ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร)

ปริญญา

วิจัยและพัฒนาการเกษตร | เกษตร กำแพงแสน

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของอัตราและสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่ให้ในระบบน้ำต่อผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ และผลของส้มสายน้ำผึ้ง

Effects of Fertilizer Rates and Analysis Grades of Suspension Fertilizer in Fertigation System on Yield and Nutrient Concentration in Leaf and Fruit of 'Sai Nam Phueng' Mandarin Orange (*Citrus reticulata* Blanco)

นามผู้วิจัย นายพิชัย ไตรรัตนประพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลพ ภวภูตานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์รวี เสรฐภักดี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ยงยุทธ โอสถสภา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิรินทร์พร สินธุวณิชย์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของอัตราและสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่ให้ในระบบน้ำต่อผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ และผลของส้มสายน้ำผึ้ง

Effects of Fertilizer Rates and Analysis Grades of Suspension Fertilizer in Fertigation System on Yield and Nutrient Concentration in Leaf and Fruit of 'Sai Nam Phueng' Mandarin Orange (*Citrus reticulata* Blanco)

โดย

นายพิชัย ไตรรัตนประพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิชัย ไตรรัตนประพันธ์ 2555: ผลของอัตราและสูตรของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่ให้ในระบบน้ำต่อผลผลิตและความเข้มข้นธาตุอาหารในใบและผลของส้มสายน้ำผึ้ง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร) สาขาวิจัยและพัฒนาการเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลพ ภวภูตานนท์, Ph.D. 89 หน้า

ศึกษาผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย (suspension fertilizer) อัตรา และความถี่ที่ให้ในระบบน้ำต่อผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ และผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ที่ จ. เชียงใหม่ ดินมีสภาพเป็นกรดจัด และความอุดมสมบูรณ์สูง ให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย สูตร 18-6-12 ช่วงการเติบโตทางกิ่งใบ อัตรา 225 และ 375 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง สูตร 7-3-10 หรือ 15-5-20 ช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 และ 625 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง ให้ปุ๋ยทุก 15 30 และ 45 วัน รวม 12 กรรมวิธี พบว่าทุกกรรมวิธีให้ปริมาณผลผลิต คุณภาพผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม การให้ปุ๋ยทุก 45 วัน สูตร 18-6-12 ช่วงการเติบโตทางกิ่งใบ และสูตร 7-3-10 ช่วงการพัฒนาผล อัตรา 225 และ 375 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง ตามลำดับ เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสม มีต้นทุนปุ๋ยต่ำ และจำนวนครั้งในการให้ปุ๋ยน้อย ให้น้ำหนักผลผลิต 112 กิโลกรัม/ต้น โดยมีน้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ 95.5% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ปริมาณน้ำส้ม 50.6% โดยน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) 12.3 °Brix ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) 0.5% สัดส่วน TSS/TA 23:1 ความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจน (nitrogen, N) ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) โพแทสเซียม (potassium, K) แคลเซียม (calcium, Ca) และแมกนีเซียม (magnesium, Mg) ในใบคือ 2.34% 0.16% 1.22% 6.58% และ 0.99% ตามลำดับ ความเข้มข้นธาตุอาหาร N P และ K ในผลส้มโดยน้ำหนักแห้ง คือ 0.81% 0.13% และ 1.25% ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (ผลสด 1 กิโลกรัม) คือ 1.24 กรัม N 0.19 กรัม P และ 1.92 กรัม K

_____ _____ _____ / _____ / _____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pichai Triratanaprapunta 2012: Effects of Fertilizer Rates and Analysis Grades of Suspension Fertilizer in Fertigation System on Yield and Nutrient Concentration in Leaf and Fruit of 'Sai Nam Phueng' Mandarin Orange (*Citrus reticulata* Blanco), Master of Science (Agricultural Research and Development), Major Field: Agricultural Research and Development. Thesis Advisor: Assistant Professor Lop Phavaphutanon, Ph.D. 89 pages.

Effects of analysis grades, rates and application frequencies of suspension fertilizer (SF) in fertigation system on yield and nutrient concentration in leaf and fruit of 'Sai Nam Phueng' Mandarin Orange were studied in Chiang Mai province. Orchard soil was acidic and high fertility. SF grade 18-6-12 was applied during a vegetative growth period at the rates of 225 and 375 g fertilizer/tree/period and 15-5-20 or 7-3-10 was applied during a fruit development period at the rates of 375 and 625 g fertilizer/tree/period with application frequencies of 15, 30 or 45 days; the total of 12 application treatments. The result showed that fruit yield, quality and nutrient concentration in leaf were not statistically different and satisfactory among the treatments. The treatment, 18-6-12 grade for vegetative growth period and 7-3-10 grade for fruit development period fertigated every 45 day at the rates of 225 and 375 g fertilizer/tree/period, respectively was the most satisfactory combination with the lower fertilizer cost and the less application frequencies. It yielded 112 kg fruit weight/tree with 95.5% favorable yield, 50.6% juice, 12.3 ^{o} Brix TSS, 0.5% TA, 23.1 TSS/TA ratio and leaf N, P, K, Ca and Mg concentrations of 2.34%, 0.16%, 1.22%, 6.58% and 0.99%, respectively. Fruit N, P and K concentrations were 0.81% 0.13% and 1.25%, respectively. Nutrient loss through crop removal was 1.24 g N, 0.19 g P and 1.92 g K for every kilogram fresh weight.

_____ _____ _____ / _____ / _____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลพ ภวภูตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. รวี เสรฐภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ โอสถสภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์นาถ นาถวรานันต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาพืชสวนทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวนที่อนุเคราะห์สถานที่ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบคุณ คุณนพพร จรูญชนม์ คุณสุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณวิเชียร ตันทะสิน เจ้าของสวนส้มสายน้ำผึ้ง และขอขอบคุณเจ้าของตำรา บทความ และผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าได้นำมาอ้างอิงไว้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษา การทำวิจัย และการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาพืชสวนทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา ให้การช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา

ขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ ให้การส่งเสริมสนับสนุน ให้โอกาส และทุนในการศึกษาแก่ข้าพเจ้าจนมีโอกาสศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สุดท้ายนี้ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ครอบครัวและอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และจริยธรรมแก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใดในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

พิชัย ไตรรัตนประพันธ์

มีนาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	30
สรุป	64
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	72
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. เปรียบเทียบคุณสมบัติปุ๋ยระหว่างปุ๋ยเคมีเหลวใสและปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย 10
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติปุ๋ยระหว่างปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยกับปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดหรือหว่าน 11
3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์จากใบส้มอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผลซึ่งแสดงว่า ขาดแคลน ต่ำ เหมาะสม สูง หรือมากเกินพอ 19
4. สูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย จำนวนครั้ง อัตรา ความถี่ ปริมาณปุ๋ย และช่วงเวลาในการให้ปุ๋ยของแต่ละกรรมวิธีตลอดการทดลอง 24
5. ค่าปฏิกิริยาดิน ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในสวนส้มสายน้ำผึ้งก่อนและหลังการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าแนะนำดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช 32
6. ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อน้ำหนักผลผลิตของส้มสายน้ำผึ้ง 35
7. ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณของส้มเกรดต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวได้และสัดส่วนของส้มเบอร์ 4 5 และ 6 ซึ่งเป็นเกรดที่ตลาดต้องการ 39
8. ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณน้ำส้มที่เหมาะสมจากผลส้มระยะพร้อมเก็บเกี่ยว (อายุผล 11 เดือน) 42
9. ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และสัดส่วน TSS/TA 47
10. ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผลของต้นส้มสายน้ำผึ้ง 53
11. ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อน้ำหนักผลสดและผลแห้ง (ทั้งผล) 57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

12. ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในผลโดยน้ำหนักแห้ง 59
13. เปรียบเทียบสูตรปุ๋ยเคมี อัตรา ราคาปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมและการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำชลประทาน ในการผลิตส้มสายน้ำผึ้ง 63

ตารางผนวกที่

1. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของส้มสายน้ำผึ้ง 77
2. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 ของส้มสายน้ำผึ้ง 78
3. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 ของส้มสายน้ำผึ้ง 78
4. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 5 ของส้มสายน้ำผึ้ง 79
5. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 6 ของส้มสายน้ำผึ้ง 79
6. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 7 ของส้มสายน้ำผึ้ง 80
7. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณรวมเกรดส้มเบอร์ 4 5 และ 6 ของส้มสายน้ำผึ้ง 80
8. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณน้ำส้มที่เหมาะสมจากผลส้มระยะพร้อมเก็บเกี่ยว (อายุผล 11 เดือน) 81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

9. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 81
10. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) 82
11. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อสัดส่วน TSS/TA 82
12. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน (N) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล 83
13. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัส (P) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล 83
14. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียม (K) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล 84
15. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุแคลเซียม (Ca) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล 84
16. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล 85
17. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลส้มสด 1 ผล 85
18. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลส้มแห้ง 1 ผล 86
19. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจนในผลโดยน้ำหนักแห้ง 86
20. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารฟอสฟอรัสในผลโดยน้ำหนักแห้ง 87
21. ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารโพแทสเซียมในผลโดยน้ำหนักแห้ง 87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1. ท่อประธาน ท่อแขนง วาล์วให้น้ำ การแบ่งกลุ่ม (block) 4 กลุ่ม และ treatments 88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของอัตรา และสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่ให้ในระบบน้ำต่อผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ และผลของส้มสายน้ำผึ้ง

Effects of Fertilizer Rates and Analysis Grades of Suspension Fertilizer in Fertigation System on Yield and Nutrient Concentration in Leaf and Fruit of 'Sai Nam Phueng' Mandarin Orange (*Citrus reticulata* Blanco)

คำนำ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการผลิตพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ จากสถิติปีพ.ศ. 2553 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีทั้งหมด 5.17 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 61,200 ล้านบาท (ฝ่ายปุ๋ยเคมี, 2554) ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยเคมีมาตรฐานหรือแม่ปุ๋ยและปุ๋ยสำเร็จรูปผสมเสร็จ เช่น ปุ๋ยสูตร 18-46-0, 0-0-60, 16-20-0, 15-15-15 และ 46-0-0 เป็นต้น อัตราการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรไทยโดยเฉลี่ยคือ 8.65 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ปุ๋ยโดยเฉลี่ยของประเทศที่กำลังพัฒนาในแถบเอเชียคือ 18.38 กิโลกรัม/ไร่ มาเลเซีย 35.74 กิโลกรัม/ไร่ เวียดนาม 21.69 กิโลกรัม/ไร่ และจีน 45.18 กิโลกรัม/ไร่ จึงมีการคาดการณ์ไว้ว่าปีพ.ศ. 2555-2556 ประเทศไทยต้องนำเข้าปุ๋ยเคมีสูงถึง 6 ล้านตัน/ปี (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2550) มาตรการเร่งด่วนที่ทั้งรัฐบาลและเอกชนที่เกี่ยวข้องต้องเร่งดำเนินการคือ การให้ความรู้และข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินความจำเป็น ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีสัดส่วนของปุ๋ยที่เหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญประการหนึ่งในการลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพในการผลิตสินค้าเกษตร เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถแข่งขันกับประเทศอื่นในตลาดโลกได้

พื้นที่ปลูกส้มในภาคเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอที่ปลูกส้มกันมากได้แก่ อำเภอฝาง แม่อาย และไชยปราการ รวมพื้นที่ปลูกประมาณ 100,000 ไร่เศษ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ส้มที่ปลูกส่วนมากเป็นส้มเปลือกล่อนพันธุ์สายน้ำผึ้ง ให้ผลผลิตปีละประมาณ 3 แสนตัน ชาวสวนส้มใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้กันมากคือ ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดใช้หว่านลงดินในแปลงปลูกส้ม และมีการใช้ปุ๋ยเคมีพ่นทางใบบ้างเป็นครั้งคราว ซึ่งเป็นการให้ปุ๋ยแบบดั้งเดิมต้องมีการให้น้ำจำนวนมากเพื่อละลายเม็ดปุ๋ยที่หว่านและใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวลานานเป็นสัปดาห์ที่ปุ๋ยเหล่านั้นจะละลายเป็นธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้ได้ รากพืชอาจได้รับความเสียหายจากสารละลายปุ๋ยที่เข้มข้น ปุ๋ยถูกชะล้างออกนอกบริเวณรากพืชและซึมลึกสู่น้ำใต้ดิน ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะตามมาและสิ้นเปลืองปุ๋ย จึงควรส่งเสริมให้เกษตรกรเหล่านั้นหันมาใช้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำชลประทาน เช่น ปุ๋ยเคมีเหลว โดยการให้ความรู้เรื่องปุ๋ยเคมีเหลว วิธีการใช้ อัตราการใช้ ช่วงเวลาการใช้และแหล่งซื้อขาย รวมถึงผลงานวิจัยของภาครัฐและเอกชนในเรื่องปุ๋ยเคมีเหลวกับพืชชนิดต่างๆในระบบน้ำชลประทานโดยเฉพาะแบบเหวี่ยงหรือพ่นฝอย (Micro-sprinkle) แต่ข้อมูลดังกล่าวมีน้อยมาก ทำให้มีเกษตรกรบางรายได้ดัดแปลงปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดและปุ๋ยเคมีพ่นทางใบมาใช้กับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำซึ่งเป็นการผิดวัตถุประสงค์ของการใช้ โดยนำปุ๋ยเคมีเหล่านั้นมาละลายน้ำแล้วกรองเอากาก (filler) ออก นำเอาส่วนที่เป็นน้ำใสๆไปใช้ ผลที่เกิดขึ้นคือ การละลายน้ำยากกว่า ปุ๋ยอุดตันตามท่อ ปุ๋ยกัดกร่อนท่อและหัวรดน้ำ การคิดสูตรปุ๋ยไม่ถูกต้อง ผลผลิตไม่ดีและด้อยคุณภาพ

ยงยุทธ (2536) ได้แบ่งชนิดปุ๋ยเคมีเหลว (fluid or liquid fertilizer) ออกเป็น 2 ชนิดคือ ปุ๋ยเคมีเหลวใส (clear liquid mixed fertilizer) ซึ่งเป็นปุ๋ยสูตรใดหรือสีใดก็ได้ที่มีลักษณะใส และปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย (suspension fertilizer) ซึ่งปุ๋ยนี้ประกอบด้วยสองส่วนคือของเหลวซึ่งเป็นสารละลายธาตุอาหารกับของแข็งซึ่งเป็นปุ๋ยที่ยังไม่ละลาย แต่แขวนลอยอยู่ ปุ๋ยเคมีเหลวมีข้อดีกว่าปุ๋ยเคมีเม็ดคือ ธาตุอาหารกระจายอย่างทั่วถึง และมีความเข้มข้นสม่ำเสมอซึ่งนับเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากเพราะใช้ปริมาณสารน้อยแต่สารละลายปุ๋ยกระจายได้ทั่วทั้งพื้นที่ สามารถผสมกับธาตุอาหารรอง อาหารเสริมรวมถึงสารกำจัดศัตรูพืชได้ง่าย ใช้แรงงานในการให้ปุ๋ยน้อยกว่า มีความยืดหยุ่นสูงในแง่การใช้ เช่นใส่เมื่อพืชเจริญแล้ว ใส่เป็นหยด พ่นทั่วแปลง อัดฉีดลงใต้ดิน ใส่ก่อนหรือหลังปลูกพืช ใส่พร้อมกับพรวนดิน และใส่ในระบบน้ำชลประทาน อัตราการใช้น้อยกว่าปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด (ปัญจพร, 2544; สาลี่ และคณะ, 2545; Thompson *et al*., 2003; Kusakabe *et al*., 2006)

ดังนั้นถ้าเกษตรกรไทยหันมาใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยกันมากขึ้น มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยเคมีรวมถึงลดปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ลงได้ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างกรณีการปลูกส้มที่จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ปลูกประมาณ 100,000 ไร่ 1 ไร่ปลูกส้มประมาณ 50 ต้น รวมได้ต้นส้ม 5,000,000 ต้น ส้ม 1 ต้น ใช้ปุ๋ยเคมีประมาณ 5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี รวมใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมด 25,000 ตันต่อปี ราคาปุ๋ยเคมีสำหรับไม้ผลประมาณ 25,000 บาทต่อตัน เกษตรกรต้องใช้เงินซื้อปุ๋ยเคมีดังกล่าวเป็นเงิน 625 ล้านบาท ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้ 30% ของอัตราการใช้ของปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด (Kusakabe *et al*., 2006; Thompson *et*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

al., 2003) ใช้เพียง 7,500 ตัน ราคาปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยประมาณ 60,000 บาทต่อตัน รวมเป็นเงิน 450 ล้านบาท เกษตรกรประหยัดเงินโดยรวม 175 ล้านบาทต่อปี และประหยัดปุ๋ยเคมีเม็ดจำนวน 17,500 ตันต่อปี ปุ๋ยเคมีจำนวนนี้จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในจังหวัดเชียงใหม่โดยเฉพาะ 3 อำเภอคือ ฝาง แม่อายและไชยปราการ

ปุ๋ยเคมีเหลวเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพมากกว่าปุ๋ยเคมีแบบเดิม สามารถลดต้นทุนการผลิตพืชรวมถึงลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังขาดข้อมูลเชิงวิชาการเกี่ยวกับสูตร อัตราและความถี่ในการใช้ที่เหมาะสม โดยเฉพาะกับส้มสายน้ำผึ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตร อัตราการใช้และความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่เหมาะสมให้ผลผลิตส้มสายน้ำผึ้งดี มีคุณภาพและมีระดับธาตุอาหารในใบเพียงพอ

2. เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ติดไปกับผลผลิตส้ม (crop removal)

3. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมในการผลิตส้มสายน้ำผึ้งกับการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยหมายถึงสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่เกิดจากธรรมชาติหรือการสังเคราะห์สารขึ้นมาที่สามารถให้ธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี (ยงยุทธ, 2542) ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2550 (ฉบับที่ 2) ปุ๋ยเคมีหมายถึงปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์สังเคราะห์รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ และหมายความถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย การจำแนกปุ๋ยเคมีตามลักษณะการใช้แบ่งได้ 4 ชนิด คือ (ดิเรก, 2546)

1. ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด (granular fertilizer) ลักษณะเป็นเม็ดกลมหรือขรุขระ ใช้หว่านทางดิน

2. ปุ๋ยเคมีพ่นทางใบ (foliar fertilizer) ลักษณะเป็นเกล็ด ผง หรือน้ำ ต้องผสมน้ำก่อน ใช้พ่นทางใบพืช

3. ปุ๋ยเคมีเพื่อการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช (soilless หรือ hydroponic) ลักษณะเป็นเกล็ด ผง หรือน้ำ ละลายน้ำง่าย ใช้กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่เป็นแหล่งอาหารพืช

4. ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำชลประทาน (fertigation fertilizer) ลักษณะเป็นของแข็งที่ละลายน้ำง่าย หรือของเหลว ละลายน้ำง่าย เรียกว่า ปุ๋ยเคมีเหลว ใช้กับการปลูกพืชที่มีระบบน้ำชลประทาน คือ มีการติดตั้งระบบท่อลำเลียงในพื้นที่ที่ปลูกพืชเพื่อส่งน้ำพร้อมสารละลายปุ๋ยให้แก่พืชในเวลาเดียวกัน

การจำแนกปุ๋ยเคมีตามผลรวมของธาตุอาหารหลัก $N+P_2O_5+K_2O$ (ดิเรก, 2546) ได้ 4 ชนิด

1. ปุ๋ยสูตรต่ำ มีผลรวมของธาตุอาหารหลัก น้อยกว่า 15% เช่น สูตร 5-3-5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปุ๋ยสูตรกลาง มีผลรวมของธาตุอาหารหลัก 15-25% เช่น สูตร 12-6-6

3. ปุ๋ยสูตรสูง มีผลรวมของธาตุอาหารหลัก 26-30% เช่น สูตร 18-6-6

4. ปุ๋ยสูตรสูงมาก มีผลรวมของธาตุอาหารหลัก มากกว่า 30% เช่นสูตร 8-24-24, 18-18-18

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทาน (fertigation system)

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทาน เป็นการให้ปุ๋ยเคมีพร้อมกับการให้น้ำแก่พืชที่ปลูกในเวลาเดียวกัน ต้องมีอุปกรณ์หลายอย่างเช่น เครื่องสูบน้ำเป็นต้นกำลัง ผลักดันน้ำพร้อมปุ๋ย ไปตามท่อประธานและท่อแขนงจนถึงหัวจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำพร้อมปุ๋ยให้แก่พืชที่ปลูก หัวจ่ายน้ำมี 2 ชนิด แบบน้ำหยด (drip) และแบบน้ำเหวี่ยงหรือพ่นฝอย (mini-sprinkle) ซึ่งมีอัตราการให้น้ำหลายอัตรา เช่น 80 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 120 ลิตร/ชั่วโมง เป็นต้น เครื่องจ่ายปุ๋ย (injector) เข้าท่อประธาน และที่สำคัญที่สุดคือ**ปุ๋ยเคมีเหลว** การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทาน เป็นระบบการให้น้ำและปุ๋ยไปสู่ต้นพืชแต่ละต้น สามารถแพร่กระจายสารละลายปุ๋ยไปสู่พืชได้อย่างสม่ำเสมอ และเหมาะสม การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานมีหลายแบบ เช่น แบบน้ำหยด หรือ แบบฉีดฝอย สำหรับสวนไม้ผลในประเทศไทย ควรเป็นระบบฉีดฝอย เนื่องจากเป็นระบบที่มีการดูแลรักษาได้ง่ายกว่าระบบน้ำหยด มีปัญหาในการอุดตันน้อย และออกแบบระบบง่ายกว่า ส่วนระบบน้ำหยดจะเหมาะกับพืชปลูกขนาดเล็ก (อิทธิสุนทร, 2545) ดังนั้น การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่ง สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย ลดการชะล้างปุ๋ยเลยเขตรากพืช การแพร่กระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืชอยู่ และการให้น้ำจำนวนมากในระบบเก่าเมื่ออัตราการไหลสูงมีโอกาสที่น้ำจะซึมลงในดินไม่ทัน ไหลบ่าออกนอกทรงพุ่มเป็นการสูญเสียน้ำ และปุ๋ยเนื่องจากไม่สามารถซึมลงสู่บริเวณรากพืชได้ทัน (มนตรี, 2538)

ข้อดีของการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำชลประทาน (อิทธิสุนทร, 2545)

1. เป็นการให้ปุ๋ยที่มีความสม่ำเสมอพร้อมกับน้ำในความเข้มข้นที่พอเหมาะลงบริเวณที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รากพืชหนาแน่น ไม่ตื้นหรือลึกเกินไป เนื่องจากการให้น้ำแบบฉีดฝอยหรือแบบน้ำหยดรากพืชมีปริมาณหนาแน่นที่สุดบริเวณพื้นที่เปียก

2. สามารถปรับสูตร และความเข้มข้นของปุ๋ยได้ทันที และรวดเร็ว (ทุกวัน) ตามความต้องการของพืช และสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นระบบที่มีการให้ปุ๋ยครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งจึงไม่ค่อยสะสมในดิน ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนสูตร หรือ สัดส่วนของปุ๋ยพืชก็จะตอบสนองได้เร็วกว่าระบบที่ให้ครั้งละมาก ๆ ลงในดิน

3. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืช จากรายงานการทดลองทั่ว ๆ ไป การให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้ทางดินถึง 10 – 50 % ขึ้นอยู่กับระบบการให้ปุ๋ย และน้ำที่ใช้ ความถี่ในการให้ปุ๋ย ฯลฯ เนื่องจากการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ จะช่วยลดการชะล้างโดยเฉพาะไนโตรเจน และเป็นการให้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณรากพืช ไม่เหมือนการให้ปุ๋ยทางดินทั่ว ๆ ไปซึ่งเป็นการให้เป็นจุดๆ นานๆ ครั้ง เช่น ทุก 3 – 6 เดือน บริเวณที่เม็ดปุ๋ยลงในดินช่วงแรกๆ จะมีความเข้มข้นสูงรากพืชบริเวณนั้นอาจได้รับอันตรายได้ ทำให้การดูดใช้ปุ๋ยไม่ดี (สาลี่ และคณะ, 2545)

4. ลดแรงงาน และเวลาในการให้ปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยไปกับน้ำ ดังนั้น ไม่ต้องเสียแรงงานคนหว่านปุ๋ย และสามารถให้ปุ๋ยได้ถี่มากน้อยตามความต้องการ อาจให้ทุกครั้งที่ให้น้ำ หรือ ครั้งเว้นครั้งตามความต้องการ

5. เพิ่มผลผลิตทั้งคุณภาพ และปริมาณ เนื่องจากพืชได้น้ำ และปุ๋ยสม่ำเสมอ และสามารถเปลี่ยนชนิด และสัดส่วนของปุ๋ยตามความต้องการได้อย่างรวดเร็วตามความต้องการของพืช นอกจากนี้ยังสามารถผสมธาตุอาหารรอง และอาหารเสริมลงในระบบน้ำได้เลยโดยใส่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำง่าย เช่น $ZnSO_4$, $MnSO_4$, $CuSO_4$, ทำให้ประหยัดการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบรูปคีเลต (chelate) ที่มีราคาแพงลงได้มาก (สุธน, 2540)

6. สามารถผสมปุ๋ยให้ทางระบบน้ำขึ้นใช้เองได้ ทำให้ราคาถูกลงมาก บางสวนสามารถผสมปุ๋ยให้ทางน้ำมีราคาเท่ากับการให้ปุ๋ยทางดินแต่มีประสิทธิภาพดีกว่า เช่น แหล่งปุ๋ยไนโตรเจนใช้ ยูเรีย เป็นแม่ปุ๋ย และโพแทสเซียมใช้ โพแทสเซียมคลอไรด์ หรืออาจผสมด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต ในกรณีที่กลัวความเป็นพิษของคลอไรด์ ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ทางดินปีละครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสียของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1. ปุ๋ยที่ใช้ต้องละลายน้ำหมด และมีความบริสุทธิ์สูง จึงมีราคาแพง และถ้าจะผสมปุ๋ยใช้เองซึ่งมีราคาถูกกว่าปุ๋ยสำเร็จรูปมาก ต้องใช้แม่ปุ๋ยทำให้หาซื้อได้ยาก แต่ปัจจุบันสามารถหาซื้อแม่ปุ๋ยได้ง่ายขึ้นเนื่องจากมีหลายบริษัทสั่งแม่ปุ๋ยเข้ามาจำหน่ายมากขึ้น

2. ต้องมีความรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของดิน ปุ๋ย และน้ำที่ใช้ เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมด้วยกันได้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ นอกจากนี้ผลของเกลือที่ละลายอยู่เดิมในน้ำ และค่า pH ของน้ำก็จะมีผลต่อการละลายตัวของปุ๋ยบางชนิด และมีผลต่อการตกตะกอนของปุ๋ยด้วย ดังนั้น เกษตรกรที่จะใช้ปุ๋ยในระบบน้ำควรมีความรู้ในส่วนนี้ โดยการส่งตัวอย่างดิน และน้ำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อทราบถึงคุณสมบัติของดิน และน้ำที่จะนำมาใช้ปลูกพืชทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามในสภาพทั่วๆ ไปของประเทศไทย ชนิดของปุ๋ยที่ให้ในระบบน้ำจะเป็นปุ๋ยทั่วไป เช่น ยูเรีย โพแทสเซียมคลอไรด์ หรือซัลเฟต ปุ๋ยพวกนี้จะมีปัญหาในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำน้อยมาก (สุธน, 2540)

3. ค่าติดตั้งระบบขั้นต้นมีราคาสูง ในที่นี้หมายรวมถึงระบบการให้น้ำด้วยคือ อาจเป็นแบบน้ำหยด หรือระบบฉีดฝอย ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียอยู่แล้วในระบบการทำสวนสมัยใหม่ ส่วนอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้ปุ๋ยในระบบน้ำ เมื่อเทียบกับทั้งระบบถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมขึ้นมาน้อยมาก ดังนั้น ในสวนที่มีการเดินระบบให้น้ำอยู่แล้วควรอย่างยิ่งที่จะต้องมีระบบให้ปุ๋ยในระบบน้ำเพิ่มเข้าไปด้วย

ปุ๋ยเคมีเหลว (liquid or fluid fertilizer)

ปุ๋ยเคมีเหลวที่ใช้เฉพาะกับการปลูกพืชในระบบน้ำชลประทานแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ (ยงยุทธ, 2536)

1. ปุ๋ยเคมีเหลวชนิดใส (clear liquid mixed fertilizer) เป็นของเหลว ใส ละลายน้ำง่าย สูตรปุ๋ยเคมีสูง เช่น สูตร 18-6-12, 12-6-18, 30-0-0 เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย (suspension fertilizer) เป็นของเหลว ข้น มีส่วนของปุ๋ยที่ละลายน้ำ และส่วนของปุ๋ยที่ยังละลายน้ำไม่หมดซึ่งอาจอยู่ในรูปผลึกเข็มเล็กๆ แขวนลอยอยู่ในสารละลายเดียวกันโดยอาศัยสารพยุงตัว (suspending agents) ละลายน้ำง่าย สูตรปุ๋ยเคมีสูงมาก เช่น สูตร 21-7-14, 18-18-18, 8-24-24, 25-7-7, 7-13-34, 15-5-20, 10-30-10, UAN-32–0-0 เป็นต้น เก็บในที่เย็นหรือเก็บเป็นเวลานานอาจเกิดการเกาะตัว แต่สามารถกลับสภาพเดิมได้โดยการเขย่าหรือกวน

ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีเหลวใสเมื่อประมาณพ.ศ. 2505 ในยุคแรกนำมาใช้กับพืชที่มีราคาแพง เช่น กล้วยไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ ต่อมาได้มาใช้กับไม้ผล พืชผัก พืชไร่ แต่เป็นการใช้ในลักษณะปุ๋ยเสริมทางใบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน (ยงยุทธ, 2536) ปัจจุบันเกษตรกรใช้ปุ๋ยเกล็ดเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวใสมีพอควร แต่ก็เป็นลักษณะปุ๋ยเสริมทางใบเช่นกัน และยังคงใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด หรือห่วานเป็นปุ๋ยหลัก มีเกษตรกรส่วนน้อย ที่ให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานเป็นหลัก แทนการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด หรือห่วาน เนื่องจากหาซื้อปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยไม่ได้ในท้องตลาดซึ่งปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยมีสูตรปุ๋ยที่สูงกว่าปุ๋ยเคมีเหลวใส (ตารางที่ 1) จึงได้นำปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดมาละลายน้ำกรองเอากากออก นำสารละลายปุ๋ยส่วนที่ใสไปใช้ซึ่งเป็นการผิดวัตถุประสงค์ของการใช้ปุ๋ยชนิดเม็ด ไม่เพียงแต่หาซื้อไม่ได้เท่านั้น ข้อมูลเรื่องปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย เช่น ลักษณะปุ๋ยทางกายภาพ และทางเคมี อัตราใช้ ความถี่ในการให้ปุ๋ย ข้อดีข้อเสีย ความแตกต่างระหว่างปุ๋ยเคมีเหลวใส ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยและปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด (ตารางที่ 1 และ2) แม้กระทั่งงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยที่ใช้กับระบบน้ำชลประทานโดยเฉพาะการให้น้ำแบบเหวี่ยง หรือพ่นฝอยมีน้อยมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติปุ๋ยระหว่างปุ๋ยเคมีเหลวใส และปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย

คุณสมบัติ			
ทางกายภาพ		ทางเคมี	
ปุ๋ยเคมีเหลวใส	ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย	ปุ๋ยเคมีเหลวใส	ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย
ของเหลวใส ไม่มีผลึก	ของเหลวข้น มีผลึกรูปเข็มเล็กๆ แขวนลอย	pH = 3-5 ถพ.1.1-1.25	pH = 6.5-7 ถพ.1.3-1.6
เกิดความดันก๊าซ	ไม่เกิดความดันก๊าซ	สูตรปุ๋ยต่ำ $N+P_2O_5+K_2O$ =20-25%	สูตรปุ๋ยสูงมาก $N+P_2O_5+K_2O$ >30%
เก็บที่เย็น ไม่ตกผลึก ไม่แข็งตัว	เก็บที่เย็น ตกผลึก แข็งตัว แต่คืนตัวได้เร็ว	ธาตุอาหาร NPK อาหารรอง-เสริม ครบ	ธาตุอาหาร NPK อาหารรอง-เสริม ครบ
ละลายน้ำดีมาก ไม่เหลือกาก	ละลายน้ำดีมาก ไม่เหลือกาก		
กัดกร่อน อุดตันเครื่องมืออุปกรณ์	ไม่กัดกร่อนไม่อุดตัน-เครื่องมืออุปกรณ์		
เปลืองค่าขนส่ง	เสียค่าขนส่งน้อยกว่า		

ที่มา: ดัดแปลงจาก (ยงยุทธ, 2536)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณสมบัติปุ๋ยระหว่างปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยกับปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดหรือหว่าน

คุณสมบัติ	ชนิดปุ๋ยเคมี	
	ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย	ปุ๋ยเคมีเม็ด (หว่าน)
สถานะ	เป็นของเหลวใส หรือข้น	เป็นเม็ด หรือผง
ปริมาณธาตุอาหารรับรอง	ปุ๋ยสูตรกลาง-ปุ๋ยสูตรสูงมาก $N+P_2O_5+K_2O$ = 20, >30%	ปุ๋ยสูตรกลาง-ปุ๋ยสูตรสูงมาก $N+P_2O_5+K_2O$ = 20, >30%
ปริมาณธาตุอาหารรอง-เสริม	มีครบทุกธาตุ เช่น Ca, Mg, S, Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo	ไม่มี หรือมีบางธาตุ
ความเป็นกรด-ด่าง	pH 6.5	ส่วนมากเป็นกรด pH 3-5
การละลายน้ำ	ละลายน้ำดีมาก	ละลายน้ำช้า
การกระจายธาตุในแปลง	สม่ำเสมอทั่วแปลง	ไม่สม่ำเสมอ บางจุดเข้มข้นสูง
ความเป็นพิษต่อราก	ไม่เป็นพิษทำลายราก	รากเน่าเสียหาย
อัตราการใช้	ใช้น้อยกว่า (20-50% ของปุ๋ยเม็ด)	ใช้มาก
ความสามารถเข้ากับสารอื่น	เข้ากับสารกำจัดศัตรูพืชได้ เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดเชื้อรา	รวมกับสารอื่นไม่ได้
การชะล้าง	ชะล้างน้อย ปุ๋ยอยู่บริเวณรากพืช	ชะล้างมาก ปุ๋ยถูกชะล้างเลยเขตรากพืช ซึมลึกสู่น้ำใต้ดิน
ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องปกติ	คงสภาพเป็นของเหลว	ชื้น เหลว จับตัวเป็นก้อน
การป้องกันใบไหม้ และโรครา	ใบพืชไม่ถูกสารละลาย ไม่ไหม้ ใบแห้ง ชะลอการเกิดโรค	ใบพืชถูกเม็ดปุ๋ย ใบไหม้ ใบเปียก โอกาสเกิดโรค
การปรับเปลี่ยนสูตรปุ๋ยและอัตราใช้	ปรับเปลี่ยนได้ทันที	ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้
ตัวอย่าง สูตรปุ๋ย	มีทุกสูตรเหมือนปุ๋ยเคมีเม็ด สูตร 21-7-14, 25-7-7, 8-24-24	สูตร 21-7-14, 25-7-7, 8-24-24

ที่มา: ดัดแปลงจาก (ยงยุทธ, 2536)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับส้ม

ส้มเปลือกล่อน มีเรียกกันหลายชื่อตามท้องถิ่นที่ปลูก เช่น ปลูกทางใต้ เรียก ส้มโชกุน ปลูกทางเหนือเรียก ส้มสายน้ำผึ้ง ปลูกทางภาคกลางเรียก ส้มเขียวหวาน ชื่อสามัญว่า แมนดาริน (Mandarins) หรือ แทนเจอรีน (Tangerines) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2547) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco cv. Shokun เป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-4 เมตร เปลือกผลบาง ประมาณ 2 มิลลิเมตร สีเปลือกมีทั้งสีเขียว สีเขียวอมเหลือง และสีเหลืองทั้งผล ไส้กลางกลวง กลีบแยกจากกันง่าย มีประมาณ 11 กลีบ ผนังกลีบบาง มีรกน้อย เนื้อผลสีส้ม รสหวานอมเปรี้ยว ผลส้มมีลักษณะทรงแป้นเล็กน้อย ส้มเขียวหวานเจริญได้ดีในเขตเอเชียตอนใต้ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1250 มิลลิเมตร ต่อปี ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนปนเหนียวที่มีการระบายน้ำดี ให้ผลผลิตตั้งแต่อายุ 3 ปี เก็บเกี่ยวได้นาน 10-15 ปี ให้ผลผลิต 50-140 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี อายุตั้งแต่ออกดอกจนเก็บเกี่ยวผลผลิต ประมาณ 9 เดือน ส้มเขียวหวานออกดอกได้ตลอดทั้งปีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย และออกดอกมากที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม (ไพโรจน์, 2507)

