

บทที่ 4 การสำรวจธาตุอาหาร

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

1. คำนำ

การสำรวจธาตุอาหาร (nutrient survey) เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้ค้นหาระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพของพืชชนิดหรือพันธุ์นั้นๆ วิธีนี้นิยมใช้กับไม้ผลและไม่ยืนต้น เนื่องจากพืชเหล่านี้ต้องใช้เวลานานในการปลูกจึงจะให้ผลผลิต ซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเหมาะสมของธาตุอาหาร การใช้วิธีทดสอบหาธาตุอาหารที่ผิดปกติและหาระดับธาตุอาหาร (omission tried and rate tried) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีในพืชอายุสั้น กลับต้องใช้เวลานานมากสำหรับไม้ยืนต้น การสำรวจธาตุอาหารจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่า ถึงแม้วิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก แนวคิดของการสำรวจธาตุอาหารทำโดยการสำรวจหาสวนที่พืชเจริญเติบโตได้ดี 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

ตัวอย่างดินในแต่ละสวนเก็บโดยใช้ส่วนเจาะดิน เก็บตัวอย่างบริเวณชายพุ่มของต้นที่ 2 ระดับความลึก คือ 0-15 เซนติเมตร (ดินบน) และ 15-45 เซนติเมตร (ดินล่าง) กำหนดตำแหน่งแบบสุ่มสวนละ 7-9 หลุม นำตัวอย่างดินแต่ละระดับความลึกมาผสมกันเพื่อสร้างเป็นตัวอย่างร่วม 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 NH₄F ในสารละลาย 0.1 M HCl) แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นในสารละลายที่สกัดได้ด้วยวิธี Molybdenum blue (Rayment and Higginson, 1992; Olsen and Sommers, 1982)
- **โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้** วิเคราะห์โดยสกัดด้วยสารละลาย 1.0 M NH₄OAc 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

- **ไนโตรเจน** 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

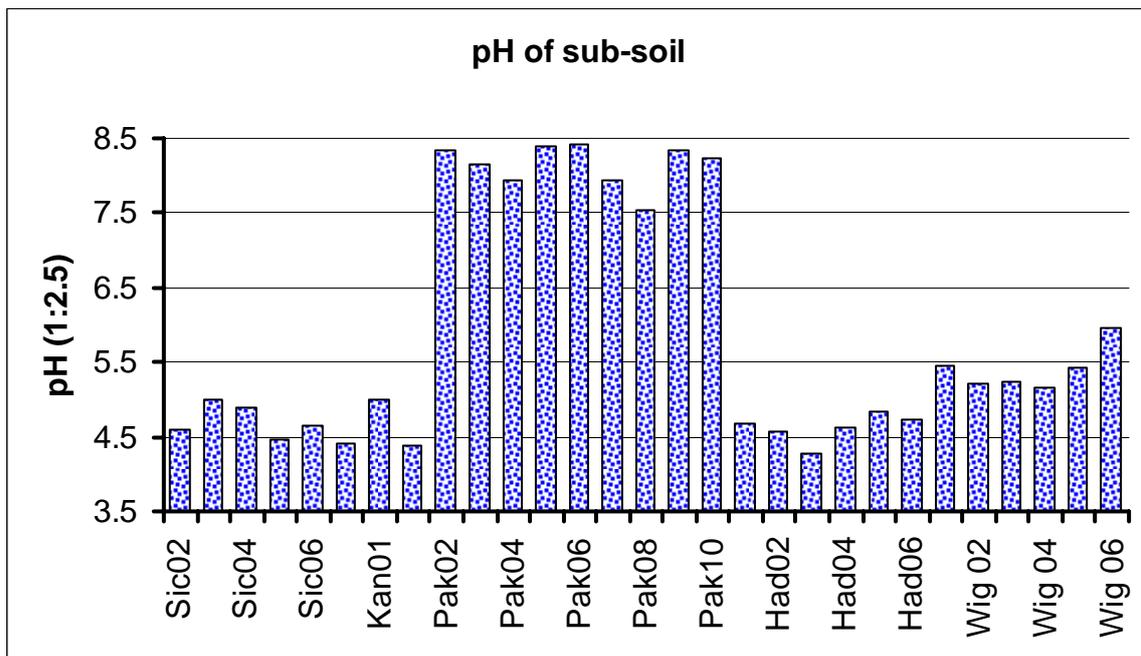
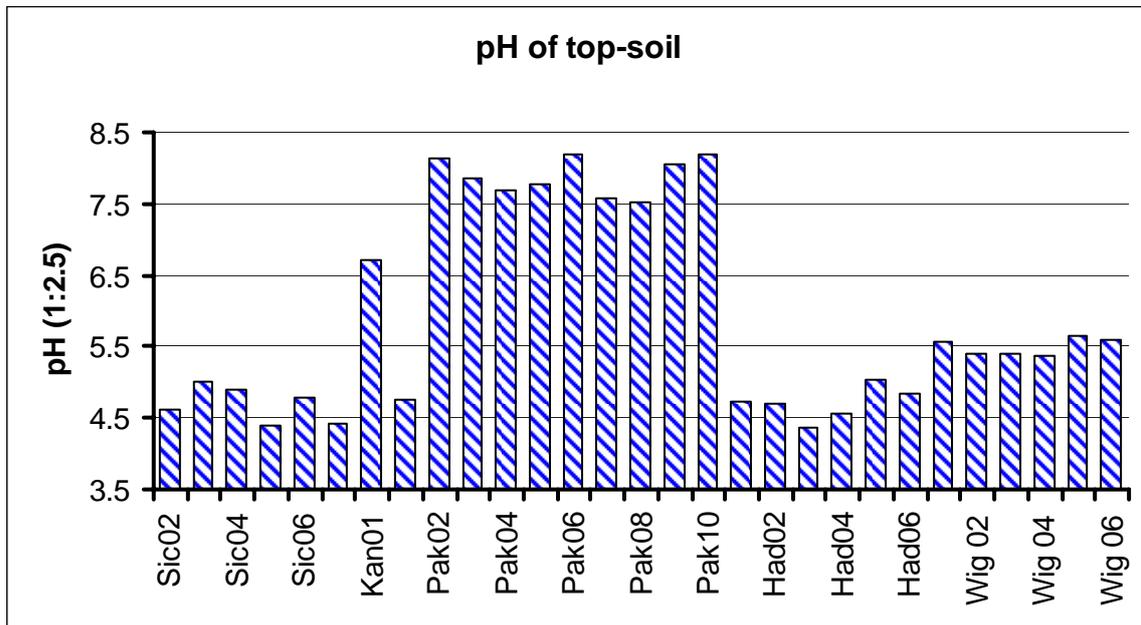
4.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

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

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

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) เมื่อเกษตรกรขุดคูยกทรง ทำให้ดินชั้นล่างถูกขุดขึ้นมาถมเป็นดินชั้นบน ดินใหม่ที่เกิดขึ้นจึงมี pH เป็นด่าง ในบางสวนพบซากหอยขึ้นเล็กๆ ปะปนอยู่ในดิน การสำรวจไม่พบว่า pH ของดินเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นเบื้องต้นว่า ไม่มีความจำเป็นต้องปรับปรุง pH ของดิน เนื่องจากเมื่อทำให้ดินมีค่า pH ต่ำลง (ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น) ย่อมส่งผลให้สารประกอบคาร์บอนในดินละลายสูญหายไป แคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (Ca, Mg และ K) ถูกแทนที่ด้วยกรดที่แลกเปลี่ยนได้ และธาตุอาหารเหล่านี้สูญหายไปจากดิน ทำให้เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณมากขึ้น 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) ของตัวอย่างดิน จาก อ.สีชล (Sic) อ.ชนอม (Kan) อ.ปากพ่อง (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 ช่วยให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารดีขึ้น 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

