

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

สวนส้มโอของนายสำเร็จ กุลวงศ์ เป็นสวนส้มโอที่ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (คปร.) เพื่อขุดคูยกทรงพื้นที่ 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 ดำรับการทดลอง (treatment)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete random design) โดยในแต่ละสวนแบ่งดำรับการทดลองออกเป็น 2 ดำรับ ดำรับละ 5 ซ้ำ (ต้นละ 1 ซ้ำ) ดำรับที่ 1 (T1) จัดการธาตุอาหารเหมือนเกษตรกรปฏิบัติ ส่วนดำรับที่ 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.สิงขล (Sic01) และ อ.ปากพนัง (Pak01) จ.นครศรีธรรมราช

แปลง	ดำรับที่ 1 (T1)	ดำรับที่ 2 (T2)
Sic01	ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา ปีละ 6 กิโลกรัม/ต้น แบ่งใส่ 1 กิโลกรัม/ต้น ทุกๆ 2 เดือน	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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

แต่ละสวนหรือแต่ละต้นทำการศึกษารายข้อมูล ดังนี้

- **สมบัติทางกายภาพของดิน** (เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน) ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินเพียงครั้งเดียวระหว่างการทดลอง เนื่องจากสมบัติเหล่านี้ของดินไม่ได้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการทดลอง ตัวอย่างสำหรับศึกษาเนื้อดินและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เก็บโดยใช้สว่านสำรวจดินเจาะดินบริเวณชายพุ่มของต้นส้มโอแต่ละต้นที่เลือกใช้เป็นต้นทดลอง ต้นละ 4 หลุม ที่ความลึก 0-15 cm และ 15-45 cm นำตัวอย่างที่ได้จากความลึกเดียวกันของแต่ละต้นมาผสมกันเพื่อทำเป็นตัวอย่างร่วม (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 นำตัวอย่างที่ได้จากความลึกเดียวกันของแต่ละต้นมาผสมกันเพื่อทำเป็นตัวอย่างร่วม (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 ส้มโอบนสวนที่ใช้ทดลองที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ก่อนเริ่มทดลองได้ตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่งเหมือนกันทุกต้น ตัดผลที่อยู่บนต้นทิ้งทั้งหมด เพื่อใช้ผลซึ่งเกิดหลังจากใส่สิ่งทดลองแล้ว



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

3. ผลการติดตามธาตุอาหารและสมบัติที่เกี่ยวข้อง : กรณีสวนส้มโอ อ. สีชล จ.

นครศรีธรรมราช

3.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ตัวอย่างดินบนจากสวน Sic01 ประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 24-28 ททรายแป้งร้อยละ 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 ททรายแป้งร้อยละ 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

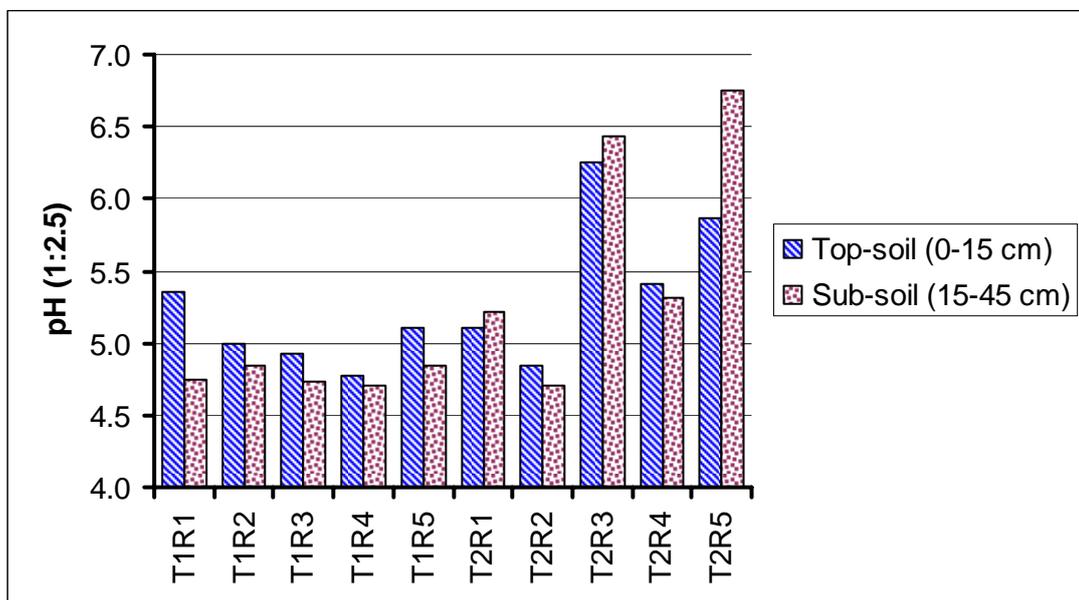
ตารางที่ 3-2 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดินของสวนติดตาม Sic01 อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

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



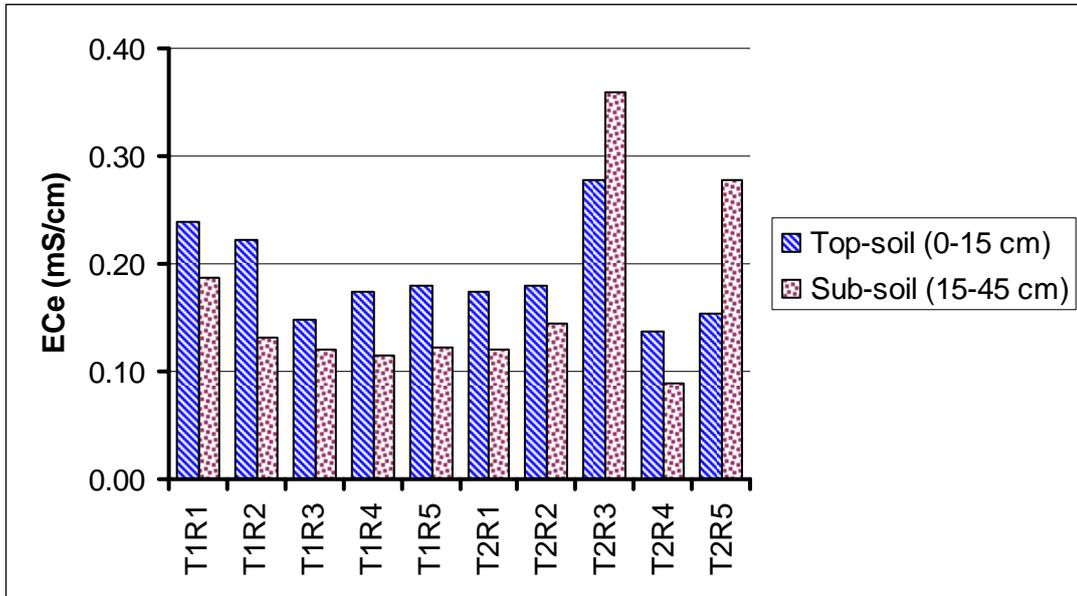
รูปที่ 3-3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) รอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

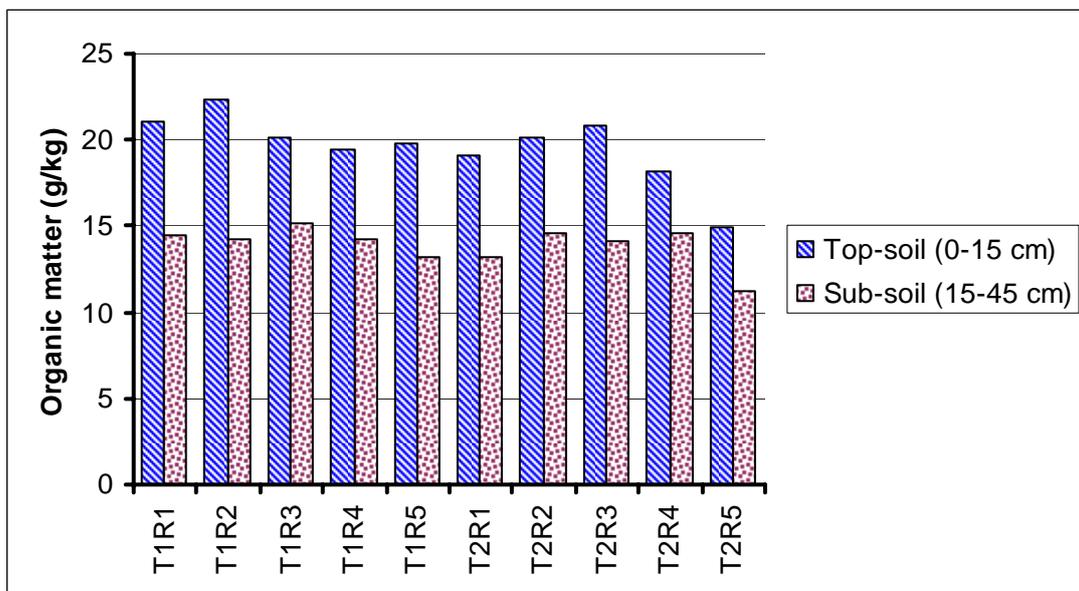
ตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทุกต้นที่เลือกใช้ทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 1 mS/cm ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำมาก ความเค็มของดินจึงไม่เป็นปัญหาใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของส้มโอทุกต้น T2R3 และ T2R5 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าต้นอื่นๆ มาก และดินล่างมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินบน ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากจอมปลวกที่อยู่บริเวณต้นทั้งสอง ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของไอออนที่สูงกว่าด้วยเช่นเดียวกับการเลือกส้มโอต้นที่ 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)



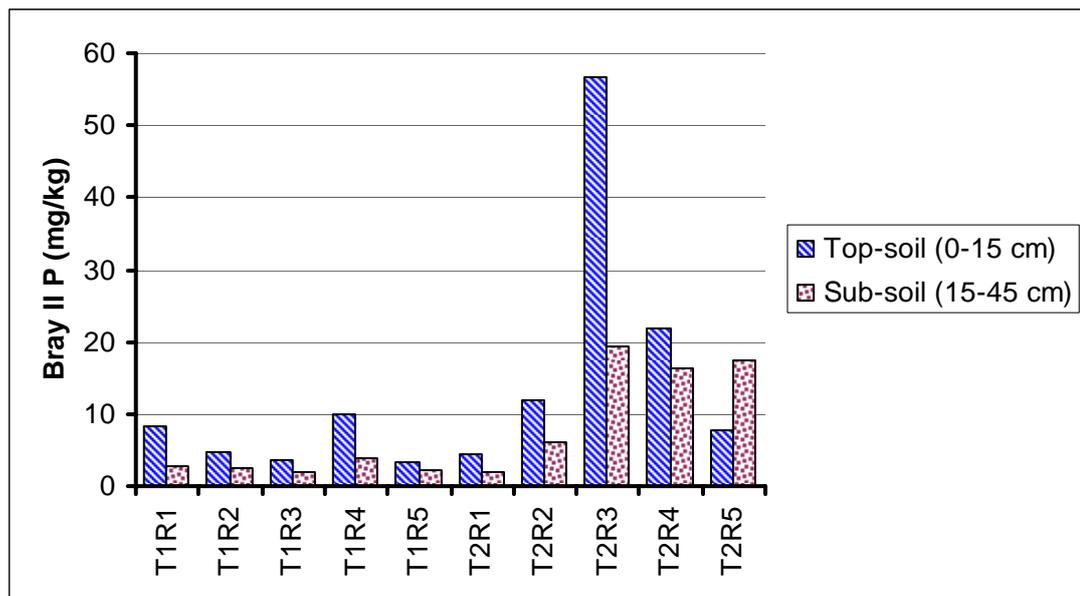
รูปที่ 3-4 ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช



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

3.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

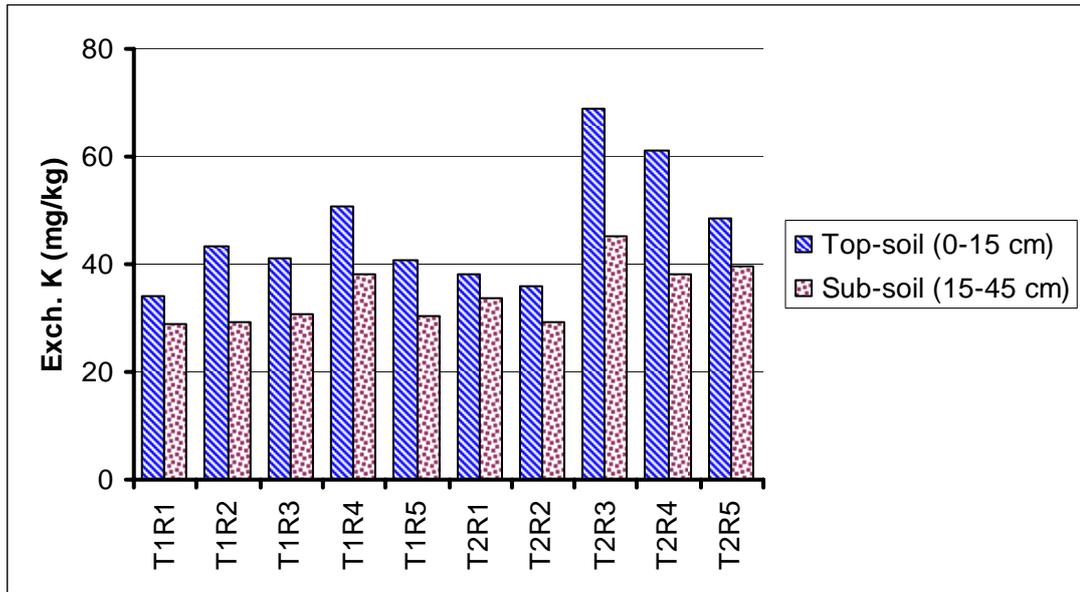
ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองในครั้งนี้พบว่า มีความแปรปรวนสูงมาก ดินบนของต้น T1R1 – T1R5 (ตำรับที่ 1) มีค่าอยู่ในช่วง 3.3 – 10.0 mg/kg ในขณะที่ของต้น T2R1 – T2R5 (ตำรับที่ 2) มีค่าอยู่ในช่วง 4.5 – 56.8 mg/kg ความแปรปรวนนี้น่าจะเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร และจอมปลวกที่อยู่บริเวณโคนต้น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



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

3.2.5 โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความแปรปรวนของโปแทสเซียมในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองคล้ายกับสมบัติและธาตุอาหารอื่นที่กล่าวแล้ว นั่นคือต้นที่ T1R1 – T1R5 (ตำรับที่ 1) มีความแปรปรวนของโปแทสเซียมในดินบนเพียง 34 – 51 mg/kg ในขณะที่ต้นที่ T2R1 – T2R5 (ตำรับที่ 2) มีความแปรปรวนของดินบนในช่วง 36 – 69 mg/kg โดยต้นที่ T2R3 และ T2R4 มีความเข้มข้นของโปแทสเซียมสูงกว่าต้นอื่นอย่างชัดเจน ความแปรปรวนดังกล่าวน่าจะมีสาเหตุจากอิทธิพลของจอมปลวกเช่นเดียวกับสมบัติอื่นที่กล่าวแล้ว (รูปที่ 3-7) ความเข้มข้นของโปแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอส่วนใหญ่ที่เลือกทดลองอยู่ในระดับต่ำมาก ยกเว้นต้นที่ได้รับอิทธิพลจากจอมปลวก ดังนั้นส้มโอน่าจะตอบสนองต่อปุ๋ยโปแทสเซียม ผลการสังเกตอาการของพืชไม่พบความผิดปกติใดๆ ที่บ่งชี้การขาดโปแทสเซียม การเลือกใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ซึ่งมีโปแทสเซียมในสัดส่วนที่สูงจึงน่าจะเป็นการคาดคะเนที่เหมาะสม