คุณภาพผลผลิตส้มเปลือกล่อนที่พึงประสงค์

คุณภาพผลผลิตส้มที่ดีเป็นสิ่งที่พึงประสงค์ทั้งในส่วนของผู้ผลิต และผู้บริโภค ส้มที่ใช้รับประทานผลสดที่มีคุณภาพดี ควรมีผิวผลสวย และมีรสชาติดี อย่างไรก็ตามการจะบ่งบอกว่าส้มมีรสชาติดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภคแต่ละคน ดัชนีที่ใช้บ่งบอกคุณภาพส้มเปลือกล่อน เช่น ความหวาน ใช้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ซึ่งสามารถตรวจวัดด้วยเครื่อง Refractometer ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) สัดส่วน TSS/TA ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลส้มเจริญเติบโตขึ้นจนถึงระยะแก่ (Wills *et al*., 1981) ส้ม orange ในรัฐแคลิฟอร์เนียใช้สัดส่วน TSS/TA ประมาณ 8:1 (Erickson, 1968) ส้ม Valencia และ Sweet Ladu ในฟิลิปปินส์ใช้สัดส่วน TSS/TA ประมาณ 10:1 (Pantastico *et al*., 1975) ส้มสายน้ำผึ้งในประเทศไทยใช้สัดส่วน TSS/TA ไม่ต่ำกว่า 13:1 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2551) เปอร์เซ็นต์น้ำส้ม International Standards Organization ได้กำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำส้มต่ำสุดของส้มต่างๆ ขณะเก็บเกี่ยวดังนี้ Thomson Navel 30%, Washington Navel 30%, Orange 35%, Grapefruit 35%, Lemon 25%, Mandarin 33%, Clementines 40 % (Pantastico *et al*., 1975) ส่วนส้มสายน้ำผึ้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำส้ม มากกว่า 35% และมี TSS ไม่ต่ำกว่า 9 $^{\circ}$Brix (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และอาหารแห่งชาติ, 2551) ส้มที่มีเปลือกบาง และชานนิ่ม จะมีน้ำส้มมากกว่าส้มที่มีเปลือกหนา และมีกากมาก มนตรี (2527) ได้ระบุสมบัติต่างๆ ที่บ่งบอกว่าส้มเปลือกล่อนที่อร่อยควรมีลักษณะดังนี้ TSS 12 ^{o} Brix TA 0.6-1.0% สัดส่วน TSS/TA 12:1 หรือ 13:1 ปริมาตรน้ำคั้นไม่ต่ำกว่า 50% ขนาดผลปานกลาง คือ 7-8 ผล/กิโลกรัม (นันทรัตน์, 2547)

พื้นที่เพาะปลูกส้ม

ส้มเปลือกล่อน (ส้มเขียวหวาน ส้มโชกุน และส้มสายน้ำผึ้ง) มีแหล่งปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ เช่น ภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ น่าน แพร่ ลำปาง สุโขทัย พะเยา เชียงราย ภาคกลาง ได้แก่ ชัยนาท สิงห์บุรี สระบุรี อ่างทอง ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ นครนายก จันทบุรี ตราด ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี ระยอง ภาคตะวันตก ได้แก่ นครปฐม สมุทรสาคร สุพรรณบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ระนอง ปัตตานี ยะลา นราธิวาส รวมพื้นที่ให้ผล 144,621 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับส้ม

ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมี 17 ชนิด คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni) สำหรับส้ม ธาตุอาหารพืชที่มีผลต่อคุณภาพผลผลิตค่อนข้างเด่นชัด คือ N P K Ca Mg และ B ส้มมีความต้องการธาตุอาหาร N P K ในปริมาณมาก และง่ายต่อการขาดธาตุอาหารรอง เช่น Mg และอาหารเสริม เช่น Fe Zn Mn และ B (Chapman, 1968)

ไนโตรเจน

ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบในกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ เอนไซม์ ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน และไซโตไคนิน กรดนิวคลีอิก และแอลคาลอยด์ (ยงยุทธ, 2552) การมีไนโตรเจนเพียงพอจะทำให้การแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโต และการหายใจ เป็นไปอย่างปกติ ส่วนของพืชที่พบไนโตรเจนมากคือบริเวณที่ยังอ่อนอยู่ เช่น ตา ปลายยอด และใบอ่อน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย ไนโตรเจนจะทำหน้าที่ได้เหมาะสมเพียงใดขึ้นอยู่กับการที่พืชได้รับธาตุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดอื่นเพียงพอด้วยโดยเฉพาะฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Zekri and Obreza, 2006) ส้มต้องการ ไนโตรเจนค่อนข้างมากโดยเฉพาะในช่วงแตกใบอ่อน และช่วงแรกของการพัฒนาของผล ปริมาณไนโตรเจนในใบส้มโดยทั่วๆ ไปอยู่ในช่วง 20-30 กรัม/กิโลกรัมในฟลอริดาซึ่งปลูกพวก Orange และ Grapefruit เป็นส่วนใหญ่ได้กำหนดให้ค่าความเข้มข้นวิกฤตของไนโตรเจนอยู่ในช่วง 25-27 กรัม/กิโลกรัม ถ้าในใบมีไนโตรเจนต่ำกว่า 21 กรัม/กิโลกรัมผลส้มจะมีขนาดเล็ก (Ritenour *et al*., 1992) ถ้าได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้เกิดผลเสียคือผลส้มแก่ช้า เปลือกหนา ขนาดผลเล็กลง ปริมาณน้ำในผลลดลง มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นนั่นก็คือ ส้มมีรสเปรี้ยว การเปลี่ยนสีผลล่าช้า อายุการเก็บรักษาสั้นลง (short storage life) (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) ส้มบางพันธุ์ถ้าได้รับไนโตรเจนมากเกินไปทำให้ผลแตกง่ายในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว (เปรมปรี, 2544) ใน เกรฟฟรุต พบว่าปริมาณไนโตรเจน 22-23 กรัม/กิโลกรัมในใบจะให้ผลผลิตร้อยละ 90 ของผลผลิตสูงสุด (He *et al*., 2003) ถ้าไนโตรเจนในใบเพิ่มทำให้ TSS และ ปริมาตรน้ำส้มเพิ่มขึ้น แต่ TA ต่ำลง ส่วนขนาดผลเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีความเข้มข้นสูงเกินไปกลับทำให้ขนาดผลเล็กลง

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิปิด และสารที่ให้พลังงาน (ยงยุทธ, 2552) มีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ เช่นการสังเคราะห์แสง การสร้าง และเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต การเคลื่อนย้ายพลังงานในพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การพัฒนารากช่วยในการสุกแก่ ช่วยให้พืชทนต่อสภาวะเครียด เกี่ยวข้องกับการดูดดึง และเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร มีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ ดังนั้นพืชจะเจริญเติบโตน้อยลง ถ้าได้รับไม่เพียงพอ มีปริมาณมากในส่วนที่ยังอ่อน ในดอก และเมล็ด (Zekri and Obreza, 2006) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ส้มต้องการในปริมาณน้อย มีรายงานว่าหลายพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งปลูกส้มของโลกพบการขาดฟอสฟอรัสน้อยมาก (World Fertilizer Use Manual, 2002) ความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัสในใบช่วง 1-1.6 กรัม/กิโลกรัมของส้มที่ฟลอริดาให้ผลผลิตคุณภาพดี ถ้าต้นส้มได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอทำให้ผลกลวง ปริมาณกรดในน้ำคั้นมาก เปลือกหนา แต่ไม่มีผลต่อสีผิวผล ถ้าได้รับฟอสฟอรัสมากจะพัฒนาสีผิวผลช้า เปลือกบาง มีปริมาณกรด และวิตามินซีต่ำ สัดส่วน TSS/TA สูง นอกจากนี้มีบางรายงานกล่าวว่า การเพิ่มฟอสฟอรัสทำให้ ขนาดผลเล็กลง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงแต่ปริมาตรน้ำส้มเพิ่มขึ้น (Ritenour *et al*., 1992)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียม

โพแทสเซียม เป็นธาตุที่ไม่ได้อยู่ในโครงสร้างของพืช แต่มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายน้ำตาล และเกี่ยวข้องกับการปิดและเปิดปากใบพืช โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการพัฒนาของผลรวมทั้งคุณภาพของผลผลิต (ยงยุทธ, 2552) ระดับโพแทสเซียมในใบส้มที่ทำให้ผลผลิตคุณภาพดีอยู่ในช่วง 3-17 กรัม/กิโลกรัม (Ritenour *et al.*, 1992) อย่างไรก็ตามส้มแต่ละชนิดแต่ละสายพันธุ์ต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น ส้มเปลือกล่อนมีความต้องการโพแทสเซียมน้อยกว่าส้มติดเปลือกพวก Orange (World Fertilizer Use Manual, 2002) จากการตรวจวัดปริมาณธาตุอาหารพืชในส้มโชกุนพบว่าทั้งน้ำส้ม และเนื้อผลหลังคั้นน้ำ มีโพแทสเซียมมากที่สุด สำหรับในเปลือกมีแคลเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ โพแทสเซียม (อิสริยาภรณ์ และคณะ, 2549) ต้นส้มที่ขาดโพแทสเซียมจะให้ผลขนาดเล็ก มีปริมาณน้ำตาล และกรดต่ำ (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) ในส้มพวก Orange และ เกรฟฟรุต ถ้าให้โพแทสเซียมอัตราสูงจะทำให้สัดส่วน TSS/TA ลดลง และใน เกรฟฟรุต จะชะลอการสุกแก่ของผลได้ถึง 83 วันเมื่อเปรียบเทียบกับการให้โพแทสเซียมในอัตราต่ำ ในพวก orange ถ้าให้โพแทสเซียมในปริมาณมากจะทำให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ปริมาตรน้ำส้มลดลง และสีน้ำส้มไม่เข้ม นอกจากนี้บางครั้งพบว่าให้ผิวเปลือกหนา และหยาบ (Ritenour *et al*., 1992) การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมจะต้องคำนึงถึงปริมาณแคลเซียมในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วย (เปรมปรี, 2544) ส่วนกรณีที่ใส่โพแทสเซียมมากเกินไปอาจทำให้ขาดแมกนีเซียม เนื่องจากธาตุทั้งสองชนิดนี้เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (ยงยุทธ, 2552) ทำให้เปลือกผลขรุขระ และมีปริมาณกรดสูง (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002)

แคลเซียม

แคลเซียม เป็นองค์ประกอบในสารที่เชื่อมเซลล์ให้ติดกัน ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (ยงยุทธ, 2552) ทำให้กรดอินทรีย์เป็นกลางจำเป็นสำหรับการพัฒนาราก และการทำหน้าที่ของราก (Zekri and Obreza, 2006) การพัฒนาผลส้มพวก orange ในช่วงแรกพบปริมาณแคลเซียมในผลทั้งหมดค่อนข้างมาก และมีปริมาณแคลเซียมในผลลดลงเมื่อผลเริ่มสิ้นสุดการพัฒนาผล (Storey and Treeby, 2000) อาการขาดแคลเซียมในส้ม อาจสังเกตได้เมื่อความเข้มข้นในใบน้อยกว่า 25 กรัม/กิโลกรัม ดินที่ค่อนข้างเป็นกรด หรือมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ส้มขาดแคลเซียมได้ สภาพอากาศที่มีเมฆมาก และฝนตกทำให้การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดูดใช้แคลเซียมน้อยลง (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) การฉีดพ่นแคลเซียมให้กับผลส้มโชกุน ทำให้มีความแน่นเนื้อมากขึ้น และสามารถลดการแตกของผลได้ คือ มีผลแตกเพียงร้อยละ 5.56 เมื่อฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ส่วนกรณีไม่ฉีดพ่นสารใดๆ มีผลแตกถึงร้อยละ 52.22 (สายัณห์ และระวี, 2548) ส้มจากสวนที่มีปริมาณแคลเซียมในใบต่ำ แนวโน้มมีเปอร์เซ็นต์ผลเน่ามากกว่าผลส้มจากสวนที่ได้รับแคลเซียมเพียงพอหลังจากเก็บผลผลิตไว้เป็นเวลา 2 เดือน (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) กรณีที่ใส่แคลเซียมมากเกินไปทำให้ส้มดูดใช้โพแทสเซียมและ แมกนีเซียมน้อยลง (เปรมปรี, 2544)

แมกนีเซียม

แมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และการสร้างกรดนิวคลีอิก ช่วยสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาล ทำให้สภาพกรดด่างในเซลล์พอเหมาะ ช่วยในการงอกของเมล็ด มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต จากใบไปยังส่วนอื่นๆ กระตุ้นการดูด และเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส (ยงยุทธ, 2552) ส้มต้องการแมกนีเซียมค่อนข้างน้อย ระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหมาะสมในใบส้มอยู่ในช่วง 3-4.9 กรัม/กิโลกรัม (World Fertilizer Use Manual, 2002) จะพบอาการขาดเมื่อความเข้มข้นในใบน้อยกว่า 2.5 กรัม/กิโลกรัม (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) อาการขาดแมกนีเซียมจะพบในใบแก่ หรือใบล่างก่อนโดยเฉพาะกิ่งที่ติดผล โดยแผ่นใบระหว่างเส้นใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (chlorosis) ซึ่งจะเหลืองจากปลายใบ หรือขอบใบ กรณีที่อาการรุนแรงมากใบจะร่วงเร็วกว่าปกติ เกิดอาการแห้งตายทั้งแผ่นใบ อาจพบอาการขาดได้ในดินเนื้อหยาบที่เป็นกรด (Zekri and Obreza, 2006) ปริมาณแมกนีเซียมมีผลต่อคุณภาพผลผลิตส้ม ในกรณีที่ขาดแคลนทำให้ผลส้มมีขนาดเล็ก TSS และ TA ต่ำ เมื่อเพิ่มแมกนีเซียมขนาดผลจะใหญ่ขึ้น เปลือกบางลง TSS และสัดส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้น (Ritenour *et al*., 1992)

สังกะสี

สังกะสี เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของคาร์บอน เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เป็นส่วนหนึ่งของระบบเอนไซม์ที่ควบคุมสมดุลระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และ กรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คาร์บอนิก เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ที่ทำหน้าที่ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน จำเป็นสำหรับการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยให้กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นไปอย่างปกติ และส่งเสริมการดูดน้ำของพืช (ยงยุทธ, 2552; Zekri and Obreza, 2006) ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสังกะสีในใบส้มอยู่ในช่วง 25-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (World Fertilizer Use Manual, 2002) ถ้าความเข้มข้นต่ำกว่า 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะพบอาการใบยอดเหลืองบริเวณระหว่างเส้นใบในขณะที่ใบแก่ยังมีลักษณะปกติ ถ้าขาดอย่างรุนแรงใบอ่อนมีขนาดเล็ก และแคบลง ข้อสั้น (An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region, 2002) การขาดสังกะสีเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น pH ดินสูงเกินไป เกิดจากผลกระทบของเชื้อ tristeza virus หรือเชื้อราอื่นๆ ที่ทำให้รากสูญเสียความสามารถในการดูดธาตุอาหาร (Obreza *et al*., 1998)

การให้ปุ๋ยในสวนส้ม

กรมวิชาการเกษตร (2545) กำหนดแนวทางการปฏิบัติการใส่ปุ๋ยในสวนส้มตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ดังนี้

1. ควรมีการวิเคราะห์ดิน 1-2 ปีต่อครั้ง เพื่อหาอัตราปุ๋ย และสูตรปุ๋ยที่เหมาะสม เป็นการลดต้นทุนการผลิต

2. หลังปลูกถ้าดินเป็นกรดจัด (ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.0) ควรใส่ปูนขาว หรือปูนมาร์ล หรือเปลือกหอยเผา หรือโดโลไมท์ 1-2 กิโลกรัมต่อต้น หรือตามผลการวิเคราะห์ดินโดยหว่านให้สม่ำเสมอรอบบริเวณทรงพุ่ม ปีละ 1-2 ครั้ง

3. การใส่ปุ๋ยในปีแรก ควรใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง เช่น สูตร 20-10-10 25-7-7 หรือ 15-15-15+46-0-0 (1:1) อัตรา 0.5-1.0 กิโลกรัมต่อต้น โดยแบ่งใส่ 4-6 เดือนต่อครั้ง และปุ๋ยอินทรีย์ 10-20 กิโลกรัมต่อต้น ใส่ครั้งเดียวช่วงปลายฤดู

4. ปีที่ 2-4 ใส่ปุ๋ยสูตร 20-10-10 25-7-7 หรือ 15-15-15 + 46-0-0 (1:1) อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อต้นโดยใส่ 3-4 เดือนต่อครั้ง และปุ๋ยอินทรีย์ 20-50 กิโลกรัมต่อต้นใส่ครั้งเดียวช่วงปลายฤดูฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อายุ 4 ปีขึ้นไป ซึ่งส้มจะเริ่มให้ผลผลิต การใส่ปุ๋ยควรปฏิบัติดังนี้

- ช่วงก่อนออกดอก ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น และพ่นปุ๋ยทางใบเพื่อเพิ่มธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม

- ในระยะติดผล อาจมีการให้ปุ๋ยธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสีทองแดง โบรอน และแมงกานีส เป็นต้นโดยพ่นให้ทางใบ

- ช่วงใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อต้น

- หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ใส่ปุ๋ยสูตร 25-7-7 หรือ 15-15-15 ร่วมกับ 46-0-0 (1:1) อัตรา 1-3 กิโลกรัมต่อต้นพร้อมพ่นปุ๋ยทางใบที่มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมพร้อมใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 20-50 กิโลกรัมต่อต้น

การวิเคราะห์ดิน และวิเคราะห์พืช

การวิเคราะห์ดินและวิเคราะห์พืช เพื่อนำมาใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบ สำหรับใช้ประโยชน์ในการพิจารณาการให้ปุ๋ยกับพืชที่ปลูก การวิเคราะห์ดินเป็นประโยชน์มากในการตรวจสอบระดับของธาตุอาหารที่ไม่เคลื่อนย้าย เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม ทองแดง และฟอสฟอรัส หรือตรวจสอบระดับ pH (Davies and Albrigo, 1994) การวิเคราะห์พืชสามารถบอกระดับธาตุอาหาร และปริมาณปุ๋ย ที่ส้มต้องการได้ดีกว่าการวิเคราะห์ดิน (สรสิทธิ์, 2517) เนื่องจากการวิเคราะห์พืชยึดความจริงที่กล่าวว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุในพืชจะมีผลโดยตรงกับการเจริญเติบโตของพืช และปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการก็สามารถพิจารณาจากระดับธาตุอาหารที่มีอยู่ในส่วนต่างๆ ของต้น