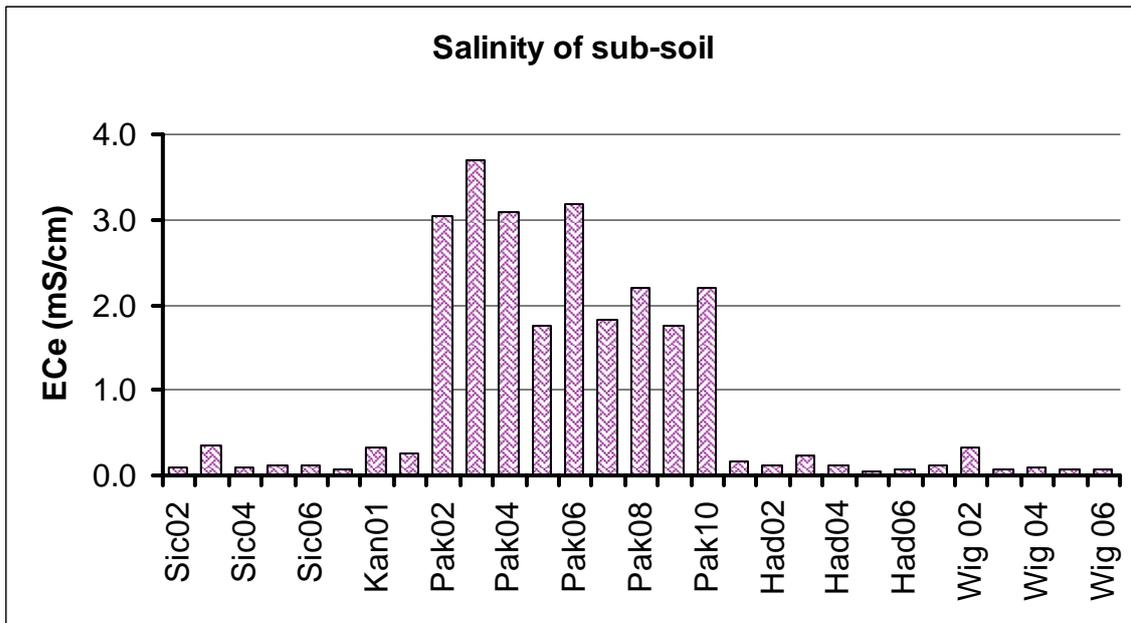
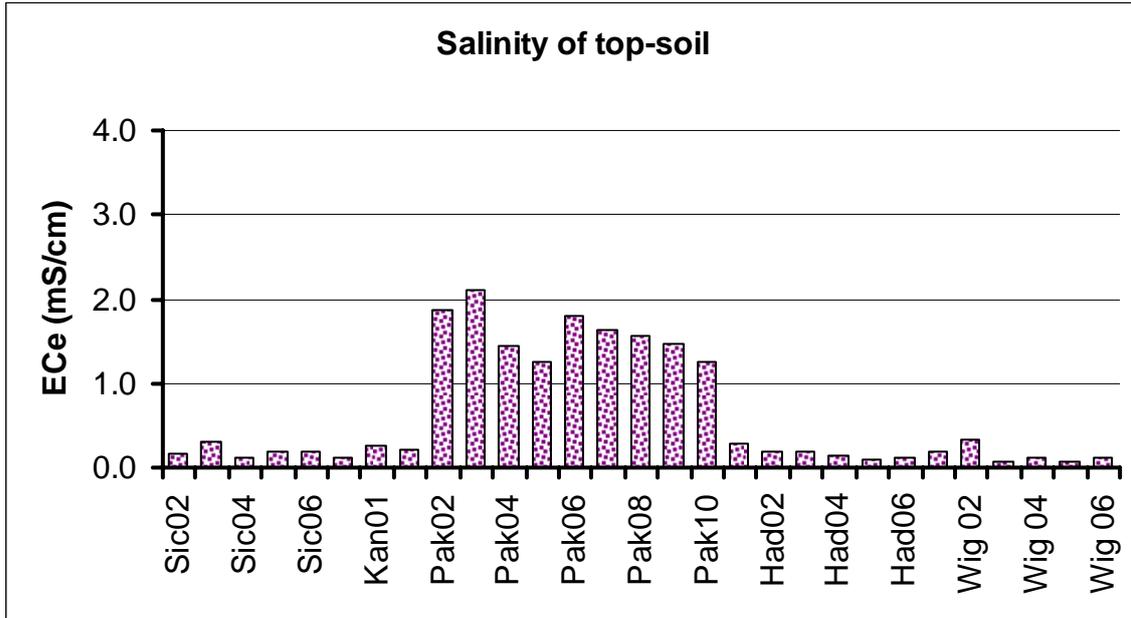
4.2 ความเค็มของดิน

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 ความเค็มในระดับนี้น่าจะเป็นผลดีต่อการผลิตส้มโอมากกว่าความเค็มต่ำ 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



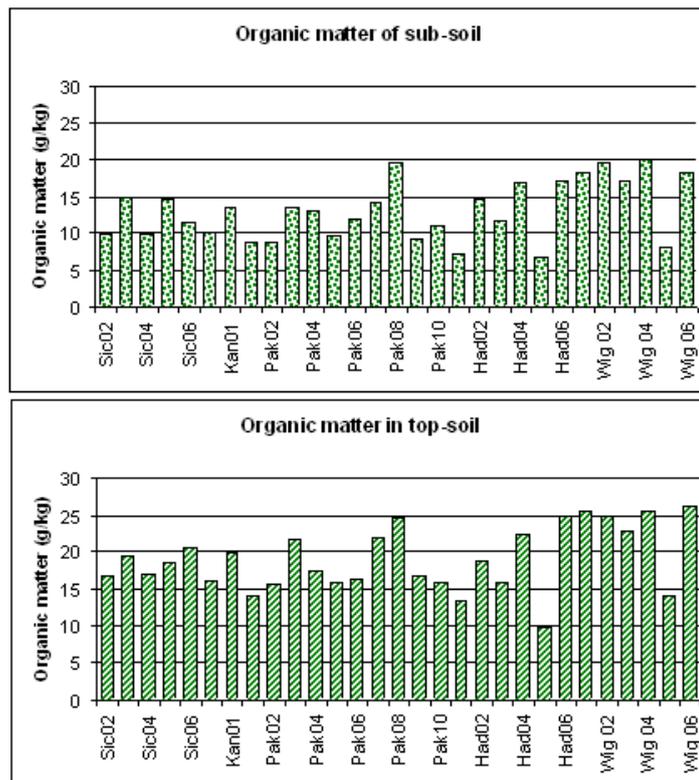
รูปที่ 4-2 ค่าการนำไฟฟ้าที่จุดอิมตัวของดินบน (บน) และดินล่าง (ล่าง) ของตัวอย่างดินจาก อ.สีชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพนัง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

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 สวน Sic06 ซึ่งพบว่าเป็นสวนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดในพื้นที่ อ.ลือชา และ อ.ชนอม กลับเป็นสวนที่มีผลผลิตต่ำ สวน Pak08 ซึ่งเป็นสวนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดในพื้นที่ อ.ปากพ่อง กลับเป็นสวนที่มีผลผลิตต่ำเช่นเดียวกัน สวน Had05 ซึ่งเป็นสวนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดในพื้นที่ อ.หาดใหญ่ กลับเป็นสวนที่มีผลผลิตสูงที่สุดในพื้นที่ และสวน Wig06 ซึ่งเป็นสวนที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกับสวนที่มีผลผลิตสูง (Wig01, Wig02) แต่กลับมีผลผลิตต่ำกว่ามาก (รูปที่ 4-3)

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

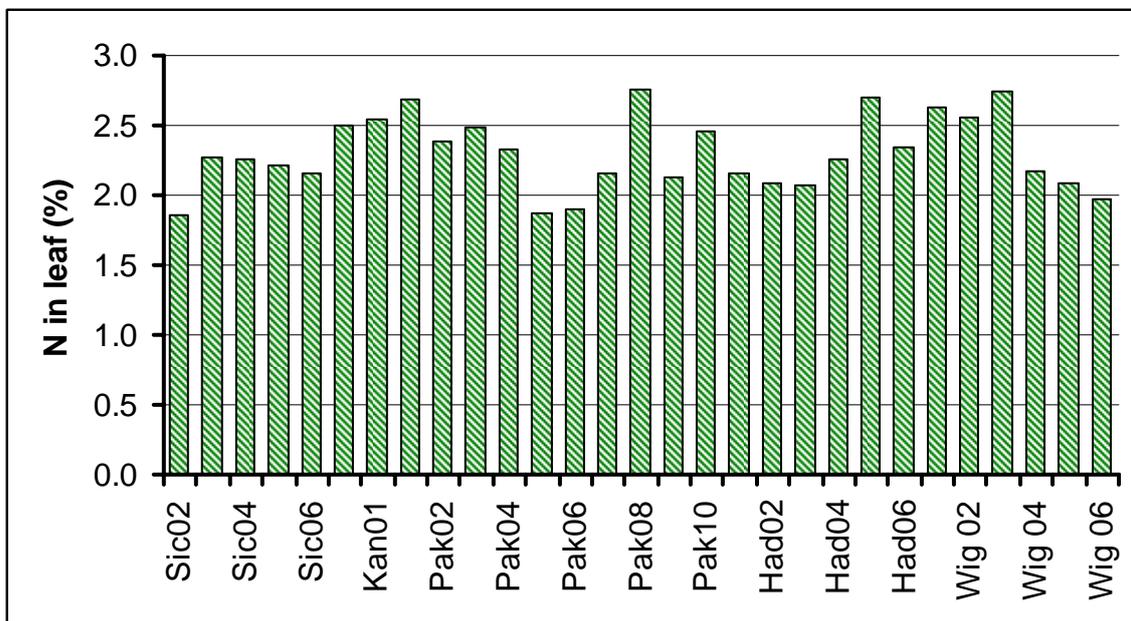


รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุในดินบน (บน) และดินล่าง (ล่าง) ของตัวอย่างดินจาก อ.ลือชา (Sic) อ.ชนอม (Kan) อ.ปากพ่อง (Pak) อ.หาดใหญ่ และ อ.เวียงแก่น (Wig)