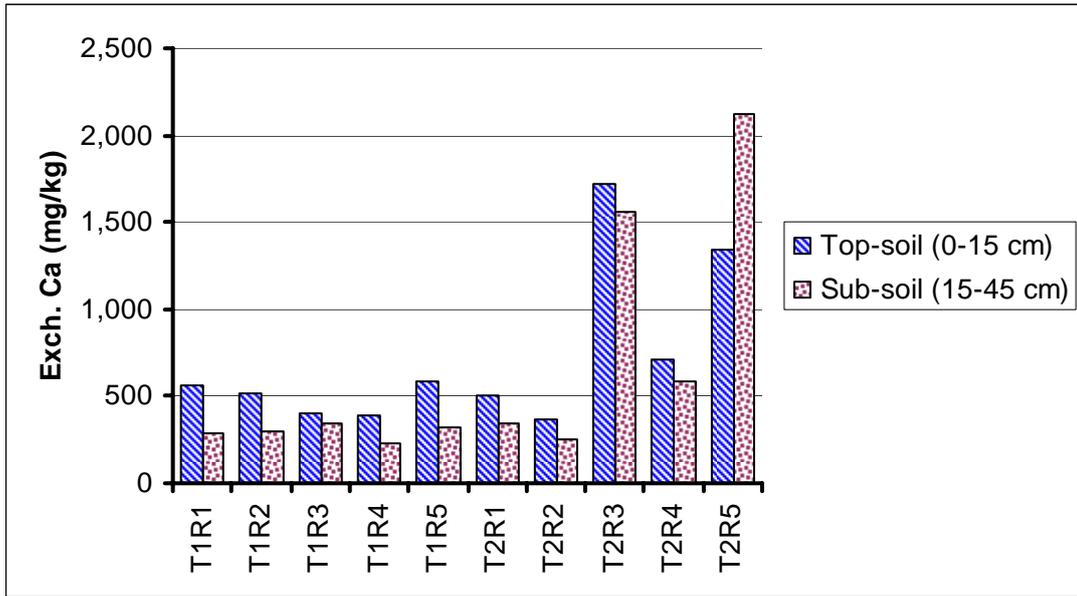
รูปที่ 3-7 ความเข้มข้นโพแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.6 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

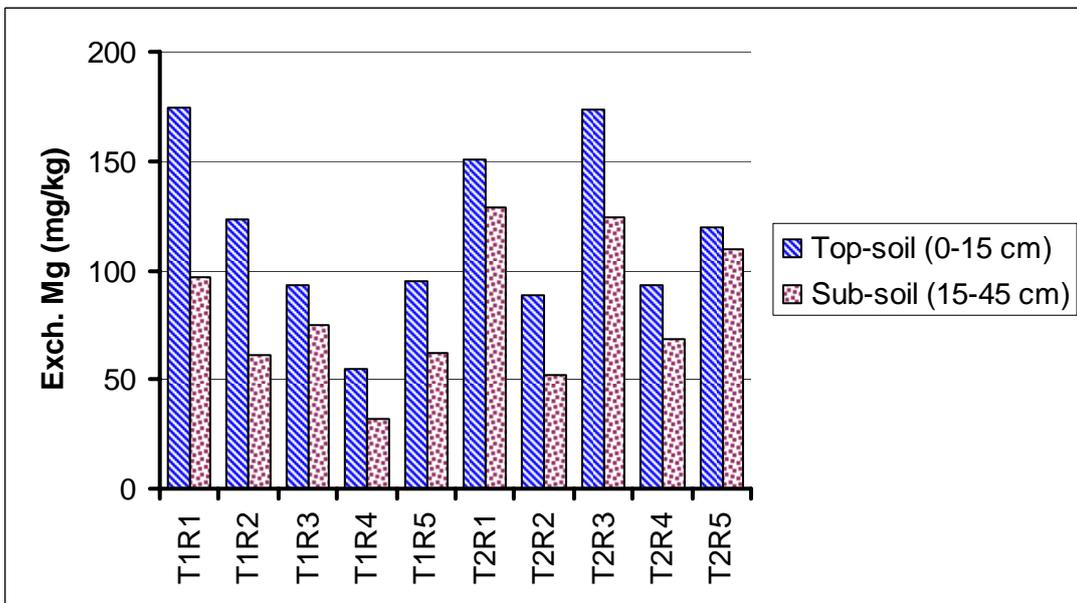
ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นส้มโอที่เลือกทดลองมีความแปรปรวนทำนองเดียวกับโพแทสเซียม นั่นคือ ตัวอย่างดินจากทั้ง 5 ต้นของตำรับที่ 1 (T1R1 – T1R5) มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงแคบๆ เพียง 392 – 586 mg/kg (ดินบน) ส่วนตำรับที่ 2 มีความแปรปรวนในช่วงกว้างถึง 372 – 1,718 mg/kg (ดินบน) โดยปัจจัยที่ทำให้ตัวอย่างดินจาก T2R3 และ T2R5 มีความเข้มข้นสูงกว่าต้นอื่นๆ มากจนผิดปกติเช่นเดียวกับสมบัติอื่นที่กล่าวแล้ว (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 การปรับปรุงดินด้วยโดโดไมท์จึงน่าจะช่วยให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดินของตำรับที่ 2 สูงขึ้นมาอยู่ในระดับเพียงพอทุกต้น



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



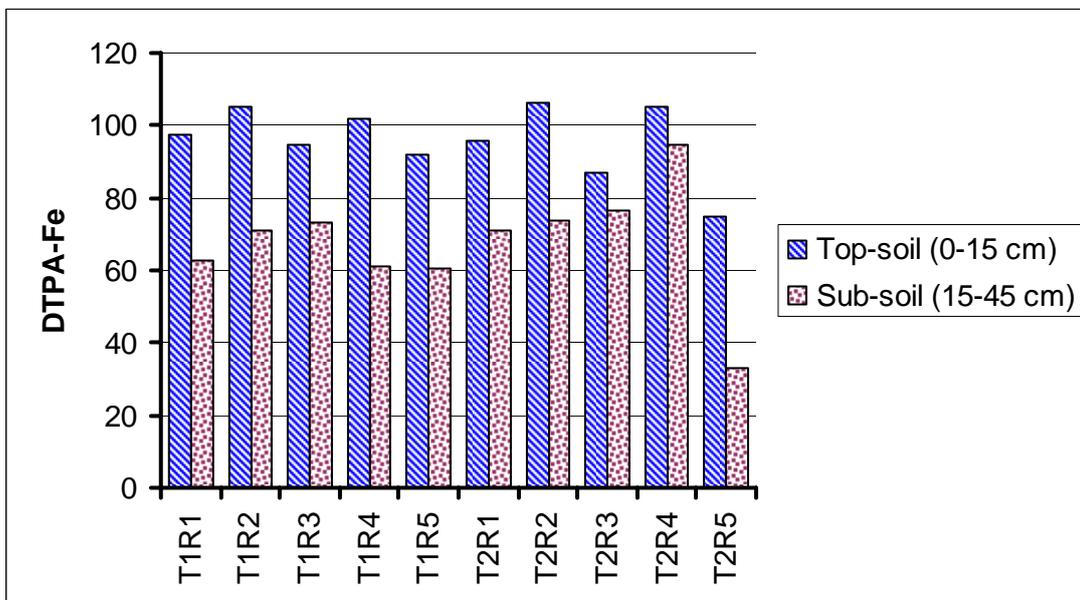
รูปที่ 3-9 ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.2.8 เหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

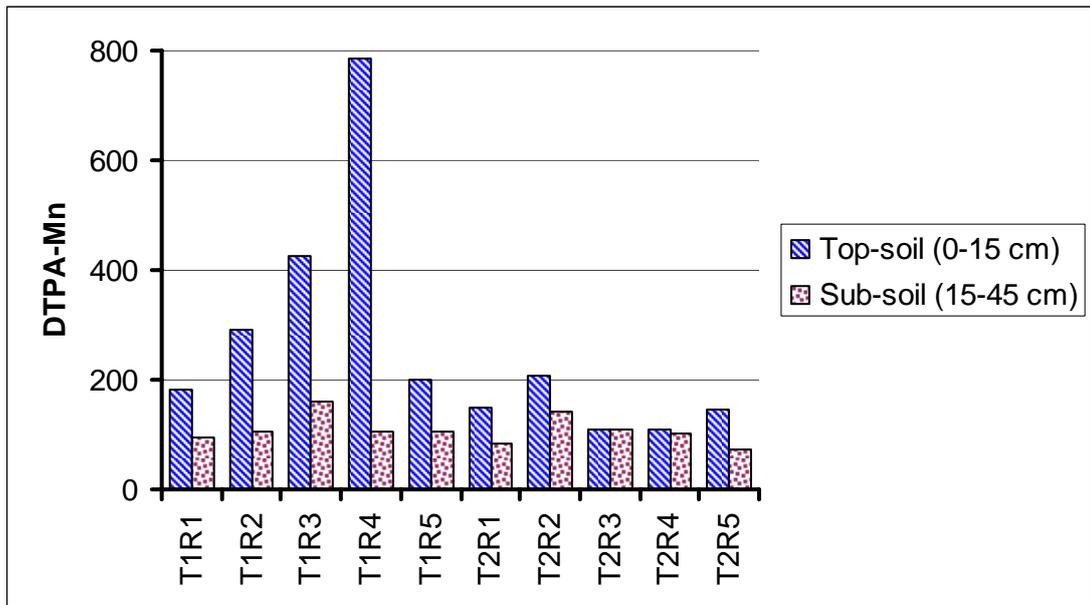
ความเข้มข้นของเหล็กในดินทุกตัวอย่างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ยกเว้น T2R5 ซึ่งมีเหล็กต่ำกว่า ตัวอย่างอื่น ดินบนมีเหล็ก 96 ± 10 mg/kg ในขณะที่ดินล่างมีเหล็กเพียง 68 ± 16 mg/kg ความเข้มข้นของเหล็กในระดับนี้ถือว่ามากเกินไปเกินความต้องการของพืช (รูปที่ 3-10)

3.2.9 แมงกานีสที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

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



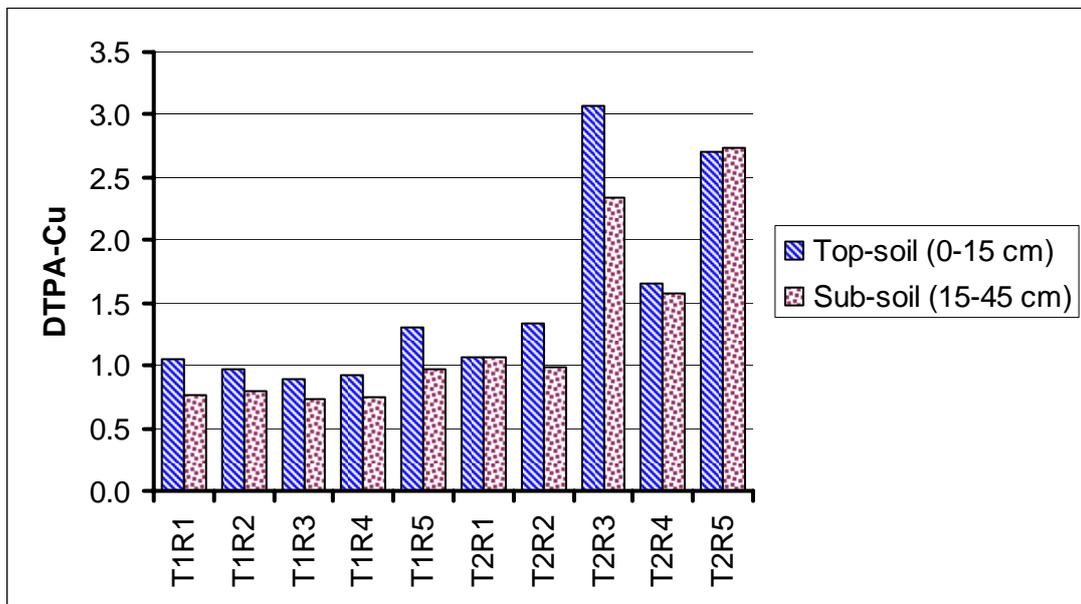
รูปที่ 3-10 ความเข้มข้นของเหล็กในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช



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

3.2.10 ทองแดงที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA

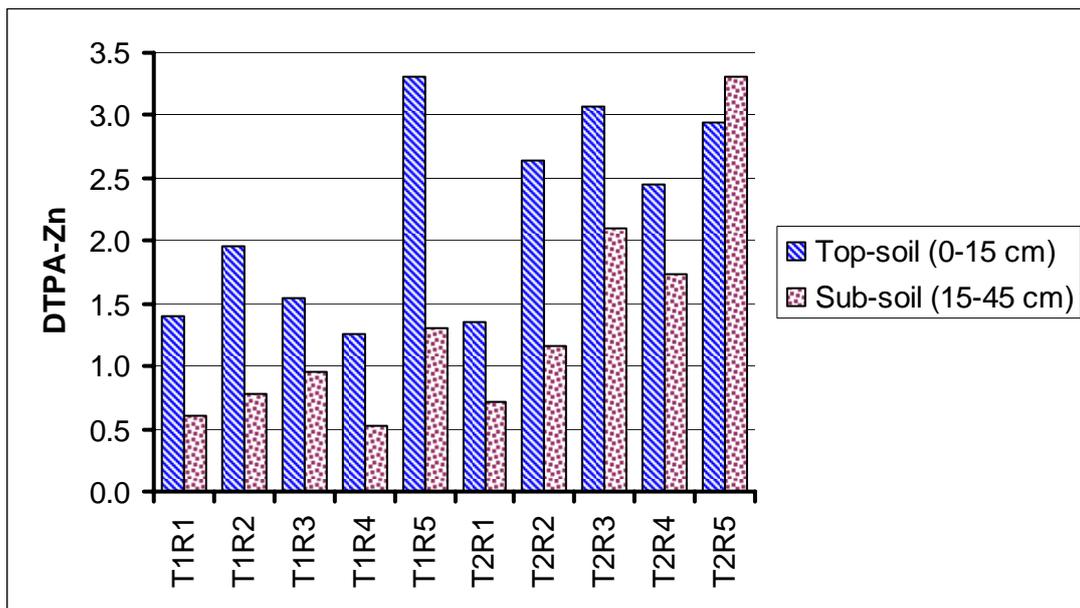
ความเข้มข้นของทองแดงในตัวอย่างดินจากบริเวณใต้ทรงพุ่มของทุกต้นใกล้เคียงกัน ยกเว้น T2R3 และ T2R5 ซึ่งมีทองแดงสูงกว่าต้นอื่นๆ มาก ตัวอย่างดินจากตำรับที่ 1 ทั้ง 5 ต้น มีความเข้มข้นของทองแดงใกล้เคียงหรือต่ำกว่า 1 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ค่อนข้างต่ำ (รูปที่ 3-12)



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 (บที่ 4) แต่พบว่า สัมโอแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน การหว่านสังกะสีบริเวณโคนต้นตำรับที่ 2 (T2R1 – T2R5) จึงน่าจะช่วยให้ความเข้มข้นของสังกะสีมีความแตกต่างระหว่างตำรับมากขึ้น



