การจัดการธาตุอาหารพืช และการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนวิเคราะห์ธาตุอาหารในองุ่น (*Vitis vinifera* L.)

นางสาวภัสรา กิ่มสำราญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

PLANT NUTRIENT MANAGEMENT AND MINERAL NUTRIENT ANALYSIS BY SYNCHROTRON RADIATION X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE IN GRAPE (*Vitis vinifera* L.)

Patsara Kimsamran

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Mater of Science Program in Crop Science

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

การจัดการธาตุอาหารพืช และการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน วิเคราะห์ธาตุอาหารในองุ่น (*Vitis vinifera* L.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.รุจ มรกต)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ

_____

(ดร.สมชาย ตันชรากรณ์)
กรรมการ

_____

(ศ. เกียรติคุณ ดร.นันทกร บุญเกิด)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ภัสรา กิ่มสำราญ : การจัดการธาตุอาหารพืช และการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนวิเคราะห์ธาตุอาหารในองุ่น (*Vitis vinifera* L.) (PLANT NUTRIENT MANAGEMENT AND MINERAL NUTRIENT ANALYSIS BY SYNCHROTRON RADIATION X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE IN GRAPE (*Vitis vinifera* L.)) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ, 60 หน้า.

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของการให้น้ำ และการจัดการธาตุอาหารพืชในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์มาร์รู ซีดเลส 2) ศึกษาปริมาณ และการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชในใบองุ่น และ 3) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในใบองุ่น โดยได้ทำการทดลอง 2 การทดลองประกอบด้วย การทดลองที่ 1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตขององุ่น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 7 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย T1) ชุดควบคุม (ให้น้ำทางผิวดิน และไม่ให้ปุ๋ย) T2) ให้น้ำทางผิวดิน และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12, T3) ให้น้ำหยด และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12, T4) ให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 12-24-12, T5) ให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 T6) ให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง และ T7) ให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม ในทุกทรีตเมนต์ยกเว้นในชุดควบคุมให้ปุ๋ยธาตุอาหารหลักปริมาณเท่ากันคือ 83 กรัม/ต้น ผลการทดลองพบว่าการให้ปุ๋ยทุกทรีตเมนต์มีการเจริญเติบโตมากกว่าการไม่ให้ปุ๋ย และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดมีการเจริญเติบโตขององุ่นดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ส่วนการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 (T5) มีแนวโน้มส่งเสริมให้องุ่นมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวกิ่ง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกลางได้สูงที่สุด ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการวินิจฉัยการสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ในใบองุ่น โดยเทคนิค XRF และวิธีทางเคมี โดยนำตัวอย่างใบจากการทดลองที่ 1 มาวิเคราะห์ ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมด้วยวิธีการทั้งสอง ผลการทดลองพบว่าจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบด้วยวิธีเคมีทุกทรีตเมนต์มีการสะสมธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นองุ่น แต่ธาตุแคลเซียมส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ยกเว้นใน T6 และ T7 ซึ่งมีการใส่ธาตุแคลเซียมร่วมด้วยจะมีธาตุแคลเซียมในใบที่พอเพียง ส่วนการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชด้วยวิธีเคมี กับวิธี XRF พบว่าทั้งสองวิธีการให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างวิธีการวิเคราะห์ ธาตุฟอสฟอรัส

โพแทสเซียม และธาตุแคลเซียมที่ 0.764, 0.774 และ 0.898 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นวิธี XRF อาจนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และตรวจวินิจฉัยสถานะของธาตุอาหารในใบองุ่นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

PATSARA KIMSAMRAN : PLANT NUTRIENT MANAGEMENT AND MINERAL NUTRIENT ANALYSIS BY SYNCHROTRON RADIATION X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE IN GRAPE (*Vitis vinifera* L.). THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SODCHOL WONPRASAID, Ph.D., 60 PP.

NUTRIENT MANAGEMENT/NUTRIENT ANALYSIS/XRF/GRAPE

The objectives of this research are: 1) to study the effects of water application and plant nutrient management via drip irrigation system on Maroo Seedless grape vegetative growth, 2) to study plant nutrient content and distribution in grape leaves and 3) to study the possibility of using the synchrotron XRF technique for plant nutrient analysis in grape leaves. There were two experiments in this research. In the first experiment, the effects of drip irrigation and fertigation on vegetative growth of grape were evaluated. Seven treatments of irrigation and fertilizer application were arranged in a Randomized Complete Block Design with 3 replications. Treatments consisted of T1) control, T2) surface irrigation+soil fertilizer application of 12-24-12 (N-P_2O_5-K_2O), T3) drip irrigation+soil fertilizer application of 12-24-12, T4) drip irrigation+fertigation of 12-24-12, T5) drip irrigation+fertigation of 10.2-4.2-17.9, T6) drip irrigation+fertigation of 10.2-4.2-17.9+secondary nutrients, and T7) drip irrigation+fertigation of 10.2-4.2-17.9+secondary and micro nutrients. Total primary nutrient fertilizer applications in all treatments except control were 83 g/plant. The results showed that all fertilizer treatments yielded greater growth than control treatment. Grape growth under fertigation was greater than those under surface soil fertilizer application. The treatment of drip irrigation+fertigation of 10.2-4.2-17.9 (N-P_2O_5-K_2O) (T5) tended to produce the highest vegetative growth. In the second experiment, the leaf

tissues in all treatments of experiment 1 were analyzed for mineral nutrients (P, K and Ca) by chemical and the synchrotron XRF techniques. The results showed that, with the chemical analysis, P and K contents in the leaves of all treatments except control were in the sufficient range. Leaf Ca content in most treatments were in the deficient range except T6 and T7. The regression and correlation analysis showed the significant positive correlation of the nutrient analysis results (P, K and Ca) between the synchrotron XRF technique and the chemical method (R^2 = 0.764, 0.774 and 0.898). The results implied that the synchrotron XRF technique could be applied for nutrient analysis and the diagnosis of nutrient status in grape.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคล และกลุ่มบุคคล ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือเป็นอย่างดี ทั้งทางด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาในระดับมหาบัณฑิต ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ดร. สมชาย ตันชรากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ดร. วราภรณ์ ตัณฑนุช อาจารย์ผู้ควบคุม และดูแลการทดลองด้านการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนวลปรางค์ อุทัยดา และคุณสมยง พิมพ์พรม เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจนเกิดผลสำเร็จที่ดี

ขอขอบคุณ คุณอุทัย ยศจังหรีด และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้อำนวยความสะดวกด้านพื้นที่สำหรับการทดลอง และวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้องบัณฑิตศึกษา น้องนักศึกษาระดับปริญญาตรี และเพื่อนสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชรุ่นที่ 15 ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการทดลองในแปลง ด้านวิชาการ และได้ให้กำลังใจมาโดยตลอดทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อโดยการสนับสนุนทุนเรียนดีในระดับบัณฑิตศึกษา

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่รัก และเคารพยิ่งที่ได้เลี้ยงดู บ่มเพาะผู้วิจัยด้วยความรัก ด้วยปรารถนาดี และส่งเสริมด้านการศึกษามาโดยตลอด รวมทั้งครู อาจารย์ ที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดี จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตที่ดียิ่ง

ภัสรา กิ่มสำราญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับองุ่น 4

2.2 การจัดการน้ำ และปุ๋ยในองุ่น 6

2.3 การจัดการธาตุอาหารในองุ่น 10

2.4 การวินิจฉัยการขาดธาตุอาหารในองุ่น 13

2.5 เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence, XRF) 16

3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตขององุ่น 18

3.2 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในใบองุ่น โดยวิธีการเรืองรังสีเอกด้วยแสงซินโครตรอน กับวิธีทางเคมี ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดขององุ่น 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตของอ่อน 26

4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในใบอ่อน โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน กับวิธีทางเคมีในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดของอ่อน 39

5 สรุป และข้อเสนอแนะ 48

รายการอ้างอิง 49

ภาคผนวก 55

ประวัติผู้เขียน 60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ระดับปริมาณที่เหมาะสมของคุณสมบัติ และธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกองุ่น 10
2.2 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในก้านใบองุ่น 11
2.3 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบองุ่น 11
2.4 ปริมาณการดูดยึดธาตุอาหารพืชในผลองุ่น 12
3.1 ปริมาณความต้องการน้ำขององุ่นในช่วงที่ทำการทดลอง (ETc = ETp x Kc) 19
3.2 ความถี่การให้น้ำ และปริมาณการให้น้ำรวมขององุ่นในช่วงที่ทำการทดลอง 19
3.3 คุณสมบัติของดินปลูกก่อนการทดลอง และค่าที่เหมาะสมของดินสำหรับปลูกองุ่น 21
3.4 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ 21
4.1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยด ต่อความยาวกิ่งขององุ่น 27
4.2 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อจำนวนใบขององุ่น 28
4.3 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นองุ่น 29
4.4 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบล่าง 31
4.5 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบกลาง 32
4.6 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบยอด 34
4.7 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณไนโตรเจนในใบองุ่นที่ อายุ 120 วัน 35
4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมด้วยวิธีทางเคมี 41
4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมด้วยวิธี XRF 43

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 การกำหนดจุดสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF บนตัวอย่างใบองุ่น 23
3.2 การแบ่งส่วนของใบสำหรับใช้ตรวจวัดธาตุอาหาร 24
3.3 ตำแหน่งของใบ ที่ใช้ในการตรวจวัดธาตุอาหารด้วยวิธี XRF 24
4.1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อความยาวกิ่งขององุ่น 27
4.2 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อจำนวนใบขององุ่น 28
4.3 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นองุ่น 30
4.4 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบล่าง 31
4.5 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบกลาง 33
4.6 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น ส่วนใบยอด 34
4.7 สเปกตรัมของการวิเคราะห์ธาตุ P, K และ Ca ในใบองุ่นด้วยวิธี XRF 42
4.8 ผลการวิเคราะห์รีเกรชชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุฟอสฟอรัสระหว่างวิธีทางเคมี และวิธี XRF 44
4.9 ผลการวิเคราะห์รีเกรชชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียมระหว่างวิธีทางเคมี และวิธี XRF 45
4.10 ผลการวิเคราะห์รีเกรชชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุแคลเซียมระหว่างวิธีทางเคมี และวิธี XRF 45

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

XRF	=	X-ray Fluorescence
R^2	=	Coefficient of Determination, R squared
ETc	=	Crop evapotranspiration
ETp	=	Potential evapotranspiration
ETo	=	Reference evapotranspiration
Kc	=	Crop Coefficient
FAO	=	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IFA	=	International Fertilizer Industry Association
eV	=	Electron-Volts
GeV	=	Giga-electron-Volts
PE	=	Polyethylene
EC	=	Electrical Conductivity
DTPA	=	Diethylene triamine penta acetic acid
AAS	=	Atomic Absorption Spectrophotometer
CV	=	Coefficient of Variation
T/a	=	Tons/acre
Lb.	=	Pound

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

องุ่น เป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดในเอเชีย บริเวณที่มีสภาพอากาศอบอุ่น (10 - 20 องศาเซลเซียส) มีความสำคัญด้านคุณประโยชน์ทางโภชนาการ เพราะมีวิตามิน และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ทำให้เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมนำมารับประทานทั้งแบบผลสด น้ำองุ่นเข้มข้น แยมองุ่นอบแห้ง (ลูกเกด) ไวน์องุ่น และในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงประโยชน์ของสารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในยารักษาโรค อาหารเสริม และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม และเนื่องจากองุ่นเป็นพืชที่มีศักยภาพ สามารถให้ผลผลิตได้ในปริมาณมาก มีมูลค่าของผลผลิตสูง เมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ทำให้มีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกเป็นเชิงการค้า และอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศไทยได้มีการนำองุ่นมาปลูกกันอย่างกว้างขวางเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด และผู้บริโภคที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนเป็นธุรกิจท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

ในด้านการเพาะปลูกองุ่นของประเทศยังประสบปัญหาด้านการผลิต ทั้งปริมาณ และคุณภาพผลผลิตที่ตกต่ำ อันเนื่องมาจากการจัดการ ตั้งแต่การปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ตลอดจนกระบวนการควบคุมคุณภาพของผลผลิต อีกทั้งองุ่นเป็นพืชที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ซึ่งมีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้วิธีการ และเทคโนโลยีการจัดการได้เหมือนกับการปลูกในประเทศที่มีสภาพอากาศอบอุ่น ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกองุ่นให้มีผลผลิตสูงและคุณภาพที่ดีตามต้องการ คือการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และสภาพอากาศ ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกยังไม่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ทำให้มีการปลูกองุ่นเหมือนกับการปลูกไม้ผลทั่วไป โดยลืมคำนึงถึงความต้องการน้ำของพืช ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่แล้วในดิน ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการ ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ การสูญเสียปุ๋ยที่เกิดมาจากการชะล้างของดิน ตลอดจนเกิดการสะสมของธาตุบางชนิดสูงมากในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้ในแปลงไม้ผล และในปัจจุบันการปลูกองุ่นมีการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด แต่การให้ปุ๋ยยังคงเป็นการให้ทางดินซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุบางประการ เช่น ระบบการให้น้ำยังไม่มีประสิทธิภาพ และผู้ปลูกองุ่นส่วนใหญ่ยังไม่มีข้อมูล

ที่แนะนำถึงวิธีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ดี โดยการให้ปุ๋ยที่ถูกต้องจำเป็นต้องรู้ถึงความต้องการธาตุอาหารของต้นองุ่น และปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ซึ่งจะสามารถกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยเหมาะสมได้

องุ่นเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารที่ครบถ้วนทั้ง ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต การพัฒนา และการให้ผลผลิต ซึ่งการได้รับธาตุอาหารที่ไม่สมดุล หรือไม่เพียงพอต่อระยะการเจริญเติบโตจะทำให้ต้นองุ่นแสดงลักษณะผิดปกติส่งผลต่อปริมาณ และคุณภาพผลผลิตที่ลดลง โดยเกษตรกรผู้ปลูกจะสามารถตรวจวินิจฉัยอาการผิดปกติได้ 3 วิธีการ คือ การวินิจฉัยด้วยสายตา การวิเคราะห์ดิน และการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ระบุระดับที่เพียงพอของธาตุอาหารแต่ละตัวที่องุ่นต้องการ และในปัจจุบันได้มีวิธีการที่เรียกว่าเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน มีความสามารถในการตรวจวัดธาตุอาหารบางชนิดในใบพืชได้ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าเทคนิคนี้จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดระดับธาตุอาหารในพืช และผลการตรวจวัดจะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดการธาตุอาหาร การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามความต้องการ และแก้ปัญหาเกี่ยวกับธาตุอาหารในองุ่นที่รวดเร็วได้

ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาวิธีการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตขององุ่น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ประสิทธิภาพการใช้น้ำ รวมทั้งได้ข้อมูลในเรื่องการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง ตลอดจนศึกษาวิธีการใหม่สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ และการกระจายตัวของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน เพื่อใช้ในการตรวจวัดธาตุอาหารในองุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการให้น้ำ และการจัดการธาตุอาหารพืชในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตขององุ่น

2. เพื่อศึกษาปริมาณ และการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชในใบองุ่น

3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในใบองุ่น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการทดลองภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับต้นองุ่นรับประทานผลสดพันธุ์ มาร์รู ซีดเลส (Marroo Seedless)

2. ศึกษาวิธีการให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยดบนดิน และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด

3. ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบองุ่น ระหว่างวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนกับวิธีการทางเคมี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดที่มีประสิทธิภาพ และสามารถจัดการปริมาณธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับความต้องการขององุ่นได้

2. ได้ผลการการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชบนใบองุ่น

3. ได้ทราบความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนวิเคราะห์ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่รวดเร็ว สามารถศึกษาการกระจายตัวและการสะสมของธาตุที่สำคัญบนใบองุ่นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับองุ่น

องุ่น (*Vitis ssp.*) เป็นไม้ผลยืนต้นที่มีเถาเลื้อย จัดอยู่ในวงศ์ Vitaceae สกุล Vitis มีจำนวนสปีชีส์ (species) อยู่ 60 ชนิด หรือประมาณ 10,000 สายพันธุ์ (variety) สปีชีส์ที่รู้จัก และนิยมปลูกกันมากที่สุดคือ *Vitis vinifera* L. ทั่วโลกมีอยู่มากกว่า 7,000 สายพันธุ์ องุ่นเป็นพืชที่ได้รับความนิยมตั้งแต่เมื่อ 5,000 ปี ก่อนคริสตกาล มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชีย และแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่ในแถบเอเชียไมเนอร์ และเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งมีสภาพอากาศอบอุ่น (10-20 องศาเซลเซียส) หรืออยู่ระหว่างละติจูดที่ 20^0-51^0 เหนือ และ 20^0-40^0 ใต้ (นันทกร บุญเกิด, 2546) องุ่นจัดเป็นไม้ผลัดใบ เพราะจะผลัดใบในฤดูใบไม้ร่วง มีการพักตัวในฤดูหนาว สามารถแตกตาข้าง และใบอ่อนได้ในฤดูใบไม้ผลิ และเจริญเติบโตจนถึงผลผลิตสุกแก่ในฤดูร้อน ส่วนการนำเข้ากิ่งพันธุ์องุ่นมาปลูกในประเทศไทยซึ่งเป็นเขตร้อน จะทำให้ต้นองุ่นมีการเจริญเติบโตได้ตลอดทั้งปี ไม่มีระยะพักตัว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ต้นได้มีการพักตัว และเริ่มแตกตายอดได้ใหม่ (วัฒนา สวรรยาธิปัติ, 2531) นอกจากนี้ องุ่นยังเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ค่อนข้างดี เพราะสามารถเติบโตได้ดีในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงถึงต่ำ (วสันต์ บุญเติม, 2547) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าองุ่นเป็นไม้ผลยืนต้นที่มีเถาเลื้อยชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นพืชที่มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปที่แตกต่างจากไม้ผลชนิดอื่น โดยนันทกร บุญเกิด (2546) ได้อธิบายไว้ดังนี้

ราก (root) เป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินทำหน้าที่หาธาตุอาหาร และน้ำ ประกอบด้วยรากแขนง รากฝอย

ลำต้น (trunk) เป็นส่วนของเนื้อไม้มีความแข็ง มีลักษณะเป็นเถาเลื้อยอยู่เหนือพื้นดิน สามารถแตกกิ่งได้

กิ่งหลัก (cordon) เป็นกิ่งที่แตกออกมาจากลำต้น อาจจะมีหนึ่ง สอง หรือสี่กิ่ง

ตอกิ่ง (arms) เป็นกิ่งที่แตกออกมาจากลำต้น (ในระบบการจัดค้างแบบ head training) หรือแตกมาจากกิ่งหลัก (ในระบบการจัดค้างแบบ cordon training)

กิ่งแก่ (cane) เป็นส่วนของกิ่งแก่ที่มีข้อปล้อง และเป็นส่วนที่สามารถนำไปขยายพันธุ์โดยวิธีไม่อาศัยเพศได้

เดือย (spur) เป็นส่วนของกิ่งแก่ที่ติดอยู่บนตอกิ่ง หลังจากส่วนยอดถูกตัดออกไป

กิ่งอ่อน (shoot) เป็นกิ่งอ่อนที่แตกออกมาจากตากิ่งที่อยู่บนเดือย

ตา (bud) เป็นส่วนที่อยู่บริเวณโคนใบ เมื่อแตกออกมาจะกลายเป็นตาข้าง ซึ่งเป็นชนิดตารวมประกอบด้วยตาเอก (primary bud) จำนวน 1 ตา มีตำแหน่งอยู่ตรงกลางเป็นส่วนของตายอด กลุ่มดอก และมือจับ และอีก 2 ตาเป็นตารอง (secondary bud) มีตำแหน่งอยู่ที่ด้านข้างของตาเอก