4.4 ไนโตรเจนในพืช

ไนโตรเจนในใบส้มโอบางสวนที่สำรวจพบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.9-2.8 โดยพบว่าสวนที่ส้มโอมีการเจริญทางลำต้นสมบูรณ์และให้ผลผลิตสูงในแต่ละพื้นที่ เช่น Kan01, Kan02, Had05, Wig01, Wig02, และ Wig03 เป็นต้น มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าร้อยละ 2.5 ในขณะที่สวนซึ่งการเจริญเติบโตด้านลำต้นไม่ดีหรือให้ผลผลิตต่ำ พบว่ามีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำกว่าร้อยละ 2.0 เช่น Sic02, Pak05, Pak06, และ Wig06 เป็นต้น ดังนั้น ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบส้มโอน่าจะจัดระดับได้ดังนี้

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

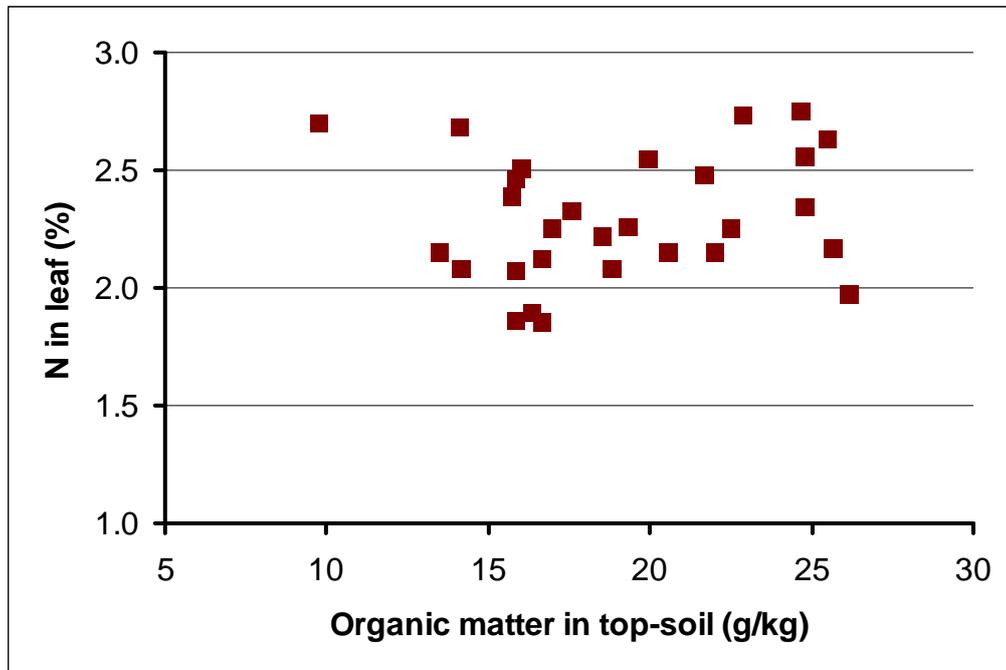


รูปที่ 4-4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบส้มโอบุคคลอายุ 3-5 เดือน เก็บจากใบตำแหน่ง 3 หรือ 4 ของกิ่งนอกทรงพุ่ม และวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl ตัวอย่างเก็บจากสวนในพื้นที่ อ.สีชล (Sic) อ.ชนอม (Kan) อ.ปากพ่อง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

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

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

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุในดิน (รูปที่ 4-5) แสดงให้เห็นว่า สัมโอได้รับไนโตรเจนจากแหล่งอื่นมากกว่าจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน

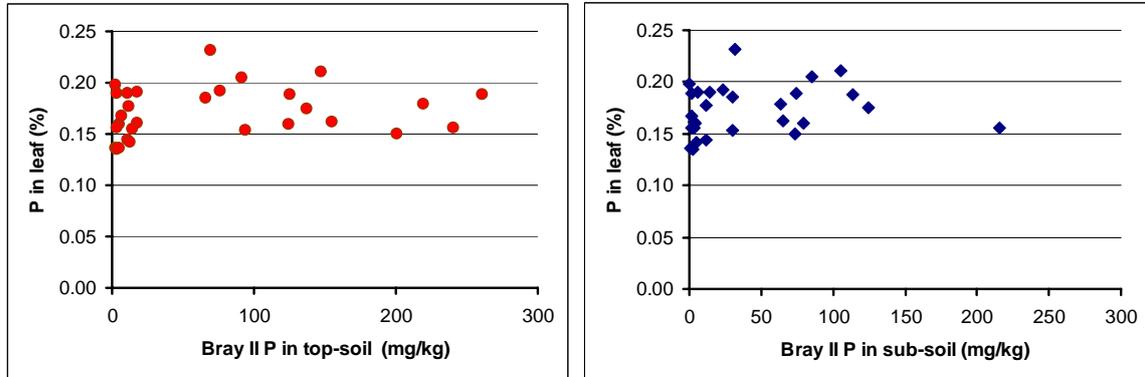


รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนในใบส้มโอและอินทรีย์วัตถุในดินบน (15-45 cm) จากสวนในพื้นที่ อ.สิชล (Sic) อ.ขนอม (Kan) อ.ปากพ่อง (Pak) อ.หาดใหญ่ และอ.เวียงแก่น (Wig)

4.5 ฟอสฟอรัสในดินและในพืช

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบส่วนใหญ่พบอยู่ในช่วง 0.15 – 0.20 % ไม่ว่าจะความเข้มข้นในดินจะสูงหรือต่ำ 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 % ซึ่งต่ำกว่าระดับความเข้มข้นของตัวอย่างสวนใหญ่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น 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

