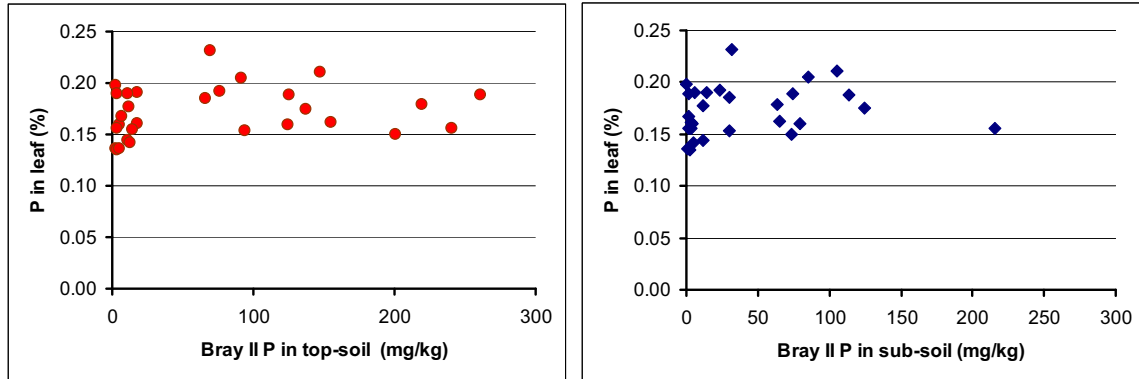


รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนในใบส้มโอและอินทรีย์วัตถุในดินบน (15-45 cm) จากสวนในพื้นที่ อ.สิชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

4.5 ฟอสฟอรัสในดินและในพืช

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบส่วนใหญ่พบอยู่ในช่วง 0.15 – 0.20 % ไม่ว่าความเข้มข้นในดินจะสูงหรือต่ำ และไม่พบความแตกต่างระหว่างสวนที่ให้ผลผลิตสูงและให้ผลผลิตต่ำ (รูปที่ 4-6) สวนที่พบว่า ฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่า 5 mg/kg และพืชแสดงอาการขาดฟอสฟอรัส (ส้มโอใบเล็กผิดปกติมากเมื่อเทียบกับใบปกติ และหญ้าในบริเวณสวนมีขอบใบสีม่วง : รูปที่ 4-7) เช่น Sic02, Had02 และ Had03 เป็นต้น พบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับ 0.13 – 0.14 % ซึ่งต่ำกว่าระดับความเข้มข้นของตัวอย่างส่วนใหญ่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และสวนที่พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบต่ำกว่า 0.15 % พบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่า 15 mg/kg ดังนั้น สวนสวนที่มีฟอสฟอรัสในดินอยู่ในช่วง 5-15 mg/kg ก็มีฟอสฟอรัสในใบอยู่ในช่วง 0.15-0.20 % ด้วยเช่นเดียวกัน ความเข้มข้นในใบ 0.15-0.20 % อาจถือได้ว่าเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นนี้ไม่อาจบ่งชี้ได้ว่า ดินมีฟอสฟอรัสเพียงพอต่อความต้องการของส้มโอหรือไม่ ส่วนความเข้มข้นในดินอาจจำแนกได้ดังนี้

ระดับต่ำมาก หมายถึงความเข้มข้นต่ำกว่า 5 mg/kg
 ระดับต่ำ หมายถึงความเข้มข้นช่วงร้อยละ 5-15 mg/kg
 ระดับเหมาะสม หมายถึงความเข้มข้นในช่วง 15-25 mg/kg

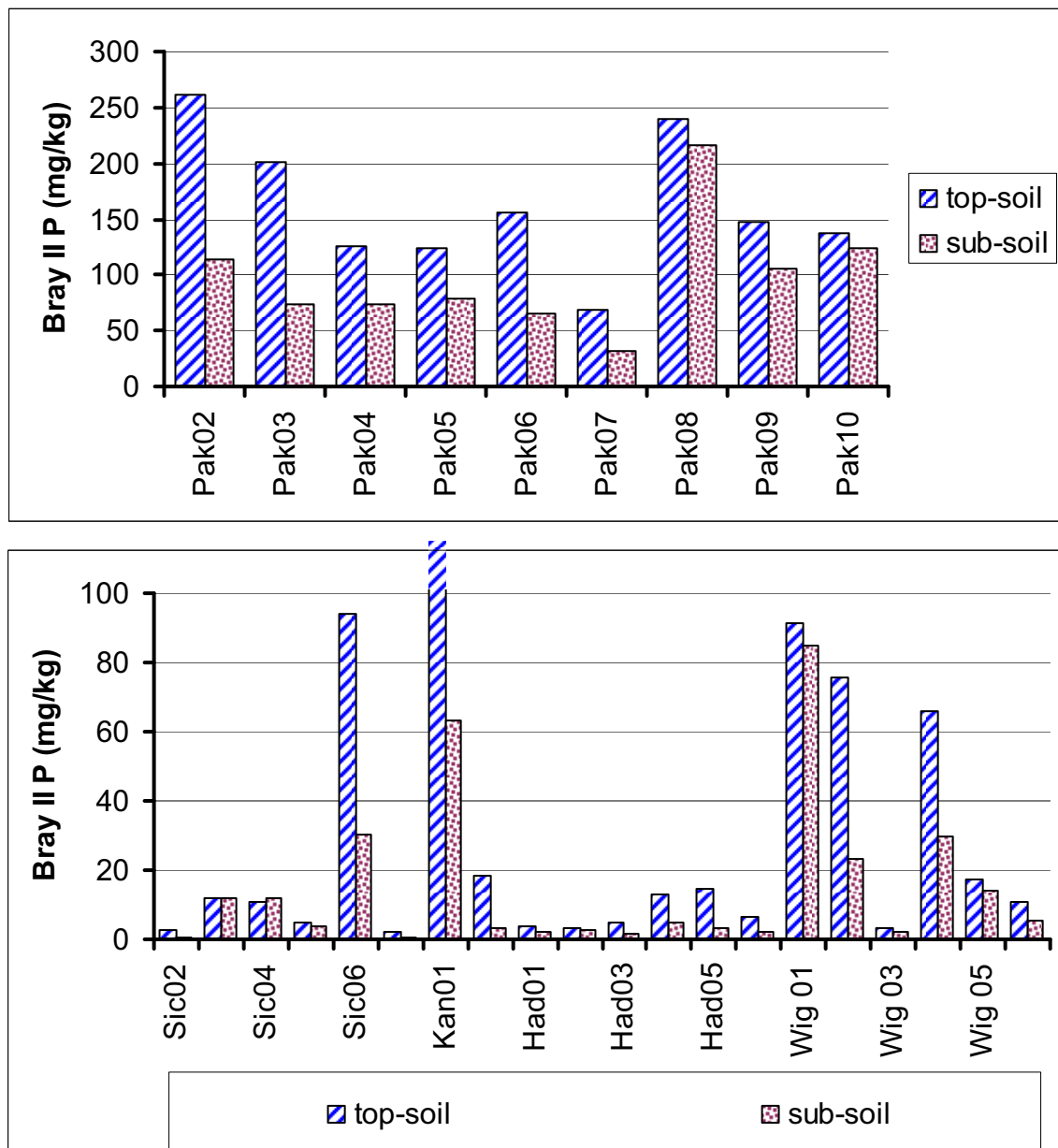


รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบส้มโอกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินบนและดินล่าง

รูปที่ 4-7 อาการขาดฟอสฟอรัสในใบส้มโอพืชแสดงอาการใบเล็กผิดปกติมาก (ซ้าย) เมื่อเทียบกับใบปกติ (ขวา)



ดินในพื้นที่ อ.ปากพนังมีฟอสฟอรัสสูงโดยธรรมชาติ เนื่องจากเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล จากการสำรวจพบว่า ดินบนมีฟอสฟอรัสสูงกว่าดินล่างมาก (รูปที่ 4-8 บน) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงต่างๆ ที่ไม่จำเป็นต้องใช้เลย ส่วนที่พบว่ามีฟอสฟอรัสต่ำส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ อ.สิชล และ อ.หาดใหญ่ (รูปที่ 4-8 ล่าง) ส่วนที่มีฟอสฟอรัสสูงในพื้นที่ อ.ขนอม พบว่าเกิดจากหินฟอสเฟตที่นำมาสร้างถนน ถูกน้ำพัดพาเข้ามาในสวน ส่วนสวนที่มีฟอสฟอรัสสูงในพื้นที่ อ.เวียงแก่น (Wig01, Wig02 และ Wig04) น่าจะเกิดจากเกษตรกรใช้ปุ๋ยในอัตราสูงเกินความจำเป็น



รูปที่ 4-8 บน : ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak)

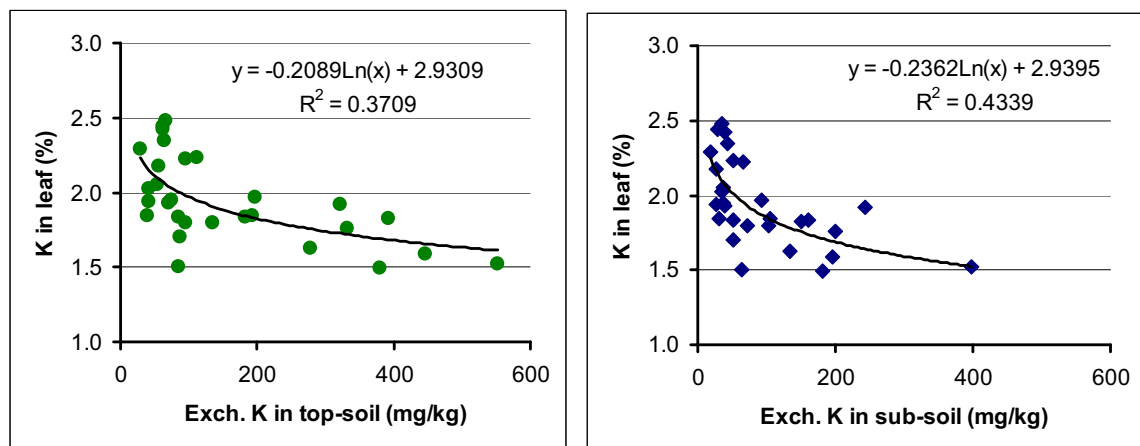
ล่าง : ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินในพื้นที่ อ.ลิซล (Sic) อ.ขนอม (Kan) จ.นครศรีธรรมราช อ.

หาดใหญ่ (Had) จ.นครศรีธรรมราช และ อ.เวียงแก่น (Wig) จ.เชียงราย

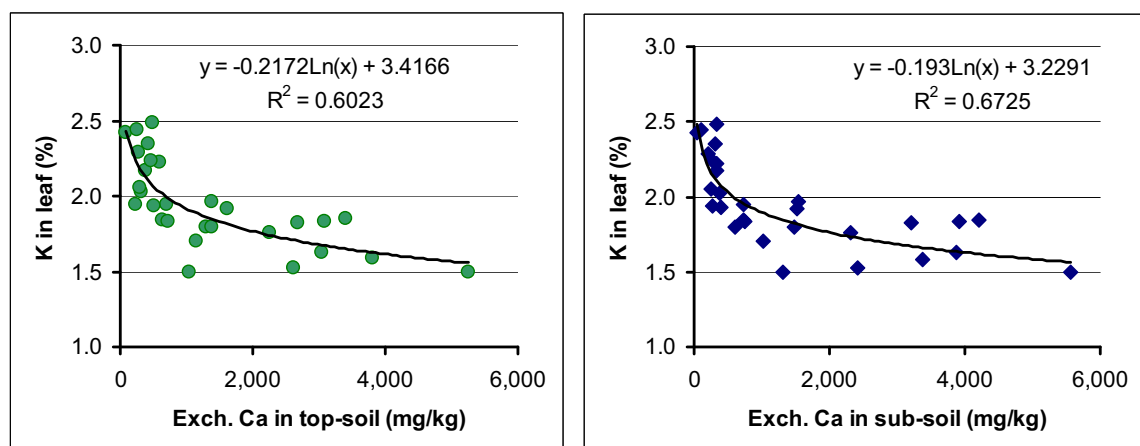
4.6 โฟแทสเซียมในดินและในพืช

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นในดินสูงขึ้น และมีแนวโน้มเข้าสู่ช่วง 1.5 – 2.0 % เมื่อความเข้มข้นในดินสูงกว่า 100 mg/kg แต่เมื่อความเข้มข้นในดินต่ำกว่าระดับนี้ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบบางส่วนกลับสูงกว่า 2.0 % โดยเฉพาะสวนที่ให้ผลผลิตต่ำ เช่น Sic02, Sic06, Sic07, และ Had02 เป็นต้น (รูปที่ 4-9)

การดูค่าโพแทสเซียมของส้มโอพบว่า มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแคลเซียมในดินมากกว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดิน (รูปที่ 4-9 และ 4-10) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมต่ำกว่า 400 mg/kg พบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส่วนใหญ่สูงกว่า 2.0 % แสดงให้เห็นว่า ส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมมากเกินไปเกินความต้องการ (luxury consumption) ดังนั้น ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมในใบส้มโอน่าจะอยู่ในช่วง 1.5 – 2.0 % ความเข้มข้นระดับนี้ไม่พบว่าทำให้พืชแสดงอาการขาดโพแทสเซียม และสวนที่ให้ผลผลิตสูงก็มีค่าอยู่ในช่วงนี้ ส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินควรสูงกว่า 100 mg/kg และความเข้มข้นของแคลเซียมควรสูงกว่า 1,000 mg/kg แต่ไม่ควรเกิน 3,000 mg/kg



รูปที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส้มโอกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