มือจับ (tendril) เป็นส่วนที่แตกออกมาจากข้อที่อยู่ตรงกันข้ามกับก้านใบ ทำหน้าที่คล้ายมือเพื่อจับ และพยุงลำต้นหรือเถาให้เกาะไปกับค้าง และเลื้อยขึ้นไปได้ มือจับอาจจะมี 2 หรือ 3 แฉก มีสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ขององุ่น

ใบ (leaf) มีลักษณะแบนคล้ายฝ่ามือโดยติดอยู่กับก้านใบ (petiole) มีเส้นใบ 5 เส้นที่ออกมาจากก้านใบ ขอบใบจะหยักคล้ายฟันเลื่อย และมีส่วนเว้าแบ่งออกเป็น 5 ลูป (loop) ส่วนที่อยู่ติดกับก้านในเรียกว่าจมูกใบ (sinus) ลักษณะของผิวใบมีทั้งชนิดเรียบ ขรุขระ หนา และบาง รูปร่างของใบมีลักษณะที่ต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ขององุ่น ซึ่งสามารถนำใบองุ่นมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ได้

ขน (hair) เห็นได้ชัดที่บริเวณใต้ใบ และปลายยอด มีหน้าที่ช่วยปกป้องใบ และยอด

พวงองุ่น (clusters) เป็นส่วนของช่อผลที่ติดอยู่กับกิ่ง ประกอบด้วยก้านช่อ (peduncle) และพัฒนาไปเป็นแกนกลางของพวงเรียกว่า ราคีส (rachis) มีส่วนของก้านผล (pedicel) ติดอยู่

ช่อดอก และดอกย่อย (inflorescence and floret) ช่อดอกจะเกิดจากกิ่งใหม่ที่เพิ่งแตกออกมา ในแต่ละกิ่งจะมีช่อดอกได้ประมาณ 1-3 ช่อ ตำแหน่งการเกิดช่อดอกจะอยู่ตรงข้ามกับใบเหมือนกับมือเกาะ ดอกขององุ่นแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ดอกเพศผู้ (staminate flower) ดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite flower) และดอกเพศเมีย (pistilate flower) ดอกขององุ่น จะออกบนกิ่งระหว่างตาที่ 3-6 นับจากโคนกิ่ง ลักษณะของดอกจะแตกต่างกันตามพันธุ์

ผล (fruit) ผลองุ่นเกิดขึ้นเมื่อดอกได้รับการผสมแล้ว ดอกที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะหยุดการเจริญเติบโตแล้วจะร่วงหล่น ผลองุ่นจะโตเร็วมากในระยะแรก ระยะหลังจะโตช้า ผลอ่อนจะมีสีเขียว ผลองุ่นเป็นผลแบบเบอร์รี (berry) มีรูปร่างที่ต่างกันตั้งแต่กลมถึงยาว การเจริญเติบโตของผลเป็นแบบ double sigmoid curve โดยในระยะแรกจะเจริญเติบโตเร็วมาก จนถึงผลใกล้เปลี่ยนสี ซึ่งในระยะนี้ผลจะมีสีเขียวเหมือนกันทุกพันธุ์ มีรสเปรี้ยว และเมื่อผลเริ่มสุกแก่สีผลจะเปลี่ยนไปตามพันธุ์ และมีความหวานมากขึ้น ผลขององุ่นจะประกอบด้วยเปลือก เนื้อ และเมล็ด

เมล็ด (seed) เมล็ดขององุ่นจะมีรูปร่างแบบ pyriform หรือรูปผลแพร์ บริเวณตรงกลางจะมีลักษณะเป็นร่อง ในหนึ่งผลอาจมีเมล็ดได้มากว่าหนึ่งเมล็ด

ประวัติการปลูกองุ่นเพื่อเป็นการค้าเกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นประเทศที่มีสายพันธุ์องุ่นป่าเป็นจำนวนมาก และต่อมาได้มีการแพรกระจายเทคโนโลยีการปลูกองุ่นไปในประเทศต่าง ๆ ทั่วทุกมุมโลก ในปัจจุบันองค์การอาหาร และเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) รายงานว่าทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกองุ่นรวม

75,866 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ปลูกองุ่นประมาณร้อยละ 71 เป็นพื้นที่ผลิตองุ่นสำหรับทำไวน์ ร้อยละ 27 เป็นพื้นที่ปลูกองุ่นรับประทานผลสด และร้อยละ 2 เป็นพื้นที่ผลิตองุ่นสำหรับทำผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ สำหรับประเทศที่มีพื้นที่ปลูกองุ่นมากที่สุดคือประเทศสเปน รองลงมาคือ ฝรั่งเศส และอิตาลี ในปี 2009-2010 ทั่วโลกมีปริมาณผลผลิตรวม 67.9 และ 68.3 ล้านตัน (Wikipedia, 2012)

การปลูกองุ่นในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการปลูกองุ่นมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 ที่ได้นำองุ่นสายพันธุ์ดีมาจากทวีปยุโรป และเริ่มมีการปลูกกันอย่างจริงจังในสมัยรัชกาลที่ 7 แต่ยังไม่แพร่หลายมาก จนถึงในปี พ.ศ. 2493 หลวงสมานวนกิจ ได้นำองุ่นจากแคลิฟอร์เนีย เช่น พันธุ์ christmas มีผลสีแดง พันธุ์ golden muscat ซึ่งมีผลสีเหลือง มาทดลองปลูก แต่ปรากฏว่ามีรสชาติเปรี้ยว เมล็ดใหญ่ เปลือกเหนียว ไม่เหมาะสมกับการรับประทานสด จนเมื่อปี พ.ศ. 2506 ปวิณ ปุณศรี ได้นำองุ่นจากยุโรปมาปลูก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นองุ่นที่ใช้ทานผลสด และสามารถให้ผลผลิตได้ดี จึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐมปลูกกันมากขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการปลูกองุ่นเกือบทุกภูมิภาค มีพื้นเพาะปลูกอยู่มากกว่า 28,000 ไร่ มีผลผลิตต่อปีประมาณ 60,960 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548 อ้างถึงใน สุรทิน ใจดี, 2553, หน้า 1) โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในแถบ จังหวัดนครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เชียงใหม่ เชียงราย เลย นครราชสีมา และสระบุรี เป็นต้น นอกจากนี้ ถึงแม้จะมีการขยายพื้นที่เพราะปลูกเพิ่มมากขึ้นผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีการนำเข้าองุ่นสด ไวน์องุ่น และผลิตภัณฑ์แปรรูป จากต่างประเทศ โดยมีรายงานการนำเข้าในปี 2554 และปี 2555 คิดเป็นมูลค่า 2,842 และ 4,067 ล้านบาท ตามลำดับ ส่วนรายงานการส่งออกในปี 2554 และปี 2555 คิดเป็นมูลค่า 42.90 และ 105 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) จากข้อมูลจะเห็นว่าการนำเข้าองุ่นมีมูลค่าสูงมากเมื่อเทียบกับการส่งออก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองุ่นเป็นพืชที่มีอนาคตไกลมีความสำคัญ และเป็นที่ต้องการของตลาด ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับองุ่นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพขององุ่นให้สูงขึ้น ลดการนำเข้า เพิ่มการส่งออก ตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตองุ่นในเขตร้อนชื้นให้มีประสิทธิภาพเหมือนกับประเทศในเขตอบอุ่นที่เป็นถิ่นกำเนิดขององุ่น และมีการเพาะปลูกกันมานาน

2.2 การจัดการน้ำ และปุ๋ยในองุ่น

ความสำเร็จของการปลูกองุ่นให้มีผลผลิต และคุณภาพสูงส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับศักยภาพของ

พันธุ์ สภาพแวดล้อมในการปลูก และอีกส่วนขึ้นอยู่กับการจัดการของเกษตรกร โดยเฉพาะการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการขององุ่น น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทั้งในกระบวนการทางสรีรวิทยา และชีวเคมีของพืชทุกชนิด การขาดน้ำหรือได้รับน้ำเกินความต้องการอาจทำให้กระบวนการดังกล่าวไม่เป็นไปตามปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อขนาด รสชาติ และสารประกอบของผลผลิตได้ ในงานวิจัยทางด้านการผลิตพืชได้มีการทดลอง และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของพืช (crop evapotranspiration; ETc) ที่เป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงปลูก ทั้งโดยกระบวนการคายน้ำของพืช และการระเหย มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อหน่วยเวลา หรือปริมาตรของน้ำต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตรต่อวัน นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration; ETo) และจากนั้นจะสามารถนำข้อมูลมาหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (crop coefficient; Kc) ซึ่งหมายถึงค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ที่ทำการทดลอง และสามารถตรวจวัดได้จากเครื่อง lysimeter กับผลการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยในการปลูกพืชแต่ละชนิดเกษตรกรควรรู้ถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนรูปแบบการชลประทานในแปลงปลูกพืชได้ (กรมชลประทาน, 2554) จากรายงานของ วราวุธ วุฒิวณิชย์ และ พีระชาติ อุดาการ (2545) ได้ศึกษาปริมาตรการใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ป๊อปดำ (black ribier) ที่จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเมษายน 2542-พฤศจิกายน 2543 ตั้งแต่ช่วงตัดแต่งกิ่งจนถึงช่วงเก็บผลผลิต พบว่าองุ่นมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 2.7 มิลลิเมตรต่อวัน มีสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในช่วงตั้งตัว เจริญเติบโตทางลำต้น ตัดแต่งกิ่ง ออกดอก ผลแก่ เก็บเกี่ยวผลผลิต มีค่าเท่ากับ 0.48 0.70 0.81 1.06 และ 1.03 ตามลำดับ จะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นแล้วจะลดลงเมื่อถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีสัมประสิทธิ์การใช้น้ำเฉลี่ยตลอดฤดูกาลเท่ากับ 0.85 ส่วนในต่างประเทศได้มีการใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อประมาณค่า และจัดตารางการให้น้ำตามความต้องการ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในแปลงปลูกองุ่นไวน์ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย และมีแม่นยำมากขึ้น (Isidro, Neale, Calera, Balbontin and Piqueras, 2010)

การให้น้ำในระบบน้ำหยด

ในอดีตเกษตรกรไทยไม่ได้คำนึงถึงการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะมีฝนตกตามฤดูกาล ไม่มีความแปรปรวนของสภาพอากาศเหมือนปัจจุบันที่เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง เกิดความแห้งแล้งในหลายพื้นที่ของประเทศ ทำให้ทรัพยากรน้ำมีอยู่จำกัด และมีความสำคัญมากต่อภาคการเกษตร ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดการจัดการน้ำในแปลงปลูกพืชให้มีประโยชน์ และประสิทธิภาพสูงสุดตามความต้องการของพืช มีรายงานว่าการควบคุมการให้น้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการผลิต

องุ่นให้มีคุณภาพสูงได้ (Pellegrino, Lebon, Simonneau and Wery, 2005) และในการสังเกตลักษณะทางสรีระของต้นองุ่นในช่วงเวลากลางวันจะสามารถใช้เป็นตัวกำหนดการให้น้ำได้ เพราะเป็นลักษณะที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ และบรรยากาศในขณะนั้นที่บอกถึงสภาวะการขาดน้ำขององุ่น (Opazo, Farias and Fuentes, 2010) สำหรับการปลูกพืชในปัจจุบันได้มีการแนะนำการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (drip or trickle irrigation) ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นยอมรับ และนิยมใช้กันมาก เพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง น้ำจะลงสู่ดินบริเวณเขตรากที่ละน้อยอย่างสม่ำเสมอ โดยให้ความชื้นแก่ดินในรูปของกรวยตัด และรักษาความชื้นของดินให้อยู่ในระดับความชื้นชลประทาน (field capacity) ได้ตลอดเวลา (ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวี จิระชีวี และ อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2545) การให้น้ำในระบบน้ำหยดสามารถให้ได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีที่ให้น้ำหยดบนผิวดิน (surface drip irrigation) เป็นการวางท่อ และหัวน้ำหยดอยู่บนผิวดินสามารถถอดเก็บอุปกรณ์หัวน้ำหยดได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน และสามารถเคลื่อนย้ายไปใช้ในพื้นที่ใหม่ได้

2. วิธีให้น้ำหยดใต้ผิวดิน (sub-surface drip irrigation) ซึ่งเป็นการฝังสายน้ำหยดให้อยู่ใต้ผิวดิน สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยได้ดีกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน และการให้น้ำหยดใต้ผิวดินมีข้อด้อยคือ เป็นการติดตั้งอุปกรณ์แบบถาวรเคลื่อนย้ายไม่ได้ (บุญลือ เอี๋ยวพาณิช, 2542) อาจเกิดการอุดตันของรูน้ำหยด ซึ่งจะสังเกตได้ยากเพราะอยู่ใต้ดิน ดังนั้นจึงต้องมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอด้วยการติดตั้งวาล์วเปิดล้างปลายท่อน้ำหยด (flushing valve) ไว้เพื่อการแก้ปัญหานี้ (จักรกฤษณ์ มีใย, 2551)

จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ข้อดีของการให้น้ำแบบน้ำหยดมีหลายประการเช่น ประหยัดน้ำมากกว่าวิธีการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (flooding) และแบบร่องคู (furrow) สามารถประหยัดต้นทุนในการบริหารจัดการคือ ลงทุนเพียงครั้งเดียวแต่ให้ผลคุ้มค่าในระยะยาว การติดตั้งอุปกรณ์ไม่ยุ่งยาก ติดตั้งครั้งเดียว และใช้งานได้ตลอดอายุ สามารถควบคุมการเปิด ปิดน้ำได้ ทำให้ประหยัดค่าแรงงาน สามารถใช้ได้กับพื้นที่ทุกชนิดเช่นในดินร่วน ดินทราย ดินเหนียว ดินเค็ม และดินด่าง การให้น้ำในระบบน้ำหยดจะไม่ละลายเกลือมาตกค้างอยู่ที่ผิวดินด้านบนสามารถใช้กับการปลูกพืชได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นพืชที่ต้องการน้ำขัง เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ และต้องการใช้น้ำอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง 75-95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด และระบบน้ำหยดสามารถจัดการให้ปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำได้ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการใส่ปุ๋ย ส่วนข้อด้อยของระบบนี้คือ การติดตั้งระบบครั้งแรกต้องลงทุนสูง เกิดปัญหาการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ ปัญหาสัตว์ฟันแทะกัดทำลายสายน้ำหยด การติดตั้งระบบต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญมาให้คำแนะนำ และเกษตรกรจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดที่ปลูกจึงจะสามารถคำนวณปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งได้

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (fertigation) เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่เกษตรกรให้ความยอมรับกันมากขึ้นโดย ดิเรก ทองอร่าม และคณะ (2545) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการให้ปุ๋ยแก่พืชในรูปของสารละลาย ปุ๋ยที่ให้ไปพร้อมกับการให้น้ำ มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อพืชดูดน้ำก็จะได้ธาตุอาหารด้วย สามารถลดจำนวนแรงงาน และค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย มีการกระจายของน้ำ และธาตุอาหารในบริเวณรากพืชได้สม่ำเสมอ ลดการสูญเสียไปกับการชะล้างออกนอกเขตรากพืช ลดการสะสมปุ๋ยที่มีมากเกินไปในดิน ส่วน ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการให้ปุ๋ยในระบบชลประทานว่าเป็นการใส่ปุ๋ยในรูปที่ละลายน้ำง่าย ให้เป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารเหมาะสม เป็นการให้น้ำ และปุ๋ยเฉพาะบริเวณ สามารถปรับสูตร และอัตราปุ๋ย ให้พืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต ดังนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจึงมีข้อดี และข้อด้อย โดยสรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1. พืชได้รับปุ๋ยอย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอตลอดแปลงเพาะปลูก

2. สามารถปรับสูตร และความเข้มข้นของปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช และสภาพภูมิอากาศในขณะนั้น และพืชจะตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยได้อย่างรวดเร็ว

3. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชได้ร้อยละ 10-50 มากกว่าการให้ทางดิน สามารถประหยัดปุ๋ย ลดการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างในดิน และการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยออกไปเลยเขตรากพืช

4. ลดจำนวนแรงงาน ค่าจ้างแรงงาน และเวลาในการให้ปุ๋ย

5. พืชได้น้ำ และปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอจะสามารถเพิ่มผลผลิตให้มีคุณภาพสูงขึ้น

6. สามารถผสมปุ๋ยให้ทางระบบน้ำขึ้นใช้เอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยลง โดยแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนได้จาก ปุ๋ยยูเรีย เป็นแม่ปุ๋ย ปุ๋ยโพแทสเซียมได้จากโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสแบ่งให้ทางดินปีละครั้ง หรือเมื่อพืชแสดงอาการขาด

ข้อด้อย

1. ปุ๋ยที่ใช้ต้องละลายน้ำได้ทั้งหมด และต้องมีความบริสุทธิ์สูง ส่งผลให้ปุ๋ยที่ใช้มีราคาแพง

2. ปุ๋ยฟอสเฟต เช่น ซุปเปอร์ฟอสเฟต หรือแคลเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ยากจึงไม่เหมาะสมกับการให้ในระบบน้ำ

3. อาจเกิดการผุกร่อนของท่อ และชิ้นส่วนของระบบน้ำ เนื่องจากสารเคมี ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

4. เกษตรกรต้องมีความรู้ เข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของดิน ปุ๋ย และน้ำที่ใช้ เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมด้วยกันได้ มีผลต่อการตกตะกอนของปุ๋ย และเกิดการอุดตันในหัวจ่ายน้ำ (พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์, 2544; มนตรี ค้ำชู, 2553)

2.3 การจัดการธาตุอาหารในองุ่น

องุ่นที่ปลูกในประเทศไทย มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี จึงมีความต้องการธาตุอาหารค่อนข้างสูง ดินที่ใช้ปลูกจึงควรมีความอุดมสมบูรณ์มากเพียงพอ โดย Paul (n.d.) ได้ให้คำแนะนำสำหรับพื้นที่ที่มีการเริ่มปลูกองุ่นไว้ว่า ดินที่ใช้ปลูกองุ่นควรมีความอุดมสมบูรณ์ และปริมาณธาตุอาหารบางชนิดที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ระดับปริมาณที่เหมาะสมของคุณสมบัติ และธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกองุ่น

คุณสมบัติ	ระดับที่เหมาะสม
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.50-6.50
อินทรียวัตถุ (OM, %)	2-3
ฟอสฟอรัส (P, $mgkg^{-1}$)	20-50
โพแทสเซียม (K, $mgkg^{-1}$)	125-150
แมกนีเซียม (Mg, $mgkg^{-1}$)	100-125
โบรอน (B, $mgkg^{-1}$)	0.75-1.00
สังกะสี (Zn, $mgkg^{-1}$)	4-5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดังนั้นในการปลูกองุ่นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งจึงควรมีการนำดินมาวิเคราะห์ก่อนการปลูกเพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่แล้ว จากนั้นจึงจะทำการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ที่เหมาะสมสำหรับต้นองุ่นที่ปลูกใหม่ ส่วนต้นองุ่นที่ปลูกแล้วจะมีความต้องการธาตุอาหารที่สำคัญหลายชนิด โดยจะทราบความต้องการได้จากผลการวิเคราะห์หาระดับธาตุอาหารในก้านใบ และในใบองุ่น ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในก้านใบอ่อน

ธาตุอาหาร	ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช				
	ต่ำมาก	**ต่ำ**	**เหมาะสม**	**สูง**	**สูงมาก**
ไนโตรเจน (%)	0.30-0.70	0.70-0.90	0.90-1.30	1.40-2.00	>2.10
ฟอสฟอรัส (%)	0.12	0.13-0.15	0.16-0.29	0.30-0.50	>0.51
โพแทสเซียม (%)	0.50-1.00	1.10-1.40	1.50-2.50	2.60-4.50	>4.60
แคลเซียม (%)	0.50-0.80	0.80-1.10	1.20-1.80	1.90-3.00	>3.10
แมกนีเซียม (%)	0.14	0.15-0.25	0.26-0.45	0.46-0.80	>0.81
เหล็ก ($mgkg^{-1}$)	10-20	21-30	31-50	51-200	>200
สังกะสี ($mgkg^{-1}$)	15	16-29	30-50	51-80	>80
แมงกานีส ($mgkg^{-1}$)	10-24	25-30	31-150	151-200	>200
ทองแดง ($mgkg^{-1}$)	2	3-4	5-15	15-30	>31
โบรอน ($mgkg^{-1}$)	14-19	20-25	25-30	51-100	>100