การวิเคราะห์ใบพืช สามารถใช้เป็นแนวทางการแนะนำการใช้ปุ๋ยได้ ทำให้ทราบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในใบนั้นพอเพียงหรือไม่ ในกรณีใบส้มสามารถนำมาเทียบกับตารางค่าวิกฤตของธาตุอาหารที่วิเคราะห์จากใบส้มได้ (ตารางที่ 3) ถ้ามีไม่พอเพียงจะได้เพิ่มธาตุอาหารนั้นให้กับต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้ม โดยการใส่ทางดิน หรือการให้ทางใบ ก่อนที่จะแสดงอาการผิดปกติ (Chapman, 1960) ทั้งนี้เพราะถ้ารอให้พืชแสดงอาการผิดปกติ เนื่องจากขาดธาตุอาหารเสียก่อนแล้ว แม้จะให้ปุ๋ย และปรับปรุงดินให้เหมาะสมในภายหลังเป็นอย่างดี ก็ยังไม่อาจช่วยทำให้พืชเจริญเติบโตตามปกติได้ และผลผลิตที่ได้ก็จะไม่สูงเท่ากับพืชนั้นได้รับปุ๋ยเพียงพอเสียแต่เริ่มแรก (สรสิทธิ์, 2527)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์จากใบส้มอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผลซึ่งแสดงว่า ขาดแคลน ต่ำ เหมาะสม สูง หรือมากเกินพอ

ธาตุอาหาร	เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารโดยน้ำหนักแห้ง				
	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	มากเกินพอ
N	0.60-1.90	1.90-2.10	2.20-2.70	2.80-3.50	3.60
P	0.07	0.07-0.11	0.12-0.18	0.19-0.29	0.30
K	0.15-0.30	0.40-0.90	1.00-1.70	1.80-1.90	2.00
Ca	2.00	2.00-2.90	3.00-6.00	6.10-6.90	7.00
Mg	0.05-0.15	0.16-0.20	0.30-0.60	0.70-1.00	>1.00

ที่มา: Chapman (1960)

มาตรฐานในการเก็บใบส้ม

มาตรฐานในการเก็บใบส้มเพื่อการวิเคราะห์ ควรเก็บก่อนที่จะมีการแตกใบใหม่ เลือกเก็บใบที่ 3 และ 4 มีอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล หรือใบที่มีการเจริญเติบโต และขยายขนาดเต็มที่ (young fully expanded leaves) สีเขียวเข้ม ซึ่งมีอายุ 60-90 วัน จำนวนใบที่เก็บไม่น้อยกว่า 20 ใบต่อต้น (นันทรัตน์, 2547) Chang *et al*. (1994) พบว่า จำนวนตัวอย่างใบที่เก็บมากกว่า 20 ใบ และตำแหน่งใบที่ 1-5 ไม่มีความแตกต่างในด้านความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ Smith (1966) กล่าวว่า การเก็บตัวอย่างใบจากกิ่งที่ไม่ติดผลมีความสับสน เนื่องจากมีการแตกใบอ่อนหลายรุ่นใน 1 ปี ดังนั้น การเก็บใบจากกิ่งที่ติดผลง่าย และสะดวกกว่า ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในใบจากกิ่งที่ไม่ติดผล มีมากกว่าในใบจากกิ่งที่ติดผล ประมาณ 20-25% แต่ปริมาณธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบจากกิ่งที่ไม่ติดผลมีค่าน้อยกว่า (Chang *et al*., 1994) จุฬา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณ์ (2530) พบว่าความเข้มข้นธาตุอาหาร N P K Ca และ Mg ในใบจากกิ่งที่ไม่ติดผลมีค่ามากกว่าในใบจากกิ่งที่ติดผลในส้มเขียวหวาน

งานวิจัยการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำในระบบน้ำชลประทาน

งานวิจัยการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำในระบบน้ำชลประทานสำหรับไม้ผลในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แม่ปุ๋ย หรือปุ๋ยเกล็ดพ่นทางใบ ยังไม่พบงานวิจัยใดที่ใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยโดยเฉพาะ ผลงานวิจัยเหล่านั้นพบว่าให้ผลผลิต และผลตอบแทนที่มากกว่าการให้ปุ๋ยแบบเดิม รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืชทดลองไม่ลดต่ำลงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ที่น้อยกว่าการให้ปุ๋ยแบบเดิม

สาลี่ และคณะ (2545) ทดลองเปรียบเทียบระหว่างการให้ปุ๋ยโดยการหว่านปุ๋ยกระจายทั่วโคนต้น (วิธีเกษตรกร) กับการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบการให้น้ำ โดยอาศัยแรงดันจากเครื่องปั๊มน้ำใช้ปริมาณปุ๋ยเพียง 60% ของปริมาณปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ โดยหาค่าเฉลี่ยของผลผลิต/ต้น และผลตอบแทน/ต้น เป็นเวลา 2 และ 3 ปี ทำให้เงาะ และทุเรียน ให้ผลผลิต และรายได้มากกว่าการให้ปุ๋ยแบบวิธีของเกษตรกร

ปัญจพร (2544) ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโตพัฒนาการ และผลผลิตของเงาะพันธุ์โรงเรียน มังคุด ทุเรียน และ มะม่วง ใช้ปุ๋ยอัตรา 40-60% ของอัตราใช้ปุ๋ยเม็ด ตั้งแต่อายุ 3 ปี ติดต่อกันนาน 3 ปี พบว่า ไม้ผลดังกล่าว มีการเจริญเติบโตของต้น การออกดอก การพัฒนาการของผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยปริมาณผลผลิต และคุณภาพการบริโภคของผลผลิต ไม่ด้อยไปกว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 ปี เพิ่มขึ้นอีก 15% และจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะของธาตุอาหารพืชหลัก N P K ในดิน และใบพืชทดลองทั้ง 3 ฤดูการผลิต ก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ลดต่ำลงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน ในด้านผลตอบแทนให้มากกว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดินประมาณ 18%

นันทรัตน์ (2547) ได้รายงานปริมาณธาตุ 1.3 g N 0.3 g P และ 1.9 g K ที่ติดไปกับผลส้มเขียวหวานสด 1 กิโลกรัม (crop removal) โดยการให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานเช่นเดียวกับจุฬา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณ์ (2530) ได้รายงานปริมาณธาตุ 1.8 g N 0.2 g P และ 2.1 g K แต่ให้ปุ๋ยด้วยการหว่านปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด เป็นที่สังเกตว่าทั้ง 2 รายงานมีปริมาณธาตุอาหาร K มากกว่าปริมาณธาตุอาหาร N และปริมาณธาตุอาหาร P ต่ำสุด ทั้งที่ให้ปุ๋ยในระบบที่ต่างกัน สอดคล้องกับการรายงานของภิญโญ (2539) และ Smith and Reuther (1953) แต่ อารี และพรรณทิพย์ (2515) รายงานว่า ความเข้มข้นธาตุอาหาร N ในผลส้มเขียวหวาน มากกว่า ความเข้มข้นธาตุอาหาร K และความเข้มข้นธาตุอาหาร P มีค่าต่ำสุด

งานทดลองวิจัยเรื่องปุ๋ยเคมีเหลวในระบบน้ำชลประทานกับส้มในต่างประเทศ

Dasberg *et al.* (1983) ศึกษาอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน (ใช้ liquid NH_4NO_3 ซึ่งเป็นปุ๋ยเคมีเหลวใส ในความถี่ 7 วันครั้ง ammonium polyphosphate และ potassium nitrate ในความถี่ 30 วันครั้ง) ในระบบน้ำชลประทานใน Shamouti oranges พบว่าการให้ปุ๋ย N มากมีผลต่อคุณภาพผลผลิตมากขึ้นด้วย (ใช้ 27.2 kg N/ไร่ ให้ผลผลิต 175 กิโลกรัม/ต้น) เปลือกหนาขึ้น การเข้าสีช้าลง ความเข้มข้นของ N ในใบสัมพันธ์กับผลผลิต โดยขณะที่กำลังติดผลความเข้มข้นของ N ในใบจะลดลง ความเข้มข้นของ N ในใบส้มที่ให้ปุ๋ยในระบบน้ำมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับค่าวิกฤต ระดับไนเตรตในสารละลายดินมีค่าลดลงเมื่อลดการใส่ปุ๋ย N และเหลือน้อย (0-4 mg/kg $N0_3$-N*)* เมื่อสิ้นสุดการทดลองแสดงให้เห็นว่าการชะล้าง และการสะสมไนเตรตในดินมีน้อยกว่าเมื่อให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทาน การสะสม N ในต้นส้มมีผลต่อการเจริญเติบโตของส้มในฤดูหน้า โดยใบส้มแก่ซึ่งมีการสะสม N ไว้แล้ว ส่ง N ไปอวัยวะที่เกิดใหม่เป็นจำนวนมากกว่า 50 % ของ N ที่สะสมไว้ และมีเพียงจำนวนน้อยที่อวัยวะใหม่ได้ N จากดินโดยตรง

Thompson *et al*. (2003) ศึกษาผลของไนโตรเจนในอัตราต่างๆ โดยใช้ปุ๋ยเคมีเหลวใส urea-ammonium nitrate solution (UAN-32-0-0) และความถี่ต่างๆในการให้ปุ๋ยในส้ม พบว่าความเข้มข้นของ N ในใบส้ม ผลผลิต และคุณภาพมีความแตกต่างทางสถิติตามอัตราปุ๋ย N ที่ให้ แต่ไม่มีความแตกต่างตามความถี่ที่ให้ปุ๋ย การป้องกันชะล้างของปุ๋ยควรให้ปุ๋ยอัตราน้อยแต่ให้บ่อยครั้งคือความถี่ในการให้ 10-30 ครั้งต่อปี ความเข้มข้นของ N ในใบส้มที่ให้ปุ๋ยในระบบน้ำมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับค่าวิกฤต (2.5% N) อัตราการใช้ของปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้ปุ๋ยแบบหว่าน เช่น การให้ปุ๋ยแบบหว่านในส้มอายุ 4 ปี ต้องให้อัตราปุ๋ย N มากกว่า 0.55 kg N/ต้น/ปี ขณะที่การให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานให้อัตราปุ๋ย N เพียง 0.55 kg N/ต้น/ปี เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kusakabe *et al.* (2006) ศึกษาผลตอบสนองของอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อส้ม (Navel oranges) ในระบบน้ำ พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (UAN-32–0-0) อัตรา 113 105 และ 153 กรัม/ต้น/ปี สำหรับส้มอายุ 4 5 และ 6 ปี ตามลำดับ มีผลให้ผลผลิตสูงสุด คือ 10 19 และ 30 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในด้านความถี่ที่ให้คือ 27 ครั้ง/ฤดู ให้ผลผลิตสูงสุด ในระหว่างการให้ 3 ความถี่ (3 9 และ 27 ครั้ง/ฤดู) และอัตราการใช้ปุ๋ย N สำหรับการให้ปุ๋ยระบบน้ำชลประทาน ควรเป็น 17-34% ของอัตราการใช้ปุ๋ย N ชนิดเม็ด และ Crop removal ของ N ในผลส้มคือ 18 35 และ 52 กรัม/ต้น ตามลำดับตลอด 3 ฤดูปลูก (ฤดูที่ 4 5 และ 6) การให้ปุ๋ย N สูง มีผลต่อการสะสมไนเตรทในดินสูงตาม แต่ความถี่ของการให้ปุ๋ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติต่อการสะสมปุ๋ย N ในดิน ปริมาณธาตุอาหาร N ในใบสูงกว่าค่าวิกฤต (2.5-2.7% N) ดังนั้น อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำควรใช้น้อยกว่าอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด การที่มีปริมาณธาตุอาหาร N ในใบของต้น control เท่าๆ กับต้นที่ให้ปุ๋ยนั้น อธิบายได้ว่า มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร N จากแหล่งสะสมอาหารของต้น เช่น ใบแก่ กิ่งแก่ และ ราก ไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต (Weinbaum and Van Kessel, 1998; Weinert *et al*., 2002).

Boman (1992) ศึกษาการเพิ่มผลผลิตเกรฟฟรุต โดยการเปรียบเทียบระหว่างการให้ปุ๋ยเคมีหว่าน 3 ครั้ง/ปีกับการให้ปุ๋ยเคมีหว่าน 1 ครั้งร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีระบบน้ำชลประทาน ใช้ความถี่ในการให้ปุ๋ย 17-18 ครั้ง/ปี ตลอดระยะเวลาทดลอง 4 ปี พบว่าการให้ปุ๋ยหว่านร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ ให้ผลผลิต และคุณภาพดีกว่าการให้ปุ๋ยแบบหว่านอย่างเดียว การทดลองนี้ใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยสำหรับระบบน้ำโดยเฉพาะ คือสูตร 10-0-10 ส่วนปุ๋ยหว่านใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด

การชะละลาย (leaching)ไนเตรตในดินมีมากเมื่อมีการให้น้ำมาก หรือฝนตกหนัก การทดลองที่ฟลอริดาพบว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานในความถี่ 10-30 ครั้งต่อปีมีผลต่อการชะละลายไนเตรตในระดับความลึก 18-30 นิ้วน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยที่ความถี่ 5 ครั้งต่อปี (Willis *et al*., 1990) เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้ปุ๋ยมีผลต่อการลดการชะละลายไนเตรตในดิน และมีปริมาณรากส้ม 85% ของรากทั้งหมด กระจายอยู่ที่ความลึก 3 – 12 นิ้ว (Marler and Davies, 1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นส้มสายน้ำผึ้ง อายุ 7 ปี บนต้นตอพันธุ์ Swingle ปลูกในเนื้อที่ประมาณ 25 ไร่ ระยะปลูก 3 x 6 เมตร ประมาณ 1250 ต้น ที่ ต. แม่สาว อ. แม่อาย จ. เชียงใหม่ พื้นที่ทำการทดลองเป็นที่ราบเชิงเขา ให้ผลผลิตประมาณ 100 กิโลกรัม/ต้น/ปี ให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation) ท่อประธาน 2 นิ้ว ท่อแขนง 20 มิลลิเมตร หัวจ่ายน้ำ 120 ลิตร/ชั่วโมง เครื่องสูบน้ำ ค่าอัตราการให้น้ำ (Quantity) = 36 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง แรงดันน้ำวัดเป็นหน่วยความสูง (Height) = 32 เมตร

การทดลองใช้ต้นส้มสายน้ำผึ้ง จำนวน 104 ต้น เมื่อเดือนมีนาคม 2552 ต้นส้มกำลังติดผล อายุประมาณ 1-2 เดือนหลังออกดอก แบ่งการให้ปุ๋ยเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 (30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552) ให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย สูตร 18-6-12 กับต้นส้มกำลังเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 และ 375 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง ช่วงที่ 2 (30 กรกฎาคม-15 ธันวาคม 2552) ให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย สูตร 7-3-10 หรือ 15-5-20 กับต้นส้มกำลังเจริญทางด้านผล ในอัตรา 375 และ 625 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง ทั้ง 2 ช่วง ให้ปุ๋ยทุก 15 30 และ 45 วัน/ครั้ง (ตารางที่ 4)

ส่วน standard treatment (Tc) เป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ ช่วงที่ 1 (30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552) ให้ปุ๋ย สูตร 18-6-12 กับต้นส้มกำลังเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 300 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ช่วงที่ 2 (30 กรกฎาคม-15 ธันวาคม 2552) ให้ปุ๋ย สูตร 12-6-18 กับต้นส้มกำลังเจริญทางด้านผล อัตรา 500 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วงให้ปุ๋ยทุก 30 วัน/ครั้ง (ตารางที่ 4)

การให้ปุ๋ยของแต่ละกรรมวิธีใช้เวลา 40 นาที โดยให้น้ำเปล่าก่อน 10 นาที แล้วให้สารละลายปุ๋ยถูกดูดผ่านท่อดูดน้ำของเครื่องสูบน้ำ ขณะที่เครื่องสูบน้ำกำลังดูดน้ำอยู่ สารละลายปุ๋ย และน้ำจะผสมให้เข้ากัน แล้วส่งไปตามท่อประธาน ท่อแขนง และหัวจ่าย รวมใช้เวลา 15 นาที จากนั้นให้น้ำเปล่าอีกครั้งใช้เวลา 15 นาที ทำทุกกรรมวิธี โดยอาศัยต้นกำลังจากเครื่องสูบน้ำ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งต้นส้ม 104 ต้น เป็น 4 บล็อก (Block) ตามความสม่ำเสมอของต้นส้ม แต่ละบล็อกมีการสุ่ม 12 กรรมวิธี มี 2 ซ้ำ กรรมวิธีละ 8 ต้น ส่วนกรรมวิธี Tc_1- Tc_4 มีการสุ่มในแปลงของเกษตรกร ทุกกรรมวิธีให้ปุ๋ยในระบบน้ำตลอดการทดลอง (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 สูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย จำนวนครั้ง อัตรา ความถี่ ปริมาณปุ๋ย และช่วงเวลาในการให้ปุ๋ยของแต่ละกรรมวิธีตลอดการทดลอง

กรรมวิธี	ให้ปุ๋ยช่วงที่ 1 30 เม.ย. -15 ก.ค. 2552				ให้ปุ๋ยช่วงที่ 2 30 ก.ค. -15 ธ.ค. 2552								น้ำหนักรวม (ก./ต้น/ฤดู)
	สูตร 18-6-12				สูตร 7-3-10				สูตร 15-5-20				
	จำนวนครั้ง	อัตรา ก./ต้น/ครั้ง	ความถี่ทุก (วัน)	รวม (ก.ปุ๋ย/ต้น/ช่วง)	จำนวนครั้ง	อัตรา ก./ต้น/ครั้ง	ความถี่ทุก (วัน)	รวม (ก.ปุ๋ย/ต้น/ช่วง)	จำนวนครั้ง	อัตรา ก./ต้น/ครั้ง	ความถี่ทุก (วัน)	รวม (ก.ปุ๋ย/ต้น/ช่วง)	
T1	6	37.5	15	225	10	37.5	15	375					600
T2	6	37.5	15	225					10	37.5	15	375	600
T3	6	62.5	15	375	10	62.5	15	625					1000
T4	6	62.5	15	375					10	62.5	15	625	1000
T5	3	75.0	30	225	5	75.0	30	375					600
T6	3	75.0	30	225					5	75.0	30	375	600
T7	3	125.0	30	375	5	125.0	30	625					1000
T8	3	125.0	30	375					5	125.0	30	625	1000
T9	2	112.5	45	225	4	93.8	45	375					600
T10	2	112.5	45	225					4	93.8	45	375	600
T11	2	187.5	45	375	4	156.3	45	625					1000
T12	2	187.5	45	375					4	156.3	45	625	1000
					สูตร 12-6-18								
Tc	3	100.0	30	300	5	100.0	30	500					800