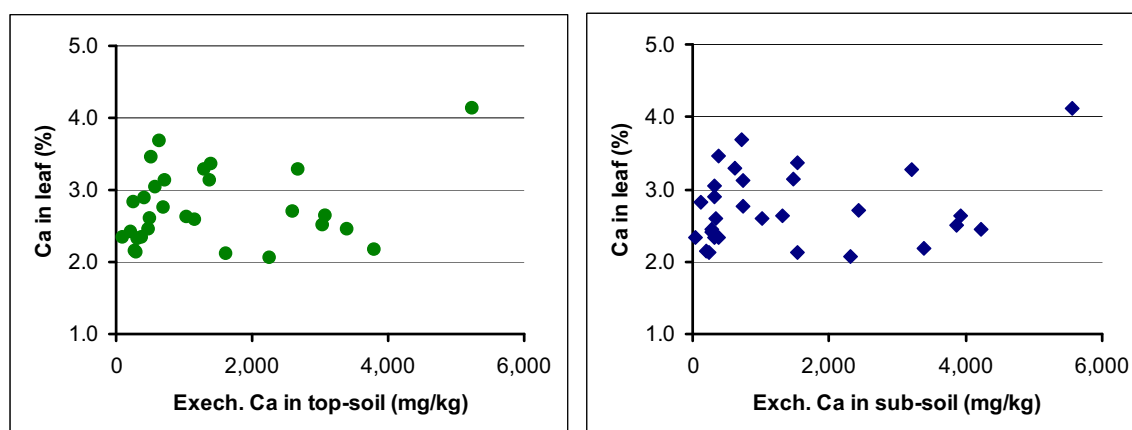


รูปที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

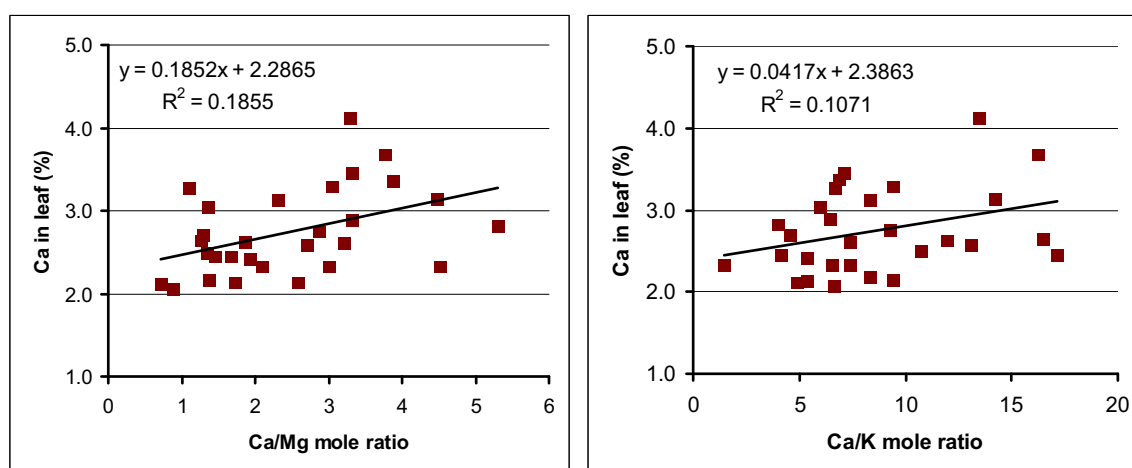
4.7 แคลเซียมในดินและในพืช

ผลการสำรวจพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบและในดินไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกัน พืชอาจดูดใช้แคลเซียมในดินที่มีความเข้มข้นต่ำได้มากกว่าความเข้มข้นสูง ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบพบว่าเกือบทั้งหมดกระจายอยู่ในช่วง 2.0 – 4.0 % (รูปที่ 4-11) ส่วนที่ให้ผลผลิตสูง เช่น Kan01, Kan02, Wig01 และ Wig02 พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในใบสูงกว่า 3.0 % สอดคล้องกับคำแนะนำมาตรฐานสำหรับพืชตระกูลส้ม (Kallsen, 2006; Koo, 2008 และ Sauls, 2006)

ส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง ซึ่งมีแคลเซียมในดินสูง แต่กลับพบว่า แคลเซียมในใบส่วนใหญ่ต่ำกว่า 3 % ยกเว้นสวน Pak03 ซึ่งมีแคลเซียมในใบสูงถึง 4.1 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดจากการสำรวจครั้งนี้



รูปที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

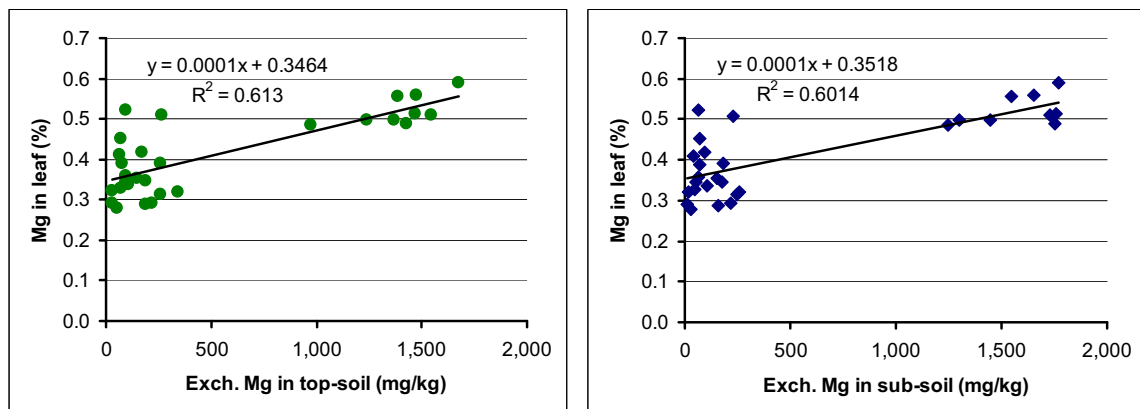


รูปที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมในใบส้มโอกับสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ในดินบน (ซ้าย) และ Ca/K ในดินบน (ขวา)

สาเหตุที่ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบต่ำกว่าค่าแนะนำน่าจะเกิดจากความเข้มข้นของแคลเซียมในดินต่ำเกินไปในกรณีของดินกรด หรือความเข้มข้นของแมกนีเซียม หรือโพแทสเซียมสูงเกินไปเมื่อเทียบกับแคลเซียม จากการศึกษาพบว่า เมื่อสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg และ Ca/K สูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ส้มโอดูดใช้แคลเซียมได้มากขึ้น (รูปที่ 4-12) แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากการดูดใช้แคลเซียมได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน จากข้อมูลที่ได้อาจนำมากำหนดค่าแนะนำเบื้องต้นสำหรับ Ca/Mg ควรมากกว่า 4 และ Ca/K ควรมากกว่า 15 อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาค่าที่เหมาะสมเพิ่มเติมเมื่อมีตัวอย่างจำนวนมากกว่านี้

4.8 แมกนีเซียมในดินและในพืช

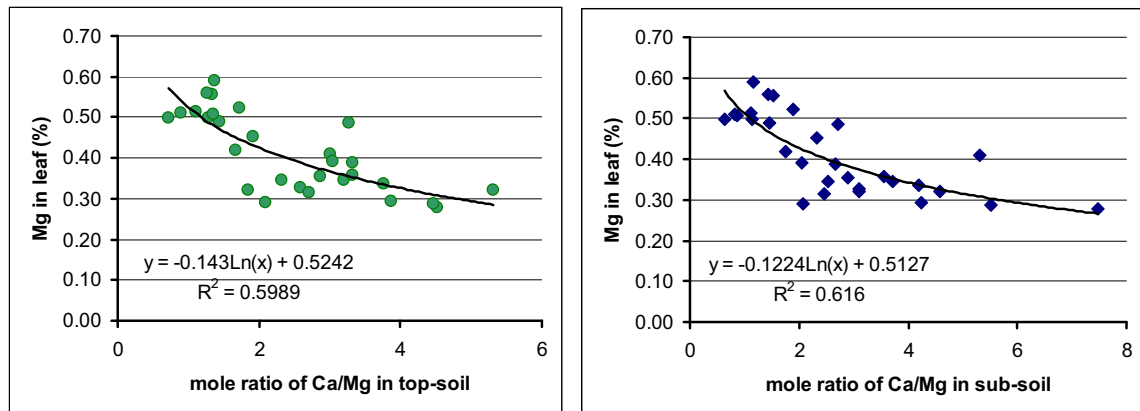
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบพบว่า มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดิน ทั้งดินบนและดินล่าง ตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีแมกนีเซียมในดินน้อยกว่า 500 mg/kg และกลุ่มที่มากกว่า 1,000 mg/kg ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบกระจายอยู่ในช่วง 0.3 – 0.6 % โดยเฉพาะเมื่อแมกนีเซียมในดินน้อยกว่า 500 mg/kg แต่เมื่อแมกนีเซียมในดินมากกว่า 1,000 mg/kg พบว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบอยู่ในช่วง 0.5 – 0.6 % เท่านั้น โดยมีทิศทางของความสัมพันธ์เป็นไปในทำนองเดียวกันทั้งดินบนและดินล่าง (รูปที่ 4-13)



รูปที่ 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

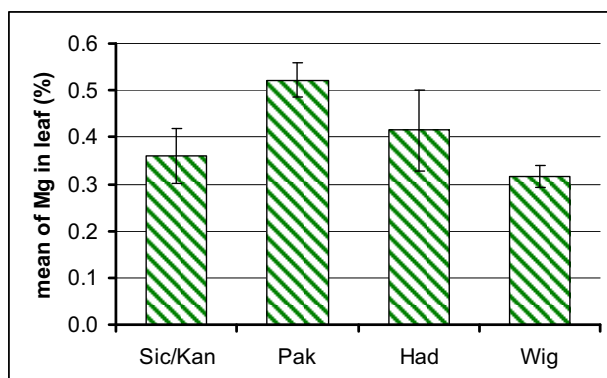
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบนอกจากมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นในดินแล้ว พบว่ายังมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ด้วย (รูปที่ 4-14) เมื่อ Ca/Mg สูงขึ้นพบว่าทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลง โดยพบแนวโน้มเหมือนกันทั้งดินบนและดินล่าง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้น

ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินล่างก็มีอิทธิพลต่อการดูดใช้แมกนีเซียมของส้มโอ Kallsen (2006) แนะนำช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมของแมกนีเซียมในใบในช่วง 0.26 - 0.6 % ในขณะที่ Sauls (2006) แนะนำช่วง 0.30 - 0.50 % การศึกษาครั้งนี้พบว่า แมกนีเซียมในใบส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.3 – 0.5 % และไม่พบพืชแสดงอาการขาดแมกนีเซียม ดังนั้นช่วงความเข้มข้น 0.3 – 0.5 % น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสม สัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ที่ทำให้ได้ค่าช่วงความเข้มข้นในใบที่เหมาะสมดังกล่าวควรมีค่าไม่เกิน 5 (รูปที่ 4-14)



รูปที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบกับสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบส้มโอพบว่ามีค่าแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ ส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง มีแมกนีเซียมสูงที่สุด (0.52 ± 0.04 %) ส้มโอในพื้นที่ อ.สิชล อ.ขนอม และ อ.หาดใหญ่ มีแมกนีเซียมใกล้เคียงกัน ในขณะที่ส้มโอในพื้นที่ อ.เวียงแก่น มีแมกนีเซียมต่ำที่สุด (0.32 ± 0.02 %) (รูปที่ 4-15) ความแตกต่างดังกล่าวสอดคล้องกับรสชาติของส้มโอ ซึ่งพบว่าส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง มีรสเปรี้ยวน้อยกว่าส้มโอในพื้นที่ อ.สิชล และ อ.เวียงแก่น (รายละเอียดกล่าวในบทที่ 3) ดังนั้นแมกนีเซียมอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับรสชาติของส้มโอด้วยก็ได้

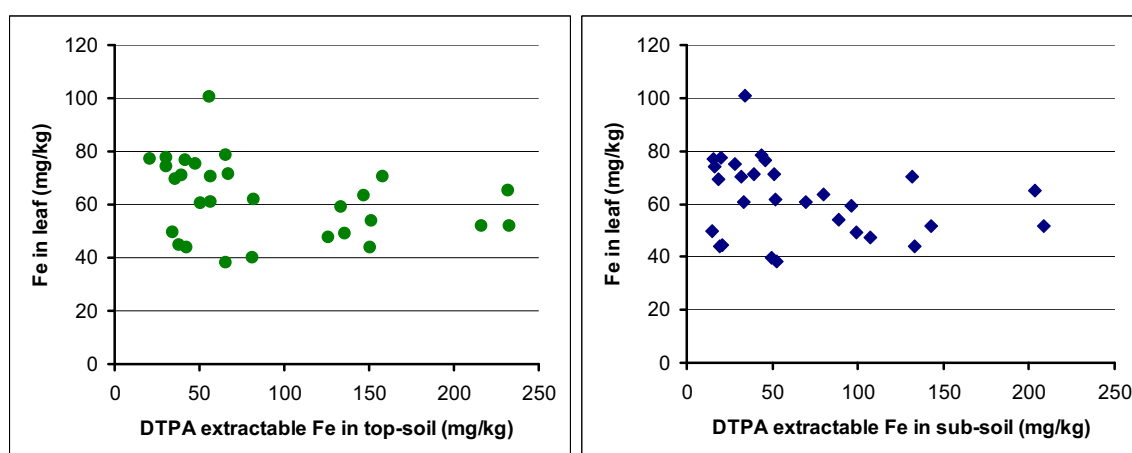


รูปที่ 4-15 ความแตกต่างของความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบระหว่างพื้นที่ที่สำรวจ

4.9 เหล็กในดินและในพืช

ความเข้มข้นของเหล็กในใบจากสวนที่สำรวจเกือบทั้งหมดพบว่าอยู่ในช่วง 40 – 80 mg/kg ไม่ว่าความเข้มข้นของเหล็กในดินจะสูงหรือต่ำ และไม่พบความแตกต่างระหว่างสวนที่ให้ผลผลิตสูงและสวนที่ให้ผลผลิตต่ำ รวมทั้งไม่พบอาการขาดเหล็กในสวนใดเลย ดังนั้นระดับความเข้มข้น 40 – 80 mg/kg จึงอาจถือได้ว่าเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ ระดับความเข้มข้นดังกล่าวต่ำกว่าค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับพืชตระกูลส้มที่ได้จากการศึกษาในกรณีของ Sweet oranges ซึ่งแนะนำระดับเหมาะสมในช่วง 60 – 120 mg/kg (Kallsen, 2006; Koo, 2008 และ Sauls, 2006)