ดัดแปลงจาก นันทกร บุญเกิด, 2546

ตารางที่ 2.3 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบอ่อน

ธาตุอาหาร	ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช				
	ต่ำมาก	**ต่ำ**	**เหมาะสม**	**สูง**	**สูงมาก**
ไนโตรเจน (%)	<2.00	2.00-2.40	2.41-2.60	2.61-2.80	>2.80
ฟอสฟอรัส (%)	<0.15	0.15-0.20	0.21-0.24	0.25-0.26	>0.26
โพแทสเซียม (%)	<1.00	1.01-1.20	1.21-1.40	1.41-1.60	>1.60
แคลเซียม (%)	<0.20	0.20-0.25	0.25-0.35	0.35-0.37	>0.37
แมกนีเซียม (%)	<0.20	0.21-0.23	0.24-0.27	0.28-0.50	>0.50
เหล็ก ($mgkg^{-1}$)	<50	50-100	101-250	251-300	>300
สังกะสี ($mgkg^{-1}$)	<20	20- 30	31-150	151-400	>400
แมงกานีส $mgkg^{-1}$)	<20	20- 30	31-200	201-500	>500
ทองแดง ($mgkg^{-1}$)	<4	4-5	6-20	21-40	>40
โบรอน ($mgkg^{-1}$)	<15	15-25	26-40	41-60	>60

ดัดแปลงจาก นันทกร บุญเกิด, 2546

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 2.2 และ 2.3 จะเห็นว่าองุ่นมีความต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกัน ดังนั้นในช่วงของการปลูกจึงควรมีการจัดการปุ๋ยให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นองุ่น เพื่อให้มีการเจริญเติบโตที่เหมาะสม และมีปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ในการปลูกองุ่นจะมีการดูดยึดธาตุอาหารจากดินไปเก็บสะสมไว้ที่ลำต้น และจะมีบางส่วนที่ถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมที่ผลองุ่น และเมื่อมีการเก็บเกี่ยวก็จะมีธาตุอาหารติดไปกับผลผลิตด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.4 (International Fertilizer Industry Association [IFA], 1992; Quoted in Spectrum Analytic Inc, n.d.) ดังนั้น การเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงเป็นการนำเอาธาตุอาหารออกไปด้วย ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินนั้นค่อย ๆ ลดลงไปด้วย

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืชในผลองุ่น

ผลผลิต	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (Lb./acre)									
(T/a)	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	B	Cu	Mn	Zn	Fe
1	6.8	2.8	12	11.8	1.2	0.003	0.005	0.004	0.009	0.200
11	75	31	132	130	13	0.033	0.057	0.044	0.098	0.216

ดัดแปลงจาก IFA, 1992

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า องุ่นเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารที่ครบถ้วน ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม เพื่อการเจริญเติบโต การพัฒนา และการให้ผลผลิต ดังนั้นในการจัดการธาตุอาหารพืช จึงควรจัดการธาตุทุกตัวให้อยู่ในระดับที่สมดุล แต่การปลูกองุ่นในประเทศไทย เกษตรกรส่วนใหญ่จะรู้จักเฉพาะธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทำให้เกิดการใส่ปุ๋ยที่มีเพียงธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้เท่านั้น และในปัจจุบันพบว่า มีคำแนะนำการให้ปุ๋ยของบริษัทเอกชน บริษัทผู้ผลิตปุ๋ย และรายงานการศึกษาการใช้ปุ๋ยในองุ่นเป็นปุ๋ยสูตรคงที่ เช่น รายงานของ ยศพล ผลาผล, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์ และ สุเทพ ทองแพ (2545ก) ได้กล่าวไว้ว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นในจังหวัดทางตะวันตกของประเทศไทย มีการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดด้วยวิธีการให้ทางดิน โดยใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ในช่วงตัดแต่งกิ่งถึงดอกบาน แบ่งใส่ 2 ครั้ง อัตราครั้งละ 125 กรัมต่อต้น สูตร 12-24-12 ในช่วงดอกบานถึงผลเปลี่ยนสี แบ่งใส่ 4 ครั้ง อัตราครั้งละ 125 กรัมต่อต้น และปุ๋ยสูตร 8-24-24 ในช่วงเปลี่ยนสีผลถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต แบ่งใส่ 2 ครั้ง อัตราครั้งละ 125 กรัมต่อต้น

จากรายงานข้างต้น พบว่ามีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยชนิดเม็ด ให้ทางดิน โดยมีสูตร และอัตราการใช้เหมือนกันในทุกพื้นที่ ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่แล้วในดิน และปริมาณธาตุ

อาหารที่องุ่นต้องการ เพราะความต้องการธาตุอาหารขององุ่นจะขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่ด้วย เป็นผลให้มีการใส่ปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และระยะการเจริญเติบโต เกิดการสูญเสียปุ๋ยอันเนื่องมาจากการชะล้างของดิน มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชต่ำ และเกิดการสะสมของธาตุบางชนิดสูงมากในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นต้น

จากการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการให้ทางดินของเกษตรกรที่เป็นวิธีการแบบดั้งเดิมจะมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยต่ำ และส่งผลต่อคุณภาพผลผลิต จึงทำให้มีการทดลองให้ปุ๋ยในระบบน้ำในการปลูกองุ่น และมีรายงานว่าการใส่ปุ๋ยในระบบน้ำหยดมีประสิทธิภาพ และประหยัดปุ๋ยมากกว่าการให้ทางดิน โดยการให้ปุ๋ยสูตร 44-34-43 จะมีผลต่อการสะสมโพแทสเซียมที่ก้านมากที่สุด สามารถชักนำให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตได้สูงในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต และได้ผลผลิตต่อต้นสูงสุด (ยศพล ผลาผล และคณะ, 2545ข) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นพพร สุรโชติ, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์, สุเทพ ทองแพ และ จรัล เห็นพิทักษ์ (2546) ว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำสูตร 28-23-54 และ 34-36-32 อัตรา 200 กรัมต่อต้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณผลผลิต ขนาดช่อ และน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ปุ๋ยทางดินที่มีสูตร และอัตราปุ๋ยเดียวกัน ดังนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดจึงเป็นอีกวิธีการที่จะทำให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น แต่ในการผลิตองุ่นเกษตรกรหรือผู้ปลูกองุ่นจำเป็นต้องมีความรู้ และความเข้าใจเป็นอย่างดี เกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความต้องการธาตุอาหารของพืช ชนิด อัตราการใช้ คุณสมบัติของปุ๋ย และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด ตลอดจนวิธีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อการผลิตองุ่นให้ได้ปริมาณ และคุณภาพที่เพิ่มขึ้น

2.4 การวินิจฉัยการขาดธาตุอาหารในองุ่น

การวินิจฉัยอาการขาดธาตุอาหาร และความต้องการปุ๋ยของพืชสามารถทราบได้ด้วย 3 วิธีการ (Imed, n.d.) คือ

2.4.1 การวินิจฉัยอาการของพืช ด้วยการสังเกตลักษณะภายนอก

เป็นการดูอาการที่พืชแสดงออกบนส่วนต่าง ๆ ของต้น และจะสามารถเห็นลักษณะที่ผิดปกติได้ชัดเจนที่สุดจากอาการที่เกิดขึ้นบนใบ โดยธาตุอาหารแต่ละชนิดจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ดังนั้นอาการผิดปกติอันเนื่องมาจากธาตุอาหารจึงมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของธาตุแต่ละตัว ดังต่อไปนี้ (นันทกร บุญเกิด, 2546)

ไนโตรเจน (N): เป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของ โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารอื่น ๆ ในพืช ส่วนอาการขาดไนโตรเจนในองุ่น ยอด และก้านใบจะมีสีออกชมพู ใบมีขนาดเล็ก บาง และมีสีเหลือง องุ่นต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูง คือ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักต้น

ฟอสฟอรัส (P): อ่อนมีความต้องการฟอสฟอรัสไม่มาก แต่ถ้ามีปริมาณไม่เพียงพอ ใบ และยอดจะมีขนาดเล็ก เพราะมีการเจริญเติบโตได้ช้า และใบจะมีสีเขียวเข้ม แต่ถ้ามีฟอสฟอรัสอยู่ในดินสูงพืชจะเกิดอาการขาดเหล็ก และสังกะสี

โพแทสเซียม (K): อ่อนมีความต้องการโพแทสเซียมมาก และต้องการแตกต่างกันตามสายพันธุ์ อาการขาดจะเห็นว่าในใบแก่มีลักษณะขอบใบไหม้ และลุกลามถึงเนื้อใบ แต่เส้นใบยังเขียวอยู่ แต่ถ้าในดินมีปริมาณโพแทสเซียมมากเกินไปพืชจะแสดงอาการขาดแมกนีเซียม

แคลเซียม (Ca): อาการขาดแคลเซียมจะเกิดในพื้นที่ปลูกที่มี pH ต่ำ และเป็นดินทราย โดยจะเห็นว่าขอบใบมีลักษณะไหม้แล้วลุกลามเข้าสู่เนื้อใบ แต่ถ้าในดินมีปริมาณมีแคลเซียมสูงจะทำให้พืชแสดงอาการขาดโพแทสเซียม และแมกนีเซียม

แมกนีเซียม (Mg): อาการขาดจะเกิดในพื้นที่ปลูกที่มี pH ต่ำ โดยจะเห็นว่าใบมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ หากรุนแรงจะมีอาการใบไหม้

กำมะถัน (S): ส่วนใหญ่อ่อนไม่ค่อยแสดงอาการขาด แต่ถ้าขาดใบจะมีสีเหลืองเหมือนกับอาการขาดธาตุไนโตรเจน

เหล็ก (Fe): จะเกิดอาการขาดในดินที่เป็นด่างหรือมี pH สูงกว่า 7.2 โดยใบอ่อนจะมีสีเหลืองตรงพื้นที่ระหว่างเส้นใบ หากมีอาการรุนแรงใบอ่อนจะเหลือง และหลุดร่วงลง

สังกะสี (Zn): อ่อนที่ขาดสังกะสี ใบจะมีขนาดเล็ก จมูกใบกว้าง ใบเบี้ยวไม่เท่ากัน ขอบใบหยักคล้ายใบเลื่อย ใบมีสีเหลืองไม่สม่ำเสมอตรงพื้นที่ระหว่างเส้นใบ ถ้าเกิดการขาดในช่วงติดผลจะทำให้ผลมีขนาดไม่เท่ากัน

แมงกานีส (Mn): จะเกิดอาการขาดในดินที่เป็นดินด่าง ใบล่างจะมีสีซีด ขนาดใบเล็ก มีจุดประสีเหลืองระหว่างเส้นใบ

ทองแดง (Cu): อาการขาดจะทำให้รากอ่อนแอ ใบจะแคบเล็ก ข้อปล้องสั้นลง

โบรอน (B): อ่อนที่มีการขาดโบรอนจะแสดงอาการที่รุนแรง พบมากในดินที่เป็นกรดจัด มีอาการคลายเป็นโรคที่มือจับในส่วนยอด ระหว่างข้อเกิดเป็นปมนูนสีเขียว ใบมีสีน้ำตาลบริเวณระหว่าเส้นใบ ช่อดอกแห้ง แต่ถ้าหากมีโบรอนมากเกินไป ขอบใบจะไหม้ ใบไม่หยัก ปลายใบม้วนลง

โมลิบดินัม (Mo): ปกติอ่อนจะไม่แสดลงอาการขาด

การสังเกตอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุ ผู้สังเกตจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญ และมีความแม่นยำในการบ่งชี้ว่าลักษณะที่เห็นเป็นอาการขาดธาตุอาหารชนิดใด เพราะการขาดธาตุหลายชนิดแสดงอาการคลายกัน หรือมีการแสดงอาการขาดธาตุหลายตัวร่วมกันด้วย ดังนั้นถ้าหากการวินิจฉัยด้วยสายตาไม่มีความแม่นยำจะส่งผลต่อการจัดการธาตุอาหารพืชทีผิดพลาด และไม่สามารถแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารในพืชได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4.2 การวิเคราะห์ดิน

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ พืชสามารถนำมาใช้ได้ง่าย ส่วนใหญ่แล้วจะมีวิธีการวิเคราะห์โดยการใช้สารเคมีสกัดธาตุให้ออกมาอยู่ในรูปของสารละลายแล้วคำนวณเป็นความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อน้ำหนักดิน ซึ่งเป็นวิธีการยืนยันระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการปลูกพืช และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุง และบำรุงดินให้มีความเหมาะสมกับการปลูกพืชแต่ละชนิด แต่การวิเคราะห์ดินมีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้เกษตรกรไม่นิยมนำดินมาวิเคราะห์คือ ต้องส่งตัวอย่างดินให้ผู้เชี่ยวชาญในทำการวิเคราะห์ เกษตรกรไม่สามารถทำเองได้ ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง มีการเตรียมสารเคมีหลายชนิด บางชนิดมีความอันตรายต่อผู้ใช้สูง และขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยาก ต้องใช้จำนวนตัวอย่างปริมาณมาก ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน หากมีตัวอย่างจำนวนมากจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในครั้งเดียวกัน เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี มีราคาแพง และไม่สามารถแปรผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดินได้

2.4.3 การวิเคราะห์เนื้อเยื่อ

การวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชได้ และเป็นวิธีการดั่งเดิมที่นิยมนำมาใช้ประเมินความต้องการธาตุอาหารของต้นพืชได้ การวิเคราะห์พืชด้วยวิธีทางเคมีเป็นการวัดปริมาณธาตุอาหารแต่ละธาตุที่มีทั้งหมดหรือบางส่วนที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืช ณ ระยะหนึ่งของการเจริญเติบโตหรือเมื่อต้องการทดสอบ เพื่อประเมินระดับความเพียงพอของธาตุต่อการเจริญเติบโตของพืช (Grapevine nutrition, 2006 and Bunch Grape Nutrition Management, 2012) โดยแนวคิดของการวิเคราะห์มีอยู่ว่า พืชที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงย่อมดูดธาตุอาหารแต่ละธาตุได้มาก ทำให้ความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวในเนื้อเยื่อพืชสูงถึงระดับที่เหมาะสม ทำให้พืชเจริญเติบโตดี มีผลผลิตสูง และในทางตรงกันข้ามพืชที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ รูปที่เป็นประโยชน์ของบางธาตุบางธาตุมีอยู่น้อย พืชย่อมดูดธาตุอาหารนั้นได้น้อย ทำให้ความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวในเนื้อเยื่อพืชต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม เป็นเหตุให้พืชมีการเจริญ และพัฒนาน้อย การวิเคราะห์พืชด้วยวิธีทางเคมีมีข้อดีในหลายด้าน เช่น ได้ข้อมูลเป็นปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน แม่นยำ ใช้ตรวจวินิจฉัย (diagnosis) ความขาดแคลน ความเป็นพิษ และความไม่สมดุลของธาตุอาหารในพืช ใช้วัดปริมาณธาตุอาหารแต่ละธาตุที่พืชดูดไปใช้ และถูกนำออกไปจากดิน เป็นวิธีหนึ่งของการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้ประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผลผลิตพืช (ยงยุทธ โอสถสภา, 2555) ส่วนข้อจำกัดของการวิเคราะห์ เช่น ต้องทำโดยผู้เชี่ยวชาญในห้องปฏิบัติการเท่านั้น เกษตรกรไม่สามารถทำเองได้ ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง มีการเตรียมสารเคมีหลายชนิด บางชนิดมีความอันตรายต่อผู้ใช้สูง และขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยาก ต้องใช้จำนวนตัวอย่างปริมาณมาก ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน หากมี

ตัวอย่างจำนวนมากจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในครั้งเดียวกัน เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี มีราคาแพง เป็นต้น

การศึกษาปริมาณ และความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชส่วนใหญ่ได้ใช้ส่วนของใบเป็นตัวแทนของชิ้นส่วนพืช แต่ในอุ่นสามารถใช้ส่วนของก้านใบ (petiole) เป็นตัวแทน เพราะมีรายงานการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบเปรียบเทียบกับก้านใบว่ามีความแตกต่างกัน คือในก้านใบจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงกว่าในใบ ซึ่งแสดงได้ว่าก้านใบเป็นบริเวณที่มีการสะสมธาตุอาหาร (นันทกร บุญเกิด,อัศจรรย์ สุขธำรง และ เรณุ ขำเลิศ, 2544) การวิเคราะห์ก้านใบเป็นสิ่งที่ใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารเฉพาะในอุ่นเท่านั้น สามารถทำได้ในทุกอายุการเติบโต เพื่อใช้กำหนดการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการของต้นอุ่น และสามารถใช้วินิจฉัยความผิดปกติที่แสดงอาการออกมาได้โดยเปรียบเทียบกับลักษณะอุ่นที่มีความปกติ โดยระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมในก้านใบ และในใบอุ่นแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

2.5 เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence, XRF)

เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุภายในตัวอย่าง การเรืองรังสีเอกซ์เกิดจากการที่อิเล็กตรอนชั้นนอกเข้าไปแทนที่อิเล็กตรอนชั้นในที่หลุดออกไป การหลุดออกไปของอิเล็กตรอนชั้นในเกิดจากการที่อะตอมถูกกระตุ้นด้วยพลังงานชนิดต่าง ๆ เช่น อนุภาคพลังงานสูง รังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ ซึ่งพลังงานดังกล่าวจะต้องมีค่ามากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy) ของอิเล็กตรอนในชั้นนั้น ๆ เมื่ออิเล็กตรอนหลุดออกจากชั้นพลังงานนั้น ทำให้เกิดเป็นที่ว่างอิเล็กตรอนในชั้นพลังงานที่สูงกว่าก็จะตกลงมาแทนที่ และคายพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ พลังงานที่อะตอมคายออกมาจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างของชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนเดิมกับชั้นพลังงานที่อิเล็กตรอนเข้าไปแทนที่ เนื่องจากอะตอมชนิดต่างกันก็จะมีการจัดเรียงตัวของชั้นพลังงานแตกต่างกัน ทำให้ค่าพลังงานมีความแตกต่างกันตามชนิดของอะตอม ถ้าสามารถตรวจจับพลังงานที่คายออกมาจากอะตอมได้ก็สามารถบ่งบอกชนิดของอะตอมที่อยู่ในตัวอย่างได้เช่นกัน

เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ที่ได้จากแสงซินโครตรอน ณ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ได้จากเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนขนาด 1.2 GeV ซึ่งให้แสงซินโครตรอนที่มีความเข้มแสงมากกว่าเครื่อง XRF ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทั่วไปกว่า 10,000 เท่า และมีพลังงานต่อเนื่องตั้งแต่รังสีอินฟราเรดจนถึงรังสีเอกซ์ จึงสามารถโฟกัสขนาดลำแสงเอกซ์เรย์ให้มีขนาดเล็กในระดับ 100ไมโครเมตร (micro-XRF) โดยยังมีค่าความเข้มแสงที่นำไปใช้ได้ แสงที่มีขนาดเล็กทำให้สามารถทำการศึกษาการกระจายตัวของธาตุบนตัวอย่างได้ แสงยิ่งมีขนาดเล็กก็จะยิ่งให้ความละเอียดของภาพการกระจายตัวได้ละเอียดเท่านั้น ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อได้เปรียบของแสงซินโครตรอน