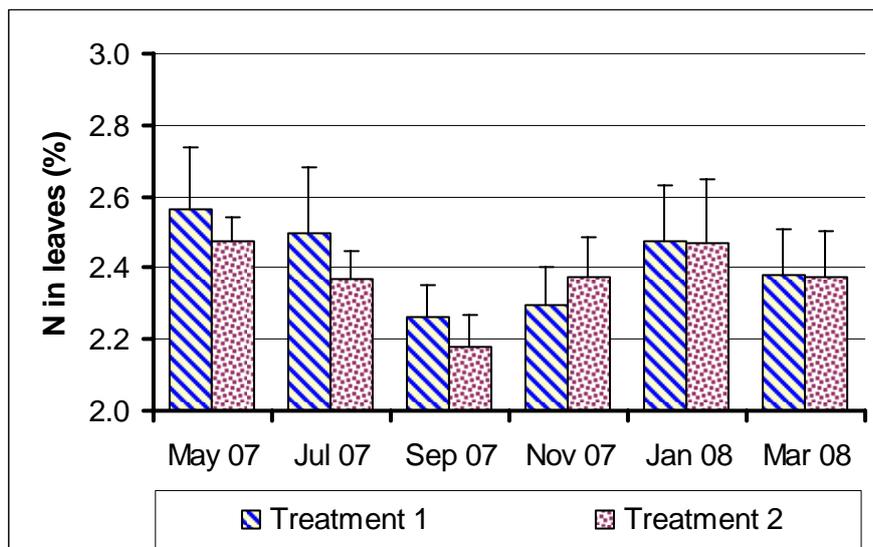
รูปที่ 3-13 ความเข้มข้นของสังกะสีในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโบ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโบได้เริ่มเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นชุดโบที่แตกโบอ่อนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 จากนั้นเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 เดือน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ได้เปลี่ยนเป็นเก็บตัวอย่างจากชุดโบที่แตกในเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 แทน

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน

โบชุดแรกพบว่า ไนโตรเจนลดลงตามอายุโบ ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อโบมีอายุต่างกัน 4 เดือน โบชุดที่ 2 พบว่า ไนโตรเจนมีความเข้มข้นสูงสุดในเดือนที่ 4 จากนั้นลดลงทำนองเดียวกับโบชุดแรก ความเข้มข้นของไนโตรเจนในโบชุดแรกพบว่า ตำรับที่ 2 มีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับที่ 1 ส่วนโบชุดที่ 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

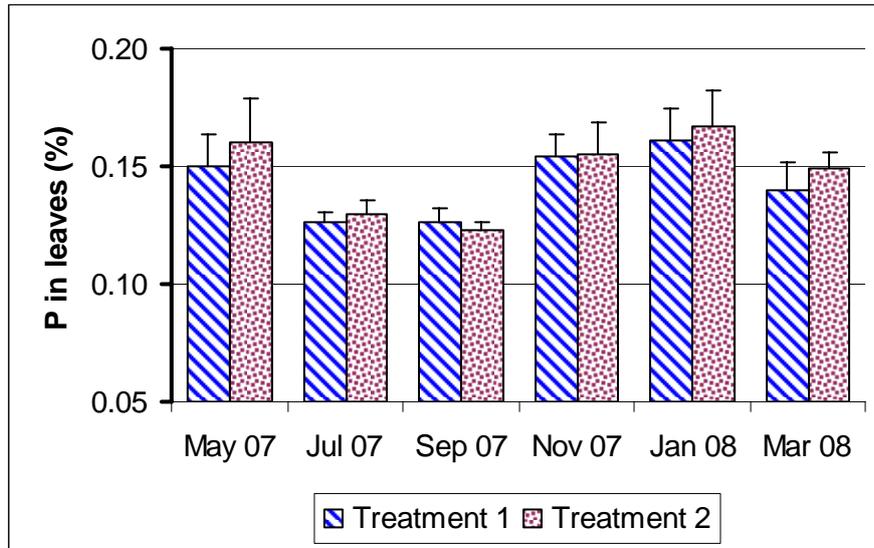
ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับไนโตรเจน นั่นคือความเข้มข้นในใบชุดที่ 1 มีแนวโน้มลดลงตามอายุใบ ส่วนใบชุดที่ 2 พบว่า ใบอายุ 4 เดือน มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงสุด และลดลงเมื่ออายุ 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบใบที่มีอายุเท่ากันระหว่างชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบว่า ใบชุดที่ 2 มีความเข้มข้นสูงกว่า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

3.3.3 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียม

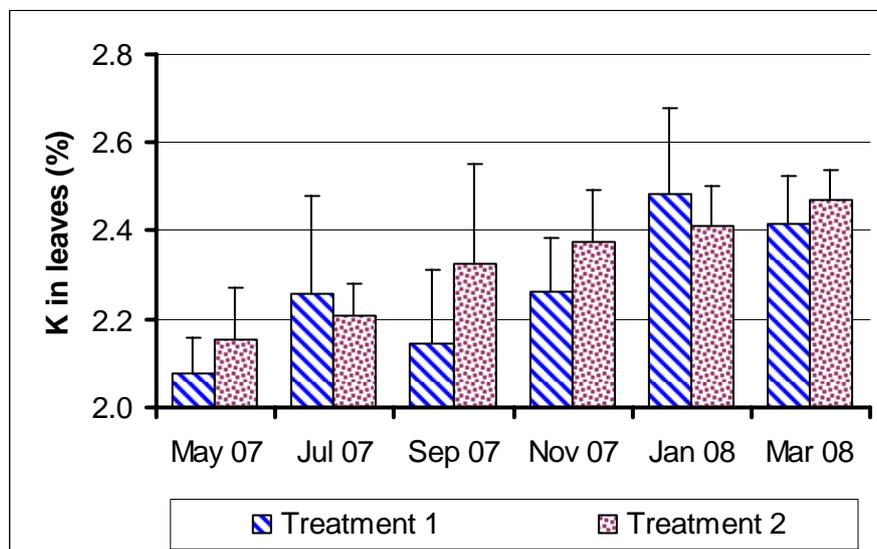
ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ทุกๆ 2 เดือน และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับทดลอง (รูปที่ 3-16)

3.3.4 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียม

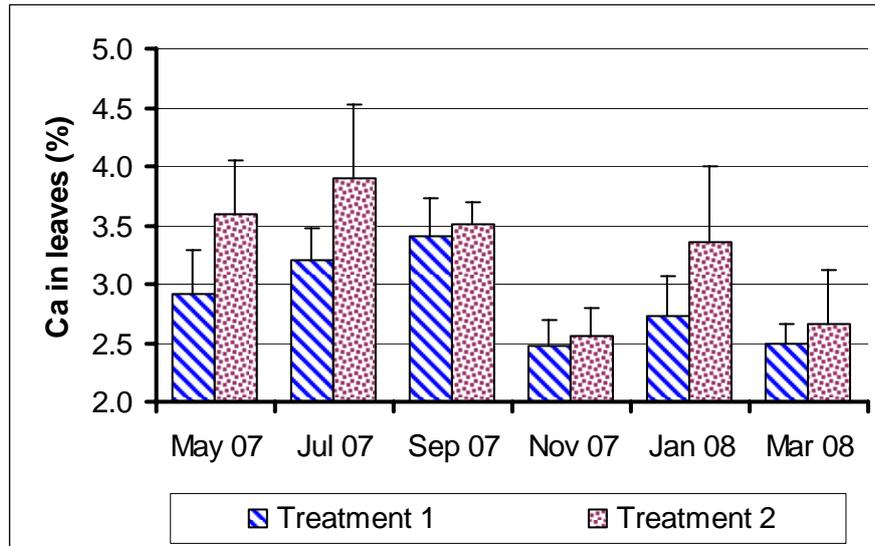
ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบชุดที่ 1 สูงกว่าชุดที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากสมบัติความเป็นปฏิปักษ์ระหว่างแคลเซียมและโพแทสเซียม ในใบชุดที่ 2 ส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงขึ้นมาก ทำให้ดูดใช้แคลเซียมได้ต่ำลง ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบส้มโอดำรับที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของโดโลไมท์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



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



รูปที่ 3-16 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สีชล 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

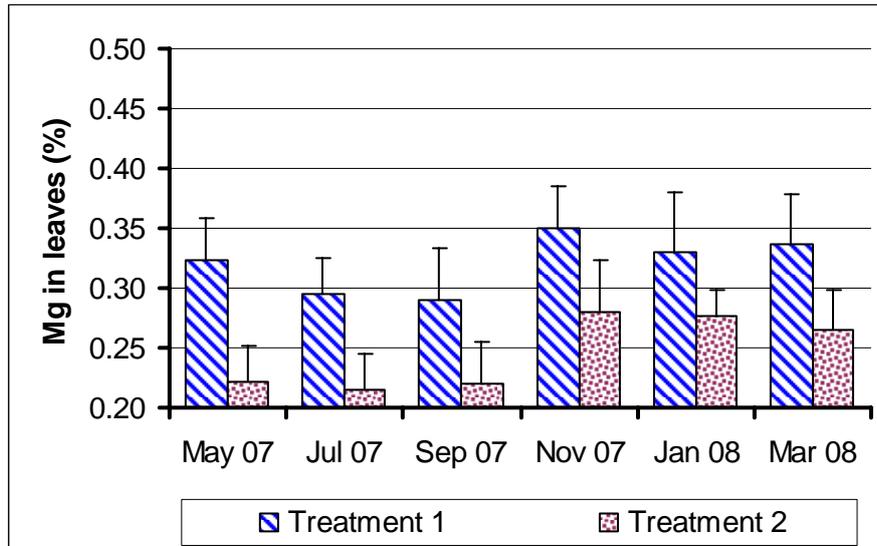
3.3.5 การเปลี่ยนแปลงของแมกนีเซียม

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบตำรับที่ 1 สูงกว่าตำรับที่ 2 อย่างชัดเจน ทั้งใบชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ส้มโอตำรับที่ 2 ทุกต้นได้รับแมกนีเซียมทั้งในรูปดีเกลือ ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) และโดโลไมท์ ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) แต่กลับพบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าส้มโอที่ไม่ได้ใส่แมกนีเซียม สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสมบัติการเป็นปฏิปักษ์ของแมกนีเซียมกับโพแทสเซียมและแคลเซียม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในดิน ทำให้ส้มโอดูดใช้แมกนีเซียมได้น้อยลง แม้จะใส่แมกนีเซียมลงไปในดิน แต่ก็ไม่ช่วยให้พืชดูดใช้แมกนีเซียมได้สูงขึ้น (รูปที่ 3-18)

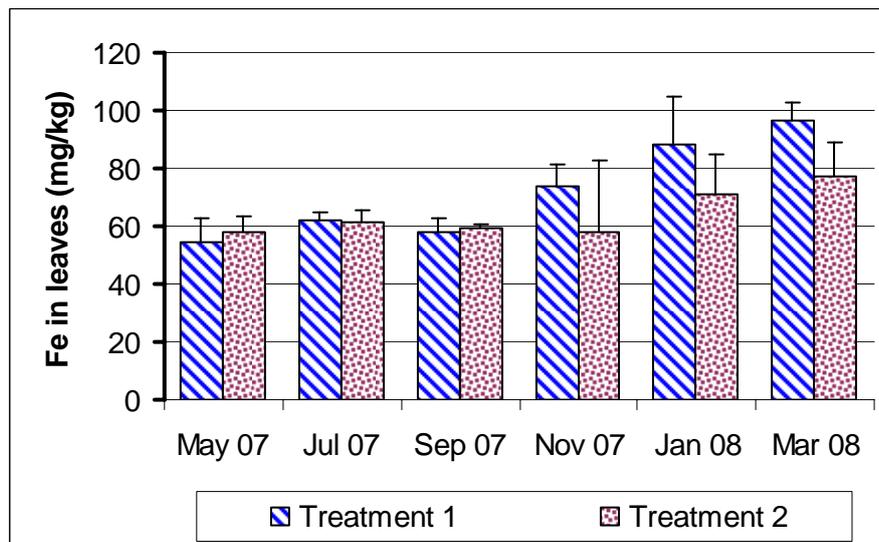
3.3.6 การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี

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

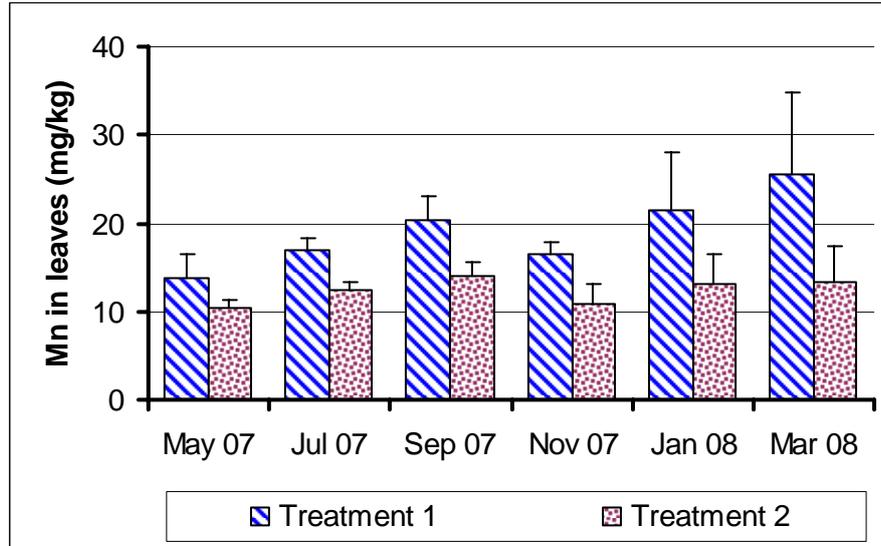
ความเข้มข้นของแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุใบ ทั้งใบชุดที่ 1 และใบชุดที่ 2 ใบส้มโอตำรับที่ 2 มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำกว่าชุดที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเกิดจากดินบริเวณโคนต้นส้มโอ T2R3, T2R4 และ T2R5 มีค่า pH สูงกว่าดินบริเวณโคนต้นส้มโอต้นอื่นๆ แมงกานีสจึงละลายได้น้อย ส่งผลให้ส้มโอดูดใช้แมงกานีสได้น้อยตามไปด้วย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

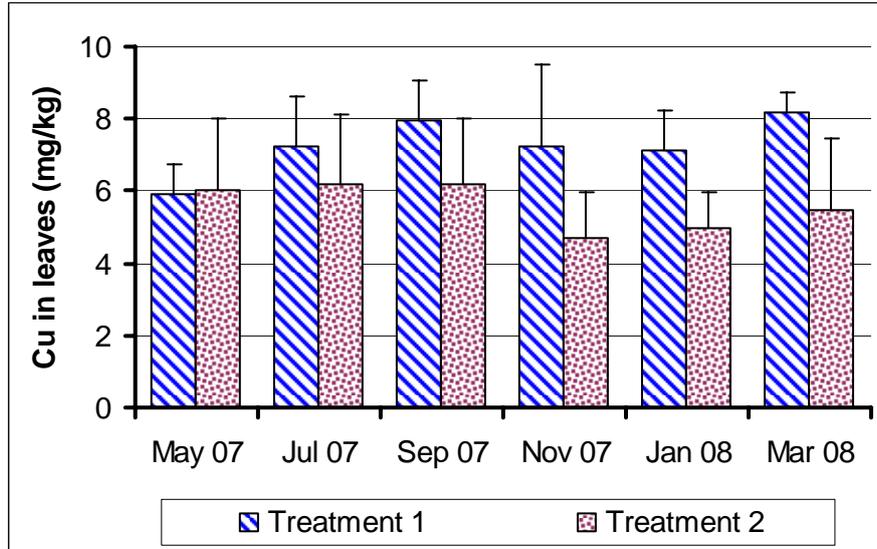


รูปที่ 3-20 การเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01)