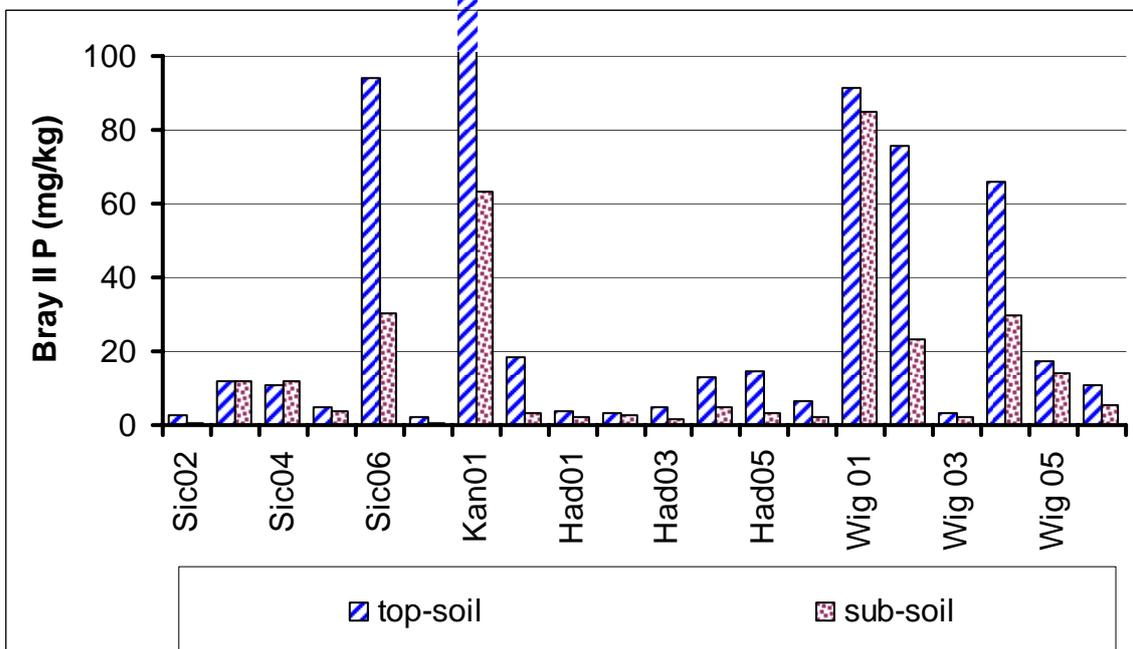
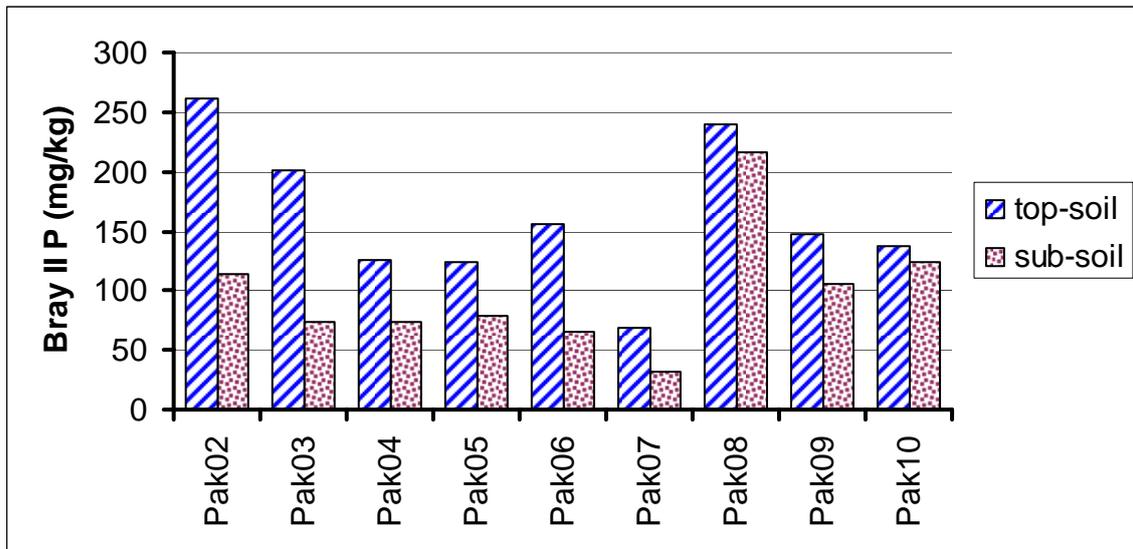


รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบส้มโอกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินบนและดินล่าง

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



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

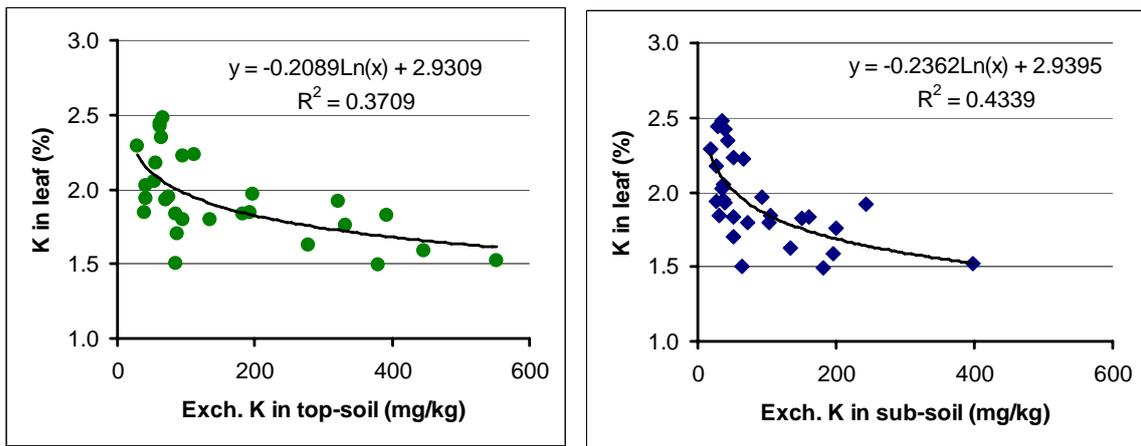


รูปที่ 4-8 บน : ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินในพื้นที่ อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช (Pak)
 ล่าง : ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินในพื้นที่ อ.ลิซล (Sic) อ.ขนอม (Kan) จ.นครศรีธรรมราช อ.
 หาดใหญ่ (Had) จ.นครศรีธรรมราช และ อ.เวียงแก่น (Wig) จ.เชียงราย

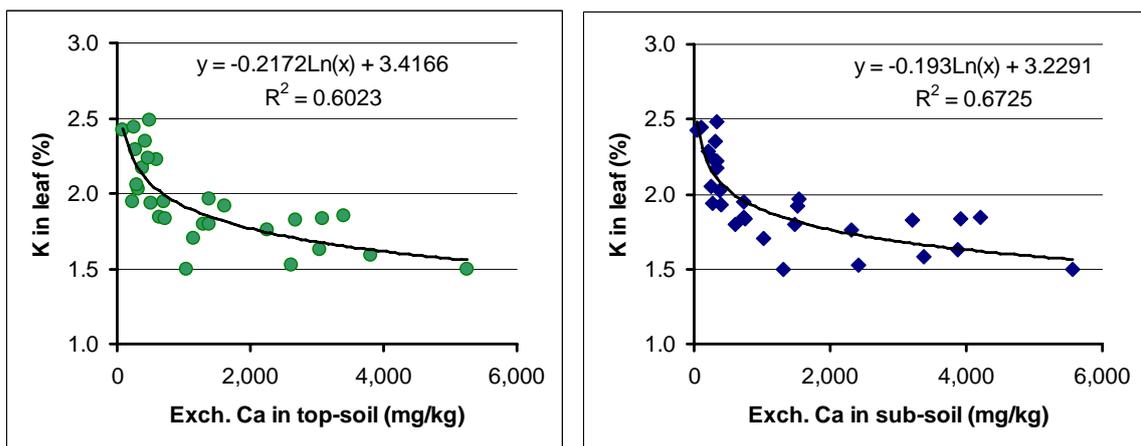
4.6 โฟสเฟอรัสในดินและในพืช

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

การดูค่าใช้โพแทสเซียมของส้มโอพบว่า มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแคลเซียมในดินมากกว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดิน (รูปที่ 4-9 และ 4-10) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมต่ำกว่า 400 mg/kg พบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส่วนใหญ่สูงกว่า 2.0 % แสดงให้เห็นว่า ส้มโอดูค่าใช้โพแทสเซียมมากเกินไปเกินความต้องการ (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