ความเข้มข้นของเหล็กในดินที่ทำให้ส้มโอดูดใช้เหล็กได้ถึงระดับ 40 – 80 mg/kg พบว่าไม่เกิน 25 mg/kg สวนที่สำรวจเกือบทั้งหมดจึงมีเหล็กในดินมากเกินความต้องการ (รูปที่ 4-16)



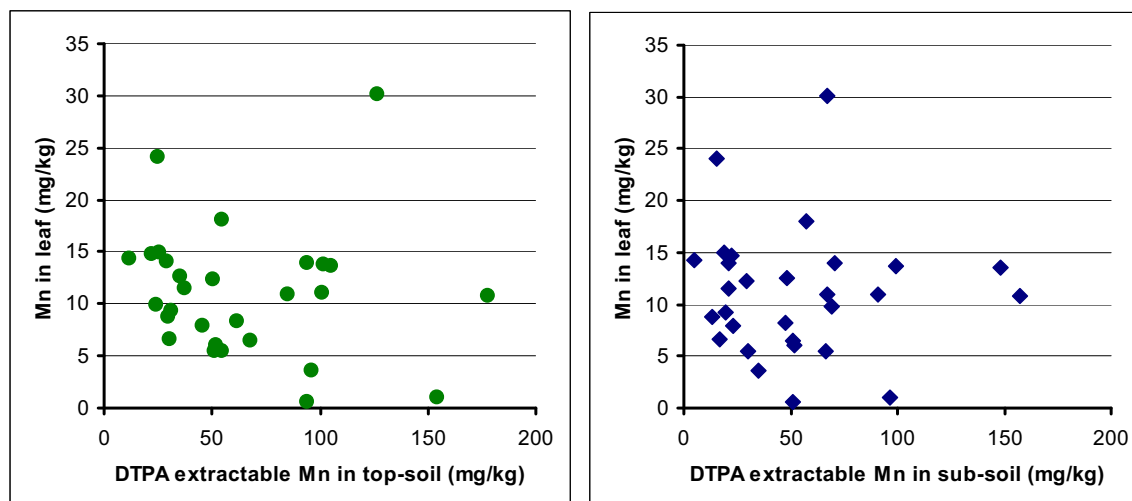
รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กในใบส้มโอกับความเข้มข้นของเหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

4.10 แมงกานีสในดินและในพืช

ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วง 5 – 15 mg/kg โดยไม่พบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสในใบและในดิน สวนที่มีแมงกานีสในใบซึ่งต่ำกว่า 5 mg/kg มีเพียง 3 สวน คือ Sic02, Sic06 และ Sic07 ซึ่งสวนเหล่านี้ล้วนมีผลผลิตต่ำ และพืชเจริญเติบโตไม่ดี ความหนาแน่นทรงพุ่มต่ำ การแตกกิ่งใบน้อย (รูปที่ 4-17) ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 5 mg/kg จึงไม่น่าจะเป็นระดับที่เหมาะสม ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินทุกสวนที่สำรวจสูงกว่าหรืออยู่ในระดับเหมาะสมตามคำแนะนำของ Chen et al. (2007) ดังนั้น ความเข้มข้นในระดับ 5 – 15 mg/kg จึงน่าจะเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นจากการศึกษา Sweet oranges ของ Kallsen (2006) ซึ่งแนะนำที่ 25

– 200 mg/kg และคำแนะนำของ Sauls (2006) ซึ่งแนะนำที่ 25 – 100 mg/kg พบว่า ค่าที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่ามาก แสดงให้เห็นว่าส้มโอต้องการแมงกานีสน้อยกว่า Sweet oranges

ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินที่ทำให้ส้มโอสามารถดูดใช้แมงกานีสได้ถึงระดับเพียงพออยู่ที่ระดับประมาณ 25 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับเหล็ก ดังนั้น ส่วนส่วนใหญ่ที่สำรวจในครั้งนี้จึงมีแมงกานีสในดินสูงกว่าความต้องการของส้มโอ (รูปที่ 4-17)



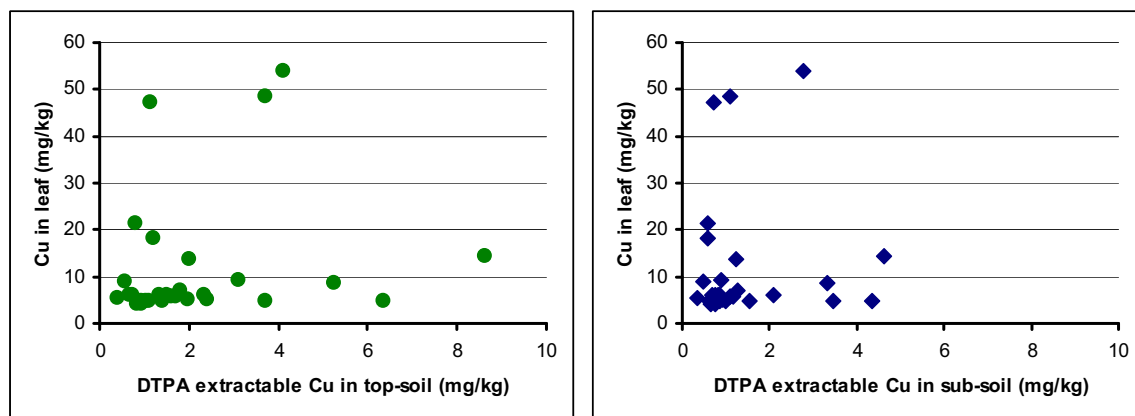
รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมงกานีสในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ข้าว) และดินล่าง (ข้าว)

4.11 ทองแดงในดินและในพืช

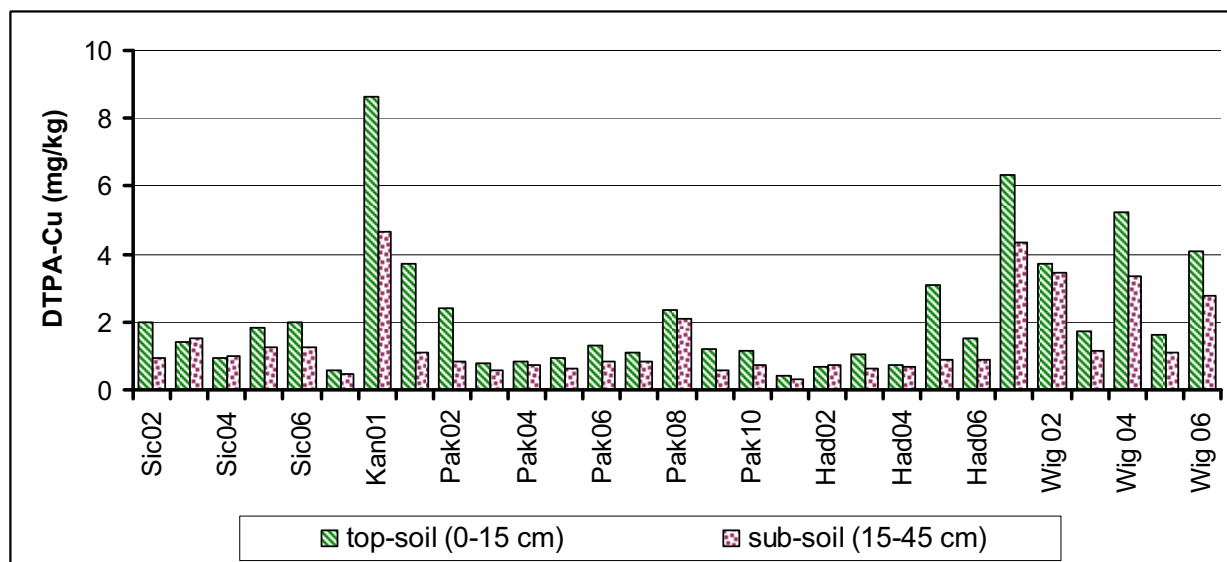
ความเข้มข้นของทองแดงในใบพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5 – 20 mg/kg โดยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในใบกับในดิน และผลการสำรวจไม่พบส้มโอแสดงอาการขาดทองแดงในส่วนใดเลย (อาการใบห่อเป็นรูปเรือ ยอดอ่อนแห้งตาย ใบไหม้จากแดดเผา และกิ่งลีบแบน) ตัวอย่างใบจากสวน Kan02, Pak10 และ Wig06 พบว่ามีทองแดงสูงผิดปกติมาก น่าจะเกิดจากสารทองแดงที่เกษตรกรฉีดพ่น และยังคงตกค้างอยู่บนใบ หากตัดข้อมูลของสวนทั้งสามนี้ออกไป ความเข้มข้นของทองแดงในใบของสวนส่วนใหญ่ที่เหลืออยู่ พบว่า อยู่ในช่วง 5 – 10 mg/kg (รูปที่ 4-18) ซึ่งใกล้เคียงกับคำแนะนำของ Kallsen (2006) และ Koo (2008) ซึ่งแนะนำค่าเหมาะสมช่วง 5 - 16 mg/kg และคำแนะนำของ Sauls (2006) ซึ่งแนะนำค่าเหมาะสมช่วง 6 - 16 mg/kg

ความเข้มข้นของทองแดงในดินเกือบทุกสวนที่สำรวจพบว่า ความเข้มข้นในดินบนสูงกว่าดินล่าง และสวนที่เกษตรกรให้ข้อมูลว่า มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชมากพบว่า มีทองแดงในดินมากด้วย เช่น Kan01,

Kan02, Wig01, Wig02 และ Wig04 ระดับความเข้มข้นของทองแดงในดินจากทุกส่วนที่สำรวจพบว่า ยังต่ำกว่าระดับที่อาจก่อให้เกิดพิษกับพืชมาก (ความเข้มข้นประมาณ 100 mg/kg) ส่วนที่มีทองแดงในดินบนมาก มักพบว่ามีทองแดงในดินล่างมากตามไปด้วย แสดงให้เห็นว่า ทองแดงสามารถเคลื่อนที่ในดินได้ดี (รูปที่ 4-19)



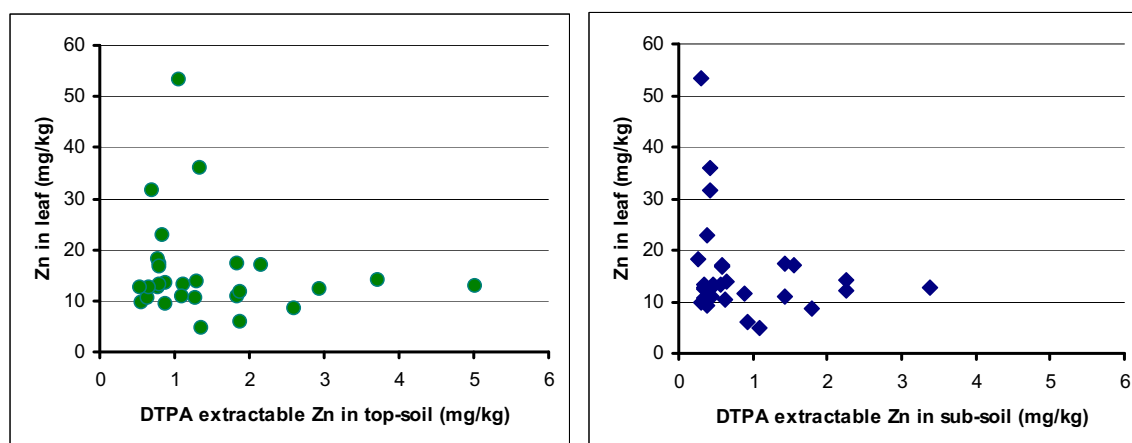
รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดงในใบสัมเือกกับความเข้มข้นของทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ข้าว) และดินล่าง (ข้าว)



รูปที่ 4-19 ความเข้มข้นของทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบนและดินล่างของตัวอย่างเก็บจากสวนในพื้นที่ อ.สิชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

4.12 สังกะสีในดินและในพืช

ความเข้มข้นของสังกะสีในใบพบว่าส่วนใหญ่ต่ำกว่า 20 mg/kg จากการสังเกตอาการพบว่า ส่วนส่วนใหญ่พืชแสดงอาการขาดสังกะสี (ใบยอดแสดงอาการขาดคลอโรฟิลล์ระหว่างเส้นใบ ใบอ่อนสีเหลืองซีด ยอดที่แตกใหม่มียอดซ้อนกันเป็นพวง) ส่วนที่พืชไม่แสดงอาการ เช่น Kan02, Pak02 และ Pak10 เป็นต้น พบว่าความเข้มข้นในใบสูงกว่า 20 mg/kg ดังนั้น ความเข้มข้นของสังกะสีในใบที่เหมาะสมสำหรับส้มโอควรสูงกว่า 20 mg/kg ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของนักวิจัยท่านอื่น ซึ่งแนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 25 – 100 mg/kg (Kallsen, 2006; Koo, 2008 และ Sauls, 2006)



รูปที่ 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสีในใบส้มโอกับความเข้มข้นของสังกะสีที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

5. ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับดินเพื่อการปลูกส้มโอ

จากการศึกษาสมบัติและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ในดินดังกล่าวแล้วในข้อ 4 ผลการศึกษาสามารถนำมาประมวลจัดทำเป็นค่าแนะนำมาตรฐานเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 4-2 วิธีการจัดทำได้แบ่งระดับสมบัติหรือความเข้มข้นของธาตุอาหารออกเป็น 5 ระดับ คือ

- ระดับต่ำมาก (very low) หมายถึง ระดับที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของส้มโอ ควรพิจารณาปรับปรุงเมื่อพบว่าผลการวิเคราะห์ดินอยู่ในระดับนี้ ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้า หมายถึง ระดับที่ไม่ส่งผลใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ
- ระดับต่ำ (low) หมายถึง ระดับที่ทำให้การเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตของส้มโอต่ำลง ควรปรับปรุงแก้ไขเมื่อคุ่มค่าต่อการลงทุน ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้า หมายถึง ระดับที่ไม่ส่งผลใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ

- ระดับเหมาะสม (optimum) หมายถึง ระดับที่ทำให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีที่สุด ใช้เป็นระดับเป้าหมายในการปรับปรุงดิน
- ระดับสูง (high) หมายถึง ระดับที่สูงเกินไป โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขใดๆ แต่ควรหลีกเลี่ยงการกระทำที่ส่งผลกระทบให้ค่านั้นๆ สูงขึ้น สำหรับค่าการนำไฟฟ้า หมายถึง ระดับที่เสี่ยงต่อผลกระทบจากความเค็ม เช่นกรณีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง อาจทำให้พืชแสดงอาการใบเหลือง ขาดน้ำ หรือผลแตกได้
- ระดับสูงมาก (very high) หมายถึง ระดับที่ควรพิจารณาปรับปรุงแก้ไขหากพบว่าส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

ระดับเหมาะสมสำหรับแต่ละรายการพิจารณาจากปัจจัยเฉพาะของแต่ละรายการเหล่านั้น ดังนี้

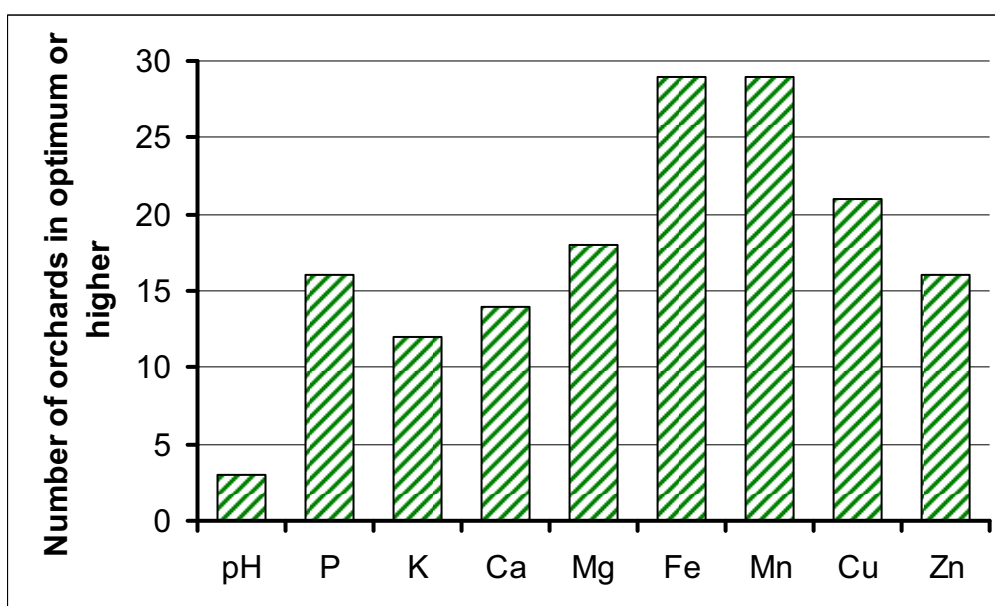
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) : แนะนำค่าเหมาะสมช่วง 5.5 – 6.5 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ได้ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในดินในระดับที่เหมาะสม
- ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 2 – 3 mS/cm ค่านี้เป็นค่าแนะนำสำหรับพื้นที่ดินเค็ม หรือพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากน้ำทะเล ความเค็มระดับดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ และไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี สำหรับพื้นที่ดินไม่เค็ม ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงดินให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น
- อินทรีย์วัตถุ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 15 – 25 g/kg ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับคำแนะนำของดินปลูกพืชทั่วไป และเป็นค่าเฉลี่ยของสวนที่ให้ผลผลิตมากกว่าปีละ 80 ผล/ต้น สำหรับส้มโออายุ 8 – 16 ปี หากเกษตรกรต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จนทำให้ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าระดับแนะนำนี้ ก็ไม่น่าจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ
- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 15 – 25 mg-P/kg ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ความเข้มข้นในใบอยู่ในระดับเหมาะสม และเพียงพอที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูง ถึงแม้ผลการสำรวจครั้งนี้พบว่าสวนที่ให้ผลผลิตสูงเกือบทุกสวนมีค่าฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าระดับที่แนะนำ ค่าแนะนำนี้ต่ำกว่าคำแนะนำของ Chen et al. (2007) (ตารางที่ 4-1) แต่ผู้วิจัยเห็นว่าเกษตรกรไม่มีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงถึงระดับดังกล่าว
- โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 100 - 150 mg-K/kg ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอยู่ในระดับที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตาม สำหรับพื้นที่ซึ่งดินมีแคลเซียมและ/หรือแมกนีเซียมมากจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้โพแทสเซียมของส้มโอ ระดับเหมาะสมดังกล่าวควรเพิ่มสูงขึ้น เพื่อปรับสัดส่วนของความเข้มข้นให้เหมาะสม

- แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 1,000 – 2,000 mg-Ca/kg ซึ่งเป็นค่าสูงมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการดูดใช้โพแทสเซียมมากเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมได้ในระดับเพียงพอ รวมทั้งมีสัดส่วน Ca/K ไม่ต่ำเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมของส้มโอ
- แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 120 – 240 mg-Mg/kg โดยพิจารณาจากสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ที่ไม่สูงหรือต่ำเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม รวมทั้งมีความเข้มข้นสูงเพียงพอที่จะทำให้ส้มโอดูดใช้แมกนีเซียมได้ถึงระดับเพียงพอ
- เหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมสำหรับสองธาตุนี้ในช่วง 10 – 20 mg/kg เหมือนกัน โดยนำคำแนะนำของ Chen et al. (2007) และ Jones (2001) มาปรับใช้ เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในระดับที่สูงกว่าระดับเหมาะสมทุกตัวอย่าง
- ทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 1 - 2 mg/kg ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงค่ามัธยฐาน/ลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการศึกษาค้นคว้า หลังจากตัดค่าของสวนที่สูงผิดปกติออกแล้ว และนำคำแนะนำของ Jones (2001) มาปรับใช้ร่วมด้วย เพื่อให้ได้ค่าที่ครอบคลุมทุกระดับ
- สังกะสีที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 1 – 5 mg/kg โดยนำคำแนะนำของ Chen et al. (2007) และ Jones (2001) มาปรับใช้ เนื่องจากการศึกษาค้นคว้านี้มีข้อมูลความเข้มข้นของสังกะสีในพีธีระดับเพียงพอน้อยมาก

ตารางที่ 4-2 ค่าแนะนำมาตรฐานเบื้องต้นสำหรับดินบน (0 – 15 cm) เพื่อการปลูกส้มโอ

Item (method)	Unit	Very low	Low	Optimum	High	Very high
pH (1:2.5 in water)		< 4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-8.5	> 8.5
EC (saturation)	mS/cm	< 1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	> 4.0
OM (Walkley&Black)	g/kg	< 5	5-15	15-25	25-45	> 45
P (Bray II)	mg/kg	< 5	5-15	15-25	25-75	> 75
K (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 50	50-100	100-150	150-200	> 200
Ca (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 400	400-1000	1000-2000	2000-3000	> 3000
Mg (1 M NH ₄ OAc pH 7)	mg/kg	< 48	48-120	120-240	240-360	> 360
Fe (DTPA extractable)	mg/kg	< 5	5-10	10-20	20-50	> 50
Mn (DTPA extractable)	mg/kg	< 5	5-10	10-20	20-50	> 50
Cu (DTPA extractable)	mg/kg	< 0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-2.5	> 2.5
Zn (DTPA extractable)	mg/kg	< 1.0	1.0-2.0	2.0-5.0	5-10	> 10

เมื่อนำค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้มาประเมินสวนทั้ง 29 สวน ที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีเพียง 3 สวน เท่านั้นที่มีค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 16 สวน มีค่าฟอสฟอรัสในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า 12 สวน มีค่าโพแทสเซียมในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า 14 สวน มีค่าแคลเซียมในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า 18 สวน มีค่าแมกนีเซียมในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า 21 สวน มีค่าทองแดงในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า 16 สวน มีค่าสังกะสีในช่วงที่เหมาะสมหรือสูงกว่า (รูปที่ 4-21) ผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่า สวนส้มโอส่วนใหญ่มีผลการวิเคราะห์รายการใดรายการหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งรายการอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสม



รูปที่ 4-21 จำนวนสวนที่มีผลการวิเคราะห์ดินบนอยู่ในช่วงค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นโดยโครงการนี้ (pH) หรือมีค่าในช่วงเหมาะสมหรือสูงกว่าสำหรับธาตุอาหาร

6. ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบส้มโอ

6.1 ค่ามาตรฐานสำหรับการแปลผลด้วยเทคนิค Sufficient range approach (SRA)

เมื่อนำผลการสำรวจทั้งหมดที่กล่าวแล้วในข้อ 4 มาประมวลจัดทำเป็นค่าแนะนำมาตรฐาน พบว่าสามารถจัดทำได้ดังตารางที่ 4-3 ค่าเหมาะสมสำหรับไนโตรเจนไม่สามารถหาค่าพิสัยได้ เนื่องจากไม่มีตัวอย่างสวนที่ให้ค่าครอบคลุมช่วงเหมาะสม แต่คาดว่าค่าพิสัยน่าจะอยู่ในช่วง 2.7 – 3.0 % แต่มีข้อมูลไม่มากพอที่จะจัดทำช่วงความเข้มข้นต่ำและต่ำมากได้ ดังนั้นช่วงความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบส้มโอจึงสามารถแบ่งได้ดังนี้

ต่ำมาก	< 2.0	%
ต่ำ	2.0 – 2.5	%
เหมาะสม	2.5 – (2.7-3.0)	%

การศึกษาค้างนี้ไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับทองแดงได้ เนื่องจากขาดข้อมูลของสวนที่ให้ผลผลิตสูง สวนที่ให้ผลผลิตสูงส่วนใหญ่มีการฉีดพ่นสารประกอบทองแดง ทำให้ตัวอย่างปนเปื้อนไม่สามารถนำผลการวิเคราะห์มากำหนดค่ามาตรฐานได้ แต่พบว่าสวนที่ให้ผลผลิตต่ำและไม่ฉีดพ่นสารประกอบทองแดง มีความเข้มข้นของทองแดงในใบสูงกว่า 5 mg/kg ดังนั้น ค่าที่เหมาะสมสำหรับทองแดงน่าจะสูงกว่าระดับนี้

การศึกษาค้างนี้ไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับสังกะสีได้ เนื่องจากตัวอย่างส่วนใหญ่ได้มาจากสวนที่ขาดสังกะสี อย่างไรก็ตาม สวนที่ให้ผลผลิตสูงและส้มโอไม่แสดงอาการขาดสังกะสีพบว่ามีสังกะสีเข้มข้นมากกว่า 20 mg/kg ดังนั้น ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงควรมากกว่าค่านี้ ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับช่วงความเข้มข้นแนะนำสำหรับพืชตระกูลส้มที่จัดทำขึ้นจากการสำรวจธาตุอาหารในส้มชนิดอื่น (ตารางที่ 4-3)

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นจากการศึกษา sweet orange ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (Koo, 2008) ค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

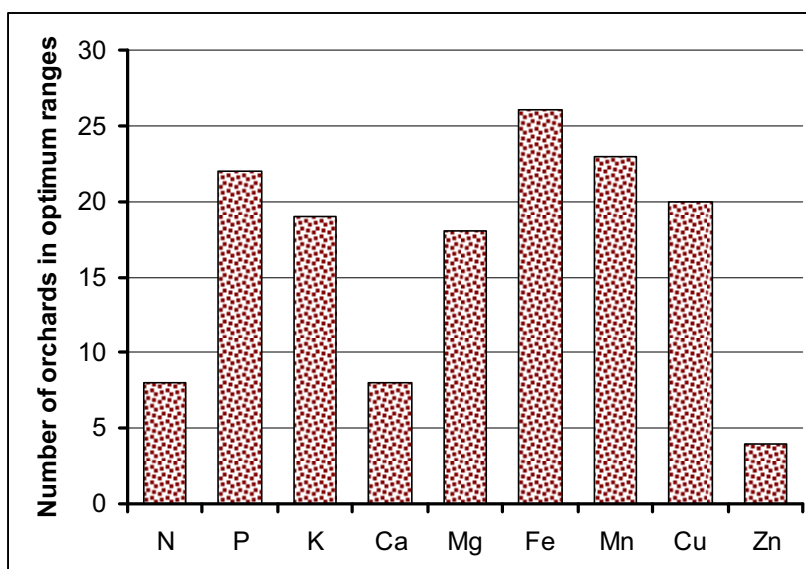
1. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าที่สูงกว่า กลุ่มนี้มี 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
2. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าอยู่ในระดับเดียวกัน กลุ่มนี้มี 4 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี
3. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า กลุ่มนี้มี 2 ธาตุ คือ เหล็ก และแมงกานีส

เมื่อนำค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นมาประเมินสวนทั้ง 29 สวน ที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีเพียง 4 สวนเท่านั้นที่มีสังกะสีในใบเหมาะสม สวนที่มีไนโตรเจนและแคลเซียมอยู่ในช่วงเหมาะสมมีจำนวนเท่ากันคือ 8 สวน ธาตุอาหารทั้งสามนี้จึงน่าจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับการผลิตส้มโอมากกว่าธาตุอื่นๆ ส่วนเหล็ก

และแมงกานีสน่าจะมีปัญหาน้อย เนื่องจากตัวอย่างใบจากสวนส่วนใหญ่มีผลการวิเคราะห์อยู่ในช่วงเหมาะสม (รูปที่ 4-22)

ตารางที่ 4-3 ค่าแนะนำมาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการประเมินผลการวิเคราะห์ใบส้มโอ ซึ่งเก็บจากใบตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 อายุใบ 3 – 5 เดือน และเก็บจากกิ่งที่อยู่นอกทรงพุ่ม โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้กับค่าที่ได้จากการศึกษาส้มที่รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