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบันทึกข้อมูล

การเก็บตัวอย่างดิน ก่อนและหลัง การทดลอง

ก่อนการทดลอง (เก็บตัวอย่างดินเดือน มีนาคม 2552) สุ่มเก็บดิน 2 ระดับที่ความลึก 15 และ 30 เซนติเมตร รวม 6 จุด นำดินที่สุ่มได้ของแต่ละจุดมากองรวมกันแล้วทำการสุ่มใหม่ (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542) นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดด้วยครก ร่อนดินที่บดแล้วด้วยตะแกรงทองเหลืองขนาด 2 มิลลิเมตร (ยกเว้นตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร) เก็บตัวอย่างดินในถุงพลาสติกปิดสนิท ตรวจสอบสมบัติและวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม ดังนี้

1. วัด pH ของดินด้วยวิธี electrometry โดยใช้ pH meter (Sartorius, PB20) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) (ภาคผนวก)

2. วัดสภาพการนำไฟฟ้าของดิน (ECe) โดยใช้ electrical conductivity meter (Hana, HI 8733) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) (ภาคผนวก)

3. วิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินโดยวิธี wet oxidation (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) (ภาคผนวก)

4. วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยสกัดด้วยสารละลาย Bray II และวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสฟอรัสด้วยวิธี colorimetry ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Milton Roy, Spectonic Genesys 5, USA) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) (ภาคผนวก)

5. วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต และวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุดังกล่าว ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Analytic Jena, vario 6, Jena, Germany) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) (ภาคผนวก)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลังการทดลอง (เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วในเดือน กุมภาพันธ์ 2553) ทำการเก็บตัวอย่างดินเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง

การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างใบส้ม

ก่อนการให้ปุ๋ยช่วงที่ 2 (30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552) ได้ทำเครื่องหมายกับกิ่งส้มที่ไม่ติดผลต้นละ 20 กิ่ง ระดับความสูงประมาณ 120 เซนติเมตร จากพื้นดิน แบ่งกิ่งส้มออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 กิ่ง ในแต่ละทิศ 4 ทิศรอบต้น (ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก) เมื่อใบมีอายุ 4-7 เดือน หลังจากเริ่มให้ปุ๋ย (วันที่ 30 กรกฎาคม 2552) เลือกเก็บใบที่ 3 และ 4 จากปลายยอดของกิ่งที่ได้ทำเครื่องหมายไว้แล้ว รวมจำนวน 40 ใบ ต่อต้น (นันทรัตน์, 2547) เก็บทุกกรรมวิธี นำตัวอย่างใบส้มมาล้างในกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 0.1 N แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง บดตัวอย่างใบให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ในห้องปฏิบัติการดังนี้

1. วิเคราะห์ไนโตรเจนในพืชโดยวิธี combustion โดยนำตัวอย่างพืชที่ผ่านการอบ บด และร่อนแล้ว จำนวน 0.25 กรัม ห่อด้วยฟอยล์ชนิดพิเศษที่ปราศจากไนโตรเจน (LECO) แล้วเผาด้วยเครื่อง protein / nitrogen determinator (LECO, FP-528, Miami, USA) บันทึกค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

2. การย่อยสลายตัวอย่างพืชด้วย sulphuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น (ภาคผนวก)

3. วิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืชโดยวิธี colorimetric method (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) (ภาคผนวก) โดยนำตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อยสลายด้วย sulphuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น เติมสารละลาย Ammonium molybdate (5%) และ ammonium metavanadate (0.25%) แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Milton Roy รุ่น Spectonic Genesys 5, USA)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืช ด้วยวิธี atomic absorption spectrophotometry (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) (ภาคผนวก) โดยนำตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อยสลายด้วย sulphuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Analytic Jena, vario 6, Jena, Germany)

เปรียบเทียบค่าวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานของธาตุอาหารในใบส้มซึ่งมีผู้วิจัยไว้แล้ว (นันทรัตน์, 2547 และ Chapman, 1960) เพื่อยืนยันความเข้มข้นธาตุอาหารในใบว่าเพียงพอหรือไม่

เก็บตัวอย่างผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูเก็บเกี่ยว (เก็บเกี่ยว มกราคม 2553) อายุผลประมาณ 10-11 เดือน

การศึกษาปริมาณผลผลิตและเกรดผลส้ม

1. บันทึกน้ำหนักผลส้มรวมทั้งหมดของแต่ละต้น (กิโลกรัม/ต้น) ทุกกรรมวิธี

2. นำผลส้มที่ได้บันทึกน้ำหนักรวมของแต่ละต้นดังกล่าวมาคัดเกรดผลส้ม ตามวิธีมาตรฐานการคัดเกรดส้ม โดยแยกตามเกณฑ์เส้นผ่าศูนย์กลางผลส้มออกเป็นเบอร์ 1- เบอร์ 7 ด้วย automatic fruit sizer และบันทึกเป็นน้ำหนักผลรวมในแต่ละเบอร์

การศึกษาคุณภาพผลผลิต

1. สุ่มเก็บตัวอย่างผลจากผลส้มที่คัดเกรดแล้วดังกล่าว ต้นละ 5 ผล

2. ชั่งและบันทึก น้ำหนักสด/ผล

3. ตวงและบันทึก ปริมาณน้ำส้ม/ผล

4. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ของน้ำคั้นโดยนำน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คั้นจากเนื้อส้มหยดลงบนช่องแก้ว (prism) ของ hand refractometer แล้วอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ที่ปรากฏ หน่วยเป็น ^{o}Brix

5. วัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้น (titratable acidity, TA) (ภาคผนวก)

6. คำนวณสัดส่วน TSS/TA

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (Crop removal)

นำผลส้มทั้งผลจากแต่ละกรรมวิธีมาผ่าครึ่ง แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแห้งของผล ทำการบดตัวอย่างพืชให้ละเอียดผ่านตะแกรง 40 mesh นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ N, P, K ในผลส้มทั้งผล ในห้องปฏิบัติการ (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (Crop removal) โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณธาตุอาหาร (ก.) ต่อผลโดย นน. แห้ง} = \frac{\text{ความเข้มข้นธาตุอาหาร (\%) x นน. ผลแห้ง (ก.)}}{100}$$

$$\text{ปริมาณธาตุอาหาร (ก.) ต่อนน.ผลสด 1 กก.} = \frac{\text{ปริมาณธาตุอาหาร (ก.) ต่อผลโดย นน.แห้ง x 1000}}{\text{น้ำหนักสด 1 ผล (ก.)}}$$

การคำนวณ crop removal ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในรูป ปุ๋ย N P_2O_5 และ K_2O ดังนี้

ปริมาณปุ๋ย N = ปริมาณธาตุไนโตรเจน x 1

ปริมาณปุ๋ย P_2O_5 = ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส x 2.29

ปริมาณปุ๋ย K_2O = ปริมาณธาตุโพแทสเซียม x 1.2

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R program

เปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยกับปุ๋ยเคมีแบบเดิม (ชนิดเม็ด) ในการผลิตส้ม

สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสูตรปุ๋ยเคมีแบบเดิม (ชนิดเม็ด) อัตราการใช้ ช่วงเวลาที่ให้ปุ๋ยและราคาของปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ที่ใช้กับส้มตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สอบถามจากร้านค้าบริษัทค้าปุ๋ย และเกษตรกรโดยตรง ทำการสอบถามในช่วงเดือนมีนาคม 2552 – เดือน ธันวาคม 2552 ส่วนสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้ และความถี่ในการให้ปุ๋ยได้จากคำแนะนำการใช้ของบริษัท ปุ๋ยกัปตัน จำกัด และผลการศึกษาในครั้งนี้ นำข้อมูลดังกล่าวมาคิดคำนวณหาต้นทุนปุ๋ยและเปรียบเทียบ

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่ สวนส้มเขียวหวานเพชรรุ่งสิน ที่ อ.แม่อาย จ.เชียงใหม่ ของ นาย วิเชียร ตันทะสิน ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

ระยะเวลาการทดลอง มกราคม 2552- กุมภาพันธ์ 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

สมบัติของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ค่าปฏิกิริยาดิน ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ก่อนและหลังการทดลอง อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงมากทั้งก่อนและหลังการทดลอง ส่วนแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนการทดลองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย แต่หลังการทดลองกลับมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 5) กล่าวได้ว่าดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความสมบูรณ์สูงอาจเนื่องมาจากเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณมาก ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

ค่าปฏิกิริยาดิน ก่อนการทดลอง มีค่า pH 5.1 หลังการทดลองมีค่าสูงขึ้นเป็น pH 5.4 และต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมเล็กน้อย (ตารางที่ 5) เป็นดินกรดจัด แต่ไม่มีปัญหาต่อการปลูกส้ม เพราะช่วงการทดลองมีการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยเพียงอย่างเดียวซึ่งคุณสมบัติของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยมีค่า pH 6.5-7 ต่างจากปุ๋ยเคมีแบบเดิมและปุ๋ยเกล็ดฉีดพ่นทางใบโดยทั่วไปมีค่า pH 3-5 ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย เป็นเวลานานติดต่อกันไม่ทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน ก่อนการทดลองมีค่า 0.8 dS/m หลังการทดลองมีค่ามากขึ้นเป็น 1.4 dS/m และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 2 dS/m (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5) แสดงว่าไม่มีปัญหาดินเค็ม และไม่มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช การที่ค่าการนำไฟฟ้ามากขึ้นเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยในการทดลองซึ่งเป็นเรื่องปกติที่พบโดยทั่วไปในดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ก่อนการทดลองมีค่า 2.7% หลังการทดลองมีค่าลดลงเป็น 2.6% แต่อยู่ในช่วง 2.5-3.0 % ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐาน (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก่อนการทดลองมีค่า 107.2 mg/kg หลังการทดลองมีค่า เพิ่มขึ้นเป็น 153.7 mg/kg และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานหลายเท่า (26 – 42 mg/kg) (กลุ่มพัฒนาการตรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5) แสดงว่าการใช้ปุ๋ยระหว่างการทดลอง และส่วนของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่ในดินกลับมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (residual effect) มีผลต่อการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากขึ้น นอกจากนั้นช่วงการเจริญเติบโตทั้งทางกิ่งใบ และพัฒนาผลมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อย สอดคล้องกับหลายรายงานการวิจัยที่พบว่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบและผลของส้ม มีสัดส่วนน้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม (จริยา, 2549; วีระ, 2543; ภิญโญ, 2539 และจุฬาลักษณ์, 2530)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ก่อนการทดลองมีค่า 204.8 mg/kg หลังการทดลองมีค่าลดลงเป็น 177.3 mg/kg แต่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (130 mg/kg) (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5) เป็นผลจากมีการดูดใช้โพแทสเซียมมากในช่วงพัฒนาการของผล สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นมากกว่าธาตุอื่นๆ ในผลส้ม (จริยา, 2549)

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ก่อนการทดลองมีค่า 918.0 mg/kg หลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1351.5 mg/kg และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (1,040 mg/kg) (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นนั้นคาดว่าส่วนหนึ่งเป็นผลจากการใช้น้ำการเกษตรที่ไหลผ่านชั้นหินที่มีแคลเซียมในพื้นที่ กรณีเดียวกันกับแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ก่อนการทดลองมีค่า 240.8 mg/kg หลังการทดลองมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 281.5 mg/kg และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (135 mg/kg) (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าปฏิกิริยาดิน ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินในสวนส้มสายน้ำผึ้งก่อนและหลังการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าแนะนำดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

รายการวิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้		
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ดินที่เหมาะสม[1/]
pH (1:1)	5.1	5.4	6 – 7
ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe; dS/m)	0.8	1.4	0-2
อินทรียวัตถุในดิน (OM; %)	2.7	2.6	2.5 – 3.0
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	107.2	153.7	26 – 42
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	204.8	177.3	130
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	918.0	1351.5	1,040
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	240.8	281.5	135

หมายเหตุ [1/] กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต (2540)

ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อน้ำหนักผลผลิตของส้มสายน้ำผึ้ง

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ 1) น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยทุกกรรมวิธีคือ 112.1 กิโลกรัมต่อต้น โดยกรรมวิธี T4 ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นสูงสุด 151.3 กิโลกรัมต่อต้น ขณะที่กรรมวิธี T11 ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นต่ำสุด 90.9 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้น 132.5 กิโลกรัมต่อต้น

จากตารางที่ 6 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือ ใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้น้ำหนักผลผลิต/

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้นที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ากรรมวิธี T9 ให้ปุ๋ยที่ความถี่ 45 วัน/ครั้ง ต้องให้ปุ๋ยจำนวน 6 ครั้งต่อฤดูการผลิต ขณะที่กรรมวิธี T1 และ T5 ต้องให้ปุ๋ยจำนวน 16 และ 8 ครั้งต่อฤดูการผลิต ตามลำดับ กรรมวิธี T9 จึงมีค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ยน้อยกว่า ขณะเดียวกันก็ยืดอายุการใช้งานของเครื่องมืออุปกรณ์การเกษตรได้มากกว่า ซึ่งเสนอว่า เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ให้น้ำหนักผลผลิต/ต้น 112 กิโลกรัม/ต้นซึ่งเกณฑ์มาตรฐานสำหรับส้มอายุ 7-9 ปี ให้น้ำหนักผลผลิต/ต้น 100-150 กิโลกรัม/ต้น/ปี (ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน, 2552)

การที่น้ำหนักผลผลิต/ต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติในการทดลองครั้งนี้มีผลจากความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงก่อนการทดลอง (ตารางที่ 5) พบว่า ค่าปฏิกิริยาดิน ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงอยู่แล้วการใส่ปุ๋ยในอัตราต่างๆจึงมีผลไม่เด่นชัด ซึ่งสอดคล้องกับหลายรายงานที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (วีระ, 2543; ภิญโญ, 2539; จุฬาลักษณ์, 2530 และ Boman, 1992)

นอกจากนี้ต้นส้มที่ใช้ในการทดลองมีความสมบูรณ์สูง สังเกตได้จากน้ำหนักผลผลิต/ต้นของปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 115 กิโลกรัม/ต้น เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีการตอบสนองน้อยต่อการให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย กรรมวิธีต่างๆ เนื่องจากต้นส้มที่สมบูรณ์มีธาตุอาหารสะสมไว้ใน ราก ลำต้น กิ่งแก่ และใบแก่ ธาตุอาหารเหล่านั้นถูกดึงไปใช้มากกว่าที่ใช้จากปุ๋ยที่เพิ่งใส่ให้แก่พืชทางดิน (Dasberg *et al.,*1983) การใส่ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพควรใส่เพื่อชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และใส่เพื่อรักษาความสมบูรณ์ของต้นในระยะยาวเพื่อสามารถให้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากกว่าที่ให้เป็นปุ๋ยเสริมในระยะเวลาสั้นๆ ปริมาณและคุณภาพของผลส้มขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของธาตุอาหารทุกธาตุที่ต้นส้มได้รับตลอดปี (ยงยุทธ, 2552)

ในการศึกษาครั้งนี้ให้ปุ๋ยที่ความถี่ 6 – 16 ครั้งต่อฤดูการผลิต แต่ไม่เห็นผลเด่นชัดในด้านผลผลิตต่อต้น เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ และต้นส้มมีความสมบูรณ์สูง ขณะที่ Kusakabe *et al*. (2006) รายงานว่าความถี่ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ดีที่สุดคือไม่ควรเกิน 30 วันต่อครั้ง หรือ 27 ครั้งต่อฤดูการผลิตส้ม และ Thompson *et al.* (2003) รายงานว่าความถี่ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำแก่ส้มที่เหมาะสมผันแปรในช่วง 10-30 ครั้งต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถปรับลดปริมาณและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความถี่ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำได้ โดยไม่กระทบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อน้ำหนักผลผลิตของส้มสายน้ำผึ้ง

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				น้ำหนักผลผลิต/ต้น
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	กก./ต้น
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน			
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	113.5
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	116.1
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	113.9
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	151.3
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน			
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	124.3
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	135.1
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	139.6
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	125.9
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	132.5
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน			
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	112.0
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	131.8
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	90.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				น้ำหนักผลผลิต/ต้น
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	กก./ต้น
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	110.8
				F-test					ns
				C.V.					25.1

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณส้มสายน้ำผึ้งเกรดต่างๆ

ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3

ในการผลิตส้มเพื่อการค้า เกรดส้มเบอร์ 3 เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ เพราะมีขนาดผลเล็ก ไม่เหมาะแก่การรับประทานสด การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีทำให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยกรรมวิธี T1 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 มากที่สุดคือ 2.4 % ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ขณะที่กรรมวิธี T3 T4 และ T11 ไม่มีส้มเกรดนี้ ส่วนกรรมวิธี Tc ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 คือ 6.4 % ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 2)

พิจารณาจากตารางที่ 7 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ พบว่ากรรมวิธี T1 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธี T5 และ T9 ซึ่งให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 0.5 และ 0.7% ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธี T5 และ T9 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 2) กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 เพียง 0.7 % ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้นซึ่งมีปริมาณน้อย

ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 5 6 และ 7

จากการให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่มีผลต่อความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 5 6 และ 7 (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 3 4 5 และ 6) โดยกรรมวิธี T8 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 มากที่สุดคือ 19.7% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T11 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 และ 5 น้อยที่สุดคือ 2.2 และ 50.3% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T4 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 5 มากที่สุดคือ 56.3% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T5 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 6 มากที่สุดคือ 43.0% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T3 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อยที่สุดคือ 13.8% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T7 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 7 มากที่สุดคือ 6.2% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T2 ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 7 น้อยที่สุดคือ 1.5% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ขณะที่กรรมวิธี Tc ให้ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 5 6 และ 7 คือ 15.1 43.0 34.5 และ 1.0% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ตามลำดับ

น้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ (น้ำหนักรวมเกรดส้มเบอร์ 4 5 และ 6)

ด้านการตลาดมีความต้องการส้มเบอร์ 4 5 และ 6 มากที่สุด พิจารณาจากตารางที่ 7 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ย และอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ พบว่ากรรมวิธี T1 ให้น้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ 94.4% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น กรรมวิธี T5 ให้น้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ 95.9% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้นในขณะที่กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้น้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ 95.5% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธี T1 และ T5 (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณของส้มเกรดต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวได้ และสัดส่วนของส้มเบอร์ 4 5 และ 6 ซึ่งเป็นเกรดที่ตลาดต้องการ

กรรมวิธี	ปริมาณส้มแต่ละเกรด (% โดยน้ำหนัก)					ปริมาณรวมเกรดส้ม
	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5	เบอร์ 6	เบอร์ 7	เบอร์ 4+5+6
T1	2.4 [b]	5.7	45.9	42.8	3.1	94.4
T2	1.4 [bc]	8.3	60.1	28.7	1.5	97.1
T3	0.0 [c]	16.6	66.3	13.8	3.3	96.7
T4	0.0 [c]	10.0	56.3	31.3	2.4	97.6
T5	0.5 [bc]	4.4	48.5	43.0	3.6	95.9
T6	1.9 [b]	7.3	48.3	38.0	4.4	93.6
T7	1.2 [bc]	4.2	55.7	32.8	6.2	92.7
T8	1.2 [bc]	19.7	51.3	26.1	1.7	97.1
Tc	6.4 [a]	15.1	43.0	34.5	1.0	92.6
T9	0.7 [bc]	10.7	56.9	27.9	3.8	95.5
T10	0.8 [bc]	3.9	59.3	30.8	5.2	94.0
T11	0.0 [c]	2.2	50.3	44.7	2.8	97.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