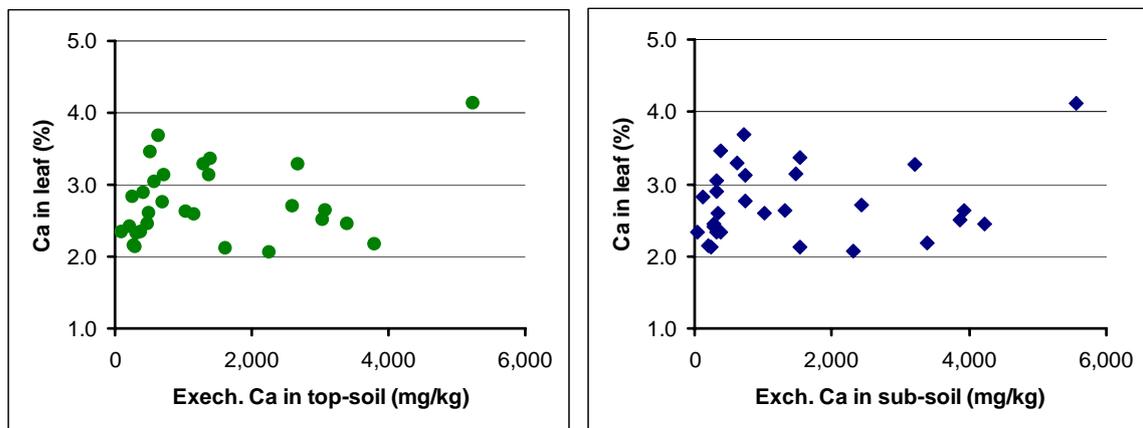


รูปที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

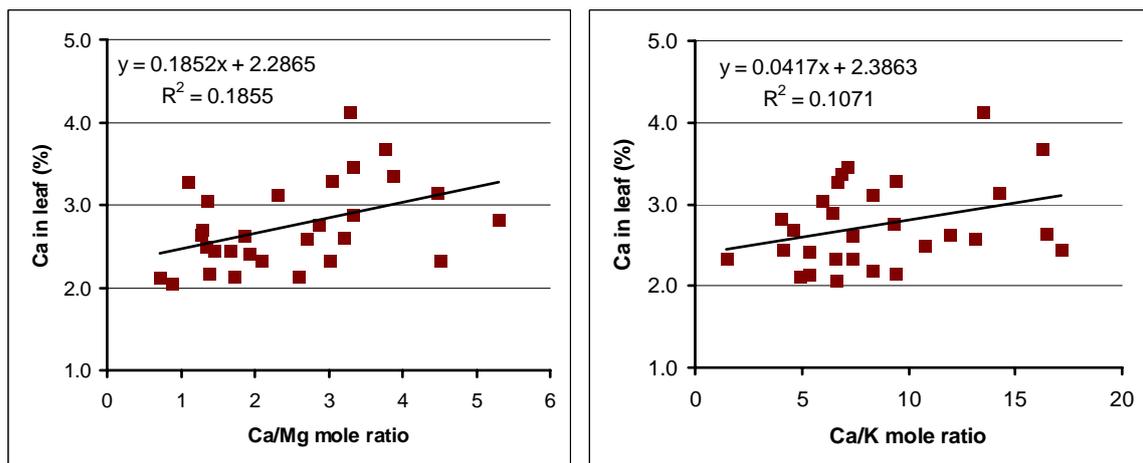
4.7 แคลเซียมในดินและในพืช

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

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



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

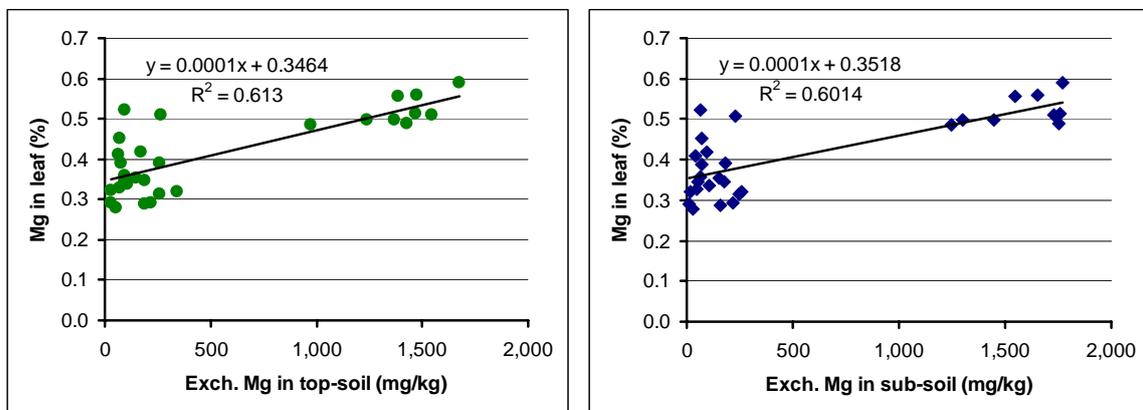


รูปที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมในใบส้มโอกับสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ในดินบน (ข้าว) และ Ca/K ในดินบน (ขวา)

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

4.8 แมกนีเซียมในดินและในพืช

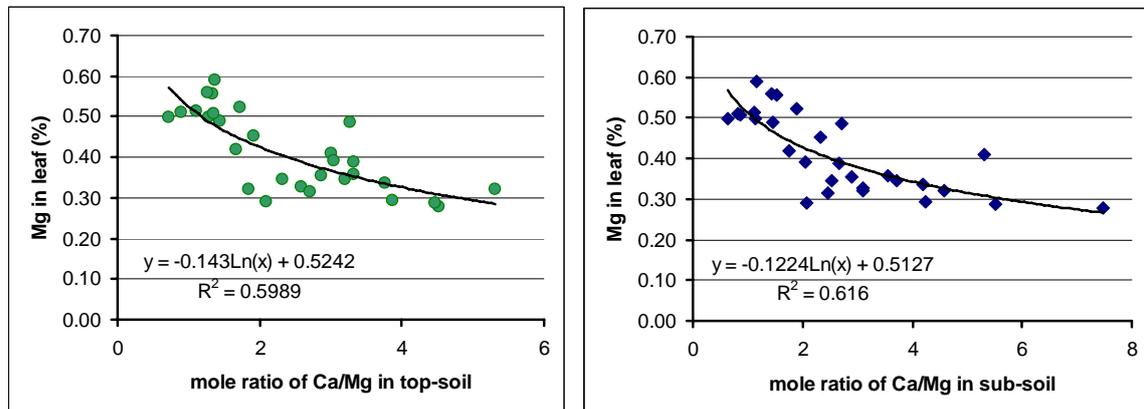
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบพบว่า มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดิน ทั้งดินบนและดินล่าง ตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีแมกนีเซียมในดินน้อยกว่า 500 mg/kg และกลุ่มที่มากกว่า 1,000 mg/kg ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบกระจายอยู่ในช่วง 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 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

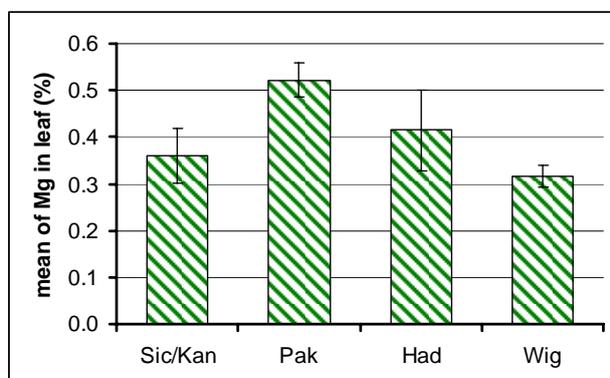
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบนอกจากมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นในดินแล้ว พบว่ายังมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ด้วย (รูปที่ 4-14) เมื่อ Ca/Mg สูงขึ้นพบว่าทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลง โดยพบแนวโน้มเหมือนกันทั้งดินบนและดินล่าง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้น

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

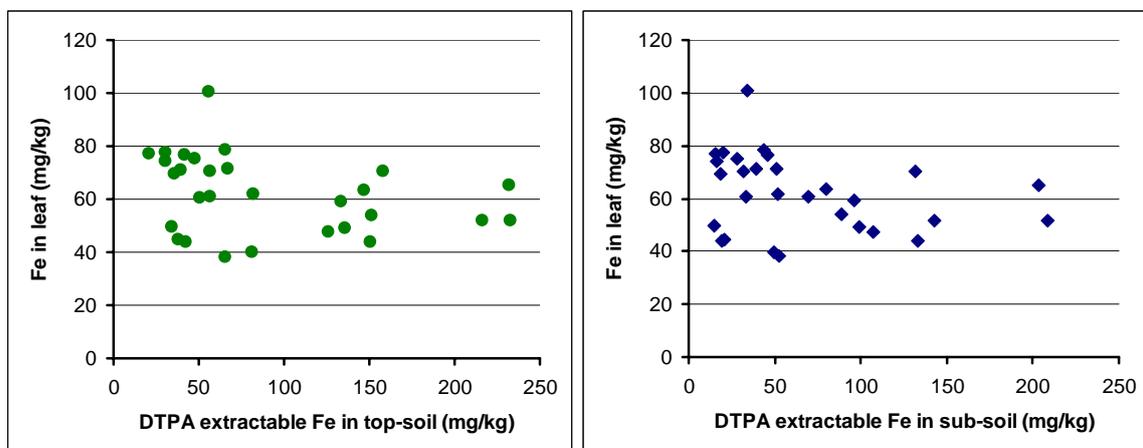


รูปที่ 4-15 ความแตกต่างของความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบระหว่างพื้นที่ที่สำรวจ

4.9 เหล็กในดินและในพืช

ความเข้มข้นของเหล็กในใบจากสวนที่สำรวจเกือบทั้งหมดพบว่าอยู่ในช่วง 40 – 80 mg/kg ไม่ว่าจะความเข้มข้นของเหล็กในดินจะสูงหรือต่ำ 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)