ธาตุอาหาร	หน่วย	ค่าเหมาะสมสำหรับส้มโอ (การวิจัยครั้งนี้)	ค่าแนะนำสำหรับพืช ตระกูลส้ม (Koo, 2008)
N	%	2.5 – (2.7-3.0)	2.50 – 2.70
P	%	0.15-0.20	0.12-0.16
K	%	1.5-2.0	1.20-1.70
Ca	%	3.0-4.0	3.00-4.90
Mg	%	0.30-0.50	0.30-0.49
Fe	mg/kg	40-80	60-120
Mn	mg/kg	5-15	25-100
Cu	mg/kg	> 5	5-16
Zn	mg/kg	> 20	25-100



รูปที่ 4-22 จำนวนสวนที่มีผลการวิเคราะห์ใบอยู่ในช่วงค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้น

6.2 ค่ามาตรฐานสำหรับการแปลผลด้วยเทคนิค DRIS

ทางโครงการฯ ได้เลือกสวนที่ให้ผลผลิตสูงและพืชไม่แสดงอาการผิดปกติด้านธาตุอาหารจำนวน 14 สวน (ร้อยละ 34 ของสวนทั้งหมดที่สำรวจ) ใช้เป็นกลุ่มสวนอ้างอิงเพื่อสร้างค่ามาตรฐาน (norm) สำหรับใช้แปลผลการวิเคราะห์ใบส้มโอด้วยเทคนิค DRIS ค่ากลาง (mean) และค่ามัชฌิม (median) ของความเข้มข้นของธาตุอาหารของกลุ่มสวนอ้างอิงพบว่า ธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่ได้จากเทคนิค SRA ค่ากลางของธาตุแมงกานีสสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐาน แต่ค่ามัชฌิมยังคงอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน ส่วนธาตุสังกะสีมีค่ากลางอยู่ในช่วง แต่ค่ามัชฌิมต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 4-4) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มสวนที่เลือกมาใช้เป็นสวนอ้างอิง มีความสมบูรณ์ของธาตุอาหารพอใช้ได้ ยกเว้นแมงกานีสและสังกะสี

ทางโครงการได้นำผลการวิเคราะห์ใบของสวนตัวอย่างทั้ง 14 สวน มาคำนวณเพื่อกำหนดค่าค่ามาตรฐาน DRIS (norm) จำนวน 12 คู่ คือ N/P N/K 100P/N 100P/K K/N K/P K/Ca K/Mg Ca/Mg Fe/Mn Fe/Zn และ Mn/Zn โดยค่ามาตรฐาน 3 คู่หลังซึ่งมี Mn และ Zn เป็นองค์ประกอบในสมการการคำนวณน่าจะไม่ใช่ค่าที่เหมาะสม เนื่องจากกรณีของ Mn เป็นค่าที่ได้จากสวนอ้างอิงที่มีการกระจายของข้อมูลเบี่ยงเบนจาก Gaussian distribution มาก (Mn) และกรณีของ Zn ค่าของสวนส้มโออ้างอิงส่วนใหญ่ต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานที่เหมาะสม (ตารางที่ 4-5)

ตารางที่ 4-4 ค่ากลาง ค่ามัชฌิม และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) ของความเข้มข้นของธาตุอาหารจากผลการวิเคราะห์ใบส้มโอของสวนอ้างอิงจำนวน 14 สวน เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากเทคนิค SRA

ธาตุอาหาร	หน่วย	ค่ากลาง	ค่ามัชฌิม	CV (%)	ค่ามาตรฐานจากเทคนิค SRA
N	%	2.51	2.50	6.47	2.5 – ?
P	%	0.17	0.16	12.57	0.15-0.20
K	%	2.00	1.89	17.30	1.5-2.0
Ca	%	3.09	3.13	15.76	3.0-4.0
Mg	%	0.40	0.37	26.89	0.30-0.50
Fe	mg/kg	71	71	19.5	40-80
Mn	mg/kg	42	15	140	5-15
Zn	mg/kg	21	16	58	> 20

ตารางที่ 4-5 ค่ามาตรฐาน DRIS (norm) สำหรับส้มโอ กำหนดขึ้นจากสวนอ้างอิงจำนวน 14 สวน

สัดส่วนธาตุอาหาร	Norm	CV (%)	สัดส่วนธาตุอาหาร	Norm	CV (%)
N/P	15.30	14.6	K/Ca	0.67	27.2
N/K	1.29	16.9	K/Mg	5.33	32.6
100P/N	6.66	13.9	Ca/Mg	8.26	30.8
100P/K	8.64	23.4	*Fe/Mn	4.24	68.3
K/N	0.80	18.4	*Fe/Zn	4.23	48.7
K/P	12.26	26.0	*Mn/Zn	2.20	119.6

หมายเหตุ ค่ามาตรฐาน Fe/Mn Fe/Zn และ Mn/Zn อาจไม่ใช่ค่ามาตรฐานที่ดี เนื่องจากขาดข้อมูลอ้างอิงที่ดี

เมื่อทดลองนำค่ามาตรฐาน DRIS ที่ได้มาคำนวณฟังก์ชันของสัดส่วนธาตุอาหารและดัชนีบ่งชี้สมดุล (nutrient balance index : NBI) ตามรายละเอียดที่กล่าวแล้วในบทที่ 1 ของสวนส้มโอที่ให้ผลผลิตต่ำกว่าสวนอ้างอิง และทดลองใช้วินิจฉัยความผิดปกติด้านธาตุอาหารของสวนเหล่านั้น ปรากฏผลการวินิจฉัยดังตารางที่ 4-6 ซึ่งสามารถแปลความหมายโดยสังเขปได้ดังนี้

สวน Sic01 : ส้มโอดูดใช้ Mg ได้ต่ำผิดปกติเมื่อเทียบกับธาตุอื่น ผลการวิเคราะห์ดินของสวนนี้พบว่า ความเข้มข้นของ Mg อยู่ในระดับต่ำ (117 mg/kg) ส่วน Ca ส้มโอดูดใช้ได้สูง ทั้งๆ ที่ความเข้มข้นในดินอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน (710 mg/kg) (ตารางที่ 4-6)

สวน Sic02 : ส้มโอดูดใช้ K ได้สูงเกินไป ในขณะที่ดูดใช้ N ได้ต่ำเกินไป ความเข้มข้นในดินของสวนนี้อยู่ในระดับต่ำ (56 mg/kg) แต่ส้มโอดูดใช้ได้มาก น่าจะเนื่องมาจาก Ca และ Mg ต่ำมาก ทำให้เกิดปัญหาความไม่สมดุลของธาตุทั้งสามนี้ เมื่อในดินมีความเข้มข้นของธาตุปฏิบัติต่ำเกินไป ส้มโอจึงสามารถดูดใช้ K ได้มาก ทั้งๆ ที่มีความเข้มข้นต่ำ สมดุลของ N ต่ำน่าจะเกิดจากผู้เข้าสวนเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของส้มโอ (ตารางที่ 4-6)

สวน Sic03 : เป็นสวนที่เกษตรกรผลิตเชิงการค้ามีการใช้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ สมดุลของธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุจึงไม่อยู่ในขั้นที่เป็นปัญหารุนแรง (น้อยกว่า ± 10) (ตารางที่ 4-6)

สวน Sic04 : ส้มโอดูดใช้ Ca ได้ต่ำผิดปกติ ในขณะที่ดูดใช้ Mg ได้สูงผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของ Ca และ Mg ในดิน ที่พบว่าอยู่ในระดับต่ำมาก (342 mg/kg) และต่ำ (53 mg/kg) ตามลำดับ แต่มีสัดส่วนเพียง 6.45 ซึ่งต่ำกว่าค่าแนะนำ ทำให้ส้มโอดูดใช้ธาตุทั้งสองนี้ในอัตราที่ไม่สมดุล (ตารางที่ 4-6)

- สวน Sic05 : สัมไอดูดใช้ Ca ได้ต่ำผิดปกติ ในขณะที่ดูดใช้ Mg ได้สูงผิดปกติ สาเหตุน่าจะมาจากความไม่สมดุลของธาตุทั้งสองนี้ในดินเช่นเดียวกับสวน Sic04 (ตารางที่ 4-6)
- สวน Sic06 : พืชดูดใช้ K ได้สูงในขณะที่ N ต่ำ สมดุลของ K น่าจะเกิดจากอิทธิพลของความเข้มข้นของ Ca ในดิน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (417 mg/kg) ทำให้สัมไอดูดใช้ K ได้มากเกินไป เกษตรกรเจ้าของสวน เน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมี เนื่องจากช่วงที่ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างเป็นช่วงที่ปุ๋ยเคมีมีราคาแพง จึงน่าจะเป็นสาเหตุให้ N ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (ตารางที่ 4-6)
- สวน Sic07 : ปัญหาสมดุลของธาตุอาหารคล้ายสวน Sic06 เนื่องจากเกษตรกรเตรียมโคนทิ้งเพื่อปลูกแทนด้วยยางพารา
- สวน Kan06 : สัมไอสวนนี้ดูดใช้ Ca ได้ต่ำในขณะที่ K สูง ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า Ca อยู่ในระดับเหมาะสม (1836 mg/kg) แต่ K อยู่ในระดับสูง (202 mg/kg) ทำให้สัมไอดูดใช้ธาตุทั้งสองนี้ได้ไม่สมดุล (ตารางที่ 4-6)
- สวน Kan08 : สัมไอสวนนี้ดูดใช้ K ได้สูงเกินไป ในขณะที่ดูดใช้ P ได้น้อย ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า สัดส่วนของ Ca/K เท่ากับ 6.8 ซึ่งต่ำกว่าค่าแนะนำ จึงน่าจะเป็นสาเหตุให้สัมไอดูดใช้ K ได้สูงเกินไป ส่วน P ในดินอยู่ในระดับต่ำมาก จึงน่าจะส่งอิทธิพลโดยตรงให้สัมไอดูดใช้ได้น้อย (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak02 : พืชดูดใช้ Mg ได้สูง ในขณะที่ดูดใช้ Ca ได้ต่ำ สอดคล้องกับความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในดิน ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของ Ca สูงกว่าระดับที่เหมาะสม 1.2 เท่า และ Mg สูงกว่าระดับที่เหมาะสม 4.7 เท่า ความเข้มข้นของ Mg ที่สูงเกินไปน่าจะเป็นสาเหตุให้สัมไอดูดใช้ธาตุทั้งสองนี้ไม่สมดุล (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak04 : ความผิดปกติของสมดุลคล้าย Pak02 แต่มีความรุนแรงน้อยกว่า (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak05 : ความผิดปกติของสมดุลคล้าย Pak02 และยังพบว่า สัมไอดูดใช้ N ได้ต่ำมาก ซึ่งน่าจะเกิดจากเกษตรกรหยุดใช้ปุ๋ยมาเป็นเวลานาน และต้นส้มทรุดโทรมจากปัญหาน้ำท่วม
- สวน Pak06 : ความผิดปกติของสมดุลคล้าย Pak05 เนื่องจากเป็นสวนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เกษตรกรหยุดใช้ปุ๋ยมาเป็นเวลานาน และต้นส้มทรุดโทรมจากปัญหาน้ำท่วม น่าจะเป็นสาเหตุให้สัดส่วนของ N ต่ำมาก (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak07 : ปัญหาความไม่สมดุลของ Ca และ Mg ของสัมไอสวนนี้น่าจะเกิดจากสาเหตุเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่ อ.ปากพนัง แต่ปัญหา N และ P กลับรุนแรงกว่า ซึ่งน่าจะเกิดจากเกษตรกรเจ้าของสวน มุ่งเน้นใช้ปุ๋ย “อินทรีย์ชีวภาพ” ที่ด้อยคุณภาพและมีธาตุอาหารต่ำ ทำให้สัมไอได้รับ N ไม่เพียงพอ ดินในพื้นที่ อ.ปากพนัง มีความเข้มข้นของ P สูงโดยธรรมชาติ ทำให้พืชดูดใช้ได้มาก (ตารางที่ 4-6)