ต่อเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไป นอกจากนั้นแล้วเทคนิคนี้ยังเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive method) และมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยาก สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้เกือบทุกรูปแบบ (โลหะ ผง เซรามิกซ์ ยาง พลาสติก ของเหลว น้ำมัน ของหนืด หรือตัวอย่างมีชีวิต เช่น ชิ้นส่วนพืช เป็นต้น) อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำ เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน หรือไนโตรเจนได้

สำหรับเทคนิค micro-XRF ณ ห้องปฏิบัติการแสงสยามได้เริ่มใช้งานตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2554 โดยใช้แสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน โดยมีขนาดลำรังสีเอกซ์ที่ประมาณ 100 ไมโครเมตร ใช้หัววัดแบบ Si-PIN ซึ่งมี energy resolution ที่ 160 eV ที่พลังงานของแมงกานีส Kα (Tancharakorn et al., 2012) และจากการสืบค้นข้อมูลพบว่าได้มีตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ เช่น การศึกษาคุณสมบัติของแร่ และการบดแร่ เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ และสามารถตรวจพบ ซิลิกา ไทเทเนียมไดออกไซด์ อะลูมินา เฟอริกออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และโปแทสเซียมออกไซด์ (เบญจพล ถาคำ, 2551) การศึกษาธาตุหลัก และธาตุอาหารเสริมในดินที่พัฒนามาจากหินบะซอลต์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยเครื่อง XRF และพบการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียม ซิลิคอน และ เหล็ก (ศุภิฌา ธนะจิตต์, อัญชลี สุทธิประการ, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และ Gilkes, 2549) ส่วนการวิจัยในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เช่น ใบพืชซึ่งได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซินโครตรอน XRF เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของแร่ธาตุในส่วนต่าง ๆ ของผักโขมในโรงเรือนกระจก โดยใช้ใบ ลำต้น และรากสด มากำหนดจุดในระยะห่างทุก 0.5 เซนติเมตรเพื่อนำไปวัดความหนาแน่นของธาตุ จากการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นของธาตุในรากมีสูงกว่าในใบ และลำต้น ปริมาณธาตุบริเวณโคนรากมีมากที่สุดแล้วลดลงจนถึงปลายราก ในลำต้นปริมาณของโพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก นิกเกิล และสังกะสีจะมีมากบริเวณโคนต้น และในใบส่วนใหญ่จะมีการสะสมธาตุอยู่มากบริเวณรอบเส้นกลางใบ และส่วนกลางใบ (Xin et al., 2009) ในปีค.ศ. 2001 มีการทดลองใช้เทคนิค XRF ตรวจสอบธาตุที่เป็นโลหะหนักในท่อลำเลียงของพืชที่ขึ้นอยู่ในอ่างเก็บน้ำ เปรียบเทียบกับการใช้เครื่อง atomic absorption spectroscopy (AAS) ที่เป็นวิธีการดั้งเดิม พบว่าผลการวิเคราะห์ทองแดง และโคบอลต์ด้วย XRF มีความสอดคล้องกับ AAS แต่จะแตกต่างกันสำหรับผลการวิเคราะห์ธาตุสังกะสี และนิกเกิล (Kipriyanova, Dvurechenskaya, Sokolovskaya, Trunova and Anoshin, 2001)

จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่า เริ่มมีการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนเพื่อศึกษาปริมาณธาตุในส่วนประกอบของพืช จึงมีแนวโน้มว่าน่าจะนำมาใช้ในการตรวจวัดปริมาณการกระจายตัว และการสะสมของธาตุอาหารพืชบางชนิดในเนื้อเยื่อพืชได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตขององุ่น

ทำการทดลองปลูกต้นองุ่น ในกระถางพลาสติก ด้วยกิ่งตอนติดตาองุ่นพันธุ์ มารู ซีดเลส ในโรงเรือนแบบเปิด ภายใต้หลังคาพลาสติกใส ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 7 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

T1. ชุดควบคุม ให้น้ำทางผิวดิน และไม่ให้ปุ๋ย

T2. ให้น้ำทางผิวดิน และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12

T3. ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12

T4. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 12-24-12

T5. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9

T6. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง

T7. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง + ธาตุอาหารเสริม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

*** หมายเหตุ

- ทรีตเมนต์ที่ 1-2 ให้น้ำทุก 3 วัน โดยการให้แต่ละครั้งจะให้จนกระทั่งมีน้ำไหลออกจากก้นกระถางจึงหยุดให้

- ทรีตเมนต์ที่ 3-7 ควบคุมการให้น้ำ ตามความต้องการน้ำของพืช $ETc = ETp \times Kc$

- ทรีตเมนต์ที่ 2 และ 3 เป็นการให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร 12-24-12 (ยศพล ผลาผล และคณะ, 2545ก) อัตรา 83 กรัม/ต้น แบ่งใส่ทั้งหมด 4 ครั้ง (ทุก 30 วัน)

- ทรีตเมนต์ที่ 4 เป็นการให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร 12-24-12 ในระบบน้ำหยด อัตรา 83 กรัม/ต้น แบ่งใส่ทั้งหมด 8 ครั้ง (ทุก 15 วัน)

- ทรีตเมนต์ที่ 5, 6 และ 7 สูตรปุ๋ยตามค่า total nutrient uptake 10.2-4.2-17.9 (IFA, 1992) ในระบบน้ำหยด อัตรา 83 กรัม/ต้น แบ่งใส่ทั้งหมด 8 ครั้ง (ทุก 15 วัน)

- ทรีตเมนต์ที่ 6 ใส่ธาตุอาหารรองที่ประกอบด้วย $CaNO_3$ 22 กรัม/ต้น $MgSO_4$ 7.5 กรัม/ต้น

โดยใส่พร้อมธาตุอาหารหลัก แบ่งใส่ทั้งหมด 8 ครั้ง (ทุก 15 วัน)

- ทรีตเมนต์ที่ 7 ใส่ปุ๋ยเหมือนทรีตเมนต์ที่ 6 และใส่ปุ๋ยรวมธาตุอาหารเสริมที่ประกอบด้วย Fe 1.90%, Mn 1.94%, Cu 2.08%, Zn 1.90%, B 2.17% และ Mo 0.024% จำนวน 0.16 กรัมต่อต้น ผสมน้ำ 100 มิลลิลิตร ฉีดพ่นทั้งหมด 8 ครั้ง (ทุก 15 วัน)

2. วิธีการทดลอง

2.1 ผสมวัสดุปลูก โดยใช้ดิน ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ อัตราส่วน 3:1:1 ผสมให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 นิ้ว จำนวน 35 กิโลกรัม/กระถาง

2.2 ทำการวางระบบน้ำหยด โดยใช้ท่อ PE (polyethylene) ขนาด 16 มิลลิเมตร ใช้หัวน้ำหยดอัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง จำนวน 2 หัวต่อกระถาง และทำการให้น้ำตามแผนการให้น้ำในองุ่น (ตารางที่ 3.1 และ 3.2)

2.3 ทำการปลูกองุ่น โดยใช้กิ่งตอนพันธุ์ 1617 ติดตาด้วยพันธุ์ มารู ซีดเลส 1 ต้นต่อกระถาง และเริ่มให้ปุ๋ยตามทรีตเมนต์ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก

ตารางที่ 3.1 ปริมาณความต้องการน้ำขององุ่นในช่วงที่ทำการทดลอง (ETc = ETp x Kc)

ข้อมูล	เดือน				
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
ETp	4.1	4.05	3.62	3.86	4.96
Kc	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ETc (มม./วัน)	3.49	3.44	3.08	3.28	4.22
ความถี่การให้น้ำ (วัน)	3	3	3	3	3
เวลาการให้น้ำ (นาที/ครั้ง)	20	19	17	18	24

ตารางที่ 3.2 ความถี่การให้น้ำ และปริมาณการให้น้ำรวมขององุ่นในช่วงที่ทำการทดลอง

ข้อมูล	เดือน					รวม
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	
ความถี่การให้น้ำ (ครั้ง)	10	10	11	10	9	50
ทางผิวดิน (ลิตร/ต้น)	20	20	20	20	22.5	102.5
ระบบน้ำหยด (ลิตร/ต้น)	13.4	12.6	12.54	12	14.4	64.94

3. การเก็บข้อมูล

3.1. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกองุ่นก่อนการทดลองโดยทำการวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีการสัมผัส (Thien, 1979) วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุด้วยวิธี Welkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินโดยใช้ดินต่อน้ำ อัตราส่วน 1:1 แล้ววัดด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) โดยใช้ดินต่อน้ำ อัตราส่วน 1:5 วัดด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ฟอสฟอรัส ด้วยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) วิเคราะห์ exchangeable K, Ca, Na และ Mg โดยสกัดด้วยสาร NH_4OAc 1.0 M แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer; AAS (Jones, 2001) วิเคราะห์ Fe และ Mn สกัดด้วยสาร DTPA แล้ววัดด้วยเครื่อง AAS (Lindsay and Norvell, 1978) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินปลูกก่อนการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3

3.2 วัดการเจริญเติบโตของต้นองุ่นก่อนการให้ปุ๋ย และหลังการให้ปุ๋ยทุก 30 วัน (เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557)

1. วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบยอด ใบกลาง และใบล่าง โดยการแบ่งส่วนของใบออกเป็น 3 ส่วน (แสดงในรูปที่ 1) ด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ Konica Minolta รุ่น SPAD 502 plus

2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกิ่งที่ติดตาด้วยองุ่นพันธุ์ มารู ซีดเลส โดยวัดที่ความสูง 20 เซนติเมตรจากระดับผิวดิน ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3. วัดความยาวของกิ่ง จากโคนถึงปลายกิ่ง

4. นับจำนวนใบจากโคนต้นจนถึงใบยอดที่แผ่ขยายเต็มที่

5. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบ หลังการทดลอง ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ไนเตรต และแอมโมเนียม ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996)

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของดินปลูกก่อนการทดลอง และค่าที่เหมาะสมของดินสำหรับปลูกองุ่น

คุณสมบัติของดิน	ค่าวิเคราะห์	การแปลผล	ค่าที่เหมาะสม (Paul, n.d.)
เนื้อดิน	ทราย	-	-
ค่าการนำไฟฟ้า (ds/m)	0.14	ไม่เค็ม	-
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.5	กรดปานกลาง	5.5 - 6.5
อินทรียวัตถุ (OM, %)	0.16	ต่ำมาก	2 - 3 %
ฟอสฟอรัส (P, $mgkg^{-1}$)	24.5	ปานกลาง	20 - 50
โพแทสเซียม (K, $mgkg^{-1}$)	35.3	ต่ำมาก	125 - 150
แคลเซียม (Ca, $mgkg^{-1}$)	49.6	ต่ำมาก	-
โซเดียม (Na, $mgkg^{-1}$)	9.0	ต่ำมาก	-
แมกนีเซียม (Mg, $mgkg^{-1}$)	47.5	ต่ำ	100 - 125
เหล็ก (Fe, $mgkg^{-1}$)	1.4	ต่ำ	-
แมงกานีส (Mn, $mgkg^{-1}$)	32.8	สูง	-

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

คุณสมบัติ	ค่าวิเคราะห์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.84
ไนโตรเจน (N, %)	2.78
ฟอสฟอรัส (P, %)	7.65
โพแทสเซียม (K, %)	0.78
แคลเซียม (Ca, %)	2.65
แมกนีเซียม (Mg, %)	0.29
เหล็ก (Fe, $mgkg^{-1}$)	43.80
แมงกานีส (Mn, $mgkg^{-1}$)	9.73
สังกะสี (Zn, $mgkg^{-1}$)	2.80
ทองแดง (Cu, $mgkg^{-1}$)	0.62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS for Windows V.14 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวของกิ่ง จำนวนใบ และปริมาณไนโตรเจนในใบ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ในใบอ่อน โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน กับวิธีทางเคมี

1. แผนการทดลอง

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช ระหว่างวิธีการทางด้านฟิสิกส์ กับวิธีการทางด้านเคมี โดยใช้ตัวอย่างใบอ่อนจากการทดลองที่ 1 ซึ่งวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 7 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

T1. ชุดควบคุม ให้น้ำเต็มที่ทางผิวดิน และไม่ให้ปุ๋ย
T2. ให้น้ำเต็มที่ทางผิวดิน และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12
T3. ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และให้ปุ๋ยทางดิน สูตร 12-24-12
T4. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 12-24-12
T5. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9
T6. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง
T7. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง + ธาตุอาหารเสริม

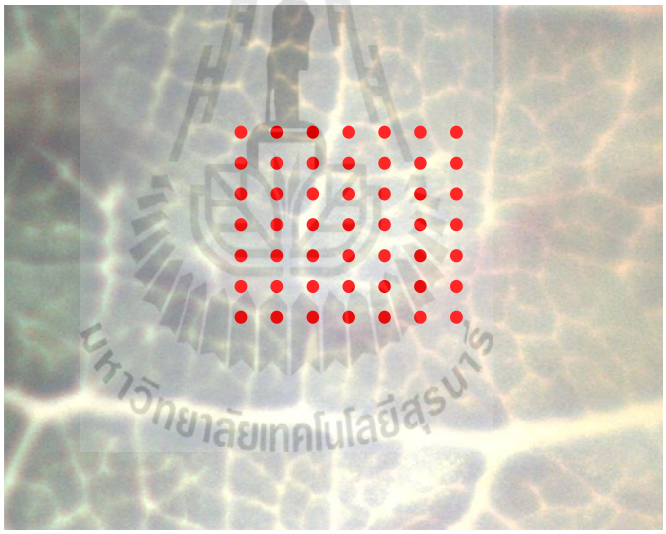
2. วิธีการทดลอง

2.1 เก็บใบอ่อนที่อายุ 30 วันหลังการให้ปุ๋ย ทำการเก็บใบในช่วงเช้าก่อนเวลา 9.00 นาฬิกา เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในใบน้อยที่สุด แล้วเก็บรวบรวมใส่ถุงกระดาษ โดยเก็บใบทั้ง 3 ส่วนแยกใส่คนละถุง ประกอบด้วย ใบยอด ใบกลาง และใบล่าง (รูปที่ 1) และแบ่งตัวอย่างใบอ่อนที่รวบรวมได้ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน

2.2 ตัวอย่างใบอ่อนส่วนที่ 1 นำมาแยกใบ และก้านใบออกจากกัน ล้างสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับใบด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) จากนั้นตากใบอ่อนที่อุณหภูมิห้องจนกว่าน้ำที่ติดอยู่ที่ใบแห้งลง แล้วนำไปอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำใบอ่อนแต่ละใบที่แห้งแล้วมาตัดออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยเนื้อใบด้านข้างของ

เส้นกลางใบ และเนื้อใบส่วนบนของใบ (รูปที่ 2) บดในแต่ส่วนให้ละเอียดด้วยโกร่งบดยา แล้วนำมาวิเคราะห์การกระจายตัวของ P, K และ Ca ด้วยวิธีเคมี

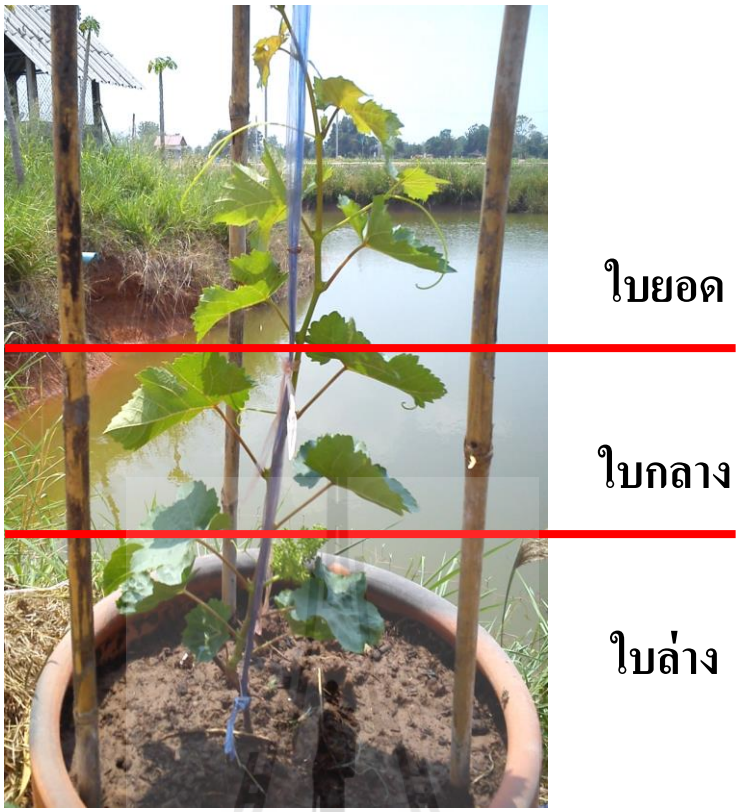
2.3 นำใบอ่อนที่ได้จากข้อ 2.1 เป็นตัวอย่างใบอ่อนส่วนที่ 2 ใช้ใบอ่อนสดสำหรับวิเคราะห์ P, K และ Ca ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน (XRF) โดยแยกใบ และก้านใบออกจากกัน แล้วล้างสิ่งปนเปื้อนด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) และใช้กระดาษทิชชูซับน้ำที่ติดบนใบอ่อนให้แห้ง จากนั้นติดตัวอย่างใบอ่อนที่ใช้วิเคราะห์บนแผ่นเตรียมตัวอย่าง (sample holder) แล้วนำไปยิงด้วยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน โดยทำการทดลองบนตำแหน่งเนื้อใบด้านข้างของเส้นกลางใบ และเนื้อใบส่วนบนของใบ (รูปที่ 2) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมี กำหนดจุดในการวิเคราะห์แต่ละส่วนบนตัวอย่างจำนวน 7 แถว ๆ ละ 7 จุด รวม 49 จุด มีระยะห่างระหว่างจุด 0.5 มิลลิเมตร ใช้เวลาวิเคราะห์สะสม 30 วินาทีต่อจุด รวมระยะเวลาในการวิเคราะห์ต่อหนึ่งตัวอย่างเท่ากับ 24 นาที 5 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.1



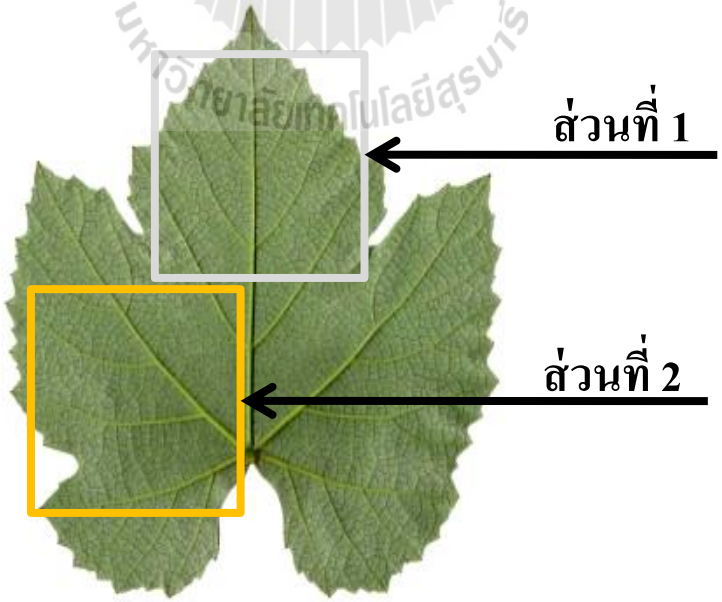
รูปที่ 3.1 การกำหนดจุดในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF บนตัวอย่างใบอ่อน

3. วิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

3.1 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบอ่อนด้วยวิธีทางเคมี โดยทำการย่อยด้วยกรด HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วิเคราะห์ปริมาณ P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) และวิเคราะห์ปริมาณ K และ Ca ด้วยเครื่อง AAS (Jones, 2001)



รูปที่ 3.2 การแบ่งส่วนของใบสำหรับใช้ตรวจวัดธาตุอาหาร



รูปที่ 3.3 ส่วนพื้นที่ของใบ ที่ใช้ในการตรวจวัดธาตุอาหารด้วยวิธีเคมี และเทคนิค XRF