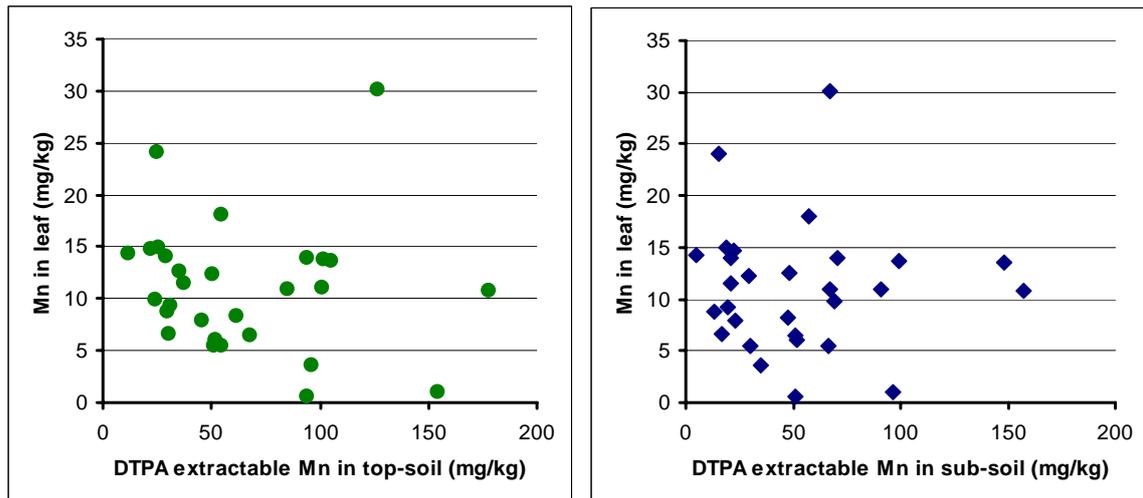
รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กในใบส้มโอกับความเข้มข้นของเหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)

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 ค่าที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้อาจต่ำกว่ามาก แสดงให้เห็นว่าส้มโอต้องการแมงกานีสน้อยกว่า Sweet oranges

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



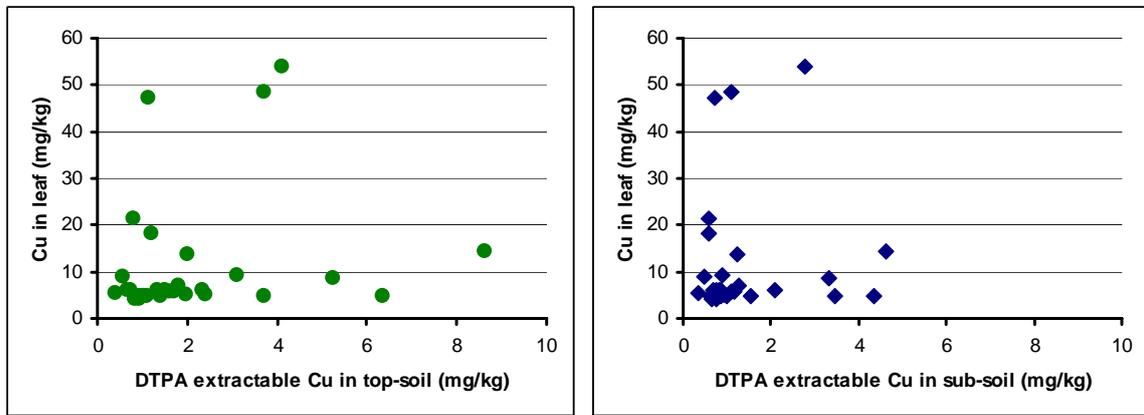
รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมงกานีสในใบส้มโอกับความเข้มข้นของแมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ข้าว) และดินล่าง (ข้าว)

4.11 ทองแดงในดินและในพืช

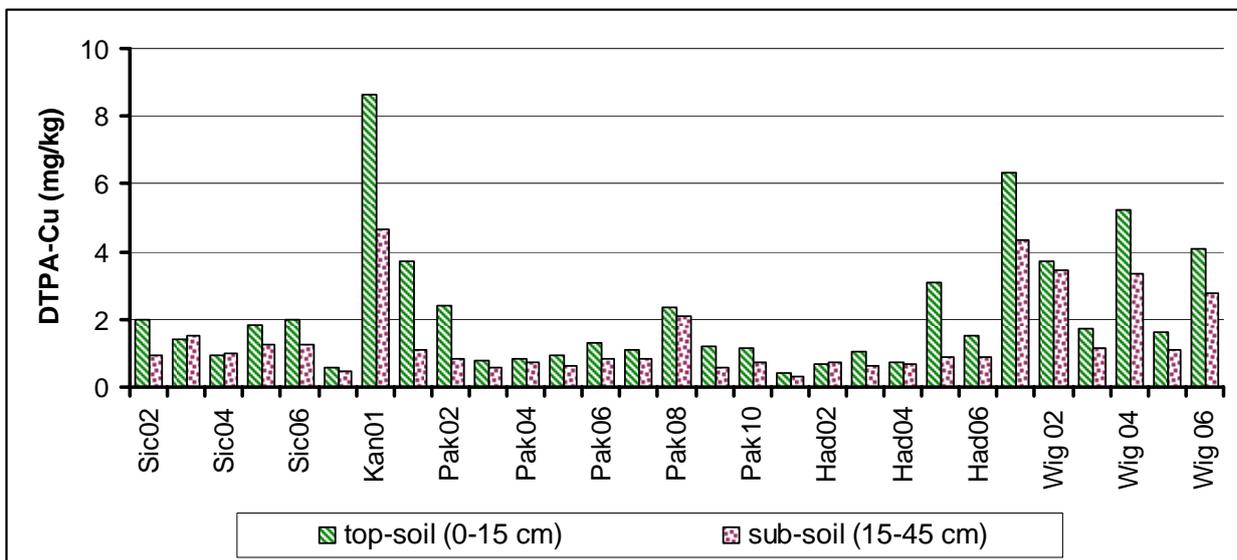
ความเข้มข้นของทองแดงในใบพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5 – 20 mg/kg โดยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในใบกับในดิน และผลการสำรวจไม่พบส้มโอแสดงอาการขาดทองแดงในสวนใดเลย (อาการใบห่อเป็นรูปเรือ ยอดอ่อนแห้งตาย ใบไหม้จากแดดเผา และกิ่งลีบแบน) ตัวอย่างใบจากสวน Kan02, Pak10 และ Wig06 พบว่ามีทองแดงสูงผิดปกติมาก 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 ระดับความเข้มข้นของทองแดงในดินจากทุกสวนที่สำรวจพบว่า ยังต่ำกว่าระดับที่อาจก่อให้เกิดพิษกับพืชมาก (ความเข้มข้นประมาณ 100 mg/kg) สวนที่มีทองแดงในดินบนมาก มักพบว่ามีทองแดงในดินล่างมากตามไปด้วย แสดงให้เห็นว่า ทองแดงสามารถเคลื่อนที่ในดินได้ดี (รูปที่ 4-19)



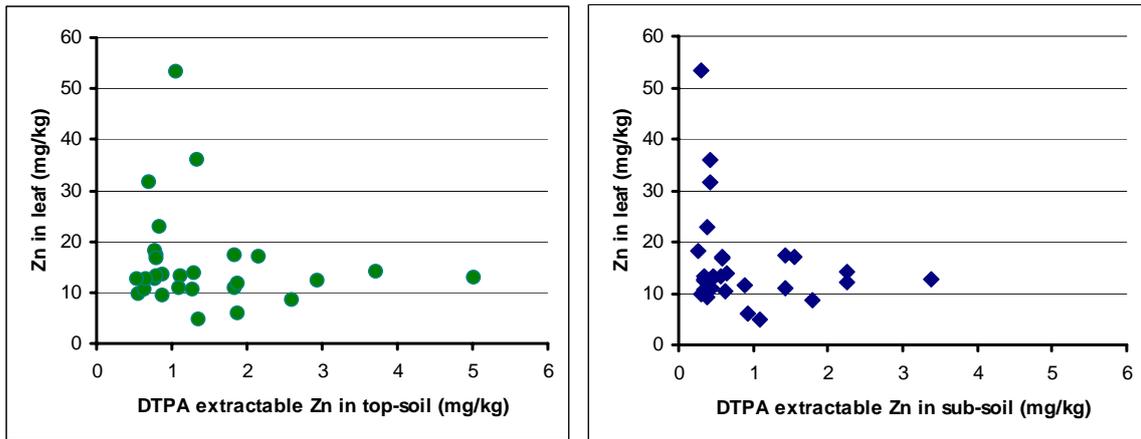
รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดงในใบสัมพันธ์กับความเข้มข้นของทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินบน (ซ้าย) และดินล่าง (ขวา)