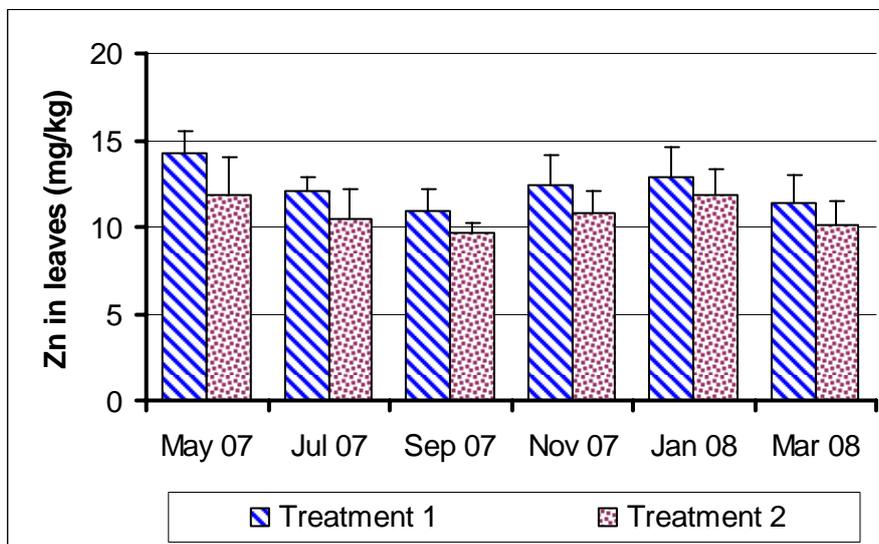
ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน

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.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม เป็นชุดใบที่แตกในเดือนกันยายน



รูปที่ 3-22 การเปลี่ยนแปลงของสังกะสีในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ตัวอย่างเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน เป็นชุดใบที่แตกในเดือนมีนาคม ส่วนตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 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 พร้อมกับ การติดตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และธาตุอาหารในใบของส้มโอ

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

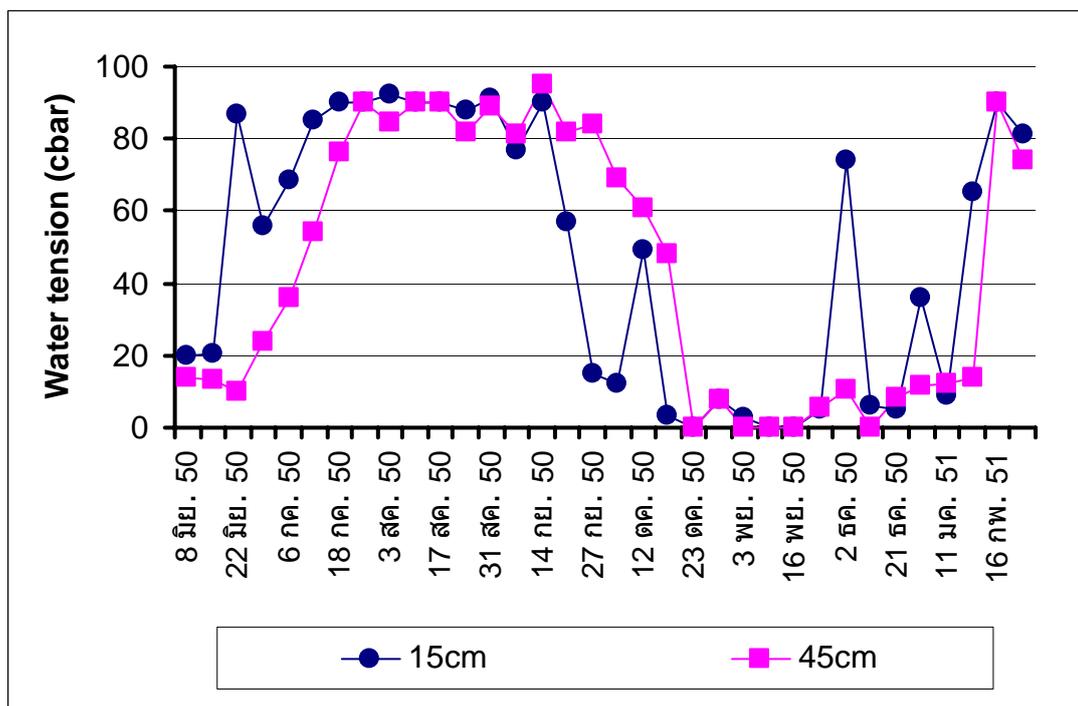


รูปที่ 3-23 การติดตั้ง tensiometer เพื่อวัดความเครียดน้ำในแปลงติดตามธาตุอาหารที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) โดยติดตั้งที่ระดับความลึก 15 และ 45 เซนติเมตร ระดับความลึกละ 2 อัน

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

การวิจัยครั้งนี้ได้ตัดแต่งกิ่งและตัดผลที่ติดอยู่บนต้นกิ่งในวันที่ 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.สีชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2550 – กุมภาพันธ์ 2551 ค่าที่เกิน 80 cbar เป็นค่าที่อยู่นอกเหนือความสามารถของเครื่องมือวัด

3.4 พัฒนาการของผล

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



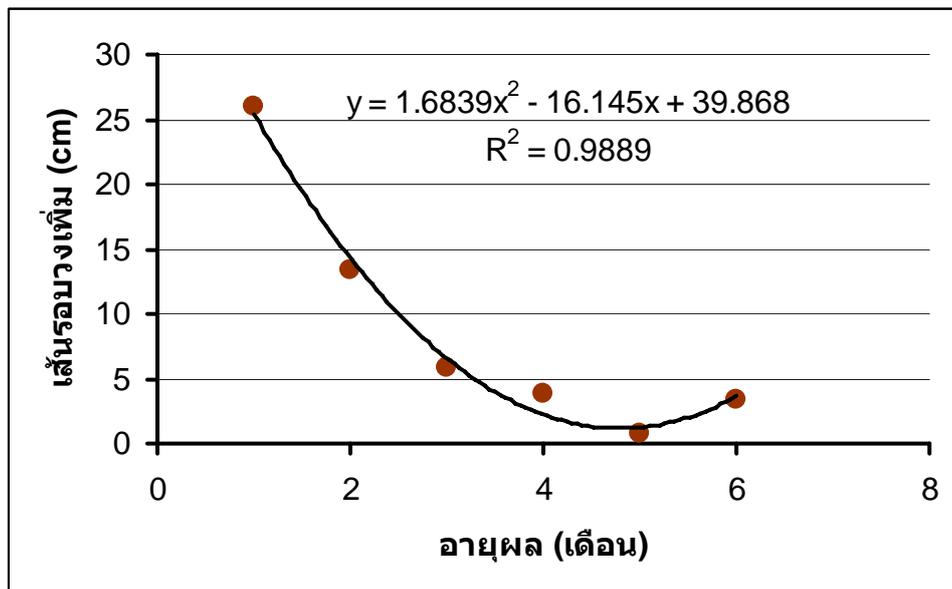
รูปที่ 3-25 การห่อผลส้มโอสวนแปลงทดลอง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) เพื่อป้องกันการทำลายของแมลง แต่การห่อผลยังคงพบปัญหาการถูกทำลายด้วยมด เพลี้ยแป้ง และราดำ

3.4.1 เส้นรอบวงผล

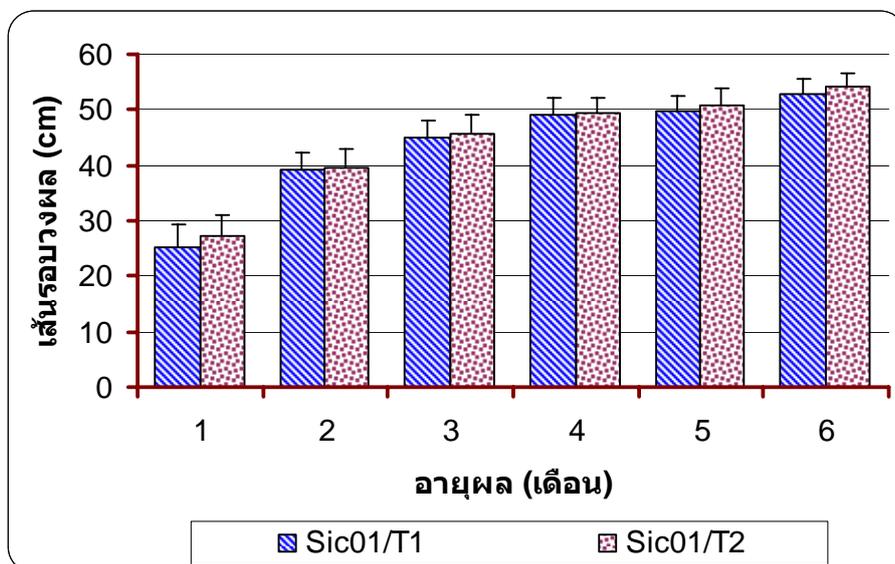
การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดเส้นรอบวงของผลเดือนละ 1 ครั้ง ในช่วงการติดผล 1 – 6 เดือน โดยเลือกวัดเฉพาะผลที่ทำเครื่องหมายไว้เท่านั้น เพื่อลดความแปรปรวน ในเดือนแรกวัดประมาณ 10 ผล/ต้น และจำนวนลดลงเหลือประมาณ 2 ผล/ต้น ในเดือนสุดท้าย เนื่องจากผลส่วนหนึ่งร่วงหล่น ถูกแมลงทำลาย และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์องค์ประกอบผลและธาตุอาหาร 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 หรือพืชอาจตอบสนองต่อการพัฒนาการอย่างอื่น (รูปที่ 3-27)



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

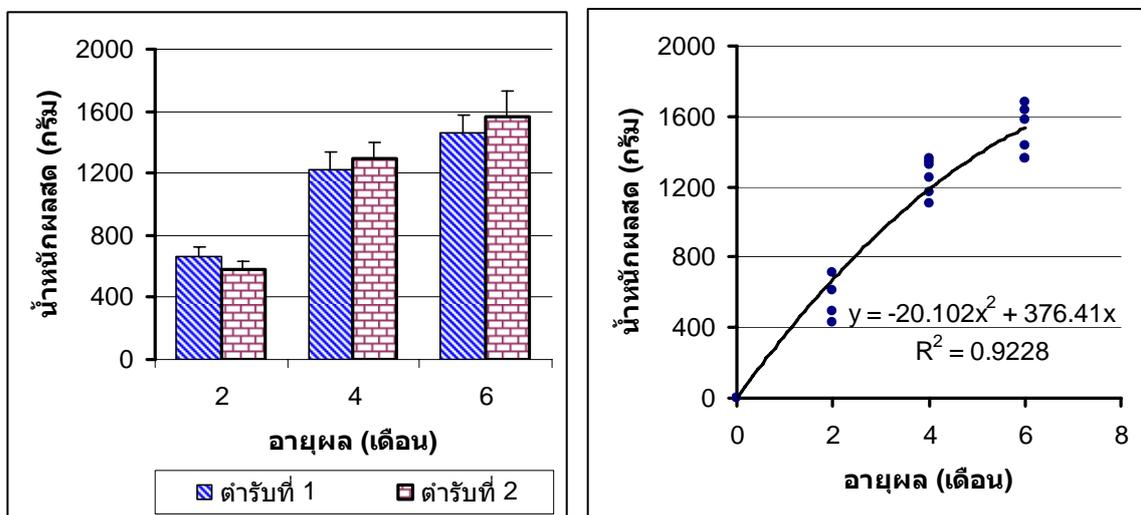


รูปที่ 3-27 เส้นรอบวงของผลส้มโอของสวนติดตามธาตุอาหาร อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช (Sic01) ผลส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

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 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างประกอบน่าจะเกิดขึ้นมากในระยะหลังจากผลมีอายุ 4 เดือน ไปแล้ว ซึ่งย่อมจะส่งผลให้ความต้องการใช้ธาตุอาหารน่าจะลดลงด้วย



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

ส้มโอที่ศึกษาเกิดจากดอกที่ออกระหว่างวันที่ 14 – 20 กันยายน 2550

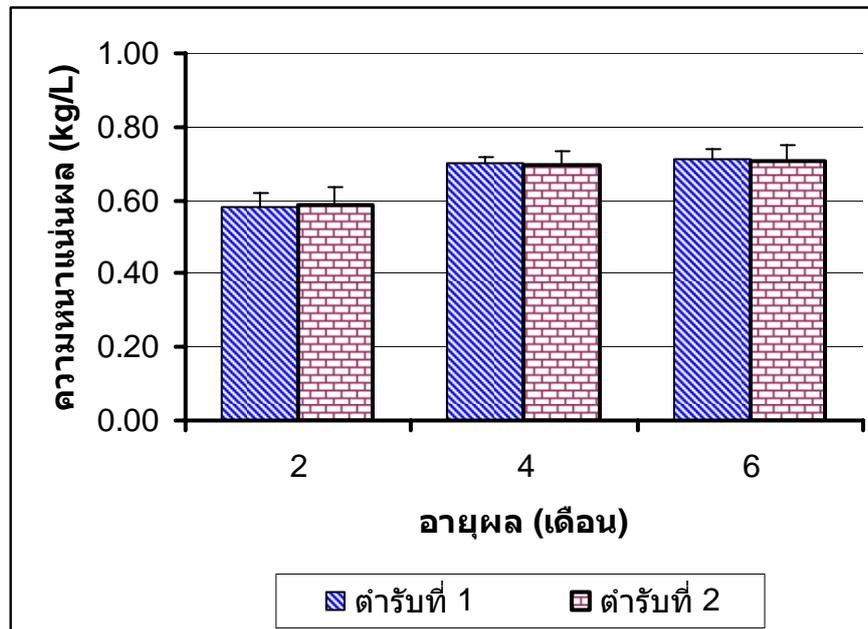
ซ้าย : กราฟแสดงน้ำหนักผลสดของผลส้มโอแยกตำรับการทดลอง

ซ้าย : กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลส้มโอโดยไม่แยกตำรับทดลอง

3.4.3 ความหนาแน่นผล

จากการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของผลมีค่าประมาณ 0.58 กิโลกรัม/ลิตร เมื่อส้มโอมีอายุ 2 เดือน จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.70 กิโลกรัม/ลิตร เมื่อผลมีอายุ 4 เดือน และความหนาแน่นเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลยเมื่อส้มโอมีอายุมากขึ้นกว่านี้ 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)