กรรมวิธี	ปริมาณส้มแต่ละเกรด (% โดยน้ำหนัก)					ปริมาณรวมเกรดส้ม
	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5	เบอร์ 6	เบอร์ 7	เบอร์ 4+5+6
T12	0.6 [bc]	3.8	58.8	32.4	4.4	95.0
F-test	**	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.	119.6	100.4	33.3	45.1	121.9	23.2

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกัน โดย LSD

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณน้ำส้มจากผลส้มระยะพร้อมเก็บเกี่ยว (อายุผล 11 เดือน)

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ปริมาณน้ำส้มมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8 และตารางผนวกที่ 8) ปริมาณน้ำส้มเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 49.5% โดยน้ำหนัก โดยกรรมวิธี T11 ให้ปริมาณน้ำส้มมากที่สุด คือ 54.1% โดยน้ำหนัก กรรมวิธี T4 ให้ปริมาณน้ำส้มน้อยที่สุด คือ 46.4% โดยน้ำหนัก ขณะที่กรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ปริมาณน้ำส้ม 46.2% โดยน้ำหนัก

พิจารณาจากตารางที่ 8 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำที่สุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ปริมาณน้ำส้ม 51.1 46.5 และ 50.6 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีทั้ง 3 ดังกล่าว พบว่า กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ปริมาณน้ำส้ม 50.6 % โดยน้ำหนัก มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำส้มมาตรฐานซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่า 35% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2551) และมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำส้มที่พึงประสงค์ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 (มนตรี, 2527)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลของสูตร อัตราและความถี่ในการให้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณน้ำส้มจากผลส้มระยะพร้อมเก็บเกี่ยว (อายุผล 11 เดือน)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ปริมาณน้ำส้ม % โดยน้ำหนัก
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน			
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	51.1
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	48.1
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	49.7
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	46.4
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน			
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	46.5
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	48.5
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	50.2
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	49.8
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	46.2
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน			
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	50.6
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	50.5
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	54.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ปริมาณน้ำส้ม % โดยน้ำหนัก
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	48.5
				F-test					ns
				C.V.					10.7

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และสัดส่วน TSS/TA

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ TSS มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9 และตารางผนวกที่ 9) TSS เฉลี่ย ทุกกรรมวิธี 12.3 °Brix โดยกรรมวิธี T1 ให้ TSS มากที่สุด คือ 12.8 °Brix กรรมวิธี T5 ให้ TSS น้อยที่สุด คือ 11.4 °Brix ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ TSS 12.4 °Brix

พิจารณาจากตารางที่ 9 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ TSS 12.8 11.4 และ 12.3 °Brix ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกรรมวิธี T1 T5 และ T9 พบว่ากรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ให้ TSS 12.3 °Brix มากกว่า TSS มาตรฐาน (ไม่ต่ำกว่า 9 °Brix) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2551) และมากกว่า TSS อันพึงประสงค์ (12 °Brix) (มนตรี, 2527)

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA)

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ TA มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9 และตารางผนวกที่ 10) TA เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 0.5% โดยกรรมวิธี T4 ให้ TA มากที่สุด คือ 0.7% กรรมวิธี T2 T7 T8 T9 T11 และ T12 ให้ TA น้อยที่สุด คือ 0.5% ขณะที่กรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ TA 0.5%

พิจารณาจากตารางที่ 9 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ TA 0.6 0.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และ 0.5% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธี T1 T5 และ T9 พบว่ากรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ให้ TA 0.5% ซึ่งมีค่าต่ำกว่า TA อันพึงประสงค์ของ มนตรี (2527) (0.6-1.0%)

เป็นที่สังเกตว่า TA จากการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5% เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ TA จากรายงานการวิจัยของวีระ (2543) ภิญโญ (2539) และจริยา (2549) ในผลส้มเขียวหวานที่ใช้ปุ๋ยเคมีแบบหว่าน เท่ากับ 0.9 0.8 และ 0.7 % ตามลำดับ พบว่า TA จากผลส้มที่ใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยมีค่าต่ำกว่า สอดคล้องกับการทดลองของ Koo (1980) ที่พบว่า TA จากการให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทาน มีค่าน้อยกว่าการให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านหรือปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด

สัดส่วน TSS/TA

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ สัดส่วน TSS/TA มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9 และตารางผนวกที่ 11) สัดส่วน TSS/TA เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 23:1 โดยกรรมวิธี T7 ให้ TSS/TA มากที่สุด คือ 25:1 กรรมวิธี T4 ให้ TSS/TA น้อยที่สุด คือ 19:1 ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ TSS/TA 25:1

พิจารณาจากตารางที่ 9 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1, T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ TSS/TA 24:1 20:1 และ 23:1 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกรรมวิธี T1 T5 และ T9 พบว่ากรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ให้ TSS/TA 23:1 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการผลิตส้มเปลือกล่อนของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ซึ่งกำหนดสัดส่วน TSS/TA มากกว่า 13:1 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2551) และมีค่ามากกว่าสัดส่วน TSS/TA 12:1 -13:1 อันพึงประสงค์ของ มนตรี (2527)

นันทรัตน์ (2547) พบว่าสัดส่วน TSS/TA ของส้มโชกุนที่ปลูกในจังหวัดเชียงรายโดยการให้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17:1 ส่วนภิญโญ (2539) พบว่าสัดส่วน TSS/TA ของส้มเขียวหวานที่ปลูกในดินชุดเชียงคาน ริมแม่น้ำน่าน จ.น่าน โดยการให้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมเช่นกัน มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าเฉลี่ย 10:1 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองครั้งนี้ซึ่งมีสัดส่วน TSS/TA โดยเฉลี่ยเท่ากับ 23:1 พบว่าสัดส่วน TSS/TA ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยมีค่ามากกว่า สอดคล้องกับการทดลองของ Koo (1980) ที่พบว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำชลประทานให้ค่าสัดส่วน TSS/TA มากกว่าการให้ปุ๋ยเคมีแบบเดิม

การที่ สัดส่วน TSS/TA ของการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23:1 มีค่ามากกว่าค่าสัดส่วน TSS/TA ของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ และของสัดส่วน TSS/TA อันพึงประสงค์ของ มนตรี (2527) เนื่องจาก TSS เฉลี่ยมีค่า 12.3 ^{o}Brix มีค่ามาก และ TA เฉลี่ยมีค่า 0.5% มีค่าน้อย จึงมีผลให้สัดส่วน TSS/TA สูงขึ้น นอกจากนี้การที่ต้นพืชได้รับปริมาณน้ำและธาตุอาหารพืชอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างต่อเนื่องและให้ผลผลิตดีทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ (ยงยุทธ, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และสัดส่วน TSS/TA

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				TSS	TA	TSS/TA
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	(°Brix)	(%)	
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน					
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	12.8	0.6	24:1
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	12.6	0.5	25:1
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	12.3	0.6	22:1
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	12.6	0.7	19:1
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน					
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	11.4	0.6	20:1
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	13.0	0.6	24:1
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	12.3	0.5	25:1
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	11.9	0.5	24:1
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	12.4	0.5	25:1
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน					
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	12.3	0.5	23:1
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	12.4	0.6	22:1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				TSS	TA	TSS/TA
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	(°Brix)	(%)	
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	11.8	0.5	23:1
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	11.9	0.5	23:1
				F-test					ns	ns	ns
				C.V.					8.1	16.5	12.7

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหาร ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน (N) ในใบ

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 12) ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีคือ 2.39% โดยกรรมวิธี T4 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบมากที่สุด คือ 2.54% กรรมวิธี T7 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบน้อยที่สุด คือ 2.14% ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบคือ 2.65%

พิจารณาจากตารางที่ 10 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบ 2.52 2.51 และ 2.34% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบ 2.34% อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (2.20-2.70% N) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธี อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเช่นกัน

ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัส (P) ในใบ

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 13) ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีคือ 0.17% โดยกรรมวิธี T11 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบมากที่สุด คือ 0.196% กรรมวิธี T5 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบน้อยที่สุด คือ 0.162% ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบคือ 0.189%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจารณาจากตารางที่ 10 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และT9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบคือ 0.18 0.16 และ 0.17% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบ 0.17% อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (0.12-0.18% P) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธี อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเช่นกัน

ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียม (K) ในใบ

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 14) ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีคือ 1.35% โดยกรรมวิธี T3 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมากที่สุด คือ 1.47% กรรมวิธี T9 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบน้อยที่สุด คือ 1.22% ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบคือ 1.42%

พิจารณาจากตารางที่ 10 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1, T5 และ T9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบคือ 1.31 1.27 และ 1.22% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบ 1.22% อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (1.00-1.70% K) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธี อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มข้นธาตุแคลเซียม (Ca) ในใบ

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีทำให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 15) ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีคือ 6.30% โดยกรรมวิธี T7 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบมากที่สุด คือ 7.26% กรรมวิธี T4 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบน้อยที่สุด คือ 5.57% ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบคือ 5.49%

พิจารณาจากตารางที่ 10 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และT9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบคือ 5.61 6.32 และ 6.58% ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 3 กรรมวิธี กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมในใบคือ 6.58% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (6.10-6.90% Ca) (ตารางที่ 3) และในการทดลองครั้งนี้มีค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีเท่ากับ 6.24% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงเช่นกัน (ตารางที่ 3) สาเหตุที่ใบส้มมีความเข้มข้นธาตุแคลเซียม อยู่ในเกณฑ์สูงเพราะดินก่อนการทดลองค่อนข้างสมบูรณ์มีค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 918.0 mg/kg ใกล้เคียงกับ 1,040 mg/kg ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก (กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต, 2540) (ตารางที่ 5) นอกจากนี้ยังพบว่าหลังการทดลองค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เพิ่มเป็น 1351.5 mg/kg ซึ่ง Ca ที่เพิ่มขึ้นอาจปนมากับน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกซึ่งไหลผ่านชั้นหินต่างๆ

ความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในใบ

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 16) ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีคือ 1.02% โดยกรรมวิธี T8 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบมากที่สุด คือ 1.14% กรรมวิธี T5 ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบน้อยที่สุด คือ 0.97% ส่วนกรรมวิธี Tc (standard treatment) ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบคือ 1.05%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจารณาจากตารางที่ 10 เปรียบเทียบกรรมวิธี T1 T5 และT9 ใช้สูตรปุ๋ยและอัตราการใช้เท่ากันคือใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญทางด้านกิ่งใบ อัตรา 225 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัม-ปุ๋ย/ต้น/ช่วง ซึ่งเป็นอัตราใช้ที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ แต่ทั้งสามกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยที่ความถี่ต่างกันคือ 15 30 และ 45 วัน/ครั้งตามลำดับ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบคือ 1.10 0.97 และ 0.99% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธี T1 T5 และ T9 กรรมวิธี T9 ซึ่งเสนอว่าเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ ให้ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบ 0.99% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (0.70-1.00% Mg) (ตารางที่ 3) และในการทดลองครั้งนี้มีค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีเท่ากับ 1.02% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มากเกินพอ (>1.00% Mg) (ตารางที่ 3)

การที่ค่าความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียมในใบสูง และมากเกินพอในใบส้มนั้นมาจากความสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลองมีค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 240.8 mg/kg ซึ่งค่าที่เหมาะสมมีเพียง 135 mg/kg และค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 281.5 mg/kg อีกด้วย (ตารางที่ 5) ซึ่ง Mg ที่เพิ่มขึ้นอาจปนมากับน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกซึ่งไหลผ่านชั้นหินต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยต่อความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผลของต้นส้มสายน้ำผึ้ง

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ (%)				
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	N	P	K	Ca	Mg
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน							
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	2.52	0.18	1.31	5.61 ^{cd}	1.10
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	2.28	0.17	1.37	5.99 ^{bcd}	1.00
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	2.35	0.16	1.47	6.04 ^{bcd}	1.04
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	2.54	0.18	1.42	5.57 ^{cd}	1.03
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน							
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	2.51	0.16	1.27	6.31 ^{abcd}	0.97
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	2.34	0.16	1.38	6.28 ^{abcd}	1.00
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	2.14	0.17	1.27	7.26 ^{a}	0.99
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	2.47	0.17	1.35	6.49 ^{abcd}	1.14
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	2.65	0.18	1.42	5.49 ^{d}	1.05
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน							
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	2.34	0.17	1.22	6.58 ^{abc}	0.99
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	2.34	0.17	1.36	7.00 ^{ab}	1.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ (%)				
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	N	P	K	Ca	Mg
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	2.39	0.19	1.33	6.44 ^{abcd}	1.04
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	2.43	0.17	1.41	6.05 ^{bcd}	0.98
				F-test					ns	ns	ns	*	ns
				C.V.					14.0	11.5	13.1	11.6	8.5

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันโดย LSD

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ติดไปกับผลผลิตส้ม (crop removal)

การใช้ปุ๋ย เคมีเหลวแขวนลอย ทั้ง 12 กรรมวิธีไม่ทำให้น้ำหนักผลสด และน้ำหนักผลแห้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11 และตารางผนวกที่ 17 และ 18) น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 117.0 กรัม น้ำหนักผลแห้งเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 17.9 กรัม โดยกรรมวิธี T6 ให้น้ำหนักผลสดและน้ำหนักผลแห้ง มากที่สุดคือ 134.0 และ 20.2 กรัม ตามลำดับ กรรมวิธี T5 ให้น้ำหนักผลสดและน้ำหนักผลแห้ง น้อยที่สุดคือ 107.7 และ 15.9 กรัม ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธี Tc ให้น้ำหนักผลสด 124.4 กรัม และน้ำหนักผลแห้ง 18.9 กรัม แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ในกรรมวิธีต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมในผลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 และตารางผนวกที่ 19 และ 21) โดยกรรมวิธี T5 มีความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลสูงสุดคือ 0.98% และ กรรมวิธี T3 มีความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลต่ำสุดคือ 0.75% กรรมวิธี T1 มีความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในผลสูงสุดคือ 1.60 % และ กรรมวิธี T10 มีความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในผลต่ำสุดคือ 1.14 % ขณะที่กรรมวิธี Tc มีความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมในผล 0.87 % และ 1.55% ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในผล ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีทั้งหมด (ตารางที่ 12 และตารางผนวกที่ 20)

เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (crop removal) จากข้อมูลความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลโดยน้ำหนักแห้งซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.86% 0.13% และ 1.35% ตามลำดับ (ตารางที่ 12) โดยพบว่า ทุกๆ 1 กิโลกรัมของผลผลิตสด มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมติดไปกับผลผลิต โดยเฉลี่ย เท่ากับ 1.31 0.21 และ 2.07 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของนันทรัตน์ (2547) จุฬาลักษณ์ (2530) และ Smith and Reuther (1953) ต่างรายงานว่าปริมาณธาตุโพแทสเซียมมีมากที่สุดในผลส้ม รองลงมาคือไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมีน้อยที่สุด

การเก็บเกี่ยวผลส้มหรือไม้ผลชนิดต่างๆในฤดูเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งไม่เพียงแต่ได้ผลผลิตไปเท่านั้น ธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมถูกนำออกจากแปลงเพาะปลูกไปด้วย ทำให้ดินขาดความสมบูรณ์ ขาดธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ จำเป็นต้องมีการใส่ธาตุอาหารพืชเข้าไปทดแทนส่วนที่ขาดหายไป โดยการใส่ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ซึ่งบางครั้งมีธาตุอาหารบาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุมากเกินความจำเป็นในขณะเดียวกันอาจขาดธาตุอาหารบางธาตุได้ด้วย ดังนั้นการประเมินปริมาณธาตุอาหาร N P และ K หรือธาตุอื่นๆ ในรูปปุ๋ยเคมีที่มีในผลไม้นั้นๆ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการใส่ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว เมื่อนำปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต ซึ่งมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย เท่ากับ 1.31 0.21 และ 2.07 กรัม ตามลำดับ มาคำนวณอยู่ในรูปปุ๋ยเคมีต่อผลสด 100 กิโลกรัมได้ดังนี้ 131 g N 48 g P_2O_5 และ 248 g K_2O หรือคิดเป็นสัดส่วน N: P_2O_5: K_2O เท่ากับ 3:1:5 ต้องใส่ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ เพื่อชดเชยธาตุอาหารเหล่านี้ โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมหรือปุ๋ยหว่าน สูตร 25-7-7 6-24-24 15-5-20 และ 0-0-60 ในกรณีนี้ต้องใส่ปุ๋ยเคมีแบบเดิมสูตร 15-5-20 จำนวนไม่น้อยกว่า 960 กรัม และใส่สูตร 0-0-60 จำนวนไม่น้อยกว่า 94 กรัม ซึ่งสามารถทดแทนธาตุอาหารที่ถูกเก็บเกี่ยวไปพร้อมกับผลส้มสด 100 กิโลกรัมได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อน้ำหนักผลสดและผลแห้ง (ทั้งผล)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				น้ำหนักทั้งผล	
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน				
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	115.6	17.1
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	113.5	17.6
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	111.2	17.3
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	110.4	17.2
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน				
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	107.1	15.9
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	134.0	20.2
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	126.1	19.1
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	125.8	19.1
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	124.3	18.9
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน				
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	118.6	18.1
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	109.2	17.0
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	119.7	19.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				น้ำหนักทั้งผล	
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	111.8	16.6
				F-test					ns	ns
				C.V.					13.4	13.4

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลของสูตร อัตราและความถี่ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในผลโดยน้ำหนักแห้ง