3.2 วิเคราะห์การกระจายตัวของ P, K และ Ca ในใบอ่อนด้วยเทคนิค XRF ในสถานีทดลอง BL6b: micro-XRF ณ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) แปลผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม pyMCA (Sole, 2007)

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS for Window V.14 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ทำการวิเคราะห์รีเกรชชั่น (regression) และสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างวิธีทางเคมีกับเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตของอ่อน

4.1.1 ความยาวกิ่งของอ่อน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติความยาวของกิ่งอ่อนที่อายุ 0, 30, 60, 90 และ 120 วัน ภายหลังการให้ปุ๋ย (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1) พบว่าที่อายุ 0, 30 และ 60 วัน ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีความยาวของกิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การให้ปุ๋ยมีความยาวกิ่งมากกว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่ 1 คือการไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนที่อายุ 90 และ 120 วัน พบว่าแต่ละทรีตเมนต์มีความยาวกิ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อายุ 90 วัน การให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ทางผิวดินร่วมกับการให้น้ำหยด และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสูตรเดียวกัน มีความยาวของกิ่งมากที่สุด (150 เซนติเมตร) และในทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีความยาวกิ่งน้อยที่สุดคือ 109 เซนติเมตร ส่วนที่อายุ 120 วันหลังการให้ปุ๋ย พบว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9 และสูตร 12-24-12 ให้ความยาวของกิ่งอ่อนมากที่สุดคือ 187 และ 186 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่จะมีความยาวกิ่งน้อยที่สุดคือ 142 เซนติเมตร

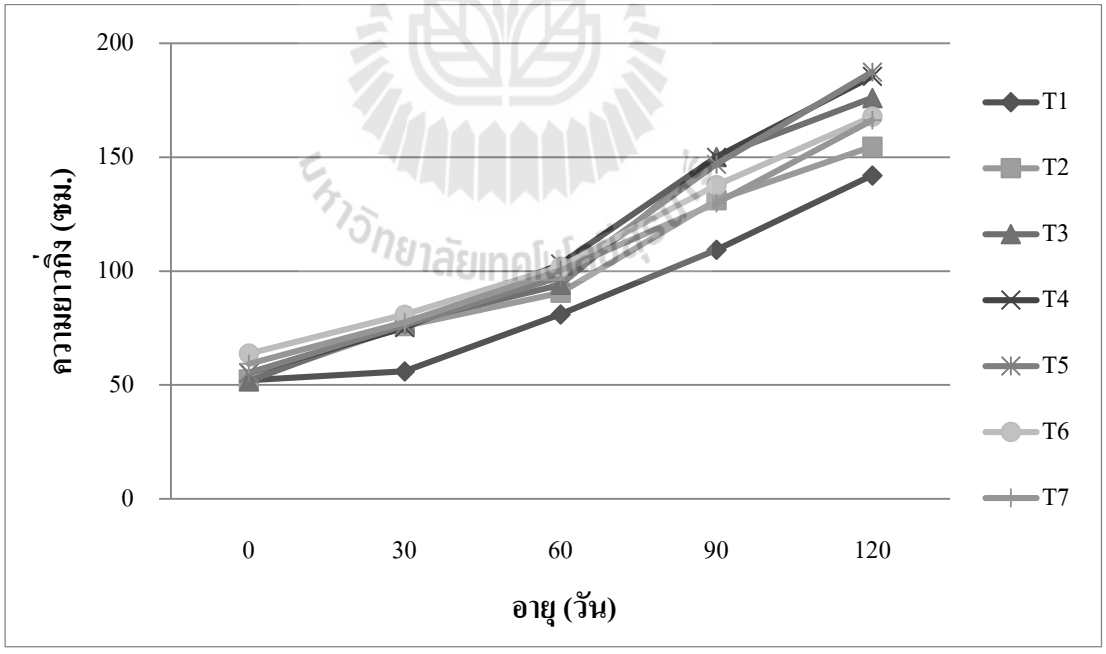
4.1.2 จำนวนใบของอ่อน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนใบอ่อน (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2) พบว่าที่อายุ 0, 30, 60 และ 90 วันหลังการให้ปุ๋ย ทุกทรีตเมนต์มีจำนวนของใบไม่แตกต่างกัน แต่ที่อายุ 90 วันจะเห็นว่าทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนใบมากกว่าทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนที่อายุ 120 วัน พบว่า การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดทุกทรีตเมนต์ ให้ผลการทดลองแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย และการให้ปุ๋ยทางดิน โดยการให้ปุ๋ยสูตร 10.2-4.2-17.9 ทางระบบน้ำหยด มีจำนวนใบมากที่สุด (50 ใบ) และทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนใบน้อยที่สุด (34 ใบ)

ตารางที่ 4.1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อความยาวกิ่งขององุ่น

ทรีตเมนต์	ความยาวกิ่ง (เซนติเมตร)				
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	52	56	81	109b[1]	142b
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	56	76	91	131ab	155ab
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	52	77	94	150a	176ab
T4, Fertigation+12-24-12	55	75	103	150a	186a
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	55	76	97	147ab	187a
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	64	81	102	138ab	168ab
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	59	78	100	130ab	166ab
CV (%)	20.2	24.3	20.4	14.6	11.0

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

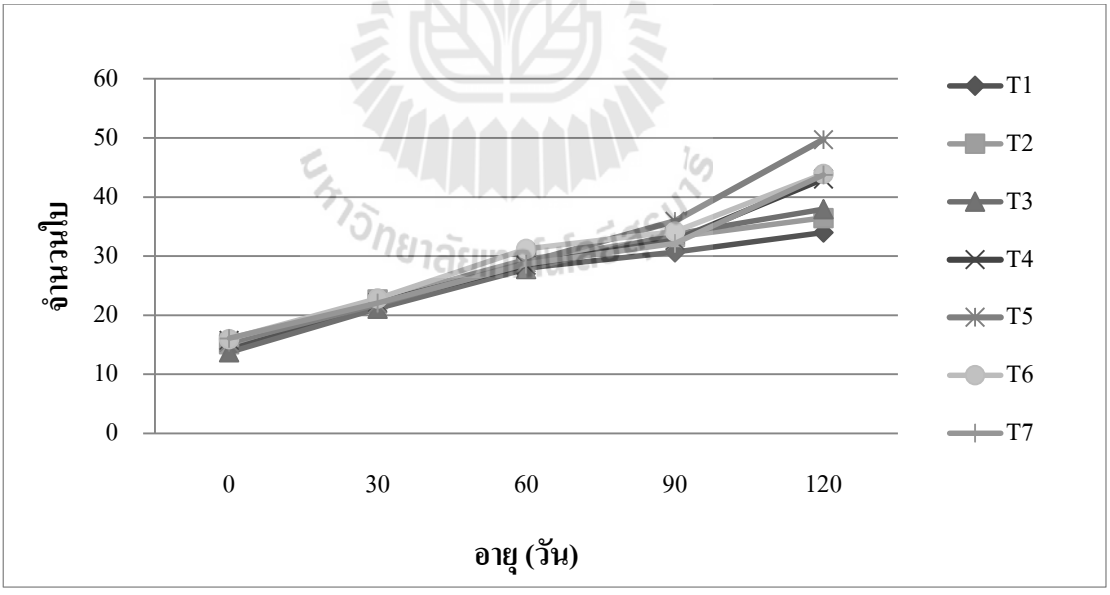


รูปที่ 4.1 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อความยาวกิ่งขององุ่น

ตารางที่ 4.2 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อจำนวนใบขององุ่น

ทรีตเมนต์	จำนวนใบ				
	0 วัน	**30 วัน**	**60 วัน**	**90 วัน**	**120 วัน**
T1, Control ไม่ใส่ปุ๋ย	14	22	28	31	34c[1]
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	15	23	29	33	36c
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	14	21	28	34	38c
T4, Fertigation+12-24-12	16	22	29	33	43b
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	15	22	29	36	50a
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง	16	23	31	34	44b
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	16	22	29	32	44b
CV (%)	6.5	6.9	6.1	4.3	2.7

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



รูปที่ 4.2 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อจำนวนใบขององุ่น

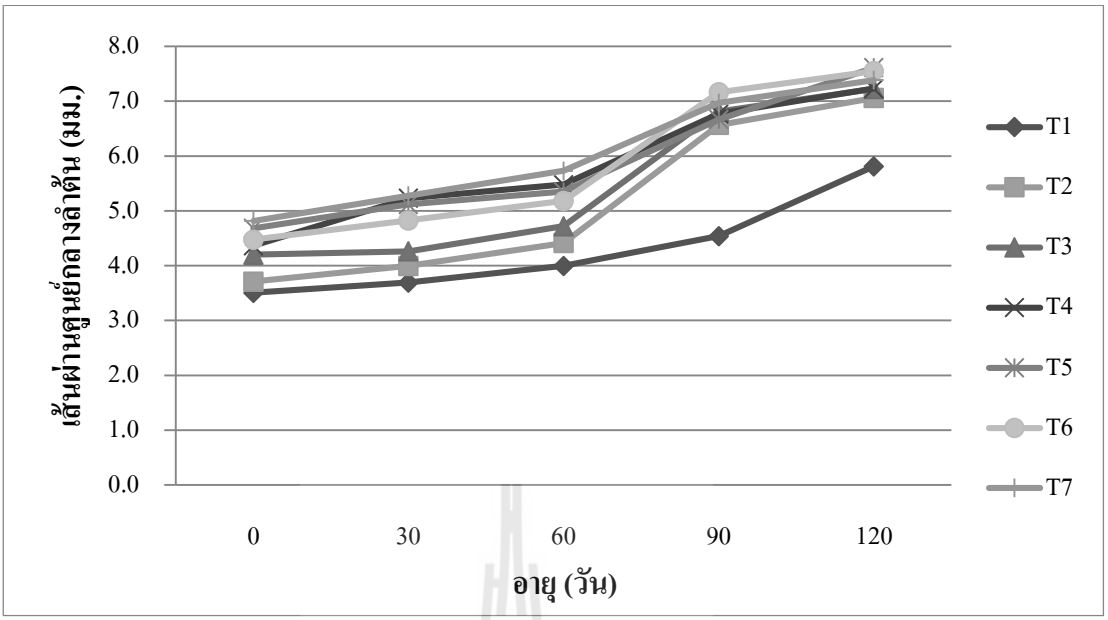
4.1.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นขององุ่น

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3) พบว่าในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ย (อายุ 0 วัน) ทุกทรีตเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่อายุ 30 และ 60 วัน โดยในทรีตเมนต์ที่ 7 คือการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง + ธาตุอาหารเสริมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด และทรีตเมนต์ที่ 1 คือการไม่ใส่ปุ๋ยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน้อยที่สุด ส่วนที่อายุ 90 และ 120 วัน จะพบว่าในทุก ทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย โดยทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยทรีตเมนต์ที่ 6 คือการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร 10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง ที่อายุ 90 วัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด (7.16 มิลลิเมตร) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ย และที่อายุ 120 วัน ทรีตเมนต์ที่ 5 คือการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด สูตร10.2-4.2-17.9 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด (7.61 มิลลิเมตร) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยเช่นกัน

ตารางที่ 4.3 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นองุ่น

ทรีตเมนต์	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)				
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	3.51	3.69c[1]	3.99b	4.54b	5.81b
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	3.71	3.99bc	4.41ab	6.57a	7.10a
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	4.20	4.26abc	4.72ab	6.81a	7.23a
T4, Fertigation+12-24-12	4.37	5.23ab	5.48a	6.77a	7.23a
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	4.68	5.12ab	5.35ab	6.67a	7.61a
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	4.48	4.83abc	5.18ab	7.16a	7.55a
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	4.82	5.28a	5.73a	6.97a	7.39a
CV (%)	15.5	14.0	14.3	8.2	7.1

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



รูปที่ 4.3 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นองุ่น

4.1.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบองุ่น

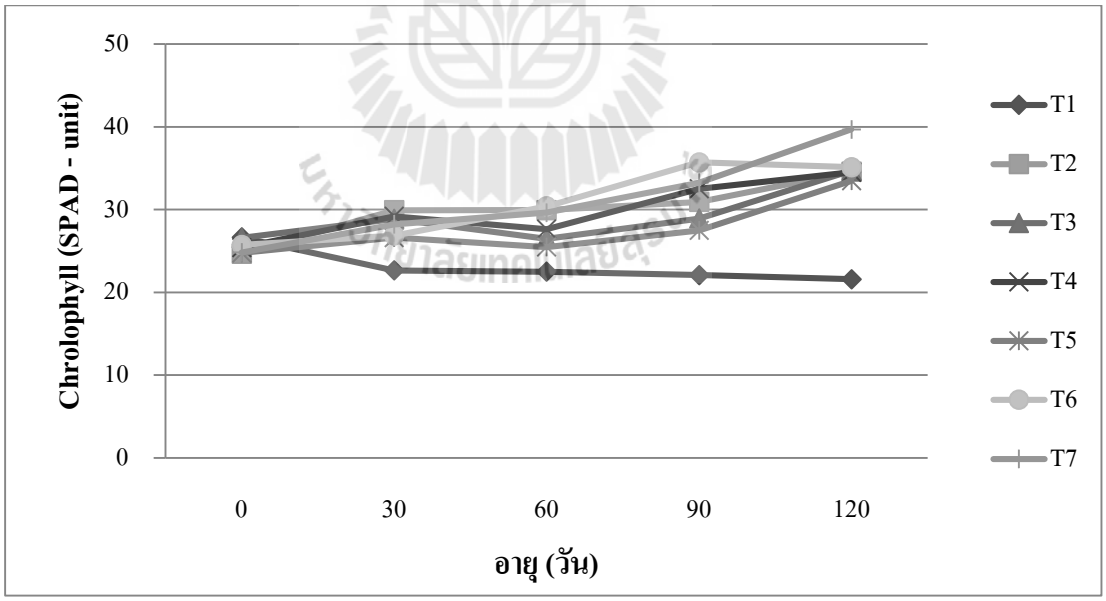
ในการทดลอง ได้ทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบองุ่น 3 ส่วน ประกอบด้วย ใบล่าง ใบกลาง และใบยอด ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบล่าง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ย (อายุ 0 วัน) ส่วนของใบล่างมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่อายุ 30, 60, 90 และ 120 วัน ในทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย (T1) โดยการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด (22.7, 22.5, 22.1 และ 21.6 ตามลำดับ) นอกจากนี้จะเห็นว่าการไม่ใส่ปุ๋ยปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดต่ำลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งวิธีการให้ปุ๋ย (ทางดิน และทางระบบน้ำ) กับสูตรปุ๋ยที่ให้ (12-24-12 และ 10.2-4.2-17.9) ไม่ทำให้ใบองุ่นส่วนใบล่างมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกัน ส่วนในทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และอาจมีบางช่วงที่มีปริมาณลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในใบล่างได้ แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยสามารถทำให้องุ่นมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบล่างสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดสูตร 10.2-4.2-17.9 ร่วมกับการให้ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม สามารถทำให้มีการสะสมคลอโรฟิลล์ในส่วนล่างสูงสุดที่อายุ 120 วัน เท่ากับ 39.7 (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบล่าง

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD - unit)				
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	26.7	22.7b[1]	22.5b	22.1e	21.6c
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	24.7	29.9a	30.0a	30.9bcd	34.6b
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	26.6	28.9a	26.5ab	28.9cd	34.5b
T4, Fertigation+12-24-12	25.4	29.2a	27.7ab	32.5abc	34.5b
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	24.8	26.6ab	25.5ab	27.5d	33.5b
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	25.7	26.9a	30.4a	35.7a	35.1b
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	24.8	28.2a	29.6a	33.3ab	39.7a
CV (%)	10.0	8.2	12.5	7.1	5.0

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



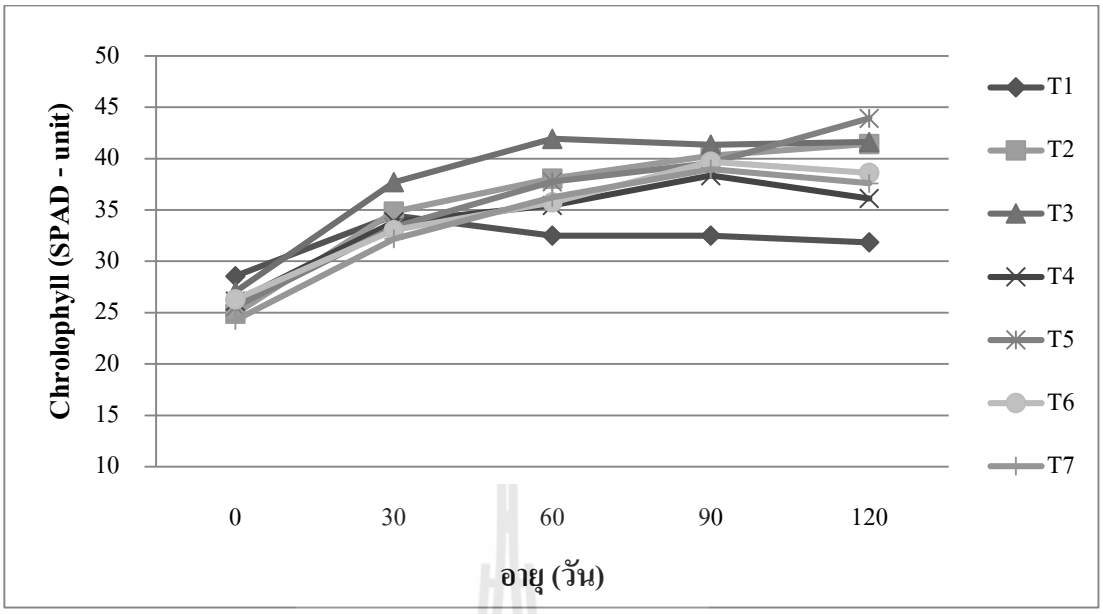
รูปที่ 4.4 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบล่าง

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกลาง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนส่วนใบกลาง พบว่าที่อายุ 0 วัน และ 30 วัน ทุกทรีตเมนต์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 60, 90 และ 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยในทุกทรีตเมนต์ให้ผลแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด (32.5, 32.5 และ 31.7 ตามลำดับ) ซึ่งผลการทดลองนี้คล้ายกับผลของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนส่วนใบล่าง เพราะทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะมีแนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงในทุกช่วงอายุ ในขณะที่ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้น โดยผลการทดลองระหว่างวิธีการให้ปุ๋ยทางดิน (T2-T3) กับวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยด (T4-T7) ไม่มีผลต่อการสะสมของปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (T2-T4) กับสูตร 10.2-4.2-17.9 (T5-T7) ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ 5 คือการใส่ปุ๋ยสูตร 10.2-4.2-17.9 ในระบบน้ำหยดมีปริมาณการสะสมคลอโรฟิลล์ที่อายุ 120 วันสูงสุดเท่ากับ 43.9 (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบกลาง

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD - unit)				
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	28.6	34.5	32.5c[1]	32.5b	31.7d
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	24.9	34.8	38.1ab	40.3a	41.4ab
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	27.0	37.7	41.9a	41.4a	41.6ab
T4, Fertigation+12-24-12	26.1	33.8	35.4bc	38.3a	36.1cd
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	25.6	33.4	37.8ab	39.6a	43.9a
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	26.3	33.0	35.7bc	39.7a	38.6bc
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	24.3	32.2	36.2bc	39.0a	37.6bc
CV (%)	9.9	8.0	6.7	5.4	6.4