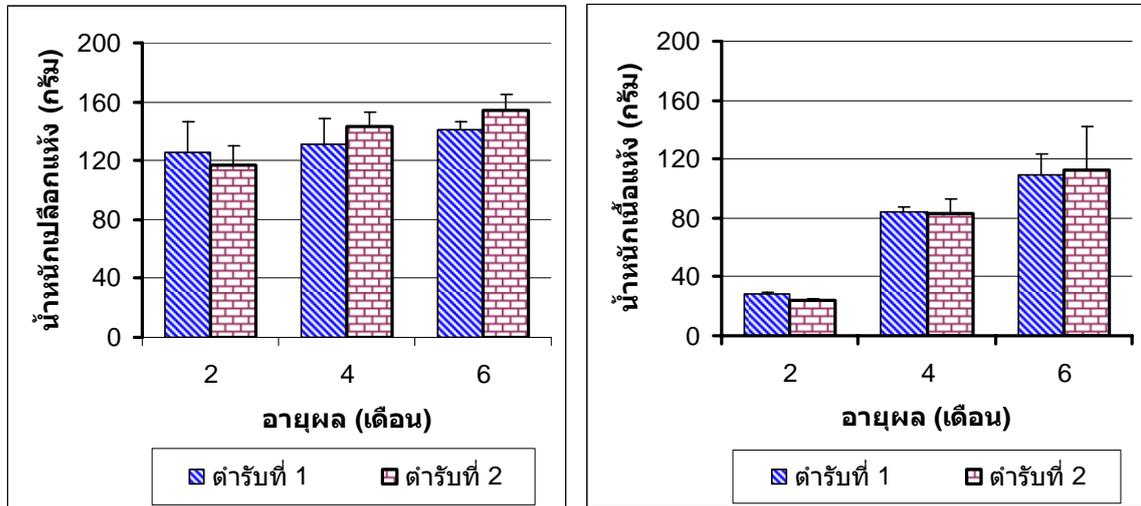
น้ำหนักแห้งของเนื้อผลน้อยกว่าเปลือกมากที่ระยะ 2 เดือน แต่หลังจากนั้นน้ำหนักแห้งของเนื้อผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังคงน้อยกว่าน้ำหนักแห้งเปลือกที่ระยะเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งเนื้อผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับทดลอง (รูปที่ 3-30)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ส้มโอใช้ธาตุอาหารส่วนใหญ่ในการสร้างเปลือกในระยะ 2 เดือนแรกของการพัฒนาผล และหลังจากนั้นธาตุอาหารส่วนใหญ่จึงใช้เพื่อการสร้างเนื้อผล

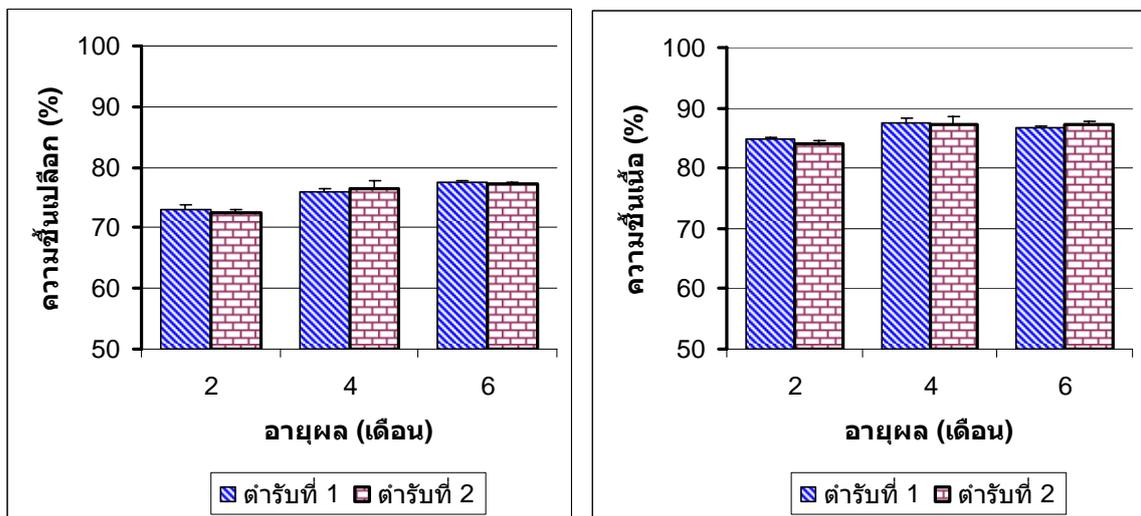
3.4.5 ความชื้นของเนื้อและเปลือก

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) ความชื้นในเปลือกและเนื้อของผลส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาพัฒนาการของผล โดยเนื้อผลมีความชื้นมากกว่าเปลือกประมาณ 10 %



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



รูปที่ 3-31 ความชื้นของเปลือกและเนื้อผลของส้มโอจากสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ลือชา 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 และค่าของน้ำส้มโอตำรับที่ 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 น้ำส้มโอจากตำรับที่ 2 ที่อายุ 4 เดือน มีกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าตำรับที่ 1 แต่เมื่อส้มโออายุ 6 เดือน พบว่า มีกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3-3)

3.5.5 ดัชนีรสชาติ

ดัชนีรสชาติคำนวณจากของแข็งที่ละลายน้ำได้หารด้วยกรดที่ไทเทรตได้ (หน่วย %) จากการศึกษพบว่า น้ำส้มโอที่อายุ 6 เดือน มีดัชนีรสชาติสูงขึ้นทั้งตำรับที่ 1 และที่ 2 โดยตำรับที่ 2 มีค่าดัชนีรสชาติสูงกว่าตำรับที่ 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 สมบัติและองค์ประกอบของน้ำส้มโอเก็บตัวอย่างจากการทดลองตำรับที่ 1 และตำรับที่ 2 เมื่อผลส้มโออายุ 4 เดือน และ 6 เดือน (สวนทดลอง อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช)

คุณสมบัติ	ตำรับที่ 1		ตำรับที่ 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 ตำรับการทดลองละ 3 ผล นำมาแยกเปลือกและเนื้อ (รวมเมล็ด) อบที่อุณหภูมิ 70 °C จนแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของแต่ละส่วน แล้วคำนวณปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในแต่ละส่วนประกอบ ผลการศึกษาพบว่า

3.6.1 ปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนในเปลือกก่อนข้างคงที่ตลอดอายุผล ผลที่อายุ 2 และ 6 เดือน มีไนโตรเจนอยู่ในเปลือกใกล้เคียงกัน ทั้งๆ ที่ผลอายุ 2 เดือน มีขนาดและน้ำหนักน้อยกว่ามาก (หัวข้อ 3.4) ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุผลสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ผลมีอายุ 6 เดือน) ปริมาณรวมของไนโตรเจนในผลจากตำรับที่ 2 สูงกว่าตำรับที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3-4)

3.6.2 ปริมาณฟอสฟอรัส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในเปลือกและเนื้อตามอายุผล คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน และเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว ปริมาณรวมของฟอสฟอรัสในผลจากตำรับที่ 2 สูงกว่าตำรับที่ 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 สัมโอดำรับที่ 2 สามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้มากกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเนื่องมาจาก สัมโอดำรับที่ 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 สัมโอดำรับที่ 2 ดูดใช้แคลเซียมได้มากกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งอาจเนื่องมาจากสัมโอดำรับที่ T2R3 และ T2R5 มีแคลเซียมในดินรอบทรงพุ่มสูงกว่าต้นอื่น (รูปที่ 3-8) รวมทั้งอิทธิพลจากการใช้ปุ๋ยโดโลไมท์

3.6.5 ปริมาณแมกนีเซียม

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งในเปลือกและเนื้อผลเพิ่มขึ้นตามอายุทั้งสองตำรับการทดลอง โดยปริมาณในเปลือกมากกว่าในเนื้อทุกระยะของการพัฒนาผลเช่นเดียวกับแคลเซียม ผลสัมโอดำรับที่ 1 มีปริมาณแมกนีเซียมในเปลือกและปริมาณรวมมากกว่าจากตำรับที่ 2 สอดคล้องกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบ ซึ่งพบว่า ใบสัมโอดำรับที่ 1 มีความเข้มข้นสูงกว่าตำรับที่ 2 (รูปที่ 3-18) ทั้งๆ ที่สัมโอดำรับที่ 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 สัมโอดำรับที่ 1 ดูดใช้เหล็กได้เร็วกว่า 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 แต่สัมเอนกลับไม่ตอบสนอง ค่า pH ของดินมีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลมากกว่า (ตารางที่ 3-4)

ตารางที่ 3-4 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละส่วนประกอบของผล ที่อายุ 2 4 และ 6 เดือน

ข้อมูลได้จากผลการศึกษาดร. สัมเอนที่ อ. สิขล 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) ซึ่งจะเห็นว่าดินล่างมีความแปรปรวนของขนาดอนุภาคมากกว่าดินบน เมื่อจำแนกเนื้อดินตามระบบ IUSS มีเนื้อดินเป็น Light clay และเมื่อจำแนกตามระบบ USDA มีเนื้อดินเป็น clay เนื้อดินของสวน Pak01 จึงเป็นอุปสรรคต่อการจัดการน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเนื้อดินเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ และการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่ให้กับพืชทางผิวดิน ผู้วิจัยคิดว่าควรหาวิธีแก้ไขปัญหานี้ โดยวิธีต่างๆ เช่น การหว่านแกลบ ซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อช่วยเพิ่มช่องว่างในดิน

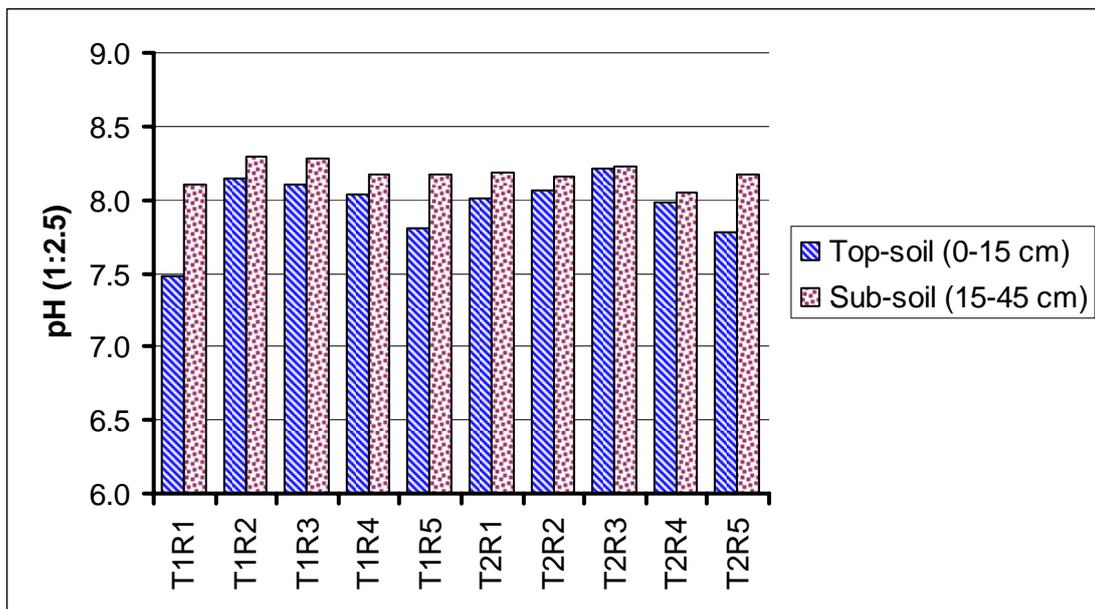
ตารางที่ 3-5 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดินของสวนติดตาม อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

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)

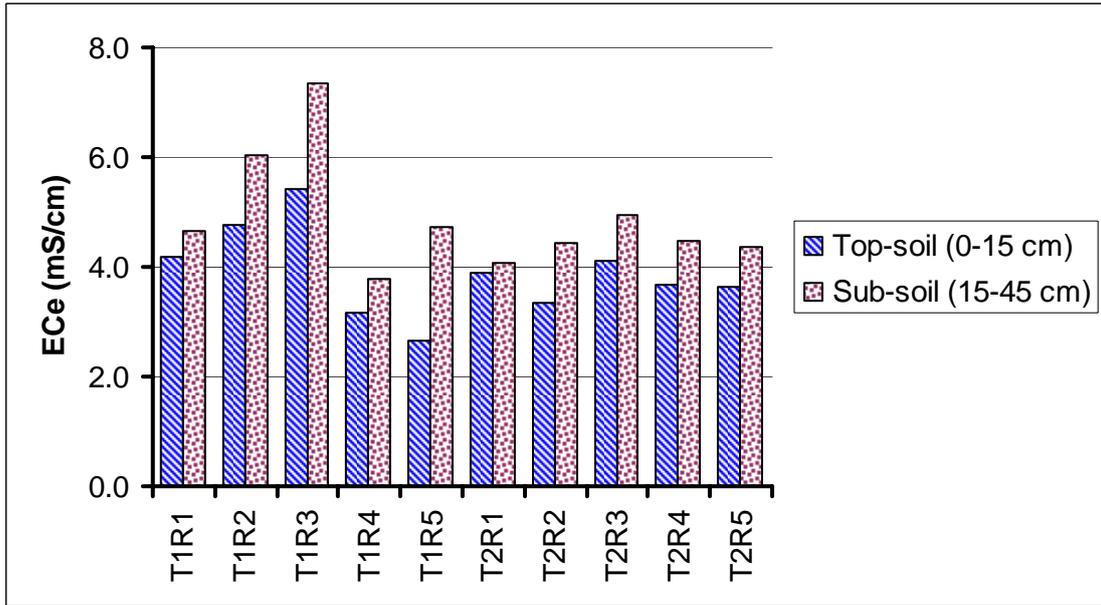
ความเป็นกรดเป็นด่างของดินรอบทรงพุ่มส้มโอสวน อ.ปากพนัง (Pak01) พบว่า ทั้งตำรับที่ 1 และตำรับที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.5 – 8.5 ดินบนมีค่า pH ต่ำกว่าดินล่างเล็กน้อยทุกตัวอย่าง (รูปที่ 3-32) ดังนั้น จึงถือได้ว่า ค่า pH ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง การทดลองไม่ได้ใส่ปุ๋ยเหมือนสวน อ.สิชล จึงเป็นการคาดคะเนที่ถูกต้อง ค่า pH ในระดับนี้ถือว่าสูงสำหรับส้มโอ (บทที่ 4) อย่างไรก็ตาม ค่า pH ไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของส้มโอ แต่ส่งผลโดยอ้อม เช่น การละลายของธาตุอาหาร กิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เป็นต้น



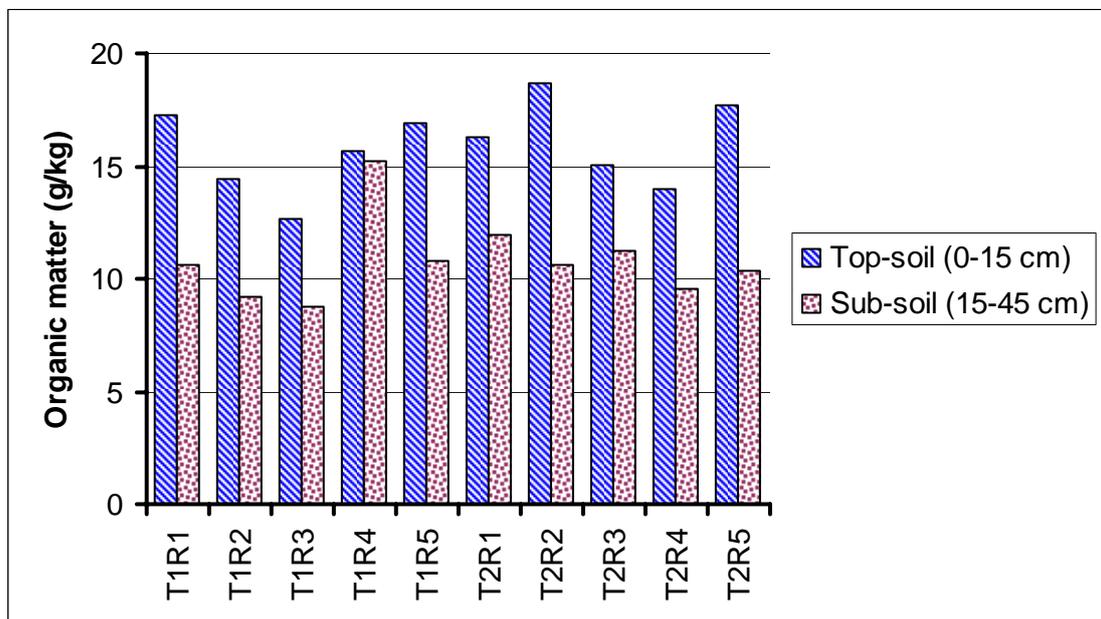
รูปที่ 3-32 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) รอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