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ความเข้มข้นธาตุอาหารในผล โดยน้ำหนักแห้ง (%)		
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	N	P	K
		ก./ต้น/15วัน				ก./ต้น/15วัน					
T1	18-6-12	37.5	6	225	7-3-10	37.5	10	375	0.89 ^{abc}	0.15	1.60 ^{a}
T2	18-6-12	37.5	6	225	15-5-20	37.5	10	375	0.90 ^{abc}	0.14	1.59 ^{a}
T3	18-6-12	62.5	6	375	7-3-10	62.5	10	625	0.75 ^{d}	0.13	1.39 ^{b}
T4	18-6-12	62.5	6	375	15-5-20	62.5	10	625	0.88 ^{abc}	0.15	1.57 ^{a}
		ก./ต้น/30วัน				ก./ต้น/30วัน					
T5	18-6-12	75.0	3	225	7-3-10	75.0	5	375	0.98 ^{a}	0.14	1.34 ^{bc}
T6	18-6-12	75.0	3	225	15-5-20	75.0	5	375	0.95 ^{ab}	0.13	1.35 ^{bc}
T7	18-6-12	125.0	3	375	7-3-10	125.0	5	625	0.83 ^{cd}	0.14	1.28 ^{bcd}
T8	18-6-12	125.0	3	375	15-5-20	125.0	5	625	0.87 ^{abcd}	0.14	1.29 ^{bcd}
Tc	18-6-12	100.0	3	300	12-6-18	100.0	5	500	0.87 ^{abcd}	0.15	1.55 ^{a}
		ก./ต้น/45วัน				ก./ต้น/45วัน					
T9	18-6-12	112.5	2	225	7-3-10	93.8	4	375	0.81 ^{cd}	0.13	1.25 ^{bcd}
T10	18-6-12	112.5	2	225	15-5-20	93.8	4	375	0.84 ^{bcd}	0.11	1.14 ^{d}
T11	18-6-12	187.5	2	375	7-3-10	156.3	4	625	0.79 ^{cd}	0.13	1.16 ^{d}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กรรมวิธี	ช่วงที่ 1 (เติบโตทางกิ่งใบ) 30 เมษายน-15 กรกฎาคม 2552				ช่วงที่ 2 (พัฒนาผล) 30 กรกฎาคม -15 ธันวาคม 2552				ความเข้มข้นธาตุอาหารในผล โดยน้ำหนักแห้ง (%)		
	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	สูตร	อัตรา	จำนวนครั้ง	รวม ก./ช่วง	N	P	K
T12	18-6-12	187.5	2	375	15-5-20	156.3	4	625	0.80 ^{cd}	0.14	1.22 ^{cd}
				F-test					*	ns	***
				C.V.					9.6	13.5	8.4

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

*** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยยิ่งสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันโดย LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินกรรมวิธีต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมต่อการผลิตส้มสายน้ำผึ้ง

จากข้อมูลปริมาณ และคุณภาพผลผลิตรวมถึงความเข้มข้นธาตุอาหารต่างๆ ในใบ และผลจากการให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำ 12 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธี T9 มีความเหมาะสมที่สุด คือใช้ปุ๋ยสูตร 18-6-12 ในช่วงการเติบโตทางกิ่งใบ อัตรา 225 กรัมปุ๋ยต่อช่วง (112.5 กรัม/ต้น/45 วัน) และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัมปุ๋ยต่อช่วง (93.75 กรัม/ต้น/45 วัน) ให้ทุก 45 วัน ซึ่งมีจำนวนครั้งในการให้ปุ๋ยน้อยที่สุด ให้ผลผลิตดีทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ มีความเข้มข้นธาตุอาหารต่างๆ ในใบ และผลอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ดังนี้ ให้น้ำหนักผลผลิต/ต้น 112 กิโลกรัม/ต้นซึ่งเกณฑ์มาตรฐานสำหรับส้มอายุ 7-9 ปี ให้น้ำหนักผลผลิต/ต้น 100-150 กิโลกรัม/ต้น/ปี (ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน, 2552) น้ำหนักผลผลิตพึงประสงค์ (น้ำหนักรวมเกรดส้มเบอร์4 5 และ 6) เท่ากับ 95.5 % ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 มีน้อยคือ 0.7% ของน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ปริมาณน้ำส้ม TSS และสัดส่วน TSS/TA มีค่า 50.6 % 12.3 ^{o}Brix และ 25:1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (ปริมาณน้ำส้ม TSS และสัดส่วน TSS/TA มีค่า ไม่ต่ำกว่า 35% 9 ^{o}Brix และ 13:1 ตามลำดับ) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2551) ให้ TA 0.5 % เมื่อเทียบกับส้มพึงประสงค์มีค่าอยู่ในช่วง 0.6-1.0 % (มนตรี, 2527) ค่าความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในใบ คือ 2.34 0.174 และ 1.22 % ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ส่วนค่าความเข้มข้นธาตุแคลเซียมและธาตุแมกนีเซียมในใบ คือ 6.58 และ 0.99 % อยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตของ Chapman (1960) (ตารางที่ 3) ความเข้มข้นธาตุอาหารในผลส้มต่อน้ำหนักแห้ง มีค่า 0.81% N 0.13% P และ 1.25% K (ตารางที่ 12) ปริมาณธาตุอาหารต่อผลสด 1 กิโลกรัมที่คำนวณได้มีค่า 1.24 g N, 0.19 g P และ 1.92 g K และคำนวณในรูปปุ๋ยเคมี มีค่า 1.24 g N, 0.45 g P_2O_5 และ 2.30 g K_2O สอดคล้องกับงานวิจัยของนันทรัตน์ (2547) จุฬาลักษณ์ (2530) และ Smith and Reuther (1953) ซึ่งต่างพบว่าปริมาณธาตุอาหาร K ในผลส้มมากกว่าปริมาณธาตุอาหาร N ขณะที่ปริมาณธาตุอาหาร P มีน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยกับปุ๋ยเคมีแบบดั้งเดิม (ชนิดเม็ด) ในการผลิตส้ม

จากการสอบถามข้อมูล สูตรปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดที่เหมาะสมกับส้มในช่วงการเจริญเติบโต ทางกิ่งใบ และช่วงการพัฒนาผล อัตราใช้ในแต่ละช่วง พร้อมราคาที่จำหน่าย ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ร้านค้า บริษัทค้าปุ๋ย และเกษตรกร (สวนสามหัวใจ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่) ในช่วงเดือนมีนาคม – เดือน ธันวาคม 2552 เปรียบเทียบกับสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้ และความถี่ในการให้ปุ๋ยตามคำแนะนำของ บริษัท ปุ๋ยกัปตัน จำกัด พบว่ากรรมวิธี T9 ซึ่งเหมาะสมที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ และนำมาปรับตามปฏิทินสากลเพื่อง่ายต่อการให้ปุ๋ยในรอบปีสำหรับการปลูกส้มสายน้ำผึ้ง (ตารางที่ 13) ในการทดลองครั้งนี้เริ่มให้ปุ๋ยครั้งแรกปลายเดือนเมษายน และสิ้นสุดในเดือนธันวาคม รวม 6 ครั้ง ส่วนเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม ที่เป็นช่วงก่อนการทดลองควรให้ปุ๋ยเพิ่มอีก 2 ครั้ง ดังนั้นในหนึ่งปีถ้าให้ปุ๋ยทุก 45 วัน ต้องให้ปุ๋ยเท่ากับ 8 ครั้ง แบ่งเป็นช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ให้ปุ๋ย 2 ครั้งในอัตรา 112.5 กรัม/ต้น/ครั้ง ช่วงออกดอก ให้ปุ๋ย 2 ครั้งในอัตรา 112.5 กรัม/ต้น/ครั้ง และช่วงการพัฒนาผล ให้ปุ๋ย 4 ครั้งในอัตรา 93.8 กรัม/ต้น/ครั้ง พบว่าการให้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดหว่าน ต้องใช้ปุ๋ยเคมี 6 กิโลกรัม/ต้น/ปี มีต้นทุนปุ๋ย เท่ากับ 120 บาท/ต้น/ปี ขณะที่การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำชลประทาน ใช้ปุ๋ยเพียง 825 กรัม/ต้น/ปี มีต้นทุนปุ๋ยเท่ากับ 63.54 บาท/ต้น/ปี ดังนั้นอัตราการใช้ของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยใช้เพียง 13.75% ของอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด สอดคล้องกับรายงานของ Kusakabe *et al*. (2006) ที่พบว่าอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวควรอยู่ในช่วง 17-34% ของอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด ส่วนต้นทุนปุ๋ยของการให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำชลประทาน คิดเป็นเพียง 52.95% ของต้นทุนปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด ซึ่งสอดคล้องกับที่ สาลี่ และคณะ (2545) และปัญจพร (2544) ต่างรายงานไว้ว่า การให้ปุ๋ยเคมีกับไม้ผลในระบบน้ำชลประทานมีอัตราใช้ และต้นทุนปุ๋ยต่ำกว่าการให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่าน

จากการสังเกตในการวิจัยครั้งนี้ยังพบอีกว่าการชั่งโดยน้ำหนักของปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยมีความสะดวก และง่ายต่อการปฏิบัติมากกว่าการตวงโดยปริมาตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบสูตรปุ๋ยเคมี อัตรา ราคาปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเดิมและการใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำชลประทาน ในการผลิตส้มสายน้ำผึ้ง

ระยะการเจริญเติบโต	ปุ๋ยเคมีแบบดั้งเดิม (ชนิดเม็ด)				ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยในระบบน้ำ				
	สูตร	กก./ต้น	บาท/กก.	รวมเงิน (บาท)	สูตร	ก./ต้น/45วัน	จำนวนครั้ง	บาท/ก.	รวมเงิน (บาท)
การเติบโตด้านกิ่งใบ	25-7-7	2	18	36	18-6-12	112.5	2	0.077	17.33
ออกดอก	6-24-24	1	24	24	18-6-12	112.5	2	0.077	17.33
การพัฒนาผล	15-5-20	3	20	60	7-3-10	93.75	4	0.077	28.88
รวม		6		120		825		บาท/ก.	63.54
น้ำหนักปุ๋ย/ต้น/ปี	6 กิโลกรัม				825 กรัม				
ต้นทุนปุ๋ย/ต้น/ปี	120 บาท				63.54 บาท				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

การให้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย ในระบบน้ำชลประทานกับส้มเปลือกล่อนพันธุ์สายน้ำผึ้ง ซึ่งปลูกในดินที่อุดมสมบูรณ์ และสภาพต้นมีความสมบูรณ์สูง โดยใช้สูตร 18-6-12 ในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ อัตรา 225 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง (112.5 กรัมปุ๋ย/ต้น/45วัน) และสูตร 7-3-10 ในช่วงการพัฒนาผล อัตรา 375 กรัมปุ๋ย/ต้น/ช่วง (93.75 กรัมปุ๋ย/ต้น/45วัน) ทุก 45 วันให้ผลผลิตดีทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ ให้ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ความเข้มข้นธาตุอาหารในผลส้มต่อน้ำหนักแห้ง มีค่า 0.81% N 0.13% P และ 1.25% K และปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (ผลสด 1 กิโลกรัม) คือ 1.24 g N, 0.19 g P และ 1.92 g K มีจำนวนครั้งในการให้ปุ๋ยน้อย และต้นทุนปุ๋ยต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดพบว่า ใช้ปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอยอัตราเพียง 13.75% ของการอัตราใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด และมีต้นทุนปุ๋ยเพียง 52.95% ของต้นทุนปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเขียวหวาน. **คู่มือการปฏิบัติเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเขียวหวาน**. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. **เอกสารวิชาการ คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช และปัจจัยการผลิต. 2540. **คุณสมบัติดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช**. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, เชียงใหม่. แหล่งที่มา: http://www.oard1.org/service/anasoil.htm, 20 ธันวาคม 2552

จริยา วงศ์ตรี. 2549**. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อระดับธาตุอาหารในใบ ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตส้ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาลักษณ์ จึงเจริญ. 2530. **การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในส้มเขียวหวานและอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยและระยะการเจริญเติบโตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับธาตุอาหารในใบส้ม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.** สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทรัตน์ ศุภกำเนิด. 2547. **การจัดการดินและธาตุอาหารพืช,** น 2-15. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับส้มเปลือกล่อน ในเขตภาคกลางตอนบน วันที่ 4 - 5 พฤศจิกายน 2547 ณ อาคารเอนกประสงค์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5, กรมวิชาการเกษตร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญจพร เลิศรัตน์. 2544. งานวิจัยการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำกับไม้ผลเมืองร้อนบางชนิด, น.85-90. *ใน* **รายงานการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน.** วันที่ 18 - 19 สิงหาคม 2544 ณ เค. ยู. โฮม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2544. **คู่มือการทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ.** ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา, กรุงเทพมหานคร.

ฝ่ายปุ๋ยเคมี. 2554. **สถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมีปีพ. ศ. 2553.** สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ภิญโญ ศิรินันท์. 2539. **ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และจุลธาตุต่อคุณภาพ และผลผลิตของส้มเขียวหวานที่ปลูกในดินชุดเชียงคาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2507. ส้มเขียวหวาน. **กสิกร** 37:3-15.

มนตรี ค้ำชู. 2538. **หลักการชลประทานแบบหยด.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มนตรี อิสรไกรศีล. 2527. **การศึกษาการเจริญเติบโตของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของผลส้มเขียวหวานและส้มตรา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2536. **ปุ๋ยเคมี: การผลิตและการประเมินคุณภาพ**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2542. **ศัพท์ในวงการปุ๋ย.** สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช.** (ปรับปรุงใหม่) สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรุงเทพฯ.

วีระ วรปิติรังสี. 2543. **ผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และจุลธาตุต่อคุณภาพ และผลผลิตของส้มเขียวหวานในดินชุดบ้านจ้อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2550. ปุ๋ยเคมีปี'50: เงินบาทแข็งค่า...ราคานำเข้าลดลง. **มองเศรษฐกิจ** ฉบับที่ 2016: 2-5.

ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน. 2552. **โครงการสถานีวิจัยและศูนย์วิจัย** ฝ่ายวิจัยและบริการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. แหล่งที่มา: http://natres.psu.ac.th/researchcenter/tropicalfruit/fruit/chokun.htm, 12 มีนาคม 2552

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2517. การวิเคราะห์ใบส้มเขียวหวานเพื่อวินิจฉัยสภาวะฟอสฟอรัสของสวนส้ม. **วารสารเกษตรศาสตร์** 6(3 และ 4): 111-133.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2527. โครงการใช้ปุ๋ยในไร่ส้มรังสิต. **วารสารโลกเกษตร** 4(18): 23-27.

สายัณห์ สดุดี และระวี เจียรวิภา. 2548. การเกิดผลแตกของส้มโชกุน (*Citrus reticulata* cv. Shokun) ในภาคใต้ของประเทศไทย และการบรรเทาโดยการพ่นสารแคลเซียม และโบรอน. **วารสารสงขลานครินทร์** 27(4):720-730.

สาลี่ ชินสถิต, พูลสวัสดิ์ อาจละกะ, หฤทัย แก่นลา และ อุชฎา ไชยชนะ. 2545. **การจัดการปุ๋ยร่วมกับระบบการให้น้ำเงาะและทุเรียนในสวนเกษตรกร**. แหล่งที่มา: www.doa.go.th, 6 กันยายน 2552

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.** มกอช. 0003 – 2546

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แห่งชาติ: ส้มเปลือกล่อน. มกอช. 0014 – 2550

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร.** เอกสารเผยแพร่. แหล่งที่มา: http://oae.go.th/pdffile/commodity.pdf, 27 มกราคม 2554.

สุธน กีรตวัฒนา. 2540. การให้ปุ๋ยร่วมไปกับการให้น้ำโดยระบบน้ำหยด. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 13(1): 99-106.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. **การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ.** แหล่งที่มา: www.kmitl.ac.th, 6 กันยายน 2552

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ ประยูร ดำรงรักษ์ และนชา วารี. 2549. พื้นที่ให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของส้มโชกุนที่ปลูกในจังหวัดยะลา, น 214 *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ** ครั้งที่ 6 วันที่ 7 - 10 พฤศจิกายน 2549 ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว จ.เชียงใหม่.

อารี แก้วงาม และพรรณทิพย์ สงสะเสน. 2515. การวิเคราะห์ใบและผลส้มเพื่อเป็นแนวทางการวิจัย. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 5** (พิเศษ): 173-177.

An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region. 2002. **Fertilizer Management for Citrus Orchards.** Available Source: http://edis.ifas.edu, June 12, 2009.

Boman, B. J. 1992. Fertigation versus conventional fertilization of Flatwoods grapefruit. **Fert. Res** 44 (2): 123-128.

Chang, S. S. , W. T. Huang, S. Lian, A. H. Chang and W. L. Wu. 1994. **Research on leaf diagnosis criteria and its application to fertilizer recommendation for citrus orchards in Taiwan.** Extension Bulletin 396: 1-16. Published by Food and Fertilizer Technology Center.

Chapman, H. D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchard**. Citrus Leaves** 31(2):

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11,36-39.

Chapman, H. D. 1968. The mineral nutrition of citrus, pp. 127-289. *In* W. Reuther *et al*. ed. **The Citrus Industry**. vol. 2. Rev. ed. University of California Press. Berkeley**.**

Dasberg, S., H. Billorai and J. Erner. 1983. Nitrogen fertigation of Shamouti oranges. **Plant Soil** 75: 41-49.

Davies, F. S. and L. G. Albrigo. 1994. **Citrus**. CAB Internationnal, Wallingford.

Erickson, L. C. 1968. The general physiology of citrus. pp. 86-126**.** *In* W. Reuther, L. D. Batcherlor and H. J. Webber, eds. **The Citrus Industry** Vol. 2 Div. of Agric. Sci., Univ. of California, Berkly, California.

He, Z. L., D. V. Calvert, A. K. Alva, D. J. Banks and Y. C. Li. 2003. An evaluation of grapefruit leaf nitrogen concentration in relation to fruit yield and quality. **Soil Sci. Soc. Am. J** 67:583-588.

Koo, R. C. J. 1980. Results of citrus fertigation studies. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 93:33–36.

Kusakabe, A., S. A. White, J. L. Walworth, G. C. Wright and T. L. Thompson. 2006. Response of microsprinkler-irrigated Navel Oranges to fertigated nitrogen rate and frequency. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 70: 1623–1628.

Marler, T. E. and F. S. Davies. 1989. Microsprinkler irrigation scheduling and pattern effects on growth of young ‘Hamlin’ orange trees. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 102: 57–60.

Obreza, T. A., Alva, A. K. and Calvert, D. V. 1998. **Citrus Fertilizer Mannagement on Calcareous Soil**. Available Source: http://edis.ifas.ufl.edu/Body.CH086, July 15, 2009.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pantastico, Er. B., H. Subramanyam, M. B. Bhatti, N. Ali and E. K. Akamine. 1975. Harvest indices. pp. 56-74. *In* Pantastico, Er. B. ed. **Posharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetatles**. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Co., Inc.

Ritenour, M. A., W. F. Wardowski and D. P. Tucker. 1992. **Effects of Water and Nutrients on the Postharvest Quality and Shelf Life of Citrus.** Available Source: http://edis.ifas.edu/CH158, July 23, 2009**.**

Smith, P. E. 1966. Citrus Nutrition. pp. 174-207. *In* N. F. Childers. ed. **Fruit Nutrition**. Somerset Press, Somerville, New Jersey.