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

4.12 สังกะสีในดินและในพืช

ความเข้มข้นของสังกะสีในใบพบว่าส่วนใหญ่ต่ำกว่า 20 mg/kg จากการสังเกตอาการพบว่า ส่วนส่วนใหญ่พืชแสดงอาการขาดสังกะสี (ใบยอดแสดงอาการขาดคลอโรฟิลล์ระหว่างเส้นใบ ใบอ่อนสีเหลืองซีด ยอดที่แตกใหม่มียูบซ้อนกันเป็นพวง) 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 แต่ควรหลีกเลี่ยงการกระทำที่ส่งผลกระทบต่อค่าน้ำๆ สูงขึ้น สำหรับค่าการนำไฟฟ้า หมายถึง ระดับที่เสี่ยงต่อผลกระทบจากความเค็ม เช่นกรณีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง อาจทำให้พืชแสดงอาการใบเหลือง ขาดน้ำ หรือผลแตกได้
- ระดับสูงมาก (very high) หมายถึง ระดับที่ควรพิจารณาปรับปรุงแก้ไขหากพบว่าส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

ระดับเหมาะสมสำหรับแต่ละรายการพิจารณาจากปัจจัยเฉพาะของแต่ละรายการเหล่านั้น ดังนี้

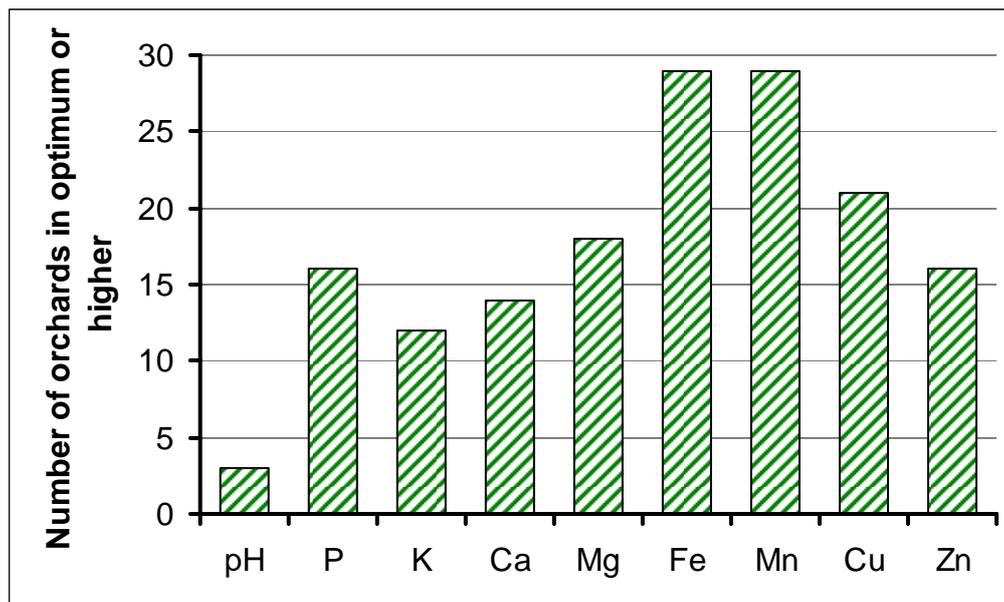
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) : แนะนำค่าเหมาะสมช่วง 5.5 – 6.5 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ได้ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในดินในระดับที่เหมาะสม
- ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 2 – 3 mS/cm ค่านี้เป็นค่าแนะนำสำหรับพื้นที่ดินเค็ม หรือพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากน้ำทะเล ความเค็มระดับดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของส้มโอ และไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี สำหรับพื้นที่ดินไม่เค็ม ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงดินให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น
- อินทรีย์วัตถุ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 15 – 25 g/kg ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับค่าแนะนำของดินปลูกพืชทั่วไป และเป็นค่าเฉลี่ยของสวนที่ให้ผลผลิตมากกว่าปีละ 80 ผล/ต้น สำหรับส้มโออายุ 8 – 16 ปี หากเกษตรกรต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จนทำให้ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าระดับแนะนำนี้ ก็ไม่น่าจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ
- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 15 – 25 mg-P/kg ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ความเข้มข้นในใบอยู่ในระดับเหมาะสม และเพียงพอที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูง ถึงแม้ผลการสำรวจครั้งนี้พบว่าสวนที่ให้ผลผลิตสูงเกือบทุกสวนมีค่าฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าระดับที่แนะนำ ค่าแนะนำนี้ต่ำกว่าค่าแนะนำของ 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 ซึ่งเป็นค่าสูงมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการดูดใช้โพแทสเซียมมากเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมของส้มโอ รวมทั้งมีสัดส่วน Ca/K ไม่ต่ำเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมของส้มโอ
- แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 120 – 240 mg-Mg/kg โดยพิจารณาจากสัดส่วนโดยจำนวนโมลของ Ca/Mg ที่ไม่สูงหรือต่ำเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม รวมทั้งมีความเข้มข้นสูงเพียงพอที่จะทำให้ส้มโอดูดใช้แมกนีเซียมได้ถึงระดับเพียงพอ
- เหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมสำหรับสองธาตุนี้ในช่วง 10 – 20 mg/kg เหมือนกัน โดยนำค่าแนะนำของ Chen et al. (2007) และ Jones (2001) มาปรับใช้ เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในระดับที่สูงกว่าระดับเหมาะสมทุกตัวอย่าง
- ทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 1 - 2 mg/kg ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงค่ามัชฌิมบวก/ลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการศึกษาค้นคว้านี้ หลังจากตัดค่าของสวนที่สูงผิดปกติออกแล้ว และนำค่าแนะนำของ Jones (2001) มาปรับใช้ร่วมด้วย เพื่อให้ได้ค่าที่ครอบคลุมทุกระดับ
- สังกะสีที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA : แนะนำค่าเหมาะสมในช่วง 1 – 5 mg/kg โดยนำค่าแนะนำของ 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. ค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบสมีโอ

6.1 ค่ามาตรฐานสำหรับการแปลผลด้วยเทคนิค Sufficient range approach (SRA)

เมื่อนำผลการสำรวจทั้งหมดที่กล่าวแล้วในข้อ 4 มาประมวลจัดทำเป็นค่าแนะนำมาตรฐาน พบว่าสามารถจัดทำได้ดังตารางที่ 4-3 ค่าเหมาะสมสำหรับไนโตรเจนไม่สามารถหาค่าพิกัดบนได้ เนื่องจากไม่มีตัวอย่างสวนที่ให้ค่าครอบคลุมช่วงเหมาะสม แต่คาดว่าค่าพิกัดบนน่าจะอยู่ในช่วง 2.7 – 3.0 % แต่มีข้อไม่มากพอที่จะจัดทำช่วงความเข้มข้นต่ำและต่ำมากได้ ดังนั้นช่วงความเข้มข้นของไนโตรเจนไนโบสมีโอจึงสามารถแบ่งได้ดังนี้

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

การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับทองแดงได้ เนื่องจากขาดข้อมูลของสวนที่ให้ผลผลิตสูง สวนที่ให้ผลผลิตสูงส่วนใหญ่มีการฉีดพ่นสารประกอบทองแดง ทำให้ตัวอย่างปนเปื้อนไม่สามารถนำผลการวิเคราะห์มากำหนดค่ามาตรฐานได้ แต่พบว่าสวนที่ให้ผลผลิตต่ำและไม่ฉีดพ่นสารประกอบทองแดง มีความเข้มข้นของทองแดงไนโบสูงกว่า 5 mg/kg ดังนั้น ค่าที่เหมาะสมสำหรับทองแดงน่าจะสูงกว่าระดับนี้

การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับสังกะสีได้ เนื่องจากตัวอย่างส่วนใหญ่ได้มาจากสวนที่ขาดสังกะสี อย่างไรก็ตาม สวนที่ให้ผลผลิตสูงและส้มโอไม่แสดงอาการขาดสังกะสีพบว่ามีสังกะสีเข้มข้นมากกว่า 20 mg/kg ดังนั้น ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงควรมากกว่าค่านี้ ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับช่วงความเข้มข้นแนะนำสำหรับพืชตระกูลส้มที่จัดทำขึ้นจากการสำรวจธาตุอาหารไนโบสชนิดอื่น (ตารางที่ 4-3)