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



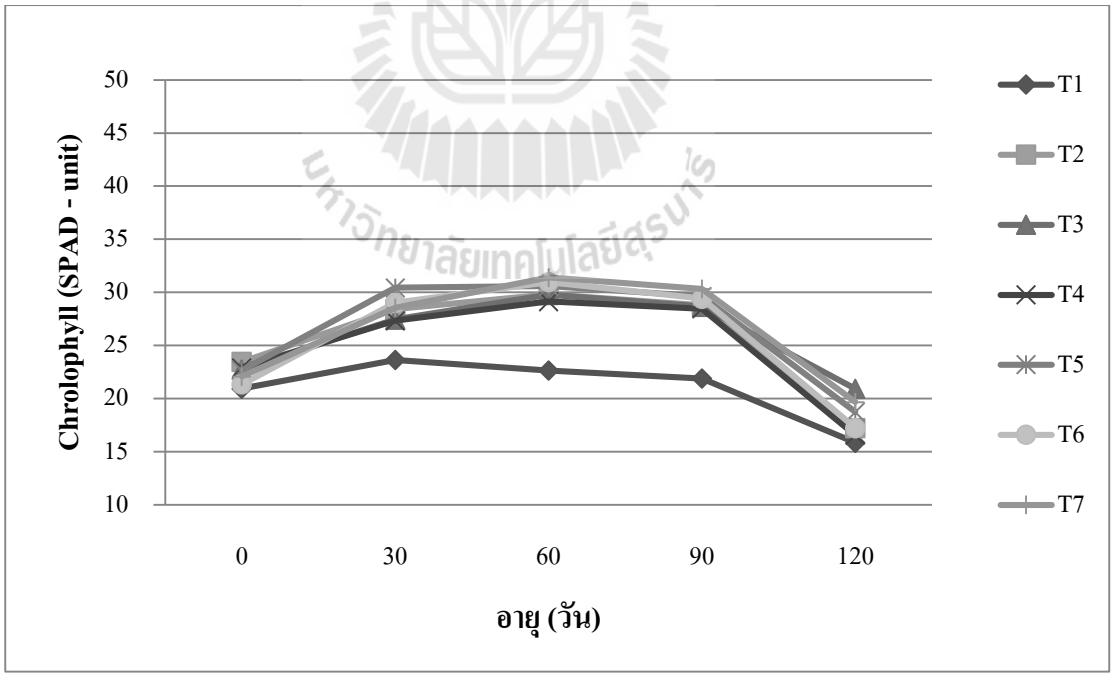
รูปที่ 4.5 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบกลาง

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบยอด ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ก่อนการใส่ปุ๋ย (อายุ0 วัน) ทุกทรีตเมนต์ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่อายุ 30, 60 และ 90 วัน พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยให้ผลการทดลองแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย โดยการไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยต่ำที่สุด (23.7, 22.7 และ 21.9 ตามลำดับ) และทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในส่วนใบยอดไม่แตกต่างกัน แต่การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดสูตร 10.2-4.2-17.9 ร่วมกับการให้ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมสามารถทำให้มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ที่อายุ 60 วันได้สูงสุดเท่ากับ 31.4 สำหรับที่อายุ 120 วัน พบว่าในทุกทรีตเมนต์ให้ผลแตกต่างกันทางสถิติ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยต่ำที่สุด (15.9) ส่วนทรีตเมนต์ที่ 3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด (20.9) แต่ไม่แตกต่างกับทรีตเมนต์ที่ 5 และ 7 ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยเท่ากับ 18.7 และ 19.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบยอด

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD - unit)				
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	21.0	23.7b[1]	22.7b	21.9b	15.9c
T2, Surface Irrigation + 12-24-12 (ทางดิน)	23.5	28.4a	29.8a	28.8a	17.2bc
T3, Drip Irrigation + 12-24-12 (ทางดิน)	22.7	27.5a	29.8a	28.7a	20.9a
T4, Fertigation + 12-24-12	22.9	27.3a	29.2a	28.5a	16.6bc
T5, Fertigation + 10.2-4.2-17.9	22.7	30.4a	30.6a	29.6a	18.7abc
T6, Fertigation + 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง	21.4	29.0a	31.0a	29.4a	17.2bc
T7, Fertigation + 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง + ธาตุอาหารเสริม	22.1	28.6a	31.4a	30.3a	19.7ab
CV (%)	6.4	5.7	5.1	4.8	9.2

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



รูปที่ 4.6 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบอ่อนส่วนใบยอด

4.1.5 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบอ่อน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณธาตุไนโตรเจนเฉลี่ยในใบอ่อนที่อายุ 120 วันพบว่าในใบล่างแต่ละทรีตเมนต์ให้ผลการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุด (1.48 %) และทรีตเมนต์ 7 มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด (1.97 %) ส่วนผลการวิเคราะห์ใบกลาง และใบยอด พบว่าการให้ปุ๋ยในทุกทรีตเมนต์ให้ผลแตกต่างกันกับการไม่ใส่ปุ๋ย คือ การไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำที่สุด (2.11 % และ 1.54 %) และในใบยอดการให้ปุ๋ยในทรีตเมนที่ 2 และ 4 มีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยสูงที่สุด (2.33 %) แต่ให้ผลไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์อื่น ๆ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยดต่อปริมาณไนโตรเจนในใบอ่อนที่อายุ 120 วัน

ทรีตเมนต์	ปริมาณธาตุไนโตรเจน (%)		
	ใบล่าง	ใบกลาง	ใบยอด
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	1.48c[1]	2.11b	1.54b
T2, Surface Irrigation + 12-24-12 (ทางดิน)	1.67bc	2.71a	2.33a
T3, Drip Irrigation + 12-24-12 (ทางดิน)	1.66bc	2.77a	2.20a
T4, Fertigation + 12-24-12	1.89ab	2.84a	2.33a
T5, Fertigation + 10.2-4.2-17.9	1.75bc	2.49a	2.24a
T6, Fertigation + 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง	1.82ab	2.45a	2.19a
T7, Fertigation + 10.2-4.2-17.9 + ธาตุอาหารรอง + ธาตุอาหารเสริม	1.97a	2.66a	2.31a
CV (%)	6.8	12.7	6.4

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองในดินปลูกที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีการควบคุมปริมาณการให้น้ำ ไม่ให้สูญเสียออกสู่ภายนอกกระถาง เป็นการศึกษาผลของการให้ปุ๋ย และน้ำในระบบน้ำหยด ต่อระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง และใบ (vegetative growth) ของต้นอ่อนและเพื่อเป็นการเตรียมต้นอ่อนให้มีความสมบูรณ์ก่อนอายุการตัดแต่งให้ออกผลผลิตได้ในปีต่อไป

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการให้น้ำทางผิวดิน และการให้น้ำหยดมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนแตกต่างกัน โดยการให้น้ำหยดมีแนวโน้มทำให้ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้น้ำทางผิวดิน แสดงว่าการให้น้ำในระบบน้ำหยดตามปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETp x Kc) เป็นการวางแผนการให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปใช้ของต้นอ่อน และเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละเดือน (กรมชลประทาน, 2554 และ Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 2001) ส่วนการให้น้ำทางผิวดินพบว่าเกิดการสิ้นเปลืองน้ำ (วันชัย คุปวานิชพงษ์, 2555) มากกว่าการให้น้ำหยด เพราะนอกจากการดูดใช้น้ำของรากอ่อนแล้ว ยังเกิดการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่ผิวดิน น้ำบางส่วนไหลลงไปลึกกว่าระบบราก โดยในการทดลองนี้พบว่าวิธีการให้น้ำทางผิวดินมีการใช้น้ำมากประมาณ 1.5 เท่าของการให้น้ำในระบบน้ำหยด (ตารางที่ 3.2) จากรายงานของ ดิเรก ทองอร่าม และคณะ (2545) กล่าวไว้ว่า การให้น้ำแก่พืชบนผิวดินจะมีประสิทธิภาพการให้น้ำอยู่ระหว่าง 40-80 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการจัดการ นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่า การให้น้ำบนผิวดินยังทำให้เกิดการอัดแน่นของหน้าดินได้ง่าย ส่งผลให้ดินปลูกมีลักษณะแน่นทึบกว่าดินที่ให้น้ำหยด ซึ่งอาจมีผลต่อการแพร่กระจายของรากอ่อน ความร่วนซุย และช่องว่างภายในโครงสร้างดินได้ อีกทั้งในช่วงแรกของการให้น้ำ จะมีการรดน้ำในปริมาณมาก ในช่วงนี้ดินจะมีการดูดซับน้ำไว้สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อการหายใจของราก เพราะรากแช่อยู่ในดินที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานานได้

ผลการทดลองให้ปุ๋ยทางดินกับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด พบว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดมีแนวโน้มทำให้ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยทรีตเมนต์ที่ 4 ซึ่งเป็นการให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในระบบน้ำหยดมีการเจริญเติบโตดีกว่าทรีตเมนต์ที่ 3 และ 2 ที่เป็นการให้ปุ๋ยสูตรเดียวกันแต่ให้ทางผิวดิน การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยดสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบอ่อนดีกว่าการให้น้ำ และปุ๋ยทางผิวดิน อาจเป็นเพราะปุ๋ยที่ให้อยู่ในรูปของสารละลาย เมื่อรากมีการดูดใช้น้ำก็จะได้ธาตุอาหารไปพร้อมกัน พืชสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์สารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ส่วนการให้ปุ๋ย และน้ำทางผิวดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนน้อยกว่า อาจเป็นเพราะการให้ปุ๋ยชนิดเม็ด และมีการให้น้ำบนผิวดินไม่สามารถละลายปุ๋ยได้หมด การดูดใช้ธาตุอาหารจึงเกิดได้ช้า และธาตุบางชนิด เช่น ธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรีย เมื่อได้รับความชื้นจากน้ำ ปุ๋ยบางส่วนอาจมีการละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ และถูกดูดใช้โดยรากพืช บางส่วนอาจมีการสูญเสียที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่เปลี่ยนธาตุไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของแก๊สที่สามารถระเหยขึ้นสู่บรรยากาศได้ เช่น ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจน (N_2) เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศ หรือมีปริมาณอากาศต่ำ ซึ่งในการทดลองวิธีการให้น้ำ และปุ๋ยทางผิวดินจะทำให้ดินแน่นทึบ ส่งผลให้ช่องว่างภายในดินมีน้อย และอาจทำให้อากาศที่อยู่ในช่องว่างของดินลดต่ำลงด้วย ส่วนการสูญเสีย

ไนโตรเจนอีกแบบหนึ่งจะเกิดจากการสลายตัวของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และยูเรีย (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2554) สำหรับการเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร 12-24-12 และการใส่ปุ๋ยตามปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ่อน (total nutrients uptake) สูตร 10.2-4.2-17.9 พบว่าการใส่ปุ๋ยในทรีตเมนต์ที่ 5 (สูตร 10.2-4.2-17.9 ให้ในระบบน้ำหยด) มีแนวโน้มทำให้ต้นอ่อนมีการดูดใช้ธาตุอาหาร และมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าทรีตเมนต์ที่ 4 (ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้ในระบบน้ำหยด) และการให้ปุ๋ยตามค่า total nutrients uptake ในทรีตเมนต์ที่ 5-7 สามารถส่งเสริมให้อ่อนมีจำนวนใบได้มากกว่าการให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร (ทรีตเมนต์ที่ 2-4) ซึ่งความแตกต่างของจำนวนใบที่ได้จากการให้ปุ๋ยทั้งสองสูตรมีผลต่อการสังเคราะห์แสง และการสะสมอาหารของต้นอ่อน เพราะการมีจำนวนใบมาก จะทำให้มีพื้นที่ใบที่ใช้ในการรับแสงเพื่อการสังเคราะห์แสง และเปลี่ยนเป็นสารอาหารสะสมไว้ในลำต้นได้มาก เมื่อมีการตัดแต่งกิ่งต้นอ่อนให้ผลผลิตได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้การให้ปุ๋ยตามค่า total nutrients uptake เป็นการให้ปุ๋ยตามปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ และสูญเสียออกไปกับการตัดแต่งกิ่งหรือผลผลิตของพืช มีความเหมาะสมต่อระยะการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร โดยการให้ปุ๋ยในลักษณะนี้ ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ (2554) ได้อธิบายไว้ว่า การปลูกพืชจะมีการสูญเสียธาตุอาหารออกจากดินในปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับส่วนที่เก็บเกี่ยวออกไป การชดเชยปริมาณธาตุอาหารเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณที่สูญเสียออกไปจะทำให้ดินมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยสูตร 10.2-4.2-17.9 จึงเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามที่ IFA (1992) ได้ให้คำแนะนำไว้สำหรับการปลูกอ่อน (ตารางที่ 2.4) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ดาวยศ นิลนนท์ และคณะ (2548) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของสัดส่วนธาตุอาหารในระบบน้ำหยดที่ประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียต่อผลผลิต และคุณภาพของอ่อนพันธุ์ Perlette ซึ่งพบว่ามีการสูญเสียธาตุอาหารคิดเป็นสัดส่วนของ $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ เท่ากับ 30-12-30 กรัม/ต้น ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ที่มีการเจริญเติบโตน้อยกว่านั้น เมื่อพิจารณาสัดส่วนของธาตุอาหารจะเห็นว่ามีธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ซึ่งในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต ต้นอ่อนอาจไม่ต้องการธาตุนี้ในปริมาณมาก โดยการได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณสูงอาจมีผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุตัวอื่น ๆ ไปสู่ใบได้ เช่น เหล็ก และสังกะสี ทำให้มีการพัฒนาทางด้านลำต้นได้ช้า ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกรต้นอ่อนสามารถนำธาตุอาหารพืชที่ได้รับไปใช้ในการเจริญเติบโตได้น้อย หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ไปยังไม่มีความสมดุลต่อความต้องการของพืช ซึ่งในระยะยาวต้นพืชอาจจะแสดงอาการขาดหรืออาการเป็นพิษที่เกิดจากธาตุอาหารบางตัวได้

การทดลองให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ในทรีตเมนต์ที่ 6 ได้เพิ่มธาตุอาหารรองที่ประกอบด้วย ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต ($Ca(NO_3)_2$) และปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต

($MgSO_4.7H_2O$) ส่วนทรีตเมนต์ที่ 7 ได้เพิ่มธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมร่วมด้วย จากผลการทดลอง พบว่าการเพิ่มธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมไม่ทำให้ต้นอ่อนมีการเจริญแตกต่างกันหรือมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการการใส่ปุ๋ยในทรีตเมนต์ที่ 5 ที่ให้เฉพาะธาตุอาหารหลักเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะดินปลูกที่ใช้ในการทดลองนี้มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมอยู่แล้วในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการ ถึงแม้ว่าจะมีการเติมธาตุอาหารเหล่านี้ลงไปก็ยังไม่มีผลต่อการดูดใช้ของรากพืช อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ ทรีตเมนต์ที่ 1-5 อาจจะพบปัญหาการขาดธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ส่วนทรีตเมนต์ที่ 6 อาจจะพบปัญหาการขาดธาตุอาหารเสริมได้ ในการเพาะปลูกในฤดูกาลต่อ ๆ ไป เนื่องจากเป็นการทดลองในกระถาง รากพืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารอยู่ตลอดเวลา เป็นผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ที่ 7 อาจเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในระยะยาวได้ดีกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ

การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นดัชนีชีวัดความอุดมสมบูรณ์ของต้นพืช และเป็นการประเมินระดับความเพียงพอ หรือความขาดแคลนของธาตุไนโตรเจนในพืช (Turner and Jund, 1991) เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืช สำหรับการทดลองนี้ทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502) โดยมีหลักการทำงานของเครื่องคือ สามารถวัดแสงในช่วงความยาวคลื่นที่จำเพาะ สามารถส่องผ่านแผ่นใบพืชได้ดีที่ 400-500 นาโนเมตร และ 600-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงแสงที่คลอโรฟิลล์ดูดซับได้ดีที่สุด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องเป็นตัวเลข แปรผันตามความเขียวของใบ และมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็น SPAD-unit (Loh, Grabosky and Bassuk, 2002) และค่าที่วัดได้สามารถบอกถึงปริมาณไนโตรเจนในพืชได้เพราะปริมาณไนโตรเจนในใบสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบด้วย (Champman and Barreto, 1997) สำหรับผลการทดลองวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนทั้งสามส่วนพบว่า ที่ทุกอายุการเจริญเติบโต ภายหลังการใส่ปุ๋ย (อายุ 30, 60, 90 และ 120 วัน) ใบกลางมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด รองลงมาคือใบล่าง และใบส่วนยอด ส่วนในทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนทั้งสามส่วนน้อยกว่าทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ย และมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ในทุกอายุการการทดลอง สำหรับความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในใบอ่อนทั้งสามส่วนอาจเกิดได้เนื่องจากใบอ่อนแต่ละส่วนมีอายุไม่เท่ากัน โดยใบส่วนล่างจะมีอายุมากกว่า และใบส่วนยอดจะมีอายุน้อยที่สุด ดังนั้นในช่วงที่ต้นพืชมีการเจริญเติบโตจะเกิดกระบวนหนึ่งเรียกว่า การเคลื่อนที่ได้ของธาตุอาหาร (nutrients translocation) เป็นการเคลื่อนที่ของธาตุจากอวัยวะหนึ่งไปสู่อวัยวะหนึ่ง ซึ่งเป็นกลไกการหมุนเวียนใช้ธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนจัดเป็นหนึ่งในธาตุที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดี (mobile elements) มีทิศทางการเคลื่อนที่จากใบแก่ไปสู่ใบที่อ่อนกว่า และจะเกิดการเคลื่อนย้ายก่อนที่ใบแก่จะหลุดร่วง

(ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) ด้วยเหตุนี้ เมื่อทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์จึงพบว่าใบอ่อนส่วนใบกลางมีปริมาณการสะสมสูงกว่าส่วนอื่น ๆ เพราะเกิดการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากใบล่างมาสะสมในใบกลางมากขึ้น ซึ่งการสะสมไนโตรเจนในใบจะส่งผลต่อความเขียวของใบพืชด้วย นอกจากธาตุไนโตรเจนแล้วยังมีธาตุชนิดอื่นที่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ คือ ธาตุแมกนีเซียม และธาตุเหล็กที่มีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในพืช โดยหน้าที่ของแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ มีตำแหน่งอยู่ตรงกลางโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เอ และสามารถสังเคราะห์เป็นคลอโรฟิลล์บีได้ด้วย นอกจากนี้ในกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์อาจมีเอนไซม์บางชนิดที่ต้องการธาตุเหล็กมาเป็นโคแฟกเตอร์ ดังนั้นทั้งธาตุแมกนีเซียม และธาตุเหล็กจึงมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ด้วย Jifon, Syvertsen and whaley (2005) ได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความเขียวของใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ไว้ว่าขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สภาพแวดล้อม ปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ อายุของใบ ความหนาของใบ และช่วงเวลาที่ทำการวัด

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรวมในใบอ่อนภายหลังการทดลอง (อายุ 120 วัน) พบว่ามีผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ คือ ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าทรีตเมนท์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย และมีการสะสมไนโตรเจนมากที่สุดในส่วนของใบกลาง และเมื่อนำผลการทดลองมาเทียบกับระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบอ่อน (ตารางที่ 2.3) พบว่าในใบล่างทุกทรีตเมนต์มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนใบกลาง ทุกทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมถึงระดับสูง และใบยอดมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ จากผลการทดลองแสดงได้ว่าเกิดการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนจากใบล่างขึ้นสู่ใบกลาง ทำให้ใบกลางมีปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมากกว่าส่วนอื่น และการให้ปุ๋ยทั้งสองสูตรที่มีปริมาณไนโตรเจนต่างกัน ไม่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบอ่อนมีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของอ่อน

4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ในใบอ่อน โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนกับวิธีทางเคมี ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดของอ่อน

4.2.1 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ในใบอ่อนวิธีทางเคมีในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณธาตุ P, K และ Ca ในใบอ่อนด้วยวิธีทางเคมี พบว่าทุกทรีตเมนต์ที่มีการให้ปุ๋ยมีผลการทดลองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทรีตเมนต์ที่ 1