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 แสดงอาการขาดน้ำหรือใบเหลืองเมื่อเกษตรกรใช้ปุ๋ย รวมทั้งเกิดผลแตกจำนวนมากเมื่อฝนตกหลังดินแห้ง (รูปที่ 3-33)



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



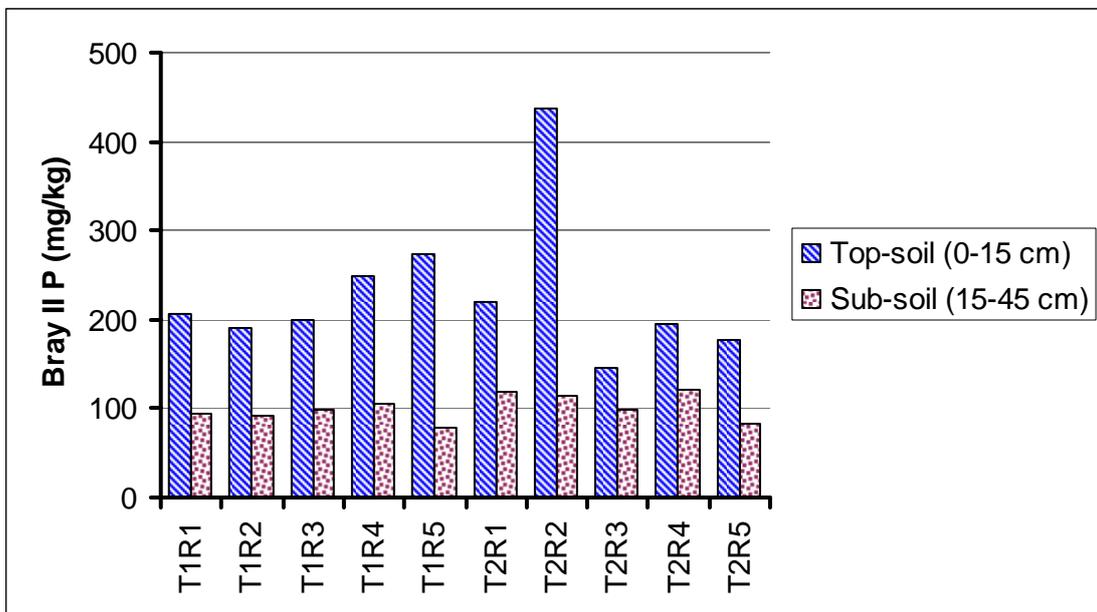
รูปที่ 3-34 อินทรีย์วัตถุในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.3 อินทรีย์วัตถุในดิน

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

4.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

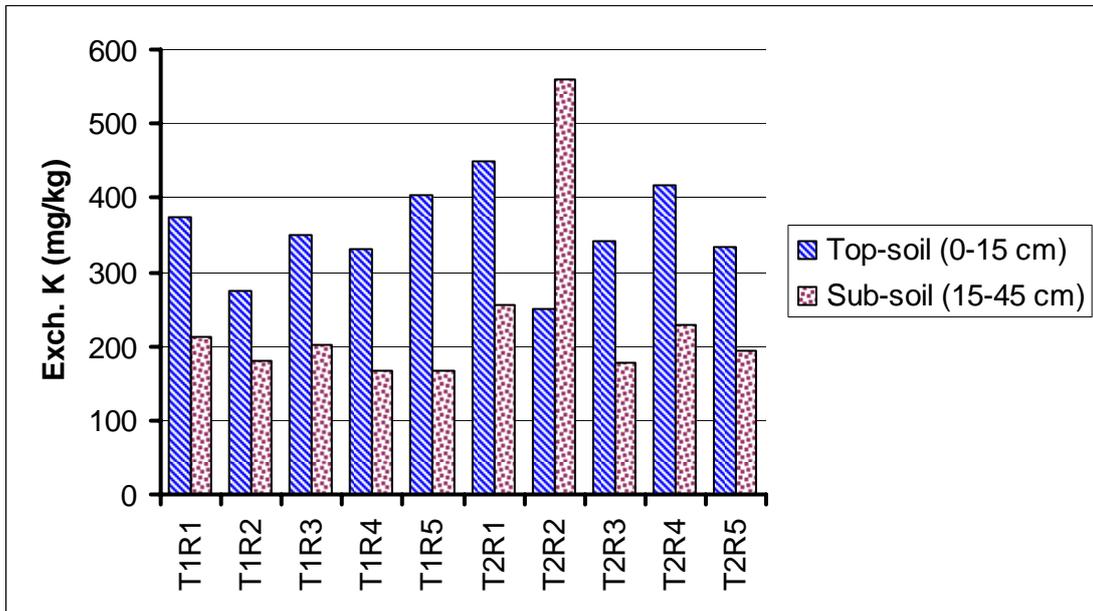
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินพบว่า ดินบนมีความแปรปรวนระหว่างต้นสูง (146 – 436 mg/kg) ในขณะที่ดินล่างมีค่าใกล้เคียงกัน (80 – 121 mg/kg) และความเข้มข้นในดินบนสูงกว่าดินล่างมาก แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง ถึงแม้ในดินจะมีฟอสฟอรัสสูงอยู่แล้วก็ตาม (รูปที่ 3-35)



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

4.2.5 โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ความเข้มข้นของโปแทสเซียมในดินแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง โดยดินบนมีค่า 353 ± 62 mg/kg (mean \pm SD) ดินล่างของต้น T2R2 มีค่าสูงผิดปกติมาก ในขณะที่ต้นอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 3-36) ความเข้มข้นของโปแทสเซียมในระดับนี้ โดยทั่วไปถือว่าเป็นค่าที่สูงมาก (บทที่ 4) แต่เนื่องจากดินมีแคลเซียมสูงมากด้วย ทำให้พืชดูดใช้โปแทสเซียมได้น้อย เกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยโปแทสเซียมในอัตราสูง และพืชมีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยโปแทสเซียมเช่นกัน



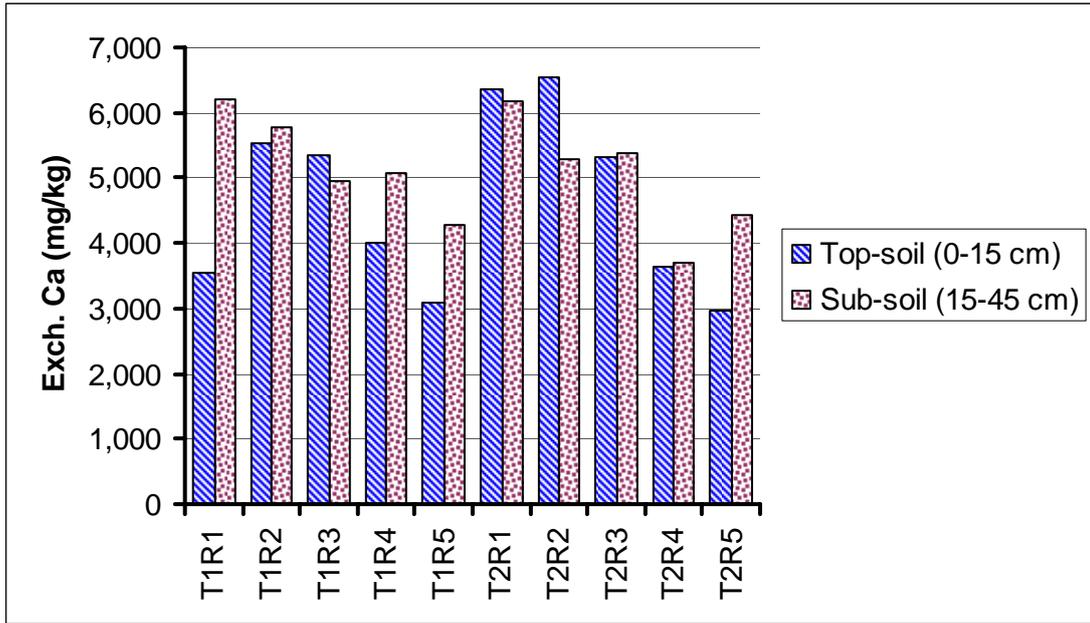
รูปที่ 3-26 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)

4.2.6 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

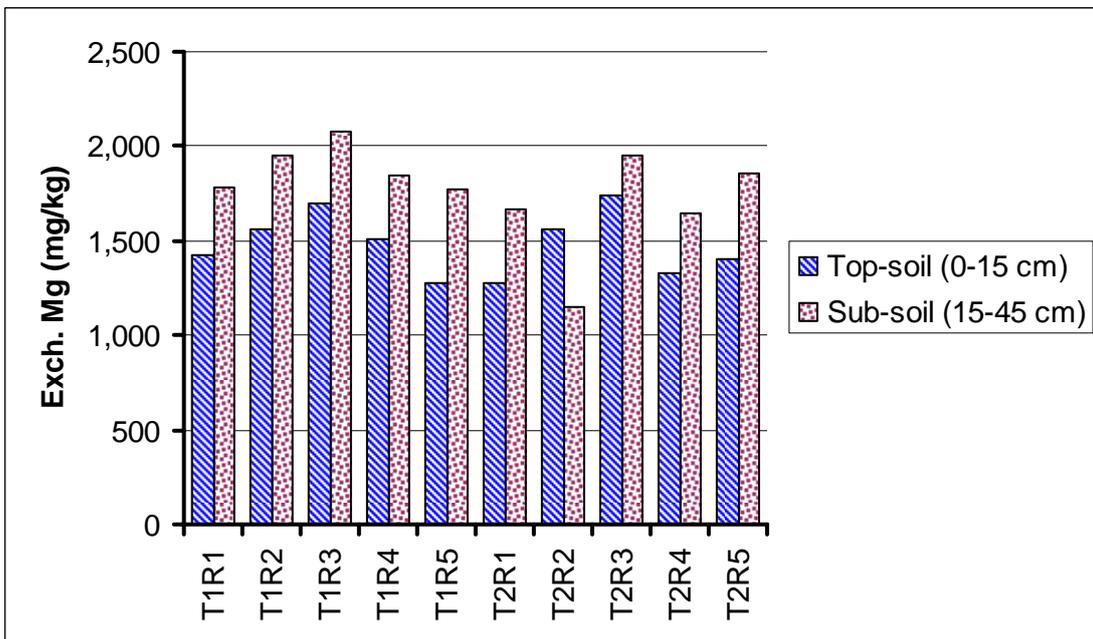
แคลเซียมในดินแปรปรวนอยู่ในช่วงประมาณ 3,000 – 6,000 mg/kg โดยไม่มีแนวโน้มของความแตกต่างระหว่างตำรับ แต่ดินล่างมีแคลเซียมสูงกว่าดินบน (ดินบนมีแคลเซียมเฉลี่ย 4,634 mg/kg ส่วนดินล่างมีแคลเซียมเฉลี่ย 5,129 mg/kg) (รูปที่ 3-37) แคลเซียมในระดับนี้เป็นระดับที่สูงมาก (บทที่ 4) ปริมาณมีมากเพียงพอต่อความต้องการของพืช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

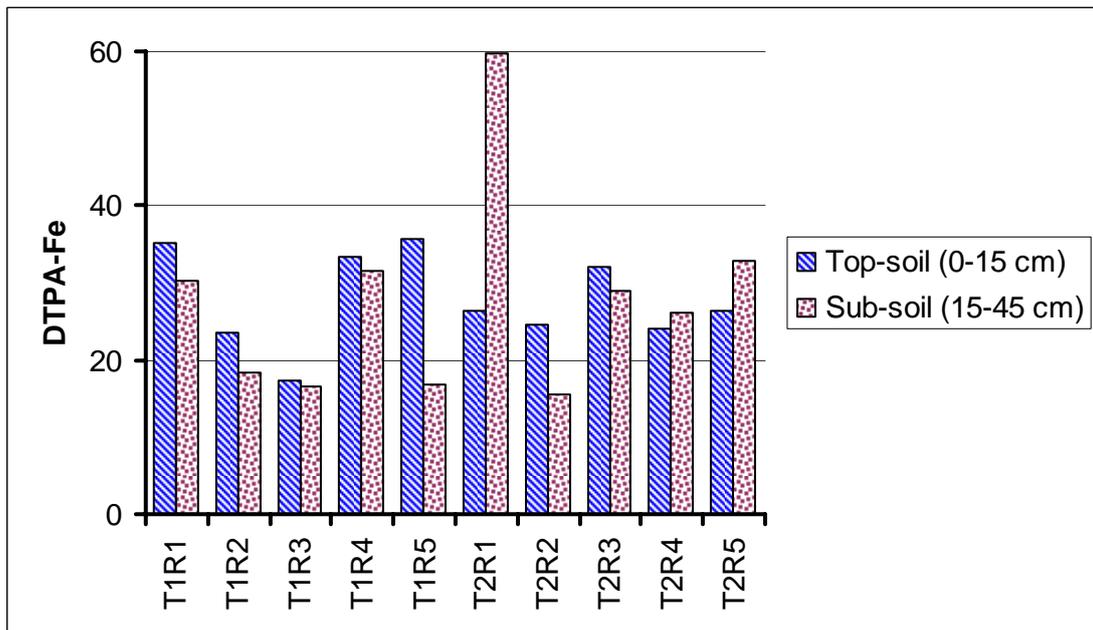
ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินบนมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างระหว่างตำรับ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27 - 44 mg/kg แต่พบว่าดินล่างของต้น T2R1 และ T2R5 มีค่าสูงผิดปกติมาก ตัวอย่างส่วนใหญ่มีแมงกานีสในดินบนมากกว่าดินล่าง ระดับความเข้มข้นในระดับนี้เป็นระดับที่สูงมาก แต่ไม่สังเกตเห็นอาการพิษที่ชัดเจน (รูปที่ 3-40)