- สวน Pak08 : Mg ยังคงเป็นปัญหาเกินสมดุลเช่นเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่ สัมโอสวนนี้ดูใช้ N ได้เกินสมดุลมาก และเป็นสวนเดียวในพื้นที่ อ.ปากพอง ที่พบว่า N มีค่าดัชนีบ่งชี้สมดุลเป็นบวก สาเหตุน่าจะเนื่องมาจากเกษตรกรเจ้าของสวนเน้นการใช้ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมักที่ผลิตขึ้นเอง
- สวน Pak09 : สวนนี้มีปัญหา P เกินสมดุลมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า ความเข้มข้นของ P ในดินบนและดินล่างเท่ากับ 148 และ 105 mg/kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าดินเดิมมี P สูงอยู่แล้ว แต่เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ย P ทำให้ P ในดินบนสูงขึ้นมาก ส่งผลให้สัมโอสวนนี้ดูใช้ P ได้เกินสมดุล ปัญหาสมดุลของ Ca และ Mg น่าจะเป็นผลมาจากความไม่สมดุลของธาตุทั้งสองนี้ในดินเช่นเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่นี้ เกษตรกรเจ้าของสวนใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง (ปีละประมาณ 6 kg/ตัน) แต่ยังไม่พบว่า สัมโอสวนนี้ดูใช้ N ได้ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากดินในพื้นที่เป็นด่าง ทำให้อัตราการสูญเสียของปุ๋ยสูง ซึ่งเป็นปัญหาคลายกับสวนอื่นในพื้นที่นี้ (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak11 : สัมโอสวนนี้ดูใช้ Mg ได้สูงเกินไปในขณะที่ดูใช้ Ca และ N ได้ต่ำเกินไป ซึ่งน่าจะมีสาเหตุเช่นเดียวกับ Pak09 (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak12 : สัมโอสวนนี้ดูใช้ Mg ได้สูงเกินไปในขณะที่ดูใช้ Ca และ N ได้ต่ำเกินไป ซึ่งน่าจะมีสาเหตุเช่นเดียวกับ Pak09 (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak13 : สัมโอสวนนี้ดูใช้ K ได้สูงในขณะที่ N ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากสาเหตุเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่นี้ สัมโอสวนนี้ดูใช้ Ca และ Mg ได้ใกล้เคียงสัดส่วนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ดินของสวนนี้พบว่า ความเข้มข้นของ Ca และ Mg เท่ากับ 5,600 และ 1,004 mg/kg ตามลำดับ ถึงแม้จะมีความเข้มข้นสูงมากทั้งสองธาตุ แต่มีสัดส่วนใกล้เคียงกับสัดส่วนแนะนำมากกว่าสวนอื่นๆ ในพื้นที่นี้ สวนนี้จึงมีปัญหาสมดุลของธาตุทั้งสองน้อยกว่าสวนอื่น (ตารางที่ 4-6)
- สวน Had01 : ดัชนีสมดุลของ N มีค่าต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าสัมโอสวนนี้ดูใช้ N ได้น้อย สอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ซึ่งให้ข้อมูลว่ามีการใช้ปุ๋ยน้อยมาก เนื่องจากฐานะยากจน ปัญหาสมดุลของ Ca และ Mg น่าจะเกิดจากความไม่สมดุลของความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งสองนี้ในดิน ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า ดินมี Ca สูงในขณะที่มี Mg ต่ำ ดัชนีบ่งชี้สมดุลของ P มีค่าเพียง -1 ทั่วๆ ที่ความเข้มข้นของ P ในดินต่ำมาก (2.7 mg/kg) แสดงให้เห็นว่า DRIS บ่งชี้สมดุลได้ดี แต่ไม่สามารถบ่งชี้ความพอเพียงของความเข้มข้นได้ (ตารางที่ 4-6)
- สวน Had02 : สวนสัมโอสวนนี้ดูอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับ Had01 แต่เกษตรกรปลูกโดยไม่ขุดคุ้ยกร่อน ทำให้สมบัติของดินแตกต่างกัน สัมโอสวนนี้ดูใช้ K ได้ในสัดส่วนที่สูงทั่วๆ ที่ความเข้มข้นในดินต่ำ (65 mg/kg) ซึ่งน่าจะเกิดจากดินมี Ca ต่ำเกินไป (370 mg/kg) ปัญหาสมดุลของ N และ P น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับ Had01 แต่กรณีสวนนี้ DRIS บ่งชี้ปัญหาได้ดีกว่า (ตารางที่ 4-6)
- สวน Had03 : สมดุลของ Ca และ Mg เป็นปัญหามากที่สุดสำหรับสัมโอสวนนี้ สัมโอสวนนี้ดูใช้ Ca ได้น้อยเกินไป ในขณะที่ดูใช้ Mg ได้มากเกินไป ปัญหาน่าจะเกิดจากสมดุลของสองธาตุนี้ในดิน โดยผลการ

วิเคราะห์ดินพบว่า ความเข้มข้นของ Ca อยู่ในระดับต่ำมาก ในขณะที่ความเข้มข้นของ Mg อยู่ในระดับต่ำ โดยมีสัดส่วน Ca/Mg เท่ากับ 3 ในขณะที่สัดส่วนของค่าแนะนำควรมีค่า 8 สัมไอ้ดูดใช้ K ได้มากทั้งๆ ที่ดินบนมี K ต่ำเพียง 28 mg/kg ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความเข้มข้นของ Ca ต่ำเกินไปนั่นเอง (ตารางที่ 4-6)

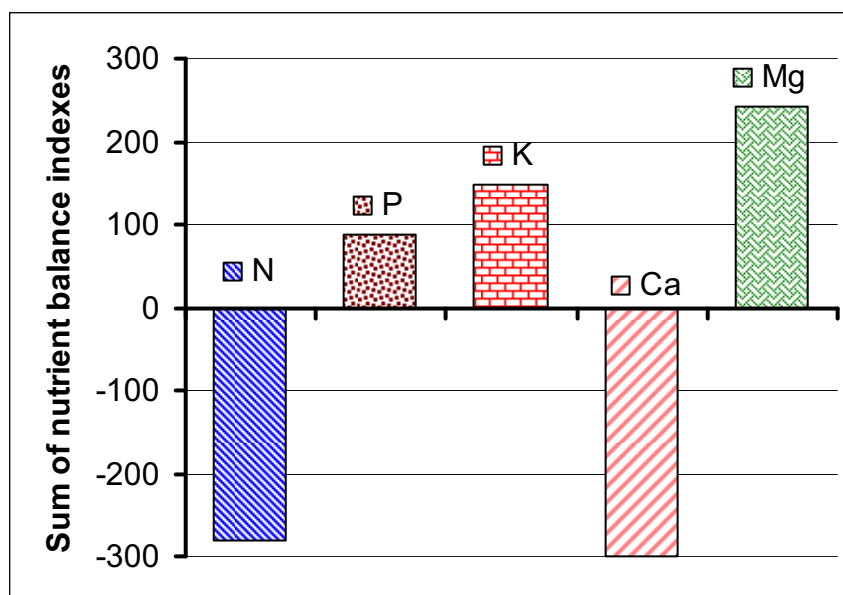
ตารางที่ 4-6 ดัชนีบ่งชี้สมดุล (nutrient balance index : NBI) ค่าเป็นบวกลบหมายถึงสัมไอ้ดูดใช้ธาตุนั้นได้มากกว่าส่วนอ้างอิง ค่าเป็นลบหมายถึงสัมไอ้ดูดใช้ธาตุนั้นได้น้อยกว่าส่วนอ้างอิง ค่ายิ่งห่างจาก 0 มาก แสดงว่าธาตุนั้นขาดสมดุลมาก และควรพิจารณาแก้ไขก่อน

Sample code	Nutrient balance index					Diagnosis
	index N	index P	index K	index Ca	index Mg	
Sic01	1	-6	5	6	-11	Mg>Ca>P
Sic02	-18	-3	19	-7	-7	K>N>Mg
Sic03	-9	8	1	-2	1	N>P>Ca
Sic04	-3	-5	7	-13	9	Ca>Mg>K
Sic05	-6	3	2	-13	13	Ca>Mg>N
Sic06	-16	-4	18	-9	-4	K>N>Ca
Sic07	-13	6	11	-11	-8	N>K>Ca
Kan06	-8	-5	12	-19	8	Ca>K>N
Kan08	-3	-11	12	-10	1	K>P>Ca
Pak02	-1	15	-14	-22	35	Mg>Ca>P
Pak04	-8	13	-7	-2	12	P>Mg>N
Pak05	-16	12	2	-22	25	Mg>Ca>N
Pak06	-17	11	3	-13	17	N>Mg>Ca
Pak07	-26	31	-3	-22	21	N>Ca>Mg
Pak08	18	-2	-16	-5	20	Mg>N>K
Pak09	-17	29	-12	-13	26	P>Mg>N
Pak11	-22	2	12	-20	21	N>Mg>Ca
Pak12	-24	1	17	-37	32	Ca>Mg>N
Pak13	-15	-14	21	-4	2	K>N>P
Had01	-12	-1	8	-8	10	N>Mg>K
Had02	-12	-10	17	-6	0	K>N>P
Had03	-11	-9	16	-27	20	Ca>Mg>K
Had04	-3	-6	10	-12	2	Ca>K>P
Had05	1	-12	11	-4	-7	P>K>Mg
Had06	-9	0	8	-14	7	Ca>N>K
Wig 05	-17	18	-2	4	-1	P>N>Ca
Wig 06	-15	26	-9	3	2	P>N>K

สวน Had04 : สัมไอ้ดูดใช้ Ca ได้น้อยในขณะที่ดูดใช้ K ได้มาก ทั้งๆ ที่ความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในดินต่ำทั้งคู่ ปัญหาน่าจะเกิดจากสัดส่วนความเข้มข้นที่ไม่สมดุลเช่นเดียวกับสวน Had03 (ตารางที่ 4-6)

- สวน Had05 : สัมโอดูด้ใช้ P ได้ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากความเข้มข้นของ P ในดินต่ำเกินไป สัมโอดูด้ใช้ K ได้สูง น่าจะเกิดจากความเข้มข้นของ Ca ในดินต่ำเกินไปเช่นเดียวกับสวน Had04 (ตารางที่ 4-6)
- สวน Had06 : สัมโอดูด้ใช้ Ca ได้ต่ำเกินไป ในขณะที่ดูด้ใช้ K และ Mg ได้มาก ซึ่งน่าจะเกิดจากปัญหาความไม่สมดุลของธาตุทั้งสามเช่นเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่นี้ (ตารางที่ 4-6)
- สวน Wig05 : พืชดูด้ใช้ P ได้มาก แต่ N ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย หรือเว้นช่วงการใช้ปุ๋ยเป็นเวลานาน ก่อนการเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 4-6)
- สวน Wig06 : พืชดูด้ใช้ P ได้มาก แต่ N ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย หรือเว้นช่วงการใช้ปุ๋ยเป็นเวลานาน ก่อนการเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 4-6)

ผลรวมของดัชนีบ่งชี้สมดุล (NBI) ของสวนที่ให้ผลผลิตต่ำ หรือพืชแสดงความผิดปกติด้านธาตุอาหารจำนวน 27 สวน พบว่า สัมโอดูด้ของสวนส่วนใหญ่ดูด้ใช้ Ca และ N ได้ต่ำ ในขณะที่ดูด้ใช้ Mg K และ P ได้สูง กรณี Ca น่าจะเนื่องมาจาก เกษตรกรส่วนใหญ่ละเลยการปรับสมดุลของความเข้มข้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่วนกรณี N น่าจะเนื่องมาจาก สัมโอดูด้เป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูง ในขณะที่ในดินมี N น้อยโดยธรรมชาติ เมื่อเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย หรือใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารต่ำ ทำให้สัมโอดูด้ใช้ N ได้น้อยตามไปด้วย สัมโอดูด้ของสวนส่วนใหญ่ดูด้ใช้ Mg ได้สูง น่าจะเนื่องมาจากดินของสวนสัมโอดูด้ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของธาตุนี้นสูงเมื่อเทียบกับ Ca (รูปที่ 4-23)



รูปที่ 4-23 ผลรวมของค่าดัชนีบ่งชี้สมดุลของสวนที่ไม่ได้ใช้เป็นสวนอ้างอิงจำนวน 27 สวน

7. สรุป

ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจธาตุอาหารของสวนส้มโอในพื้นที่ อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย อ.สิชล อ.ขนอม และ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช และ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา รวมทั้งหมด 41 สวน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบส้มโอในระยะพัฒนาเต็มที่ (recent mature leaf) นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและความเข้มข้นของธาตุอาหาร จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน และสัดส่วนของธาตุอาหารในดิน แล้วจัดทำเป็นค่ามาตรฐานของดินสำหรับปลูกส้มโอ และค่ามาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารในใบ ค่ามาตรฐานของดินพบว่า ได้ไม่แตกต่างจากค่าแนะนำทั่วไปมากนัก ยกเว้นความเค็ม ซึ่งพบว่า ส้มโอที่ปลูกในดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัว 2.0 - 3.0 mS/cm ให้ผลผลิตสูง ทรงพุ่มหนาแน่น และส้มโอมีรสชาติดี จึงแนะนำค่าความเค็มที่ระดับนี้

การจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารในใบโดยใช้เทคนิค Sufficient range approach (SRA) พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ N P K Ca และ Mg อยู่ในช่วง 2.5 - (2.7-3.0), 0.15 - 0.20, 1.5 - 2.0, 3.0 - 4.0, และ 0.30 - 0.50 % ตามลำดับ ค่าที่เหมาะสมของ Fe Mn Cu และ Zn อยู่ในช่วง 40 - 80, 5 - 15, >5 และ >20 mg/kg ตามลำดับ การวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่ชัดเจนของธาตุ N Cu และ Zn ได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ครอบคลุมช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมมากพอ

การจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารในใบโดยใช้เทคนิค Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) พบว่า สัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ (DRIS norm) คือ N/P, N/K, 100P/N, 100P/K, K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, และ Ca/Mg เท่ากับ 15.30, 1.25, 6.66, 8.64, 0.80, 12.26, 0.67, 5.33 และ 8.26 ตามลำดับ การวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถจัดทำ DRIS norm สำหรับจุลธาตุได้ เนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์มากพอ

8. เอกสารอ้างอิง

- Bingham, F.T. 1982. Boron, In : Methods of Soil Analysis Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA.
- Chen, F., Lu, J. and Liu, D. 2007. Investigation of soil fertility in citrus orchards of southern China. Better Crops with Plant Food. 91:24-25.
- Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition. 1986. Standard Methods for Soil Analysis. Hakuyusha. Tokyo, Japan.
- Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press. Washington, USA.

- Kallsen, C. visited 26 December 2006. Fall leaf tissue samples important for maintaining citrus growth, fruit quality and yield. Topics in Subtropics Newsletter. 1(3). <http://ceventura.ucdavis.edu/newsletterfiles/newsletter653.htm>.
- Koo, R.C.J. visited 3 April 2008. Citrus. In: World Fertilizer Use Manual. Available at : <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm>.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus, In : Methods of Soil Analysis Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA.
- Sauls, J.W. visited 29 December 2006. Nutrition and Fertilization. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/citrus/nutrition/L2288.htm>.
- Soil and Plant Analysis Council. 1992. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. CRC Press. Boca Raton, USA.
- Rayment, G.E. and Higginson, F.R. 1992. Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. Inkata Press. Melbourne, Australia.
- Loveland, P.J. and Whalley, W.R. 1991. Particle Size Analysis, In : Soil Analysis : Physical Methods. Smith and Mullins eds. Marcel Dekker. New York, USA.
- Tabatabai, M.A. 1982. Sulfur, In : Methods of Soil Analysis Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA.
- Tandon, H.L.S. ed. 1995. Methods of Analysis of Soils, Plants, Waters and Fertilisers. Fertiliser Development and Consultation Organisation. New Delhi, India.