Smith, P. F. and W. Reuther. 1953. Mineral content of orange in relation to fruits age and some fertilization practices. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 66: 80-85

Storey, R. and M. T. Treeby. 2000. Seasonal changes in nutrient concentrations of Navel orange fruit. **Scientia Hort.** 84: 67-82.

Thompson, T. L., S. A. White, J. Walworth and G. S. Sower. 2003. **Development of Best Management Practices for Fertigation of Young Citrus Trees**, **2003 Report.** Available Source: http://www.azda.gov/CDP/NewCBC/ACRC/ACRC2002Research/2002-12.pdf, October 25, 2009.

Weinbaum, S. and C. Van Kessel. 1998. Quantitative estimates of uptake and internal cycling of 14N-labeled fertilizer in mature walnut trees. **Tree Physiol**. 18: 795–801.

Weinert, T. L., T. L. Thompson and S. A. White. 2002. Nitrogen fertigation of young navel oranges: Growth, N status, and uptake of fertilizer N. **HortScience** 37: 334–337.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wills, R. H. H., T. H. Lee, D. G. Graham, W. B. McGlasson and E. G. Hall. 1981. **Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables, 3rd edition.** New South Wales, Univ. Press, Sydney, Australia.

Willis, L. E., F. S. Davies and D. A. Graetz. 1990. Fertilization, nitrogen leaching and growth of young 'Hamlin' orange trees on two rootstocks. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 103:30–37.

World Fertilizer Use Manual. 2002. **Citrus**. Available Source: http://www.fertilizer, April 4, 2005.

Zekri, M. and T. Obreza. 2003. **Plant Nutrients for Citrus Tree**. Available Source: http://edisifas.ufl.edu/ss419, January 1, 2006.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจสอบสมบัติ และวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน

การวัด pH ของดิน

ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:2.5 โดยชั่งตัวอย่างดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 10 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ในระหว่างที่ตั้งทิ้งไว้คนดินเป็นครั้งคราว วัด pH ของสารละลายดินด้วย pH meter (Sartorius, PB20) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

การวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1: 5 ชั่งตัวอย่างดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 20 กรัม ใส่ erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำส่วนใสไปวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC meter (Hana, HI 8733) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ชั่งตัวอย่างดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตรจำนวน 0.5 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) 1 N 5 มิลลิลิตร จากนั้นริน sulphuric acid (H_2SO_4) เข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตรโดยเร็ว แกว่ง flask ไปรอบ ๆ เบา ๆ เพื่อให้น้ำยากับดินเข้ากันประมาณ 1-2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำกลั่นลงไป15 มิลลิลิตร หยด o-phenanthroline ferrous sulfate (ประกอบด้วย Ophenanthroline 1.48 กรัม และ ferrous sulfate ($FeSO_4$.7H2O) 0.70 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร) ลงไป 3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลาย ferrous sulfate ($FeSO_4$) จนกระทั่งถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของน้ำยา dichromate และ ferrous sulfate ที่ใช้ นำมาคำนวณหา เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนและเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุตามสูตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน} = \frac{(N\ K_2Cr_2O_7 \times V\ K_2Cr_2O_7 - N\ FeSO_4 \times V\ FeSO_4) \times 0.003 \times 100 \times 1.33}{\text{น้ำหนักดิน (g)}}$$

โดยที่ N = ความเข้มข้น (N)

V = ปริมาตรที่ใช้ (ml)

เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ = เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน x 1.72

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ชั่งตัวอย่างดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรจำนวน 2.0 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II (ประกอบด้วย ammonium fluoride (NH_4F) 1 N 30 มิลลิลิตร ผสมกับ hydrocholric acid (HCl) 0.5 N 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร) ลงไป 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 40 วินาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 จากนั้น ดูดสารละลายมา 1-5 มิลลิลิตร (ขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอสฟอรัสในสารละลายตัวอย่าง) ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำยา reagent B (ประกอบด้วย ammonium molybdate [$(NH_4)_6MoO_7.4H_2O$] 12 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร และ potassium antimony tartate ($KSbO\text{-}C_4H_4O_6$) 0.2908 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และ sulphuric acid (H_2SO_4) 5 N 1 ลิตร ทั้งหมดผสมกันปรับปริมาตรเป็น 2.5 ลิตร จากนั้น ละลาย ascorbic acid 1.056 กรัม ต่อน้ำยา 200 มิลลิลิตร) 4 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนครบ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน นำไปวัดความเข้มของสีโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Milton Roy, Spectonic Genesys 5) ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ถ้าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงเกินสารละลายมาตรฐาน ให้ลดปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ลง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 25 มิลลิลิตร คำนวณหาฟอสฟอรัสจากสูตร

$$P\ (mg/kg) = \frac{Z \times Y \times \text{final volume (ml)}}{\text{Aliquot used (ml)}}$$

โดยที่ Y = อัตราส่วนของสารละลายสกัด Bray II: น้ำหนักดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Z = ค่าที่อ่านได้จาก standard curve

การวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ชั่งน้ำหนักดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 5 กรัมใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด ammonium acetate (NH_4Oac) pH 7 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ K^+, Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยวัดเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Analytic Jena, vario 6, Jena, Germany) ที่ความยาวคลื่น 766.5 422.7 และ 258.2 นาโนเมตร ตามลำดับ คำนวณหาความเข้มข้นของแคตไอออน (M^+) ในดินตามสูตร

ความเข้มข้นของแคตไอออน (M^+) (mg / g) = C x (Ve / W) x dilution factor

โดยที่ C = ความเข้มข้นของแคตไอออน (K^+, Ca^{2+} หรือ Mg^{2+}) จากกราฟมาตรฐาน (mg / g)

Ve = ปริมาตรของน้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักดิน (กรัม) (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดและร่อนจำนวน 0.25 กรัม ลงในหลอดย่อยตัวอย่างขนาด 75 มิลลิลิตร เติมสารเร่งปฏิกิริยาซึ่งประกอบด้วย Na_2SO_4 และ Se ในอัตราส่วน 100: 1 โดยน้ำหนัก จากนั้น เติม sulphuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยสลายโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้น เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200 และ 300 องศาเซลเซียสเป็นเวลาอย่างละ 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส และย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จนสารละลายที่ได้ใส เมื่อครบเวลา ยกตัวอย่างลงจากเครื่องย่อยสลายตัวอย่างพืช ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร โดยใช้ volumetric flask แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายในขวดพลาสติกสำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชโดยวิธี Colorimetric method นำสารละลายตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายด้วยกรด H_2SO_4 จำนวน 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ammonium molybdate (5%) และ ammonium metavanadate (0.25%) อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 20 นาที วัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Milton Roy รุ่น Spectonic Genesys 5 ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างพืช (\%)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 10^{-4}}{W \times V_a}$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นฟอสฟอรัสจากกราฟมาตรฐาน (mgP/L)

V_f = ปริมาตรสุดท้าย (8 ml)

V_d = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อยสลาย (50 ml)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (g)

V_a = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (3 ml)

วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชโดย Atomic Absorption Spectrophotometer นำสารละลายตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายด้วย sulphuric acid (H_2SO_4) จำนวน 20 มิลลิลิตร มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Analytic Jena, vario 6, Jena, Germany) ที่ความยาวคลื่น 766.5 422.7 และ 258.2 นาโนเมตร ตามลำดับ เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่างพืช (\%)} = \frac{(C_s - C_b) \times V_d \times 10^{-4}}{W}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ C_s = ความเข้มข้นโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างพืชจากกราฟมาตรฐาน (mgK/L)

C_b = ความเข้มข้นโพแทสเซียมใน blank จากกราฟมาตรฐาน (mgK/L)

V_d = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อยสลาย (100 ml)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (g)

การหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อส้ม 2 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein 1 % จำนวน 1-2 หยด เป็น indicator แล้วไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ นำค่าปริมาตรสารละลายด่างที่ใช้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก จากสูตร

$$\text{กรดซิตริก(\%)} = \frac{\text{N base x มิลลิลิตร base x meq.wt. ของกรดซิตริก x 100}}{\text{ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของสารละลายด่าง NaOH

มิลลิลิตร base = ปริมาณของสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตเป็นมิลลิลิตร

meq. wt. (milliequivalent weight) ของกรดซิตริก เท่ากับ 0.0064

ตารางผนวกที่ 1 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	5083	1694	1.7696	0.1704
Treatment	12	11689	974	1.0173	0.4541
Residuals	36	34468	957		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 25.17239

Treatment F = 1.0173^{NS}

Block F = 1.7696^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 3 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	4.861	1.620	0.5228	0.669394
Treatment	12	134.269	11.189	3.6101	0.001375 **
Residuals	36	111.577	3.099		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 119.6610

Treatment F = 3.6101**

Block F = 0.5228^{NS}

ตารางผนวกที่ 3 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 4 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	55.1	18.4	0.1546	0.92604
Treatment	12	2477.0	206.4	1.7361	0.09948
Residuals	36	4280.2	118.9		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 100.4277

Treatment F = 1.7361^{NS}

Block F = 0.1546^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 5 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	951.7	317.2	0.6452	0.5911
Treatment	12	5652.1	471.0	0.9579	0.5043
Residuals	36	17701.3	491.7		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 33.32844

Treatment F = 0.9579^{NS}

Block F = 0.6452^{NS}

ตารางผนวกที่ 5 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 6 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	2067.0	689.0	1.9627	0.1370
Treatment	12	2712.5	226.0	0.6439	0.7907
Residuals	36	12637.3	351.0		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 45.13829

Treatment F = 0.6439^{NS}

Block F = 1.9627^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณเกรดส้มเบอร์ 7 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	309.13	103.04	3.544	0.02397 *
Treatment	12	179.68	14.97	0.515	0.89101
Residuals	36	1046.70	29.08		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 121.9724

Treatment F = 0.515^{NS}

Block F = 3.544*

ตารางผนวกที่ 7 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณรวมเกรดส้มเบอร์ 4, 5 และ 6 ของส้มสายน้ำผึ้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	3989.2	1329.7	1.7476	0.1747
Treatment	12	9894.5	824.5	1.0837	0.4018
Residuals	36	27391.9	760.9		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 23.20080

Treatment F = 1.0837^{NS}

Block F = 1.7476^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณน้ำส้มที่เหมาะสมจากผลส้มระยะพร้อมเก็บเกี่ยว (อายุผล 11 เดือน)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	16.43	5.48	0.1969	0.8978
Treatment	12	233.79	19.48	0.7005	0.7403
Residuals	36	1001.25	27.81		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 10.71142

Treatment F = 0.7005^{NS}

Block F = 0.1969^{NS}

ตารางผนวกที่ 9 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.962	0.321	0.3203	0.8106
Treatment	12	9.472	0.789	0.7888	0.6584
Residuals	36	36.023	1.001		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 8.129061

Treatment F = 0.7888^{NS}

Block F = 0.3203^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.023077	0.007692	0.9172	0.4423
Treatment	12	0.104231	0.008686	1.0357	0.4393
Residuals	36	0.301923	0.008387		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 16.53538

Treatment F = 1.0357^{NS}

Block F = 0.9172^{NS}

ตารางผนวกที่ 11 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่ออัตราส่วน TSS/TA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	30.434	10.145	1.2003	0.3235
Treatment	12	134.987	11.249	1.3309	0.2444
Residuals	36	304.268	8.452		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 12.74994

Treatment F = 1.3309^{NS}

Block F = 1.2003^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน (N) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.1720	0.0573	0.4981	0.6860
Treatment	12	0.8402	0.0700	0.6082	0.8209
Residuals	36	4.1447	0.1151		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 14.09421

Treatment F= 0.6082 ^{NS}

Block F= 0.4981 ^{NS}

ตารางผนวกที่ 13 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัส (P) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.0038625	0.0012875	3.1666	0.03601 *
Treatment	12	0.0057711	0.0004809	1.1828	0.33146
Residuals	36	0.0146372	0.0004066		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 11.55931

Treatment F= 1.1828^{NS}

Block F= 3.1666*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียม (K) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.12537	0.04179	1.3269	0.2808
Treatment	12	0.24809	0.02067	0.6564	0.7798
Residuals	36	1.13387	0.03150		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 13.12254

Treatment F= 0.6564^{NS}

Block F = 1.3269^{NS}

ตารางผนวกที่ 15 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุแคลเซียม (Ca) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	3 4.6621	1.5540	2.9572	0.04525 *
Treatment	12	13.6151	1.1346	2.1591	0.03720 *
Residuals	36	18.9180	0.5255		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 11.62065

Treatment F = 2.9572*

Block F = 2.1591*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในใบอายุ 4-7 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.083711	0.027904	3.6724	0.02090 *
Treatment	12	0.108161	0.009013	1.1863	0.32919
Residuals	36	0.273534	0.007598		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 8.500063

Treatment F = 1.1863^{NS}

Block F = 3.6724*

ตารางผนวกที่ 17 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลส้มสด 1 ผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	721.6	240.5	0.9610	0.4216
Treatment	12	3143.0	261.9	1.0464	0.4307
Residuals	36	9010.9	250.3		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 13.4614

Treatment F = 1.0464^{NS}

Block F = 0.9610^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลส้มแห้ง 1 ผล

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	16.181	5.394	0.9207	0.4406
Treatment	12	76.080	6.340	1.0823	0.4029
Residuals	36	210.887	5.858		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 13.45045

Treatment F = 1.0823^{NS}

Block F = 0.9207^{NS}

ตารางผนวกที่ 19 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจนในผลโดยน้ำหนักแห้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.026835	0.008945	1.2949	0.29104
Treatment	12	0.194944	0.016245	2.3516	0.02371 *
Residuals	36	0.248691	0.006908		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv = 9.69

Treatment F = 2.3516^{*}

Block F = 1.2949^{NS}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารฟอสฟอรัสในผลโดยน้ำหนักแห้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.0000309	0.0000103	0.0305	0.9927
Treatment	12	0.0062331	0.0005194	1.5366	0.1563
Residuals	36	0.0121691	0.0003380		

qf (0.05,12,36,lower.tail=F) = 2.032703

cv<-sqrt(0.0003380)*100/mean(yield)

cv = 13.54887

Treatment F = 1.5366^{NS}

Block F = 0.0305^{NS}

ตารางผนวกที่ 21 ผลของสูตรปุ๋ยเคมีเหลวแขวนลอย อัตราใช้และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารโพแทสเซียม ในผลโดยน้ำหนักแห้ง

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Block	3	0.01462	0.00487	0.3698	0.7753
Treatment	12	1.29347	0.10779	8.1804	4.05e-07***
Residuals	36	0.47435	0.01318		

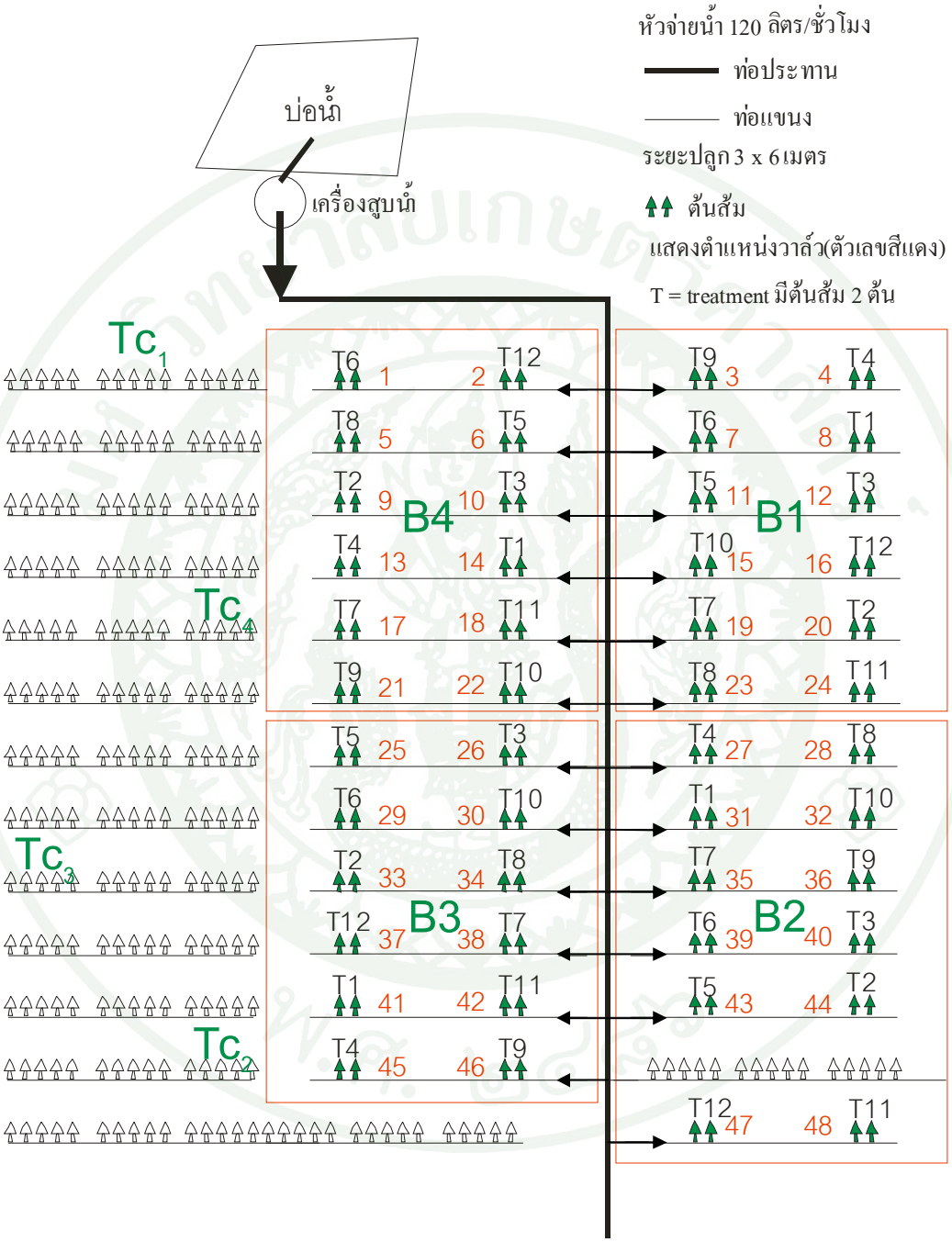
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

qf(0.05,12,36,lower.tail=F) 2.032703

cv<-sqrt(0.01318)*100/mean(yield)

cv 8.409852

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 ท่อประธาน ท่อแขนง วาล์วให้น้ำ การแบ่งกลุ่ม (block) 4 กลุ่ม และ treatments

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายพิชัย ไตรรัตนประพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 มิถุนายน 2496
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ประธาน บ. ปุ๋ยกัปตัน จก. และ บ. ทีจีอกรีเทรด จก.
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	309/198 หมู่ 10 ต.สวนหลวง อ.กระทุ่มแบน จ. สมุทรสาคร

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์