4.2.10 ทองแดงที่สกัดได้ด้วย DTPA

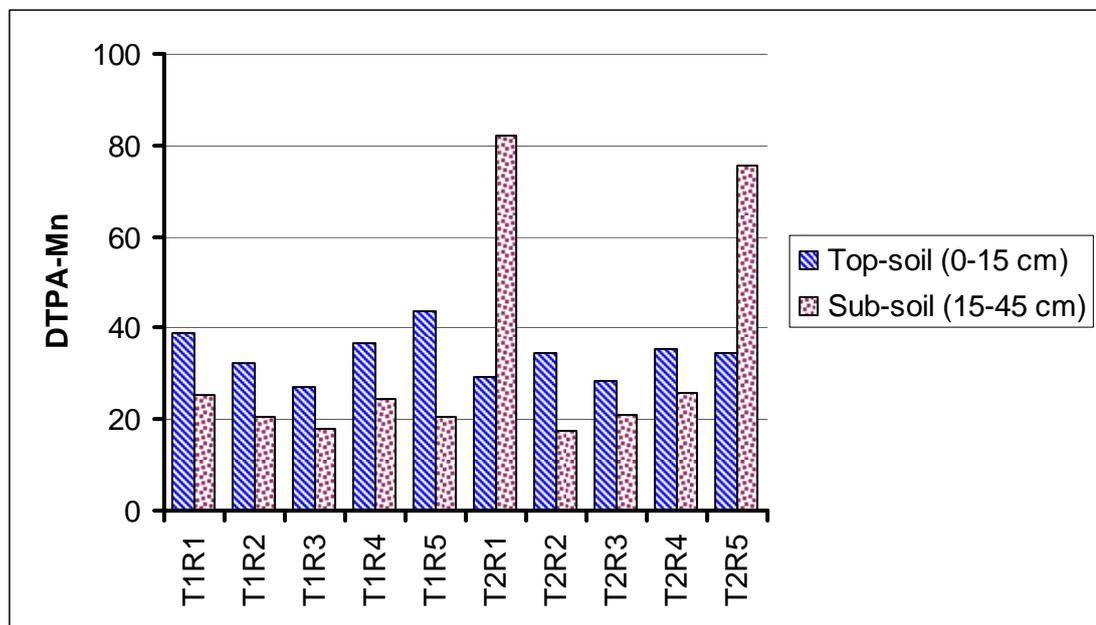
ทองแดงในดินบนมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.0 - 2.3 mg/kg ในขณะที่ดินล่างมีความเข้มข้น 0.6 - 2.9 mg/kg ตัวอย่างส่วนใหญ่มีทองแดงในดินบนสูงกว่าดินล่าง ยกเว้น T2R5 ความเข้มข้นของทองแดงในระดับนี้ถือว่าเพียงพอสำหรับความต้องการของส้มโอ ผลการสังเกตอาการของพืชไม่พบความผิดปกติเนื่องจากทองแดง ความเข้มข้นของทองแดงในดินเดิมอาจไม่สูง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

4.2.11 สังกะสีที่สกัดได้ด้วย DTPA

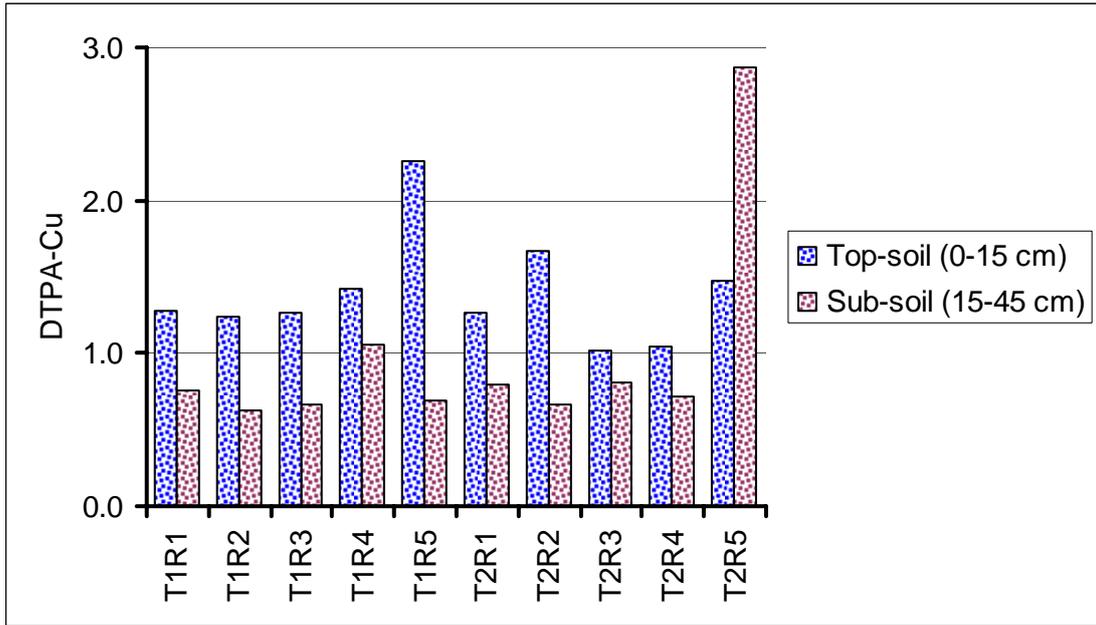
ความเข้มข้นของสังกะสีในดินเกือบทุกตัวอย่างต่ำกว่า 1 mg/kg ยกเว้น ดินล่างของต้น T2R5 พบว่าสูงถึง 3.4 mg/kg โดยไม่ทราบว่าจะเกิดจากเหตุใด ความเข้มข้นของสังกะสีโดยรวมของพื้นที่ทดลองถือว่าต่ำมาก (บทที่ 4) สอดคล้องกับผลการสังเกตอาการของพืช ซึ่งพบว่า พืชแสดงอาการขาดสังกะสีอย่างชัดเจน (พืชแสดงอาการใบเหลืองระหว่างเส้นใบที่ใบยอด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



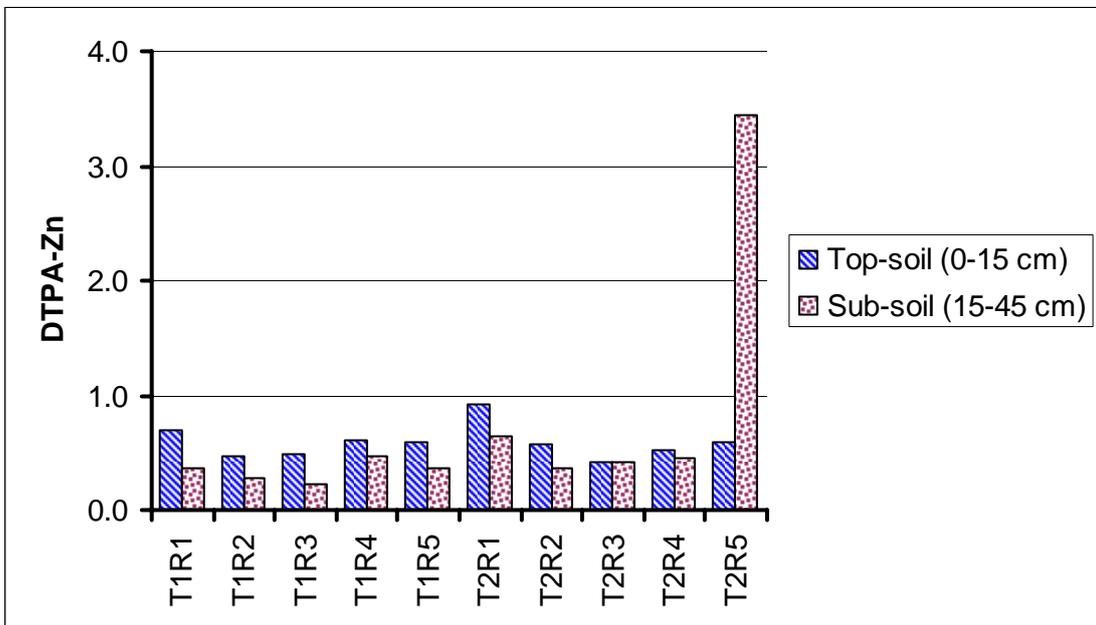
รูปที่ 3-39 เหล็กที่สกัดได้ด้วยสารละลาย DTPA ในดินรอบทรงพุ่มของส้มโอทั้ง 10 ต้น ที่เลือกใช้ในการติดตามธาตุอาหารของสวนที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01)



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)

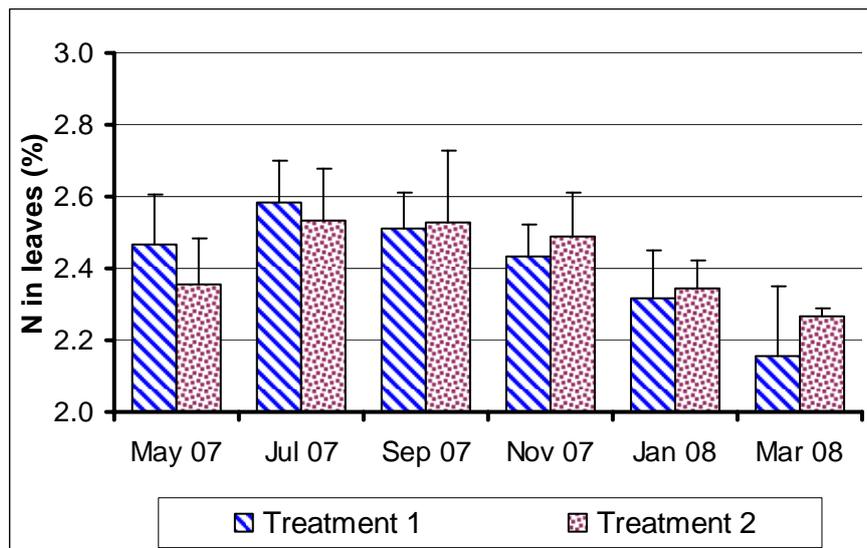
4.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจน

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

ครั้งที่ 1	เก็บเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2550	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนมกราคม 2550
ครั้งที่ 2	เก็บเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2550	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 3	เก็บเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2550	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 4	เก็บเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2550	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550
ครั้งที่ 5	เก็บเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2551	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนตุลาคม 2550
ครั้งที่ 6	เก็บเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2551	ช่อดอกแตกใบอ่อนในเดือนตุลาคม 2550

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน

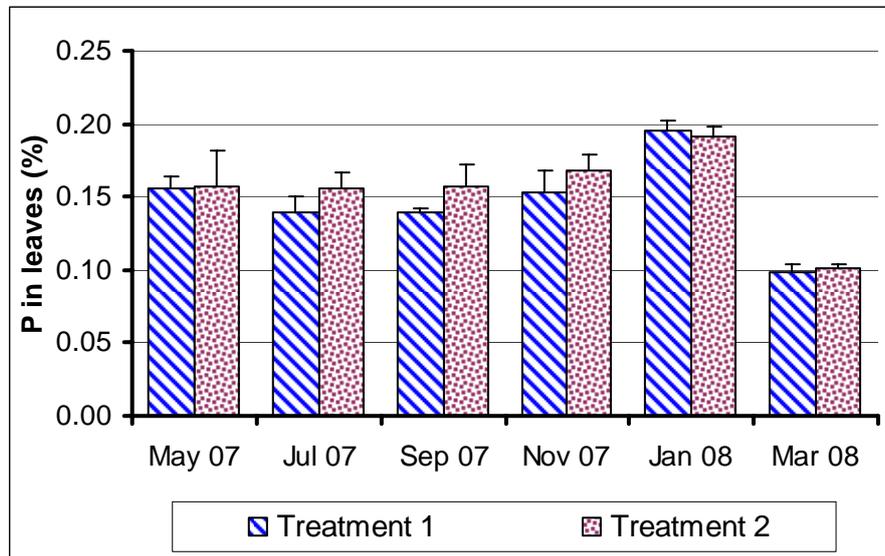
ความเข้มข้นของไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในช่อดอกที่แตกใบอ่อนในเดือนเมษายน 2550 มีแนวโน้มสูงกว่าใบช่อดอกอื่น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากส้มโอมีผลอยู่บนต้น ปลายเดือนพฤศจิกายน 2550 เกษตรกรเก็บผลทั้งหมด ในเดือนธันวาคม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



รูปที่ 3-43 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในใบส้มโอจากสวนติดตาม 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.ปากพ่อง จ.นครศรีธรรมราช

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียม

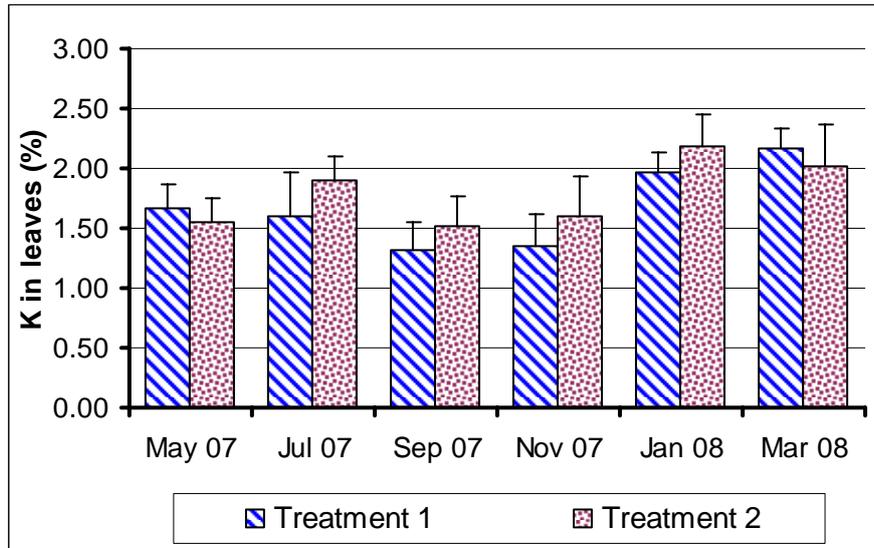
ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง สอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นในดินรอบทรงพุ่ม ตัวอย่างที่เก็บในเดือนมกราคม และ มีนาคม 2551 มีโพแทสเซียมสูงกว่าของตัวอย่างที่เก็บก่อนหน้านั้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นชุดใบที่ผ่านช่วงฤดูฝน ทำให้ส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมได้มาก หรืออาจเกิดจากส้มโอไม่มีผลอยู่บนต้น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

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียม

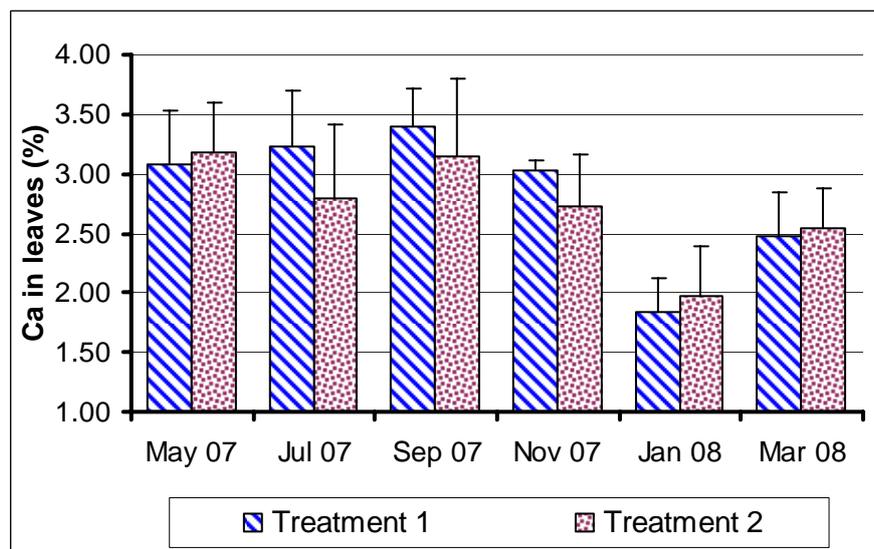
ความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง สอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นในดินรอบทรงพุ่ม ตัวอย่างที่เก็บในเดือนมกราคม และ มีนาคม 2551 มีแคลเซียมต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บจากชุดใบก่อนหน้านั้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสมบัติความเป็นปฏิปักษ์ระหว่างแคลเซียมกับโพแทสเซียม เมื่อส้มโอดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงขึ้น 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.ปากพ่อง จ.นครศรีธรรมราช