ภาคผนวก 1

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550
ณ โรงแรมอมารี แอร์พอร์ต กรุงเทพฯ

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ ๑

การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการ
เพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพในเขตลุ่มน้ำปากพนัง



โดย :

ผศ. ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

20 พฤศจิกายน 2550

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 🍊 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิต
- 🍊 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมมูลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ



แนวคิดในการจัดการธาตุอาหาร

ทฤษฎีถังไม้โอค (Law of the minimum) เสนอ โดย Justus von Liebig (1803-1873) ผู้ให้กำเนิดสูตรปุ๋ยที่ใช้มาจนถึงปัจจุบัน



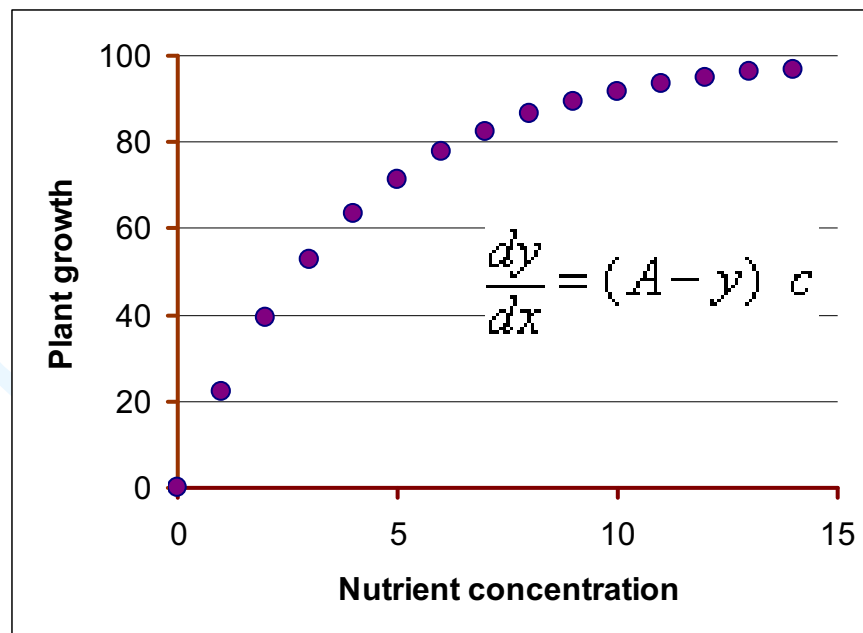
เพิ่มธาตุอาหาร (ปุ๋ย) ชนิดที่พืช
(ส้มโอ) ต้องการมากที่สุดก่อน



*Nutrient Survey
Technique*

แนวคิดในการจัดการธาตุอาหาร

ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหาร (Law of Diminishing returns)
ทฤษฎีนี้เสนอโดย E.A. Mitscherlich ในปี ค.ศ. 1909



ยิ่งใช้ปุ๋ยมาก

ยิ่งขาดทุนกำไร



*Nutrient Response
(Delta yield)
Technique*

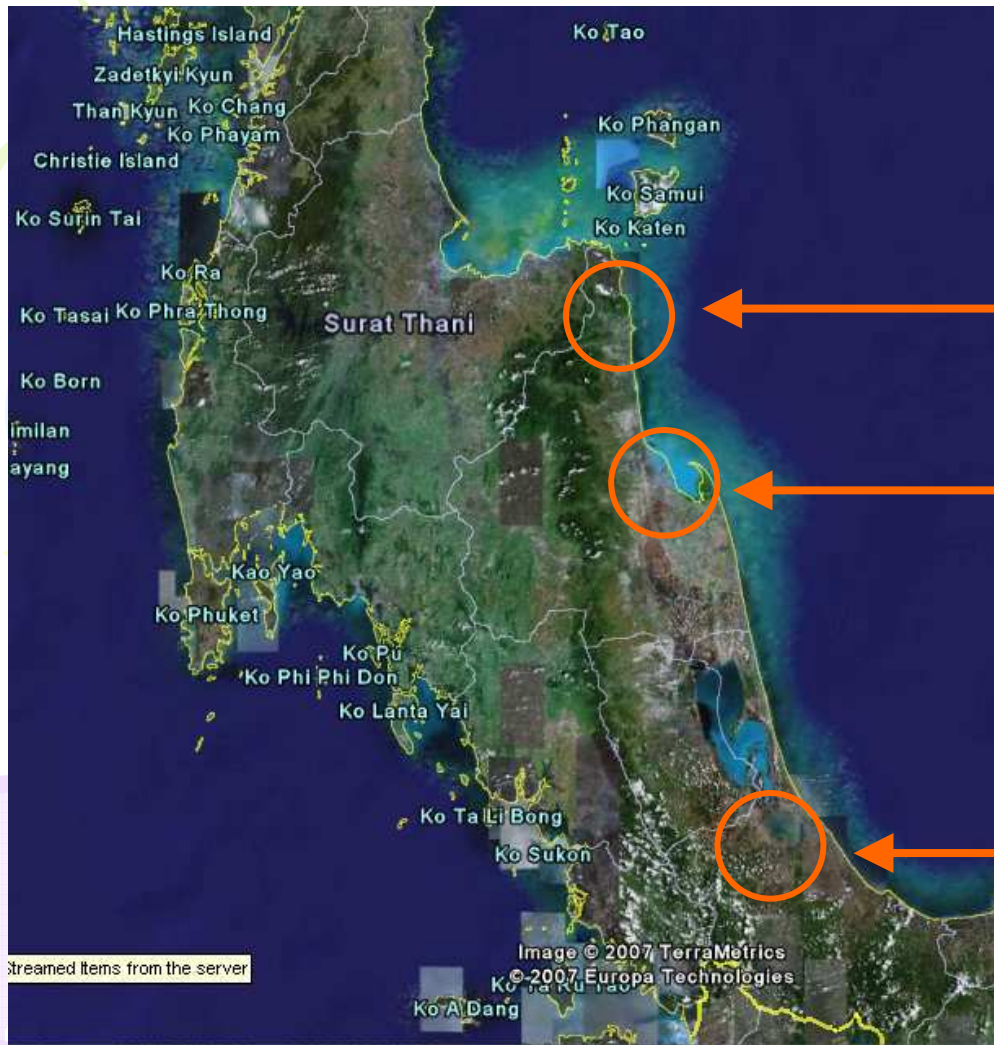
พื้นที่วิจัย

แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น
3 เขตพื้นที่ คือ

อ. สีชล/ขนอม จ.นครศรีฯ

อ. ปากพ่นัง จ.นครศรีฯ

อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา (เพิ่มเติม
จากข้อเสนอโครงการ)



วิธีการวิจัย



สำรวจและเก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอจากสวนเกษตรกร 25
สวน จาก 3 เขตพื้นที่

การสำรวจ

เขตพื้นที่ อ.สีชล และ อ.ขนอม จ.นครศรีฯ 9 สวน

เขตพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีฯ 10 สวน

เขตพื้นที่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 6 สวน

การติดตาม

คัดเลือกสวนเกษตรกรในเขตพื้นที่ อ.สีชล 1 สวน และ
อ.ปากพนัง 1 สวน เพื่อใช้เป็นสวนติดตามการ
ตอบสนองต่อธาตุอาหาร

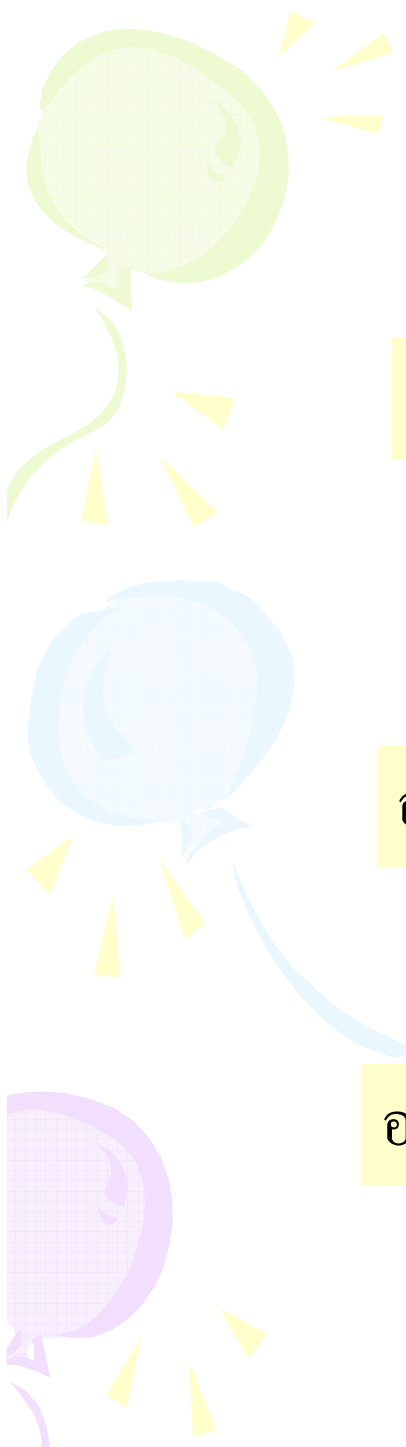
ผลการสำรวจ : ลักษณะการปลูก



ลูกฟูก
(สวน)

ร่องคู
(สวน)





ผลการสำรวจ : พันธุ์

อ. สีชล/ชนอม จ.นครศรีฯ

🍊 หลากหลายพันธุ์ ได้แก่ ขาวทองดี ขาวพวง ขาวน้ำผึ้ง และเขียวน้ำผึ้ง เป็นต้น

อ. ปากพั่ง จ.นครศรีฯ

🍊 นิยมปลูกเพียง 2 พันธุ์ คือ ขาวทองดี และทับทิมสยาม

อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา

🍊 นิยมปลูกเพียงพันธุ์เดียว คือ หอมหาดใหญ่

ส้มโอพันธุ์ท้องถิ่นภาคใต้



ทับทิมสยาม



หอมหาดใหญ่

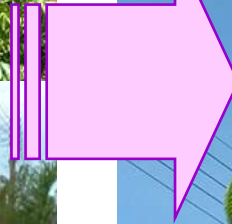
ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร

ขาดสังกะสี

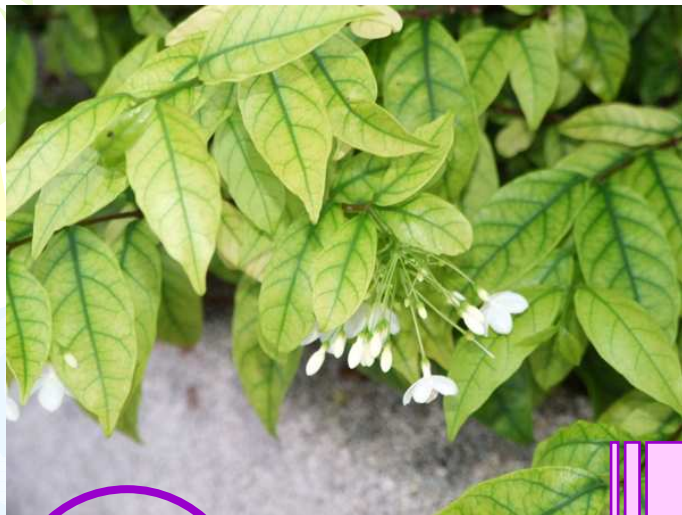


ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร

ขาดสังกะสี



ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร



ขาดสังกะสี



ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร

ผลผลิตยางพาราพันธุ์ส่งเสริม

290 kg/ไร่/ปี

ผลผลิตยางพาราพันธุ์พื้นเมือง

330 kg/ไร่/ปี



ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร



ขาดสังกะสี



ผลการสำรวจ : ความผิดปกติด้านธาตุอาหาร



ขาดทองแดง ?

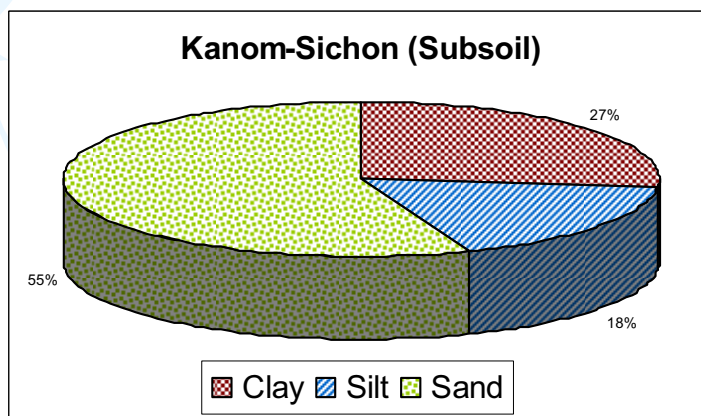
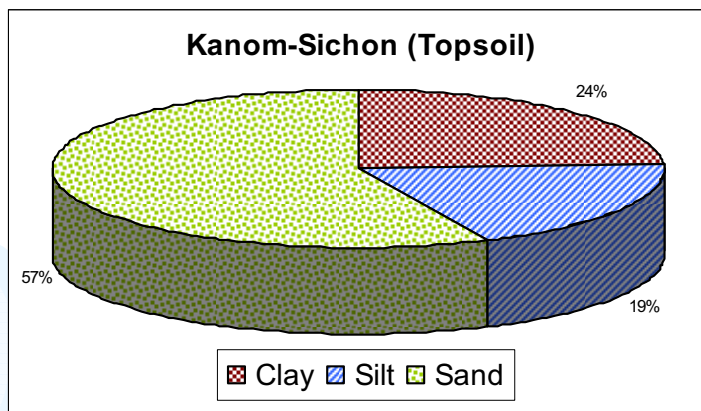


ขาดฟอสฟอรัส

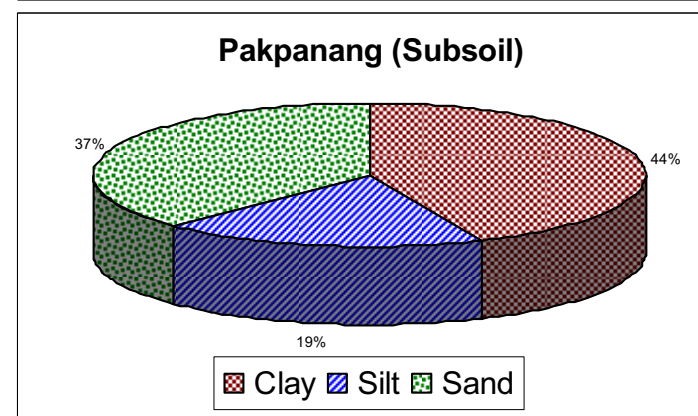
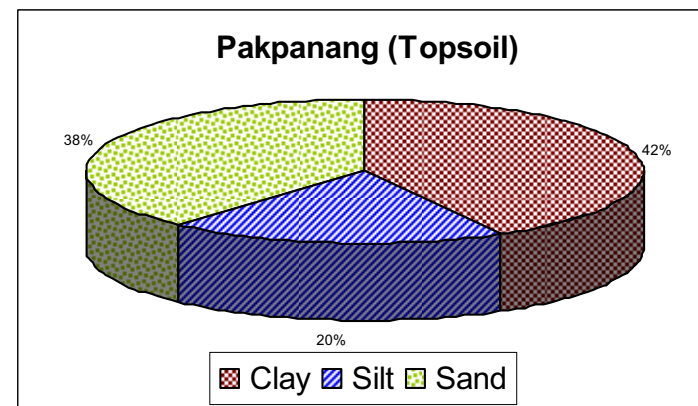


ขาดโบรอน ?