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

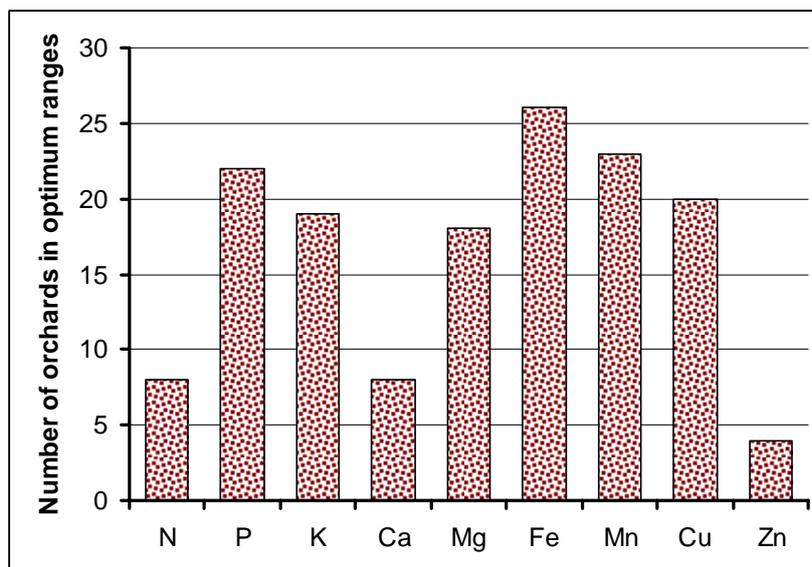
1. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าที่สูงกว่า กลุ่มนี้มี 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
2. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าอยู่ในระดับเดียวกัน กลุ่มนี้มี 4 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี
3. ค่าแนะนำที่จัดทำขึ้นมีช่วงของค่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า กลุ่มนี้มี 2 ธาตุ คือ เหล็ก และแมงกานีส

เมื่อนำค่าแนะนำมาตรฐานที่จัดทำขึ้นมาประเมินสวนทั้ง 29 สวน ที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีเพียง 4 สวนเท่านั้นที่มีสังกะสีไนโบเหมาะสม สวนที่มีไนโตรเจนและแคลเซียมอยู่ในช่วงเหมาะสมมีจำนวนเท่ากันคือ 8 สวน ธาตุอาหารทั้งสามนี้จึงน่าจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับการผลิตส้มโอมากกว่าธาตุอื่นๆ ส่วนเหล็ก

และแมงกานีสน่าจะจะมีปัญหาน้อย 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

ทางโครงการฯ ได้นำผลการวิเคราะห์ใบของสวนตัวอย่างทั้ง 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 เกษตรกรเจ้าของสวนเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมี 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 และต้นล้มทรุดโทรมจากปัญหาน้ำท่วม
- สวน Pak06 : ความผิดปกติของสมดุลคล้าย Pak05 เนื่องจากเป็นสวนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เกษตรกรหยุดใช้ปุ๋ยมาเป็นเวลานาน และต้นล้มทรุดโทรมจากปัญหาน้ำท่วม น่าจะเป็นสาเหตุให้สัดส่วนของ N ต่ำมาก (ตารางที่ 4-6)
- สวน Pak07 : ปัญหาความไม่สมดุลของ Ca และ Mg ของสัมไอสวนนี้น่าจะเกิดจากสาเหตุเดียวกับสวนอื่นๆ ในพื้นที่ อ.ปากพอง แต่ปัญหา N และ P กลับรุนแรงกว่า ซึ่งน่าจะเกิดจากเกษตรกรเจ้าของสวนมุ่งเน้นใช้ปุ๋ย “อินทรีย์ชีวภาพ” ที่ด้อยคุณภาพและมีธาตุอาหารต่ำ ทำให้สัมไอได้รับ N ไม่เพียงพอ ดินในพื้นที่ อ.ปากพอง 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) แต่ยังคงพบว่า สัมโอสวนนี้ดูใช้ N ได้ต่ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากดินในพื้นที่เป็นด่าง ทำให้อัตราการสูญเสียของปุ๋ยสูง ซึ่งเป็นปัญหาล้ำยากับสวนอื่นในพื้นที่นี้ (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 ถึงแม้จะมีความเข้มข้นสูงมากทั้งธาตุ 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 แต่เกษตรกรปลูกโดยไม่ขุดคุ้ยร่อง 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 สัมไอดูดใช้ K ได้มากทั้งๆ ที่ดินบนมี K ต่ำเพียง 28 mg/kg ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความเข้มข้นของ Ca ต่ำเกินไปนั่นเอง (ตารางที่ 4-6)

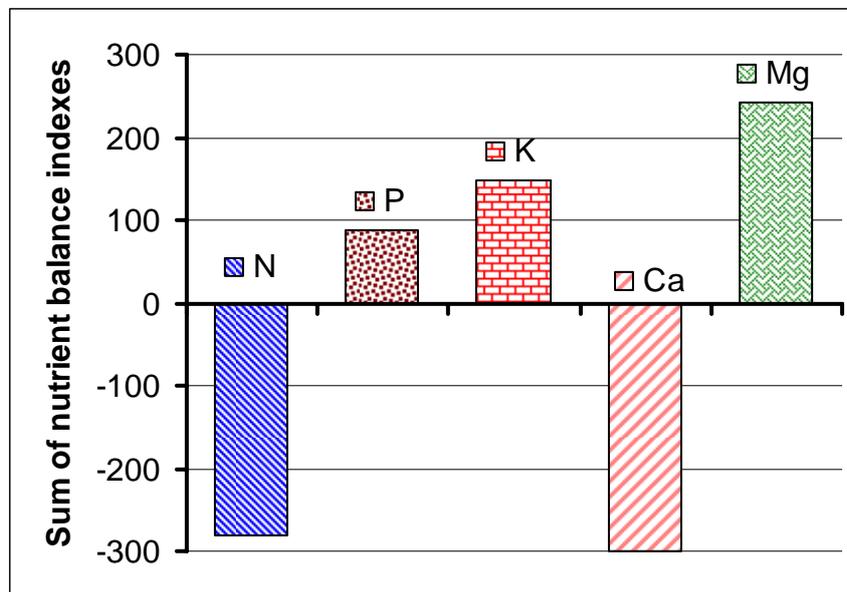
ตารางที่ 4-6 ดัชนีบ่งชี้สมดุล (nutrient balance index : NBI) ค่าเป็นบวกหมายถึงสัมไอดูดใช้ธาตุนั้นได้มากกว่าส่วนอ้างอิง ค่าเป็นลบหมายถึงสัมไอดูดใช้ธาตุนั้นได้น้อยกว่าส่วนอ้างอิง ค่ายิ่งห่างจาก 0 มาก แสดงว่าธาตุนั้นขาดสมดุลมาก และควรพิจารณาแก้ไขก่อน

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 : สัมไอดูดใช้ Ca ได้น้อยในขณะที่ดูดใช้ K ได้มาก ทั้งๆ ที่ความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในดินต่ำทั้งคู่ ปัญหาน่าจะเกิดจากสัดส่วนความเข้มข้นที่ไม่สมดุลเช่นเดียวกับสวน Had03 (ตารางที่ 4-6)

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

ผลรวมของดัชนีบ่งชี้สมดุล (NBI) ของสวนที่ให้ผลผลิตต่ำ หรือพืชแสดงความผิดปกติด้านธาตุอาหารจำนวน 27 สวน พบว่า สัมโอดูดใช้ของสวนส่วนใหญ่ดูดใช้ Ca และ N ได้ต่ำ ในขณะที่ดูดใช้ Mg K และ P ได้สูง กรณี Ca น่าจะเนื่องมาจาก เกษตรกรส่วนใหญ่ละเลยการปรับสมดุลของความเข้มข้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่วนกรณี N น่าจะเนื่องมาจาก สัมโอดูดใช้พืชที่ต้องการธาตุอาหารสูง ในขณะที่ในดินมี N น้อยโดยธรรมชาติ เมื่อเกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย หรือใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารต่ำ ทำให้สัมโอดูดใช้ N ได้น้อยตามไปด้วย สัมโอดูดใช้ของสวนส่วนใหญ่ดูดใช้ Mg ได้สูง น่าจะเนื่องมาจากดินของสวนสัมโอดูดส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของธาตุนี้นสูงเมื่อเทียบกับ 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.