(ไม่ใส่ปุ๋ย) มีปริมาณ P, K และ Ca เฉลี่ยสะสมในใบน้อยที่สุด (0.196 %, 1.431 % และ 0.113 % ตามลำดับ) ในขณะที่ธาตุ P จะมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในทรีตเมนต์ที่ 3 (0.525 %) สำหรับธาตุ K มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในทรีตเมนต์ที่ 3, 6 และ 7 (1.737 %, 1.715 % และ 1.790 % ตามลำดับ) ส่วนปริมาณการสะสมธาตุ Ca มีปริมาณเฉลี่ยในใบมากที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 6 และ 7 (0.266 % และ 0.260)

ผลการวิเคราะห์การสะสมธาตุ P, K และ Ca ในตำแหน่งต่าง ๆ ของใบ พบว่าตำแหน่งของใบให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการสะสมธาตุ P จะมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดที่ตำแหน่งใบกลาง (0.398 %) รองลงมาคือตำแหน่งใบยอด (0.355 %) และน้อยที่สุดคือตำแหน่งใบล่าง (0.321 %) สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณ K เฉลี่ยสะสมมากที่สุดที่ตำแหน่งใบกลาง (1.672%) รองลงมาคือตำแหน่งใบล่าง (1.617 %) และน้อยที่สุดที่ตำแหน่งใบยอด (1.518 %) และส่วนปริมาณ Ca เฉลี่ยสะสมมากที่สุดในตำแหน่งใบยอด ใบกลาง และใบล่าง ตามลำดับ (0.204 %, 0.176 % และ 0.132 %)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการกระจายตัวของปริมาณธาตุอาหารในชิ้นส่วนของใบอ่อน พบว่าพื้นที่ใบส่วนข้าง และพื้นที่ใบส่วนบนมีการกระจายตัวของธาตุ P, K และ Ca ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบการสะสมปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีกับค่าปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมของใบอ่อน พบว่าทุกทรีตเมนต์มีปริมาณ P อยู่ในระดับที่เหมาะสม ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ 1 (ไม่ใส่ปุ๋ย) ที่มีปริมาณต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ส่วนปริมาณธาตุ K ทุกทรีตเมนต์มีการสะสมเกินค่าที่เหมาะสมของปริมาณที่กำหนด และสำหรับการสะสมของธาตุ Ca ในทุกทรีตเมนต์มีการมีการสะสมอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ 6 และ 7 มีการสะสมอยู่ในระดับที่เหมาะสม (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ฟอสฟอรัส โพแทสซียม และแคลเซียม ด้วยวิธีทางเคมี

ทรีตเมนต์	Percentage (%)		
	P	K	Ca
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	0.196f [1]	1.431c	0.113c
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	0.450b	1.480c	0.116c
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	0.525a	1.737a	0.133c
T4, Fertigation+12-24-12	0.403c	1.572b	0.133c
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	0.271e	1.493c	0.172b
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	0.350d	1.715a	0.266a
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	0.312d	1.790a	0.260a
ตำแหน่งของใบ			
ใบยอด	0.355b	1.518c	0.204a
ใบกลาง	0.398a	1.672a	0.176b
ใบล่าง	0.321c	1.617b	0.132c
ชิ้นส่วนใบที่ใช้วิเคราะห์			
พื้นที่ใบส่วนข้าง	0.355	1.584	0.166
พื้นที่ใบส่วนบน	0.361	1.621	0.175
CV (%)	9.3	7.1	13.6
ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในใบอ่อน[2]	0.210-0.240	1.210-1.400	0.250-0.350

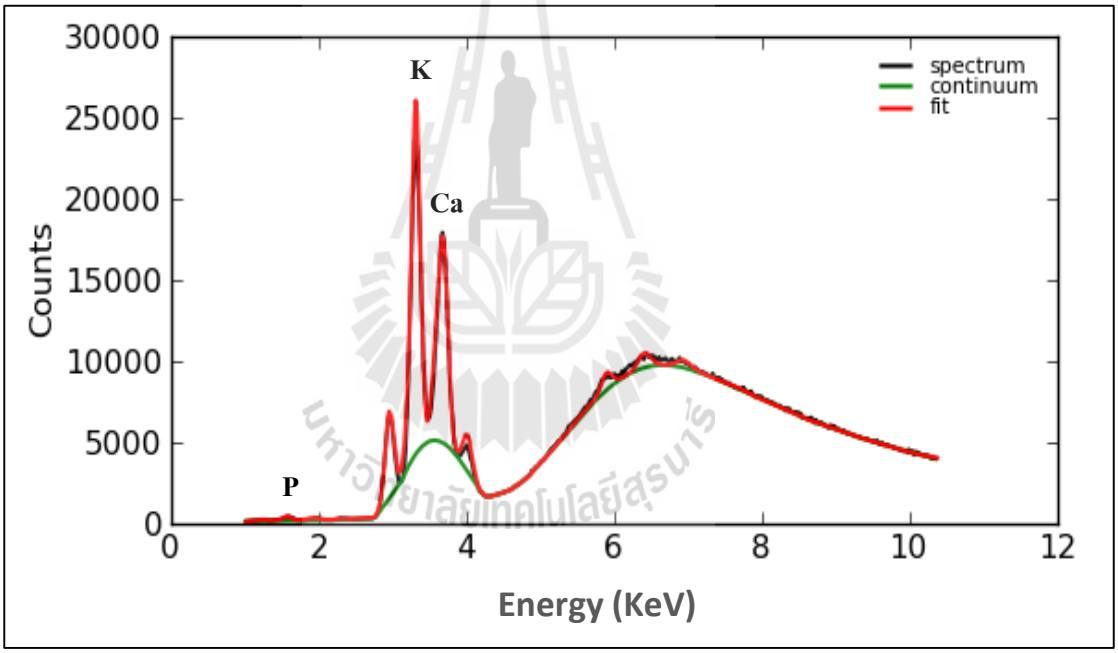
[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[2] ดัดแปลงจาก นันทกร บุญเกิด, 2546

4.2.2 การวิเคราะห์การสะสม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ในใบอ่อนด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน ในการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุ P, K และ Ca ในใบอ่อน ด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน (XRF) มีลักษณะเป็นเส้นสเปกตรัมของแต่ละธาตุ (รูปที่ 4.7) ค่าที่อ่านได้เป็นค่านับวัด (count) ของรังสีเอกซ์ โดยค่านี้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data) ไม่สามารถบอกเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data) ได้ แต่มีค่าแปรผันตามปริมาณธาตุที่พบในตัวอย่าง และ

ในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์ธาตุเป็นตารางพื้นที่ (square area scan) บนใบอ่อน มีจำนวนจุดที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด 49 จุด ดังนั้นที่ได้จึงเป็นผลรวมของค่าแต่ละจุด และมีค่าเป็นผลรวมค่านับวัด (net count) สำหรับผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองนี้พบว่าในทุกทรีตเมนต์ให้ผลการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการวิเคราะห์การสะสม P มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 1 (1,050) และมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 3 (1,547) ในขณะที่การวิเคราะห์การสะสมธาตุ K มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 5 (121,105) แต่ไม่แตกต่างจากทรีตเมนต์ที่ 1, 2 และ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ (123,892, 121,905 และ 124,719 ตามลำดับ) และมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 7 (157,434) ส่วนการวิเคราะห์การสะสมธาตุ Ca มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 1 คือการไม่ใส่ปุ๋ย (138,525) และมีปริมาณเฉลี่ยสูงที่สุดในทรีตเมนต์ที่ 6 (182,721)



รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของการวิเคราะห์ธาตุ P, K และ Ca ในใบอ่อนด้วยวิธี XRF

จากผลการวิเคราะห์การสะสมธาตุ P, K และ Ca บนตำแหน่งของใบ พบว่าการสะสมธาตุ P ในตำแหน่งใบกลาง และใบล่างให้ผลแตกต่างกันทางสถิติกับตำแหน่งใบยอด คือตำแหน่งใบยอดมีปริมาณการสะสมเฉลี่ยน้อยที่สุด (1,083) ส่วนตำแหน่งใบกลาง และใบล่างที่มีปริมาณการสะสมเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (1,395 และ 1,394 ตามลำดับ) สำหรับผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณการสะสมธาตุ K พบว่าในตำแหน่งใบยอด ใบกลาง และใบล่างให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มี

แนวโน้มว่าในตำแหน่งใบกลางจะมีการสะสมปริมาณธาตุ K เฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งใบอื่นๆ และส่วนผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณการสะสมธาตุ Ca เฉลี่ยในใบ พบว่าตำแหน่งใบยอด และใบกลางให้ผลแตกต่างกันทางสถิติกับตำแหน่งใบล่าง โดยในตำแหน่งใบล่างมีปริมาณการสะสมเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 119,329 และในตำแหน่งใบยอดมีปริมาณการสะสมเฉลี่ยมากที่สุด 174,773 ซึ่งไม่แตกต่างกันกับตำแหน่งใบล่างที่มีปริมาณการสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 170,651 และการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณการสะสมธาตุ P, K และ Ca บนชิ้นส่วนใบที่ใช้วิเคราะห์ พบว่าพื้นที่ส่วนข้าง และพื้นที่ส่วนบนให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ฟอสฟอรัส โพแทสซียม และแคลเซียม ด้วยวิธี XRF

ทรีตเมนต์	Net count		
	P	K	Ca
T1, Control (ไม่ใส่ปุ๋ย)	1,050d[1]	123,892b	138,525c
T2, Surface Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	1,469ab	121,905b	141,651c
T3, Drip Irrigation+12-24-12 (ทางดิน)	1,547a	141,522ab	150,039bc
T4, Fertigation+12-24-12	1,363b	124,719b	148,939bc
T5, Fertigation+10.2-4.2-17.9	1,121d	121,105b	150,460bc
T6, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง	1,327bc	140,054ab	182,721a
T7, Fertigation+10.2-4.2-17.9+ธาตุอาหารรอง +ธาตุอาหารเสริม	1,159cd	157,434a	172,089ab
ตำแหน่งของใบ			
ใบยอด	1,083b	136,978	174,773a
ใบกลาง	1,395a	137,692	170,651a
ใบล่าง	1,394a	124,172	119,329b
ชิ้นส่วนใบที่ใช้วิเคราะห์			
พื้นที่ใบส่วนข้าง	1,293	130,807	150,857
พื้นที่ใบส่วนบน	1,288	135,087	158,978
CV (%)	10.0	12.6	11.4

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

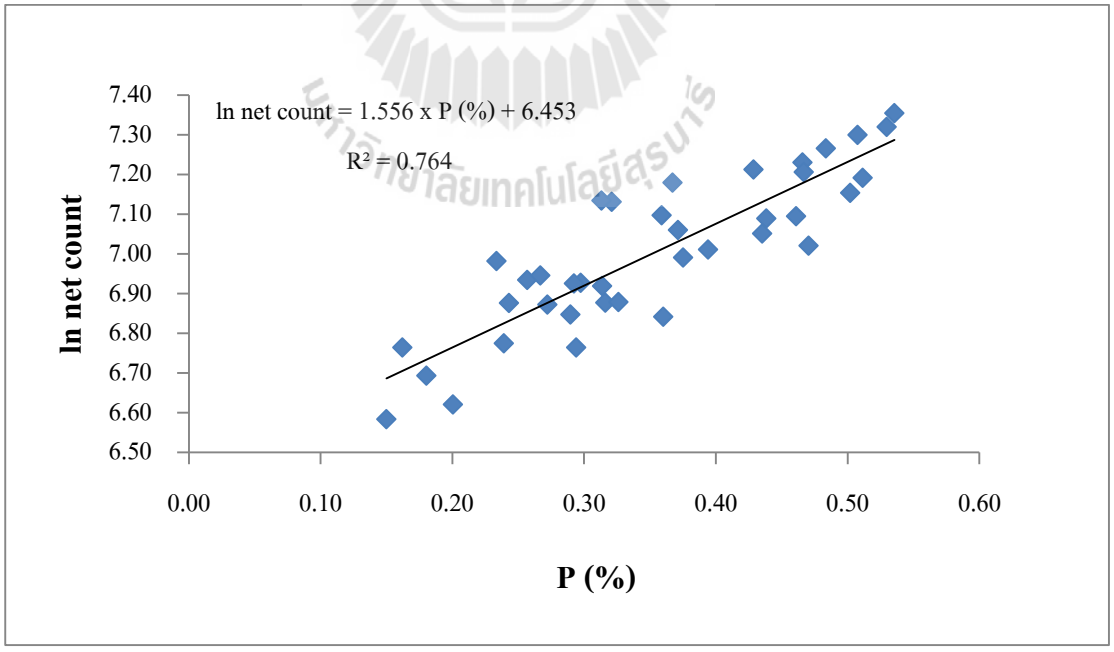
4.2.3 การวิเคราะห์รีเกรชชั่น และสหสัมพันธ์ของปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ระหว่างการวิเคราะห์ทางเคมี และวิธี XRF

การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในใบองุ่น ระหว่างวิธีเคมี และวิธี XRF (รูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10) ได้วิเคราะห์สหสัมพันธ์ และรีเกรชชั่น โดยแปลงค่า net count ด้วยลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) ซึ่งเป็นลอการิทึมที่มีฐานเท่ากับ e (e = 2.71828) พบว่าการแปลงค่าด้วยลอการิทึมธรรมชาติจะทำให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงมากที่สุด และผลการวิเคราะห์ธาตุทั้งสามชนิด พบว่ามีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส มีค่าสมการรีเกรชชั่นดังแสดงในสมการที่ 1 มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นบวก (R^2 = 0.764) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียม มีสมการรีเกรชชั่นดังแสดงในสมการที่ 2 มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นบวก (R^2 = 0.774) และสำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียม มีค่าสมการรีเกรชชั่นดังแสดงในสมการที่ 3 มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นบวก (R^2 = 0.898)

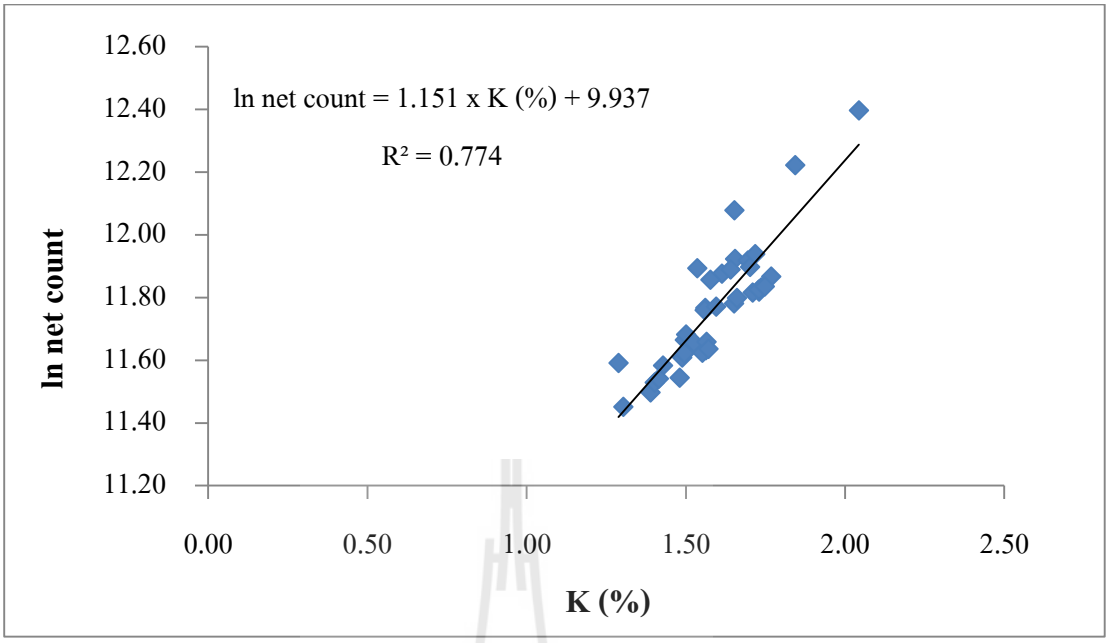
ln net count = 1.556 x P (%) + 6.453 .....สมการที่ 1

ln net count = 1.151 x K (%) + 9.937 .....สมการที่ 2

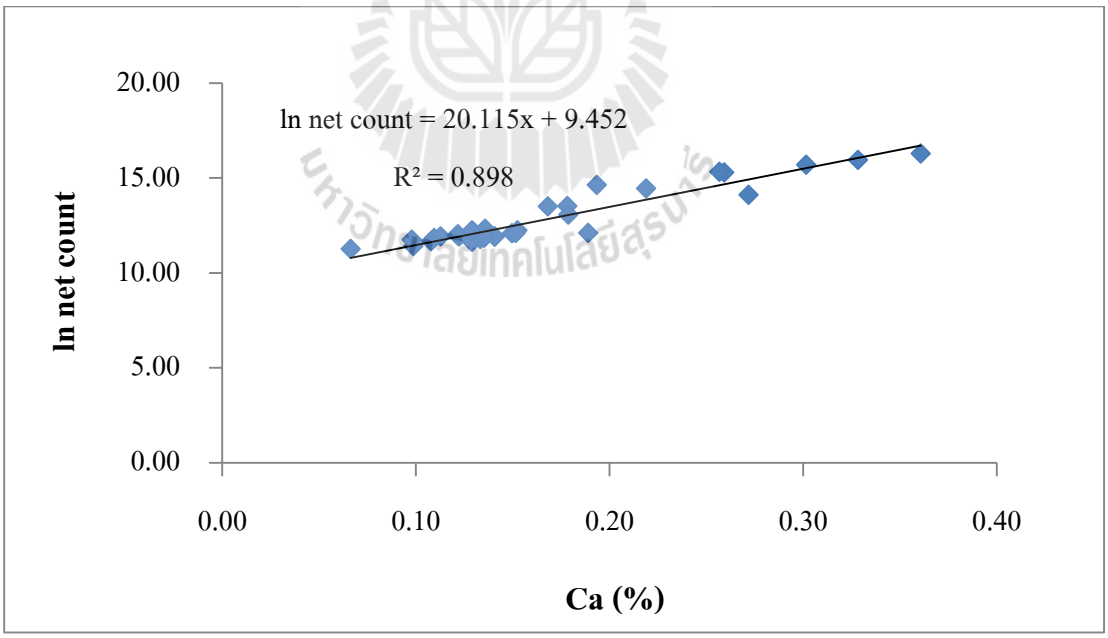
ln net count = 20.115 x Ca (%) + 9.452 .....สมการที่ 3



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์รีเกรชชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุฟอสฟอรัสระหว่างวิธีทางเคมี และวิธี XRF



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์รีเกรซชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียมระหว่าวิธีทางเคมี และวิธี XRF



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์รีเกรซชั่น และสหสัมพันธ์ของธาตุแคลเซียมระหว่างวิธีทางเคมี และวิธี XRF