ผลการสำรวจ : เนื้อดิน

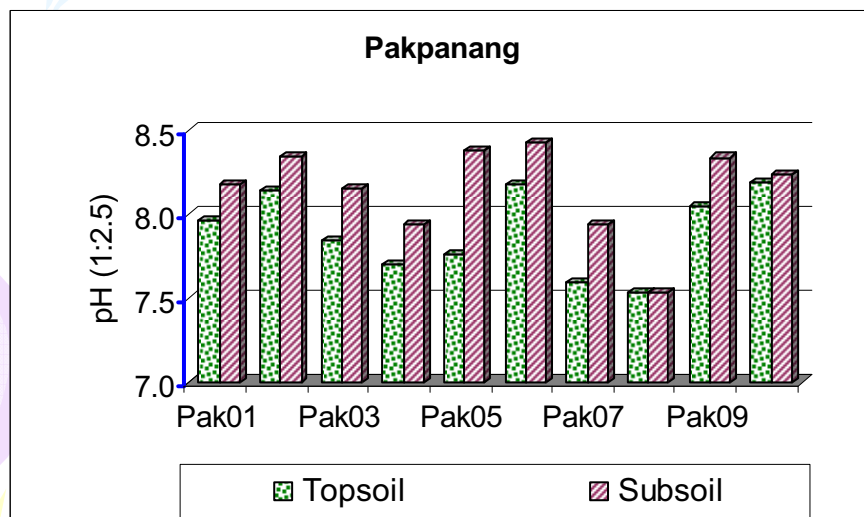
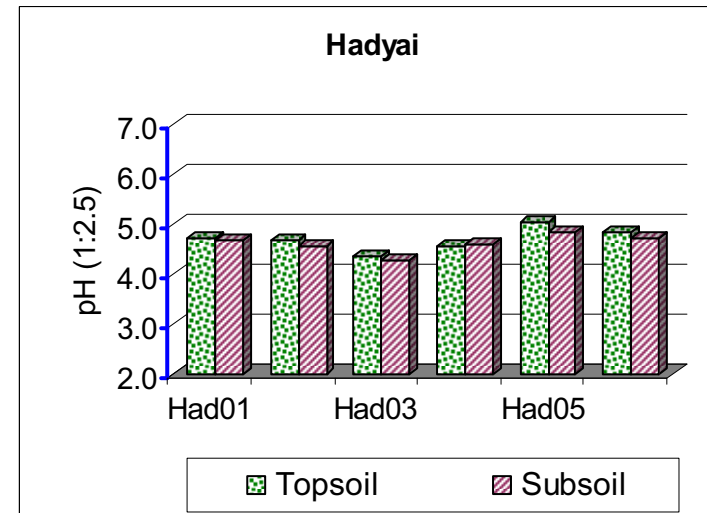
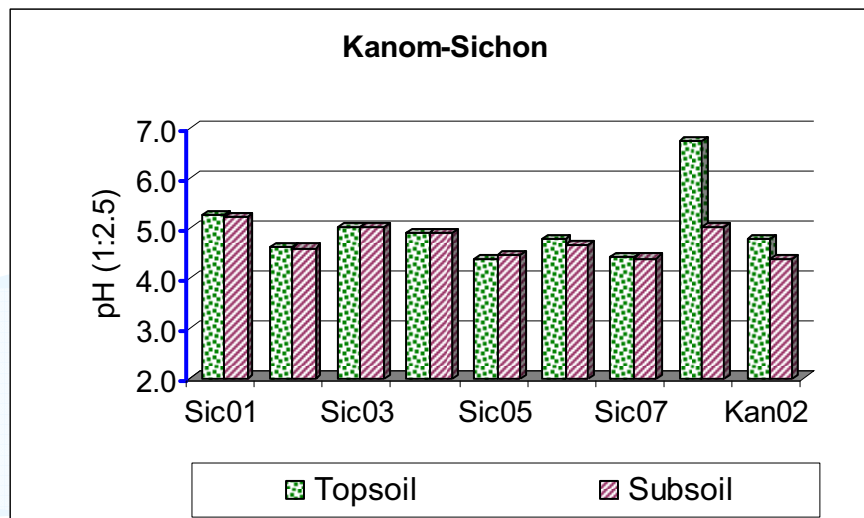


sandy clay/sandy clay loam



Light clay/clay

ผลการสำรวจ : ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

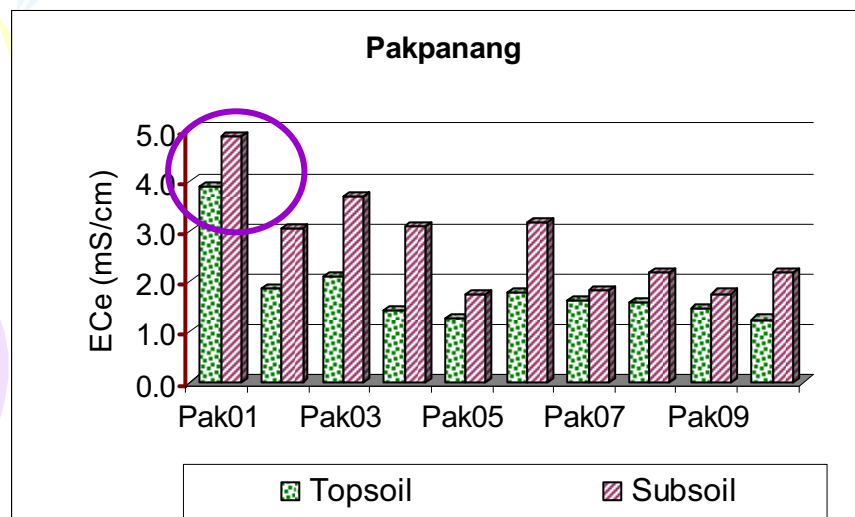
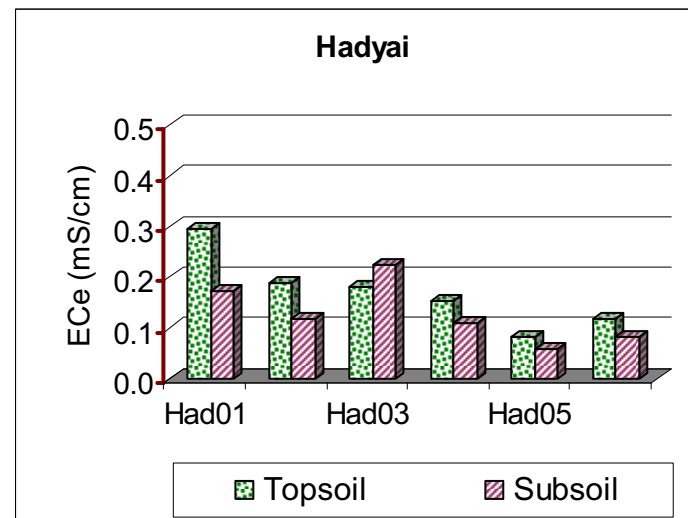
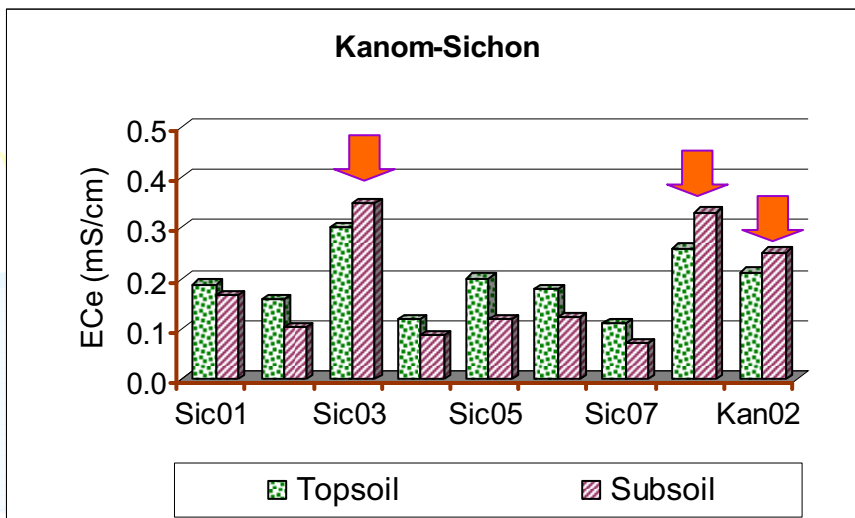


สีชล/ขนอม : ส่วนใหญ่กรดจัดมาก

ปากพนัง : ด่างอ่อน - ด่างปานกลาง

หาดใหญ่ : ทุกสวนกรดจัดมาก

ผลการสำรวจ : ความเค็ม (ค่าการนำไฟฟ้า)

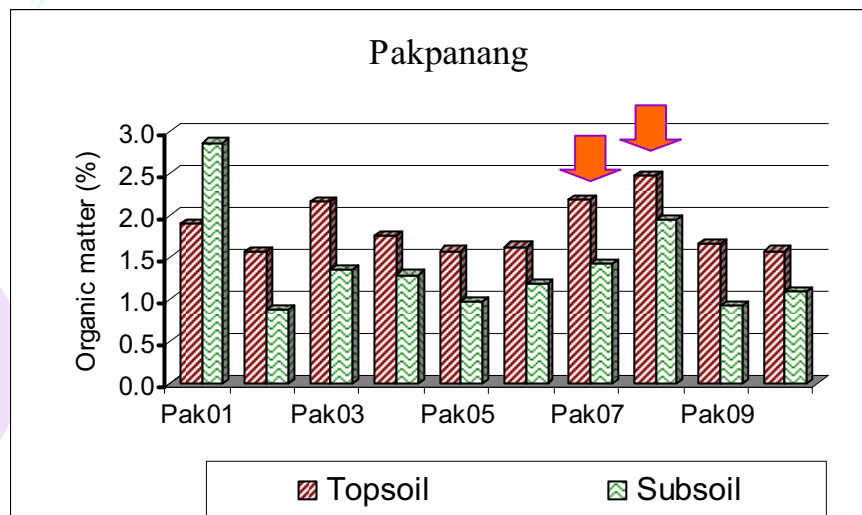
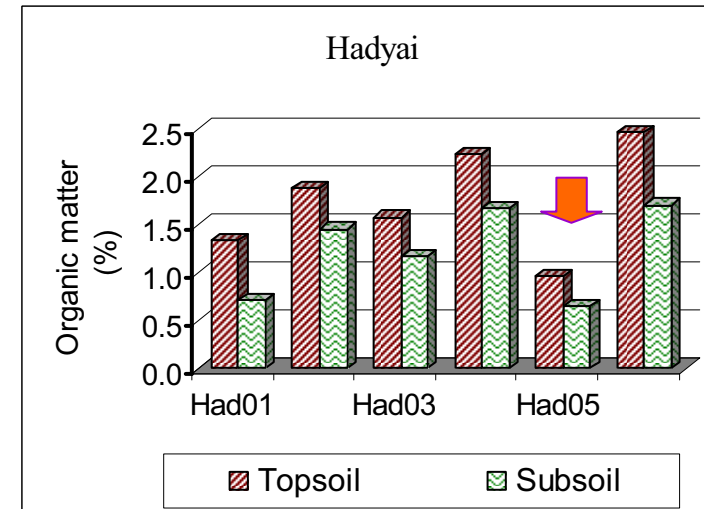
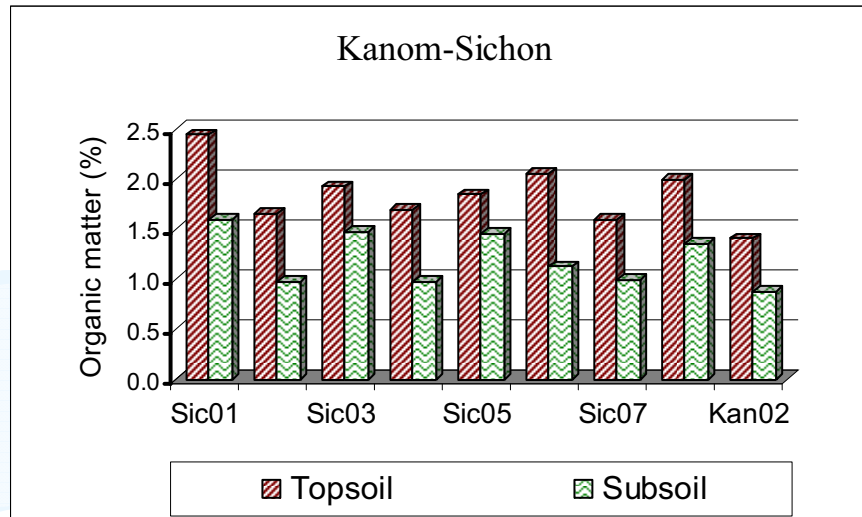


สีชล/ขนอม : ความเค็มต่ำมาก

ปากพนัง : เค็มเล็กน้อย-ปานกลาง

หาดใหญ่ : ความเค็มต่ำมาก

ผลการสำรวจ : อินทรีย์วัตถุในดิน



อินทรีย์วัตถุของดินทั้ง 3 เขต
พื้นที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน
(ปานกลาง-ค่อนข้างต่ำ)