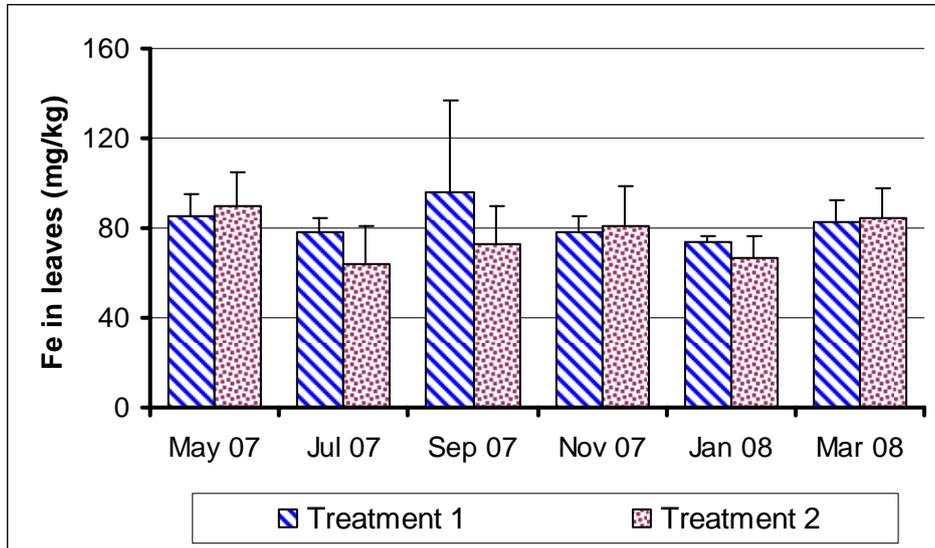
รูปที่ 3-46 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพ่อง จ.นครศรีธรรมราช

4.3.6 การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี

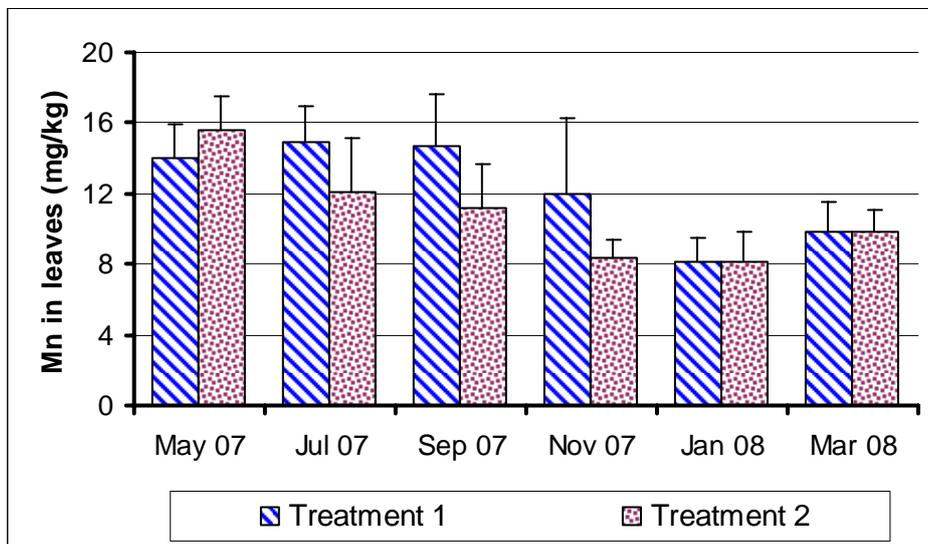
ความเข้มข้นของเหล็กไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยทุกตัวอย่างเท่ากับ 79 ± 17 mg/kg (mean \pm SD) (รูปที่ 3-47)

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

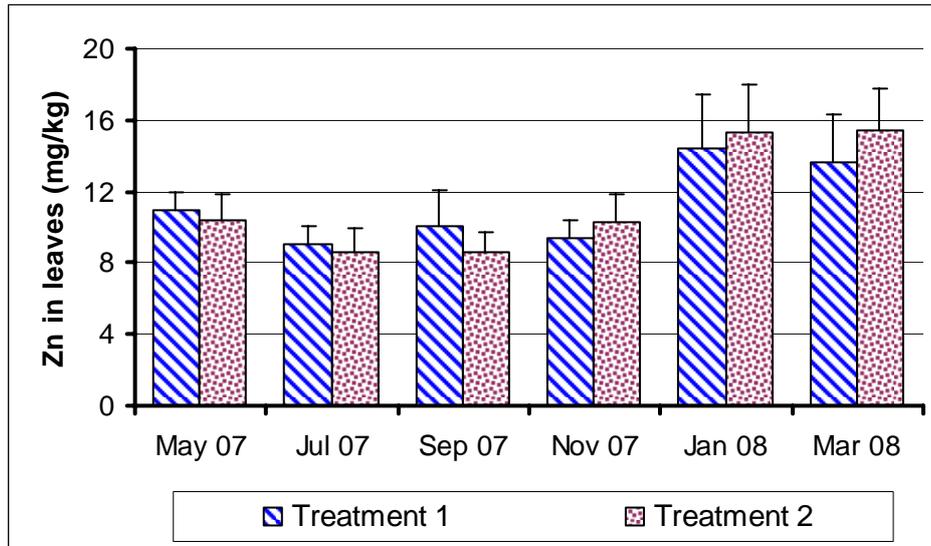
ความเข้มข้นของสังกะสีในชุดใบที่แตกใบอ่อนเดือนตุลาคม 2550 มีแนวโน้มสูงกว่าชุดใบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบส้มโอดำรับที่ 2 ซึ่งหวานสังกะสีรอบทรงพุ่ม มีความเข้มข้นสูงกว่าของดำรับที่ 1 เพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 3-49)



รูปที่ 3-47 การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในใบส้มโอดำจากสวนติดตาม อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช



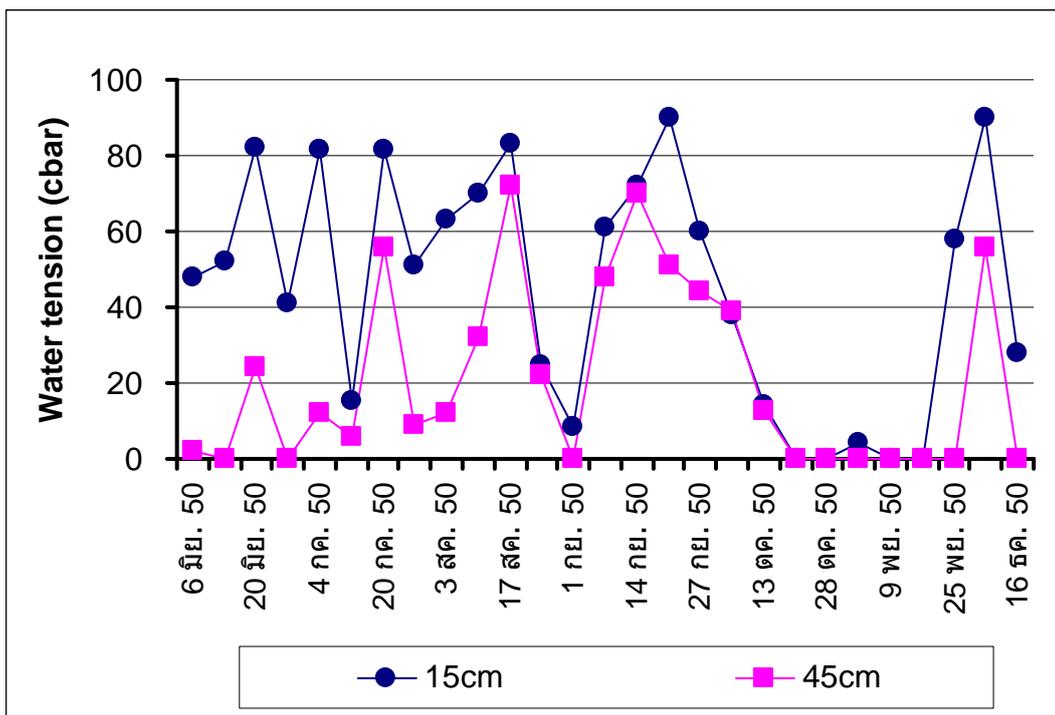
รูปที่ 3-48 การเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสในใบส้มโอดำจากสวนติดตาม อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช



รูปที่ 3-49 การเปลี่ยนแปลงของสังกะสีในใบส้มโอจากสวนติดตาม อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช

4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

ค่าความเครียดน้ำในดินของสวนส้มโอ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Pak01) มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงบ่อยครั้งกว่าสวน อ.สีชล (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 เกษตรกรจึงตัดกิ่งตัดผลรุ่นนี้ทิ้ง ปลายเดือน ตุลาคม 2550 สัมโอแตกใบอ่อนอีกครั้ง และมีดอกเล็กน้อย เกษตรกรตัดกิ่งตัดดอกทิ้งเช่นเดียวกัน

การออกดอกของสัมโอมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินอย่างเห็นได้ชัด ต้นเดือนกันยายน 2550 มีฝนน้อยทำให้ดินมีความชื้นต่ำ (ค่าความเครียดน้ำสูง) เมื่อมีฝนตกและค่าความเครียดน้ำในดินเริ่มลดลง สัมโอจึงออกดอกในช่วงนี้ ปริมาณดอกที่ออกปลายเดือนกันยายนมีไม่มากอาจเนื่องมาจาก สัมโอติดผลอยู่ก่อนแล้วถึง 2 รุ่น ในปีนี้ อาหารสะสมจึงอาจมีไม่เพียงพอ เกษตรกรให้น้ำเป็นระยะๆ เพื่อให้ผลผลิตบนต้นสมบูรณ์ ระยะเวลาที่พืชขาดน้ำจึงสั้น และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัมโอออกดอกน้อย

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



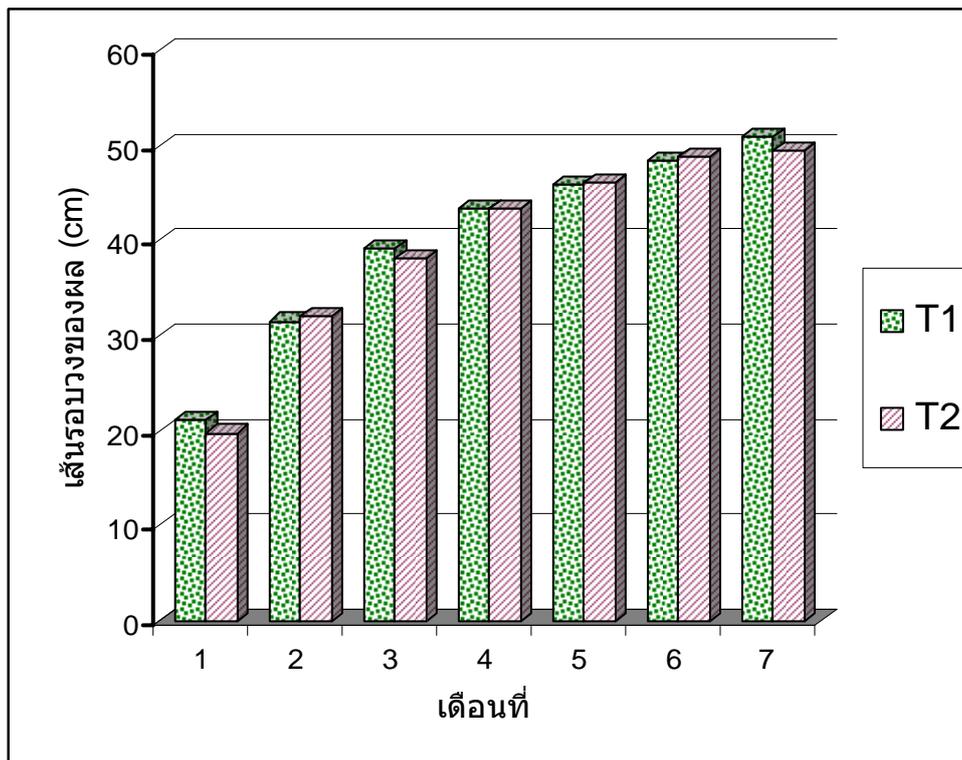
รูปที่ 3-44 การติดตั้ง tensiometer (ขวา) และหัววัดแบบ FDR พร้อมทั้งอุปกรณ์อ่านค่าและบันทึกข้อมูล (ซ้าย) เพื่อวัดความเครียดน้ำในแปลงติดตามธาตุอาหารที่ อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช โดยติดตั้งที่ระดับความลึก 15 และ 45 เซนติเมตร

4.4 พัฒนาการของผล

4.4.1 เส้นรอบวงผล

เมื่อเริ่มทดลอง (พฤษภาคม 2550) ส้มโอสวนติดตามธาตุอาหาร อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช มีผลอยู่บนต้นแล้ว 2 รุ่น คือรุ่นออกดอกต้นเดือนมกราคม 2550 และรุ่นออกดอกเดือนปลายเมษายน 2550 ยกเว้นต้น T2R2, T2R4, และ T2R5 ซึ่งมีผลเฉพาะรุ่นออกดอกเดือนมกราคม 2550 เกษตรกรเจ้าของสวนให้ข้อมูลว่า การออกดอกของส้มโอสวนควบคุมได้ยาก 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 และได้เก็บตัวอย่างผลมาศึกษา เฉพาะระยะเก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว 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) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสังกะสีไม่มีผลต่อคุณภาพผล หรือระยะเวลาที่ให้

สังกะสียังไม่แน่นอนพอที่จะทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างตำรับ นอกจากนี้สมบัติของดินที่เป็นต่างอาจทำให้สังกะสีที่ให้ทางดินตกตะกอน ส้มโอไม่สามารถดูใช้ได้ ปัญหาเหล่านี้ผู้วิจัยจะศึกษาเพิ่มเติมในงวดที่ 3

4. สรุป

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินส่งผลต่อการแตกใบอ่อนและการออกดอกของส้มโออย่างเห็นได้ชัด ส้มโอออกดอกเมื่อค่าความเครียดน้ำในดินสูงกว่า 80 cbar อยู่ระยะหนึ่ง แล้วความเครียดน้ำลดลงและคงที่เป็นระยะเวลานานมากพอ การออกดอกของส้มโอไม่ตอบสนองต่อการลดลงของความเครียดน้ำเป็นระยะเวลานานสักเท่าไหร่ อย่างไรก็ตาม การใช้ค่าความเครียดน้ำไม่สามารถทำนายล่วงหน้าได้ว่า ส้มโอจะออกดอกเมื่อไร เนื่องจากความชื้นที่จะกระตุ้นให้ส้มโอออกดอกขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน การวัดความเครียดน้ำในดินเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างมากในการบังคับการออกดอกในกรณีเกษตรกรติดตั้งระบบน้ำไว้ในสวน ซึ่งเกษตรกรสามารถควบคุมความชื้นในดินได้โดยไม่ต้องรอฝน ทำให้เกษตรกรสามารถบังคับการออกดอกของส้มโอได้นั่นเอง

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างที่เกิดกับผลส้มโอระหว่างตำรับการทดลองทั้งสวนติดตามที่ อ.สิชล และ อ.ปากพนัง ผลส้มโอไม่ตอบสนองต่อธาตุอาหารที่ให้ สมบัติของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินของสวนติดตามที่ 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.