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร และตามค่าความต้องการของพืช ทั้งวิธีการให้บนผิวดิน และให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด เมื่อนำผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบอ่อนด้วยวิธีเคมีมาเปรียบเทียบกับระดับปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในใบอ่อน (ตารางที่ 3) พบว่าทุกทรีตเมนต์มีการสะสมธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ยกเว้นธาตุแคลเซียมมีเฉพาะในทรีตเมนต์ที่ 6 และ 7 ที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบอยู่ในระดับที่เหมาะสม ความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในทรีตเมนต์ต่าง ๆ อาจเกิดได้จากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เช่น 1) อายุพืช เพราะต้นอ่อนที่ใช้ทดลองเป็นต้นอ่อนปลูกใหม่ ระบบราก และการเกิดราก อาจยังมีไม่มากพอต่อการดูด และการสะสมธาตุอาหาร จึงมีปริมาณที่ไม่แน่นอนได้ 2) ปริมาณความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยต่อการดูดใช้ เนื่องจากมีการให้ปุ๋ยทางผิวดิน และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด การให้ปุ๋ยทางดินจะมีความสามารถในการละลายของปุ๋ยได้น้อยกว่าส่งผลให้พืชดูดใช้ปุ๋ยได้ไม่ดีเท่ากับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยด 3) สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสง ฤดูกาล (สังคม เตชะวงค์เสถียร, ม.ป.ป.) อาจมีผลต่อการสะสมธาตุอาหารในใบอ่อน เพราะว่าในช่วงที่ทำการทดลองตรงกับช่วงฤดูหนาว ต้นอ่อนค่อนข้างมีอาการชะงักการเจริญเติบโต เนื่องจากอ่อนที่ปลูกในประเทศไทยจะเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง และใบได้ดีในช่วงที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น หากได้รับอุณภูมิต่ำต้นอ่อนจะอยู่ในระยะพักตัว ดูดธาตุอาหารได้น้อย และมีการเจริญทางด้านลำต้นได้ช้า 4) ประสิทธิภาพการดูด และการสะสมธาตุอาหาร ซึ่งเป็นกลไกของพืชในการจำกัดปริมาณการดูดใช้ของราก โดยมีองค์ประกอบบางประการมาเกี่ยวข้อง เช่น ในการให้ปุ๋ย และน้ำทางผิวดิน อาจส่งผลให้ดินปลูกมีความแน่นทึบ และทำให้รากมีการกระจายตัวได้น้อย และดูดธาตุอาหารได้ไม่ดี เป็นต้น ดังนั้น ถึงแม้ว่าอ่อนจะมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในใบเพียงพอ แต่ในทุกทรีตเมนต์ก็ยังมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันได้ เช่นในผลการทดลองจากการทดลองที่ 1 ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการให้ปุ๋ยสูตรต่างกัน วิธีการให้ต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันด้วย

การวิเคราะห์การสะสมธาตุอาหารพืชด้วยวิธีเคมี เป็นวิธีการปัจจุบันที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช แต่เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ต้องทำโดยผู้เชี่ยวชาญในห้องปฏิบัติการเท่านั้น เกษตรกรไม่สามารถทำเองได้ ต้องมีการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อน มีการเตรียมสารเคมีหลายชนิด บางชนิดมีความอันตรายต่อผู้ใช้สูง และขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยาก ต้องใช้จำนวนตัวอย่างปริมาณมาก ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน หากมีตัวอย่างจำนวนมากจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในครั้งเดียวกัน เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี มีราคาแพง เป็นต้น และในปัจจุบันมีวิธีการวิเคราะห์อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุในวัสดุได้คือ เทคนิค XRF โดยเทคนิคนี้มี

ข้อดีคือไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive method) และมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยาก สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีชีวิตได้ เช่น ชิ้นส่วนพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้มีข้อจำกัดบางประการ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำ เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน หรือไนโตรเจนได้ สำหรับในการทดลองนี้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมระหว่างวิธีเคมีกับเทคนิค XRF พบว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีการให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างวิธีการวิเคราะห์ที่ระดับ 0.764, 0.774 และ 0.898 ตามลำดับ Kipriyanova et al. (2001) ได้ทำการทดลองใช้เทคนิค synchrotron XRF ตรวจสอบธาตุที่เป็นโลหะหนักในท่อลำเลียงของพืชที่ขึ้นอยู่ในอ่างเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy (AAS) พบว่าผลการวิเคราะห์ทองแดง และโคบอลต์ด้วย synchrotron XRF มีความสอดคล้องกับเครื่อง AAS นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่สนับสนุนความน่าจะเป็นไปได้สำหรับการนำเทคนิค XRF มาใช้วิเคราะห์ของธาตุอาหารพืช เช่นการทดลองวิเคราะห์ความหลากหลาย (speciation) ของธาตุในตัวอย่างดิน โดยการสกัดธาตุอาหารให้อยู่ในรูปของสารละลาย ด้วยสารแอมโมเนียมอะซิเตรท แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี XRF ผลการวิเคราะห์พบว่า การประยุกต์ใช้ XRF มีความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุได้หลายชนิด (multi-elements) อย่างรวดเร็ว และมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ตรวจสอบองค์ประกอบธาตุในรูปของไอออนอิสระ และรูปของคาร์บอเนต เช่น Mg, Ca, Mn, Zn, Pb, Rb และ Sr (Baranowski, Rybak and Baranowska, 2002) จากการทดลองข้างต้นจะเห็นแนวโน้มว่าวิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชด้วยวิธี XRF สามารถเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่อาจนำมาใช้ในการวิเคราะห์ระดับของธาตุอาหารในชิ้นส่วนของพืชได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการจัดการธาตุอาหาร การให้น้ำ และปุ๋ยในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโตของอ่อน โดยการทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินการกับต้นอ่อนปลูกใหม่ให้มีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการตัดแต่งกิ่งให้ได้ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป และได้มีการวิเคราะห์การสะสมธาตุอาหารพืชด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การให้น้ำในระบบน้ำหยดมีแนวโน้มให้ผลการเจริญเติบโตของอ่อนดีกว่าการให้น้ำทางผิวดิน และการให้น้ำในระบบน้ำหยดสามารถประหยัดน้ำได้มากกว่าการให้น้ำทางผิวดิน 1.5 เท่า

2. การให้ปุ๋ยทุกวิธีให้ผลการเจริญเติบโตของอ่อนดีกว่าการไม่ให้ปุ๋ย และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดมีแนวโน้มทำให้มีการเจริญเติบโตดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน และเมื่อมีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดตามค่า total nutrient uptake มีแนวโน้มว่าต้นอ่อนสามารถเจริญเติบโตทางลำต้น และใบได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยตามสูตรของเกษตรกร

3. การศึกษาปริมาณ และการกระจายตัวของธาตุอาหารในใบอ่อน พบว่าการใส่ปุ๋ยจะทำให้มีการสะสมธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบกลางมากที่สุด ส่วนธาตุแคลเซียมจะสะสมสูงสุดที่ใบยอด และการสะสมธาตุอาหารบนชิ้นส่วนใบไม่มีความแตกต่างกันทั้งพื้นที่ใบส่วนข้าง และพื้นที่ใบส่วนบน

4. จากการเปรียบเทียบผล และประสิทธิภาพการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบอ่อนด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอนกับวิธีทางเคมี พบว่าให้ผลการทดลองที่สอดคล้อง และไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างวิธีการวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ที่ระดับ 0.764, 0.774 และ 0.898 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มว่าวิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชด้วยวิธี XRF อาจเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ระดับของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชได้

5. ควรมีงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของการให้น้ำ และปุ๋ยในระบบน้ำหยด ต่อปริมาณ และคุณภาพผลผลิตของอ่อน ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยธาตุอาหารพืชด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยแสงซินโครตรอน โดยใช้ใบที่มีการอบแห้งแล้ว และทำการทดลองในพืชชนิดอื่นด้วย เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง และสามารถนำมาใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชได้อีกวิธีหนึ่ง

รายการอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2554). **คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และค่าสัมประสิทธิ์พืช**. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยา และบริหารน้ำ. 130 หน้า. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/index_th.htm. 2 พฤศจิกายน 2555.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2542). **การปลูกองุ่น**. กองส่งเสริมพืชสวน. พิมพ์ครั้งที่ 4. 33 หน้า. [ออนไลน์]. ได้จาก: service.moac.go.th/ewt_dl_link.php?nid=4062. 20 พฤศจิกายน 2555.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2548) **สถิติแสดงแหล่งเพาะปลูกปี 2543-2547.** ฝ่ายข้อมูลสำหรับการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. อ้างถึงในสุรทิน ใจดี. (2553). **ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิต และคุณภาพขององุ่นรับประทานผลสดในเขตร้อนชื้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จักรกฤษณ์ มีใย. (2551). **การจัดการ การผลิต อ้อยระบบน้ำหยดใต้ดิน กรณีศึกษาไร่ตั้งจิตรพืชผล ตำบล บ้านดุง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ออนไลน์]. ได้จาก:http://pikul.lib.ku.ac.th/cgibin/sugar.exe?rec_id=001798&database=sugar&search_type=link&table=mona&back_path=/agre/mona&lang=thai&format_name=TFMON#. 2 ธันวาคม 2555.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวี จิระชีวี และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2545). **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทฐานการพิมพ์จำกัด, กรุงเทพฯ. 496 หน้า.

ดาวยศ นิลนนท์, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์ และสุเทพ ทองแพ. (2548). ผลของสัดส่วนธาตุอาหารในระบบน้ำหยดที่ประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่นพันธุ์ Perlette. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43** (499-506). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพร สุรโชติ, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์, สุเทพ ทองแพ และ จรัล เห็นพิทักษ์. (2546). **ผลของวิธีการใส่และอัตราปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์ Beauty Seedless**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. ได้จาก: anchan.lib.ku.ac.th/thaiciard/handle/009/30312. 12 ตุลาคม 2555.

นันทกร บุญเกิด, อัศจรรย์ สุขธำรง และ เรณู ขำเลิศ. (2544). การรวบรวมและศึกษาลักษณะพันธุ์ การจัดการธาตุอาหารพืชและการผลิตไวน์องุ่น. **รายงานการวิจัย**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 29 หน้า.

นันทกร บุญเกิด. (2546). **คู่มือการสร้างสวนองุ่น**. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. พิมพ์ครั้งที่3. นครราชสีมา: สมบูรณ์พริ้นติ้ง. 133 หน้า.

บุญลือ เอี๋ยวพาณิช. (2542). **เทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. หน้า 103-107,145. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://pineapple-eyes.snru.ac.th/stm/index.php?q=node/206. 4 ธันวาคม 2555.

เบญจพล ถาคำ. (2551). **การวิเคราะห์เชิงสมบัติและพารามิเตอร์ของการลอยแร่เฟลด์สปาร์โดยเซลลคอลัมน์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/enmi0151bt_ch3.pdf. 20 พฤศจิกายน 2555.

พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์. (2544). **การให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำพืช**. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.[ออนไลน์].ได้จาก: http://www.ku.ac.th/emagazine/march44/agri/water/. 4 ธันวาคม 2555.

มนตรี ค้ำชู. (2553). **เทคโนโลยีการให้น้าแก่พืชแบบองค์รวม**. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. ได้จาก: rdi.csc.ku.ac.th/AcademicServices/.../km/01.pdf. 4 ธันวาคม 2555.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2552). **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 529 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. (2554). **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 519 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2555). **หลักการวิเคราะห์ดิน และพืชทางเคมี**. [ออนไลน์]. ได้จาก: www.dryongyuth.com/journal/หลักการวิเคราะห์ดิน-พืช.pdf. 1 ธันวาคม 2555.

ยศพล ผลาผล, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์ และสุเทพ ทองแพ. (2545ก). ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดต่อผลผลิต และคุณภาพในองุ่นพันธุ์ Beauty seedless. **การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 40** (181-185). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยศพล ผลาผล, สุรศักดิ์ นิลนนท์, ลพ ภวภูตานนท์ และสุเทพ ทองแพ. (2545ข). ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดต่อปริมาณธาตุอาหารและคาร์โบไฮเดรตในองุ่นพันธุ์ Beauty seedless. **การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 40** (186-193). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วสันต์ บุญเติม. (2547). **อิทธิพลของปริมาณธาตุอาหาร N K และจำนวนกิ่งที่ให้ผลผลิตที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพผลองุ่นพันธุ์ CABERNET SAUVIGNON**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วราวุธ วุฒิวณิชย์ และพีระชาติ อุดาการ. (2545). การศึกษาหาค่าปริมาณการใช้น้ำ และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น. **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** ฉบับที่ 48 ประจำปี 2546. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://158.108.46.110/journal_th/show_division.php?division=%C7%D4%C8%C7%A1%C3%C3%C1%AA%C5%BB%C3%D0%B7%D2%B9. 18 ธันวาคม 2555.

วัฒนา สวรรยาธิปัติ. (2531). **การปลูกองุ่น**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 31 หน้า. [ออนไลน์]. ได้จาก: www.eto.ku.ac.th/neweto/ebook/plant/tree_fruit/grape.pdf. 18 ธันวาคม 2555.

วันชัย คุปวานิชพงษ์. (2555). การออกแบบระบบให้น้ำผ่านท่อในงานวิจัยเกษตรวิศวกรรม. **เอกสารประกอบคำบรรยาย.** โครงการจัดการความรู้ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. 26 หน้า.

ศิริวัลย์ บุญสุข, ไพลิน คงเหล็ก, สรวงธิดา ลิปิมงคล, นพมณี สุวรรณัง, พัชรี แสนจันทร์, วรางคนา สระบัว, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และ นงลักษณ์ ปูระนะพงษ์. (2546). **คู่มือวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช. โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. 117 หน้า.

ศุภิฌา ธนะจิตต์, อัญชลี สุทธิประการ, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และ Gilkes, R. J. (2549). **ธาตุหลักและธาตุอาหารเสริมในดินที่พัฒนามาจากหินบะซอลต์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://anchan.lib.ku.ac.th/kukr/handle/003/18385. 20 พฤศจิกายน 2555.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. (ม.ป.ป.). ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช. **เอกสารประกอบการสอนสรีรวิทยาการผลิตพืช**. สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 37 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). **สถิติการนำเข้า ส่งออกองุ่น**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. 20 พฤศจิกายน 2555.

Baranowski, R., Rybak, A. and Baranowska, I. (2002). Speciation Analysis of Elements in Soil Samples by XRF. **Polish Journal of Environmental Studies**. 11 (5): 473-482.

Black, C.A. (1965). Method of soil analysis In: the series **Agronomy American Society of Agronomy Inc**, Madison, Wisconsin, USA.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59: 39-45.

Bremner, J.B. (1996). Nitrogen-total In: Methods of soil analysis. Part 3. **Chemical methods -SS SA book series on 5**. Chapter 37: 1085-1121.

Bunch Grape Nutrition Management. (2012). [On-line]. Available: http://www.small fruits.org/BunchGrapes/production/TissueAnalysisforGrapevines.pdf. November 20, 2012.

Chapman, S.C. and Barreto, H.J. (1997). Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agron. J.** 89: 557–562.

Grapevine nutrition. petiole analysis**.** vitinotes. (2006). [On-line]. Available: www.crcv.com.au. November 20, 2012.

Grape. (2012). [On-line]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Grape. November 20, 2012.

Hesse, P.R. (1971). Total elemental analysis and some trace elements. **A test book of soil chemical analysis**: 371-475 pp.

Imed, D. (n.d.). **Grape Petiole Analysis**. Department of Horticulture and Crop Science OARDC, the Ohio State University. [On-line]. Available: www.oardc.ohio-state.edu/grapeweb/. November 20, 2012.

International Fertilizer Industry Association. (1992). **FERTILIZING GRAPES.** [Online]. Available:http://www.spectrumanalytic.com. November 20, 2012.

Isidro, C., Neale, C. M. U., Calera, A., Balbontin, C. and Piqueras, J. G. (2010). Assessing satellite based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). **Agric. WaterManage.** 98: 45-54.

Jifon, J. L., Syvertsen, J. P. and Whaley, E. (2005). Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp. leaves. **J. Amer. Soc. HortSci.** 130: 152-158.

Jones, J. B. (2001). **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis.** CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

Kipriyanova, L.M., Dvurechenskaya, S.Y., Sokolovskaya, I.P., Trunova, V.A. and Anoshin, G.N. (2001). XRFSR technique in the investigations of elements content in aquatic vascular plants and bottom sediments. **Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.** 470: 441-443.

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. **Soil Sci Soc. Amer.J**. 42: 421-428.

Loh, F. C. W., Grabosky, J. C. and Bassuk, N. L. (2002). Using the SPAD 502 meter to assess chlorophyll and nitrogen content of Benjamin fig and cottonwood leaves**. Hort Tech.** 12: 682-686

Ministry of Agriculture, Food and Fisheries. (2001). **CROP COEFFICIENTS FOR USE IN IRRIGATION SCHEDULING.** 6 pp. [On-line]. Available: http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/500Series/577100-5.pdf. January 17, 2015.

Opazo, C. A., Farias, S. O. and Fuentes, S. (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. **Agric. Water Manage.** 97: 956-964.

Pellegrino, A., Lebon, E., Simonneau, T. and Wery, J. (2005). Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. Aust. **J. Grape Wine Res**. 11, 306–315.

Paul, D. (n.d). **Efficient Vineyard Fertilization and Plant Nutrition**. Department of Horticultural. Iowa State University. [On-line]. Available:viticulture.hort.iastate.edu/info/pdf/domotonutr.pdf. November 20, 2012.

Quoted in Spectrum Analytic Inc. (n.d). **Fertilizer Grapes.** [On-line]. Available: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/pdf/fertilizing_grapes.pdf. November 20, 2012.

Sole, V. A., Papillon, E., Cotte, M., Walter, P. H. And Susini, J. (2007). A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra. **SPECTROCHIM ACTA B**. 62:63-68.

Tancharakorn, S., Tanthanuch, W., Kamonsutthipaijit, N., Wongprachanukul, N., Sophon, M., Chaichuay, S., Uthaisar, C. and Yimnirun, R. (2012). The first microbeam synchrotron X-ray fluorescence beamline at the Siam Photon Laboratory. **J. Synchrotron Rad**. 19:536-540.

Thien, S.J. (1979). A flow diagram for teaching texture by feel analysis. **J. Agron.** 8: 54-55.

Turner, F. T. and Jund, M. F. (1991). Chlorophyll meter to predict nitrogen top dress requirement for semi-dwarf rice. **J. Agron.** 83: 926-828

Xin, S. Z, Song, Y. J., Lv, C., Rui, Y. K., Zhang, F. S., Xu, W., Wu, D., Wu, S., Zhong, J., Chen D. L., Chen Q. and Peng, F. T. (2009). Application of synchrotron radiation X-ray fluorescence to investigate the distribution of mineral elements in different organs of greenhouse spinach. **Hort. Sci**. 4: 133-139.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณความต้องการน้ำขององุ่นที่ปลูกในจังหวัดนครราชสีมา (ETc = ETp x Kc)

เดือน	**ธ.ค.**	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**รวม (มม)**
จำนวนวัน	**31**	**31**	**29**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	**31**	**30**	**30**	**30**	
ETp	3.62	3.86	4.96	5.25	5.61	5.1	5.03	4.71	4.32	4.4	4.1	4.05	4.58
Kc	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Etc (มม./วัน)	3.08	3.28	4.22	4.46	4.77	4.34	4.28	4.00	3.67	3.74	3.49	3.44	3.89
ความถี่การให้น้ำ (วัน)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
เวลาการให้น้ำ (นาที/ครั้ง)	17	18	24	25	27	24	24	23	21	21	20	19	22

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปภาคผนวกที่ 1 การปลูกต้นงุ่นติดตาพันธุ์แบล็คโอปอลล์

รูปภาคผนวกที่ 2 การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบงุ่น ด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ Konica Minolta รุ่น SPAD 502 plus

รูปภาคผนวกที่ 3 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

รูปภาคผนวกที่ 4 แสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus deficiency)

รูปภาคผนวกที่ 5 แสดงอาการขาดธาตุเหล็ก (iron deficiency)

รูปภาคผนวกที่ 6 แสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม (magnesium deficiency)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวภัสรา กิ่มสำราญ เกิดเมื่อวันที่ 22 เดือนกันยายน พ.ศ. 2531 ที่บ้านห้วยราชคราม หมู่ที่ 3 ตำบลยางช้าย อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ได้เริ่มการศึกษาชั้นประถมศึกษาถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนวัดยางช้าย อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง และเข้าศึกษาต่อระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ที่โรงเรียนวิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยาภูมิ” อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

ปีการศึกษา 2553 ได้สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2554 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยได้รับทุนเรียนดี ระดับบัณฑิตศึกษา ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขณะกำลังศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ได้ทำงานในตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิจัยในโครงการต่างๆ เช่น

- ปี 2554 โครงการ การพัฒนากากตะกอนเพื่อการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์
- ปี 2555 โครงการ กลุ่มวิจัยการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารเพื่อการผลิตพืช
- ปี 2556 โครงการ ผลของการให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี