การศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกผักคะน้าต่อผลผลิตในระบบ DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

Effect of Plant Density on Chinese Kale growth in DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Soil Science

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ (10520)

King Mongkut's Institute of Technology
Chaokhuntaharn Ladkrabang
Bangkok, 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกผักคะน้าต่อผลผลิตในระบบ DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

Effect of Plant Density on Chinese Kale growth in DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

โดย

นางสาวคารินทร์ นิยมธงชัย
นางสาววัลย์ลิกา ชัยชนะ

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ)
อาจารย์ที่ปรึกษา
วันที่ 20 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ 2551

วพ.
ด A297ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82811
วัน,เดือน,ปี 23 ก.ค. 2551

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา
วันที่ 21 เดือน มี.ค. พ.ศ 51

b 11951584
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกผักคะน้าต่อผลผลิตในระบบ DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

Effect of Plant Density on Chinese Kale growth in DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

โดย

นางสาวดารินทร์ นิยมธงชัย

นางสาววัลย์ลิกา ชัยชนะ

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ต่างๆ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผ.ศ.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ที่ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำในด้านการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนเตรท และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผ.ศ.สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดลอง และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และให้ความรู้ต่างๆ เป็นอย่างดีมาตลอด

และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ และให้คำปรึกษาตลอดช่วงระยะเวลา 4 ปี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่มีความห่วงใย และคอยเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมาที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ได้

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา และขอขอบคุณ คุณสมจิตร มั่งนาค ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือ และช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโท ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาปฐพีวิทยารุ่นที่ 20 และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือกัน และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษตลอดมาจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดารินทร์ นิยมธงชัย

วัลย์ลิกา ชัยชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องภาษาไทย	การศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกผักคะน้าต่อผลผลิตในระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique)
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Effect of Plant Density on Chinese Kale growth in DRFT (Dynamic Root Floating Technique)
โดย	1. นางสาวดารินทร์ นิยมธงชัย
	2. นางสาววัลย์ลิกา ชัยชนะ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

การศึกษาผลของความหนาแน่นในการปลูกผักคะน้าในระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) ในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก โดยจะปลูกต้นคะน้าจำนวน 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก และจำนวนต้นคะน้า 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก ประกอบด้วย 2 ตำรับการทดลอง ตำรับละ 6 ซ้ำ ส่วนการทดลองที่ 2 ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม จะปลูกผักคะน้า 2 - 3 ต้นต่อหลุม จำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม (0.6 ×1 ตารางเมตร) และปลูกผักคะน้าจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม (0.6 ×1 ตารางเมตร) ประกอบด้วย 2 ตำรับการทดลอง ตำรับละ 6 ซ้ำ โดยทำการศึกษา 2 รอบปลูก และทำการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำให้อยู่ในช่วง 2.5 รวมทั้งทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนและบริเวณนอกโรงเรือน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการศึกษา

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า น้ำหนักสดรวมรากของผักคะน้าโดยเฉลี่ยมากที่สุดในการปลูกที่ความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีน้ำหนักเท่ากับ 115.92 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 2.90 กิโลกรัม ส่วน 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีน้ำหนักเท่ากับ 58.06 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 1.45 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.01$) ในผลการทดลองที่ 2 น้ำหนักสดรวมรากของผักคะน้าโดยเฉลี่ยมากที่สุดในจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม มีน้ำหนักเท่ากับ 57.97 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 1.45 กิโลกรัม ส่วนจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม หลุมละ 2 - 3 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีน้ำหนักเท่ากับ 57.53 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 2.40 กิโลกรัม จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทในผักคะน้าในการทดลองที่ 1 อยู่ระหว่าง 8525.16 - 9471.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด สำหรับการทดลองที่ 2 ค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทในผักคะน้าอยู่ระหว่าง 5039.09 - 7014.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด

ค่า pH ในการทดลองที่ 1 สารละลายในถัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 สำหรับการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถัง มีค่าเท่ากับ 5.97 และครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 5.91

ค่า EC ในการทดลองที่ 1 สารละลายในถัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 mS/cm สำหรับการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถัง มีค่าเท่ากับ 2.5 mS/cm และครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 2.52 mS/cm

ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.56 องศาเซลเซียส ส่วนค่าอุณหภูมิบริเวณนอกโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.43 องศาเซลเซียส จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ค่าของอุณหภูมิภายในโรงเรือน และบริเวณนอกโรงเรือนตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญกราฟ	III
สารบัญภาพ	IV
สารบัญภาคผนวก	V
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
สถานที่ทำการทดลอง	13
อุปกรณ์ในการทดลอง	13
วิธีการทดลอง	14
การเก็บข้อมูล	17
การวิเคราะห์ผล	18
ผลการทดลอง	19
สรุปผลการทดลอง	45
วิจารณ์ผลการทดลอง	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. รูปภาพ	50
ภาคผนวก ข. ตาราง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลอุณหภูมิภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน	19
การทดลองที่ 1	เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก	
2	แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารงเมตร	24
3	การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย	27
4	ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	28
การทดลองที่ 2	ครั้งที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม	
5	แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารงเมตร	29
6	การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย	32
7	ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	33
กา8รทดลองที่ 2	ครั้งที่ 2 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม	
8	แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น ต่อถาดโฟม ต่อ 1 ตารงเมตร	34
9	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารงเมตร ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	38
10	การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย	41
11	ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	42
12	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทระหว่างครั้งที่ 1 และ 2	43
13	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรททั้งหมด	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
1	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน	21
2	เปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน	22
3	เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน	23
การทดลองที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก		
4	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น	24
5	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม	25
6	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร	26
7	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน	28
การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม		
8	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น	29
9	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม	30
10	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร	31
11	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน	33
การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 2 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม		
12	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น	35
13	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม	36
14	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร	37
15	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	38
16	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	39
17	เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	40
18	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน	42
19	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน ระหว่างครั้งที่ 1และครั้งที่ 2	43
20	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรททั้งหมด	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังการทดลอง	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก **หน้า**

ภาคผนวก ก. รูปภาพ

ภาพที่ 1 โรงเรือนกลางแจ้งที่ปลูกในระบบ DRFT (โรงเรือนหลังคาทรงก.ไก่) 51

ภาพที่ 2 โรงเรือนกลางแจ้งที่ปลูกในระบบ Substrate (โรงเรือนหลังคาทรงแบบเปิด) 51

ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของผักคะน้าในระบบ DRFT 52

ภาพที่ 4 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ 52

ภาพที่ 5 ผักคะน้า 1 ต้น 53

ภาพที่ 6 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูกในระบบ DRFT 53

ภาพที่ 7 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก 54

ภาพที่ 8 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก น้ำหนักน้อยที่สุด 54

ภาพที่ 9 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสดน้อยที่สุด เทียบกับน้ำหนักสดมากที่สุด 55

ภาพที่ 10 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก 55

ภาพที่ 11 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก 56

ภาพที่ 12 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก 56

ภาพที่ 13 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก น้ำหนักน้อยที่สุด 57

ภาพที่ 14 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสดน้อยที่สุด เทียบกับน้ำหนักสดมากที่สุด 57

ภาพที่ 15 การปลูกคะน้าในระบบ DRFT ครั้งที่ 1 พบแมลงศัตรูพืชมาทำลาย 58

ภาพที่ 16 ใบผักคะน้าที่ถูกแมลงกัดกิน 58

ภาพที่ 17 มูลหนอนที่พบในระบบ DRFT 59

ภาคผนวก ข. ตาราง

การทดลองที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ 61

การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ 61

การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 2 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม

ตารางที่ 3 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกผักคะน้าต่อผลผลิตในระบบ DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

Effect of Plant Density on Chinese Kale growth in DRFT

(Dynamic Root Floating Technique)

คำนำ

คะน้าเป็นผักที่เราปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักที่มีความสำคัญ และนิยมบริโภคมากในบ้านเรา และหลายประเทศในทวีปเอเชีย เช่น จีน ไต้หวัน ฮ่องกง มาเลเซีย เป็นต้น

การปลูกโดยทั่วไปจะมีดิน น้ำ และอากาศเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ดินเป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากเพื่อให้ต้นพืชสามารถตั้งตรงได้ แต่ข้อเสียของดินคือ จะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนในแต่ละท้องที่ ถ้าดินมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อพืช พืชก็จะเจริญไม่ดี เช่น ถ้าดินมีลักษณะแน่นทึบก็จะเป็นตัวจำกัดการแพร่กระจายของรากเพื่อหาน้ำ และธาตุอาหาร ขัดขวางการถ่ายเทน้ำ และอากาศในดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณ และรูปของธาตุอาหารในดินอาจไม่เหมาะสม และอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ การปรับปรุง และแก้ไขดินอาจจะสามารถทำได้แต่ในบางกรณีอาจจะมีความยุ่งยากมาก หรือต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงมาก นอกจากนี้ดินยังเป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง เพื่อทำการปลูกพืชต่อเนื่องกันไปเรื่อย ก็จะเกิดการสะสมของโรคและแมลงมากขึ้น และโครงสร้างดินเสื่อมโทรม ทำให้ไม่สามารถนำดินนั้นมาใช้ปลูกพืชอีกได้ ส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คือ วิธีการปลูกพืชอีกวิธีหนึ่งที่ไม่ใช้ดินในการปลูกพืช โดยจะใช้วัสดุอื่นแทนดิน โดยอาจเป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง หรือโดยใช้วัสดุอื่นแทนดิน วัสดุนั้นมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยปกติจะเป็นวัสดุที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี และไม่มีการปล่อยสารต่างๆ ให้แก่พืช และในระบบนี้จะมีการให้สารละลายแก่พืช ซึ่งสารละลายนี้จะประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชทุกตัว และอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที และมีการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วย โดยระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน จะคำนึงถึงการจัดการให้ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของพืชให้มากที่สุด ซึ่งจากการที่สภาพแวดล้อมต่างๆ อยู่ในระดับที่พอเหมาะตลอดเวลาจึงทำให้ผลผลิต และคุณภาพของพืชที่ได้สูงกว่าการปลูกแบบทั่วๆ ไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาจำนวนต้นต่อหลุมปลูก ภายใต้ระบบ DRFT
2. เพื่อศึกษาระยะห่างระหว่างต้นที่เหมาะสม ภายใต้ระบบ DRFT
3. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนเตรทที่สะสมในผักคะน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponics)

1.1 ประวัติและความเป็นมา

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่า ทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (Gerrick.1929) ในปี ค.ศ. 1860 - 1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้เริ่มปลูกพืชด้วยวิธีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลืออนินทรีย์ต่างๆ ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมาจนถึง ค.ศ. 1920 - 1930 Dr. William F. Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอเนียประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกเป็นการค้า และได้รับยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550)

1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน หมายถึงการปลูกพืชในตัวกลางที่ไม่ใช่ดิน แต่ใช้วัสดุอื่นมาแทนดิน เช่น กรวด ทราย เปลือกไม้ ขี้เลื่อย เส้นใยสังเคราะห์ ปุ๋ยหมัก ใยมะพร้าว หรือปลูกในสารละลาย เพื่อให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีน้ำผสมกับปุ๋ยที่มีธาตุอาหารที่พืชต้องการและอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีจากทางรากพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรงตลอดเวลา ซึ่งระบบการปลูกพืชแบบนี้ สามารถเพิ่มคุณภาพและราคาผลผลิตได้ ช่วยลดและควบคุมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีการใช้ปุ๋ยและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถควบคุมปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี พืชเจริญเติบโตได้เร็ว ประหยัดเวลาเตรียมดินทำให้สามารถปลูกได้อย่างต่อเนื่อง ปลูกพืชในที่ที่ดินไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืช ในพื้นที่จำกัด ทุกฤดูกาลและทุกสภาพอากาศ ไม่สิ้นเปลืองแรงงาน ประหยัดเวลา การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลก มีการนำมาใช้เพื่อการผลิตพืชทางการค้าในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ อิสราเอล ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งระบบที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ ระบบ Nutrient film technique (NFT) และ Dynamic root floating technique (DRFT) และการปลูกพืชในวัสดุปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Substrate culture) (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550 ; Douglas. 1988 ; Schwarz. 1995)

2. ผักคะน้าจีน (Chinese Kale)

ผักคะน้าอยู่ในตระกูล Cruciferae ชื่อสามัญ : Kale มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica albroglabra Bailey* ชื่ออื่น : Chinese Kale, Chinese Broccoli จีนกวางตุ้ง เรียกว่า ไก่หลาน จีนแต้จิ๋ว เรียกว่า กำหน่ำ ถิ่นกำเนิดของคะน้า มีต้นกำเนิดมาจากแถบเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก ชาวจีนเป็นผู้ริเริ่มนำผักคะน้าเข้ามาปลูกในประเทศไทย ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คะน้าเป็นพืชล้มลุก ตระกูลเดียวกับกะหล่ำ ลำต้นอวบกรอบชุ่มน้ำ ใบมีสีเขียวเข้ม คะน้าที่นิยมปลูกมี 2 ประเภท คือ คะน้าใบ ซึ่งมีลำต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนากรอบ และคะน้ายอดหรือคะน้าก้าน มีลำต้นอวบใหญ่ ก้านใหญ่ ใบแหลม ดอกสีขาว ผักคะน้าปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผักคะน้านิยมปลูกเป็นผักอายุปีเดียว (Annual) อายุตั้งแต่หว่าน หรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 - 55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่เวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน คะน้าสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5 - 6.8 ได้รับแสงแดดเต็มที่ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20 - 25 องศาเซลเซียส และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ขนาดของต้นสูงประมาณ 35 - 50 เซนติเมตร เกษตรสามารถปลูกได้ประมาณ 950 - 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,150 กิโลกรัมต่อไร่

คะน้าพันธุ์ที่นิยมปลูกในบ้านเราเป็นพวกคะน้าขาวทั้งหมดแบ่งเป็น 3 พันธุ์ คือ

1. พันธุ์ใบกลม ลักษณะใบกว้าง ปล้องสั้น ปลายใบมน ผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย เช่น
พันธุ์ฝางเบอร์ 1
2. พันธุ์ใบแหลม ลักษณะใบแคบกว่า ปลายใบแหลมข้อห่าง ใบผิวเรียบ เช่น
พันธุ์ P.L. 20
3. พันธุ์ก้าน ลักษณะใบเหมือนคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า เช่น
พันธุ์แม่โจ้ 1

สรรพคุณทางยา คะน้ามีสารต้านอนุมูลอิสระ คือ วิตามินซี และเบต้า - แคโรทีน ซึ่งร่างกายจะเปลี่ยนให้เป็นวิตามินเอที่มีผลต่อการบำรุงสายตา เสริมสร้างสุขภาพผิวพรรณ และต้านทานการติดเชื้อ คะน้าให้โฟเลต และธาตุเหล็กสูง ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง ทั้งนี้ควรรับประทานร่วมกับอาหารที่มีวิตามินซีสูง เช่น มะนาว พริก เพื่อช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การปลูกพืชหนาแน่น

องค์ประกอบของบรรยากาศ พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในอากาศโดยปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากในบริเวณที่มีพืชหนาแน่นคาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องการออกซิเจนใช้ในการหายใจเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานใช้ในปฏิกริยาเคมีต่างๆ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหาเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดยใช้ปั๊มหรือเครื่องสูบลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 ppm

จากปัญหาการกัดเซาะ และการสูญเสียฟอสฟอรัสจากการทำการเกษตรในทะเลสาบตอนกลางประเทศสวีเดน ทำให้ EU ต้องการทำมาตรการที่ลดปัญหาดังกล่าว เพราะฟอสฟอรัสจะทำให้เกิดปัญหา Eutrophication ในทะเลสาบ ในการศึกษานี้พบว่ารูปแบบการทำการเพาะปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้มีการกัดเซาะและการสูญเสียฟอสฟอรัสจากพื้นดินลงสู่พื้นที่รับน้ำและทะเลสาบ ในฤดูใบไม้ผลิมีการปลูกพืชหนาแน่นไถพรวน (จานไถ 7 ใบขนาดเล็ก) การสูญเสียฟอสฟอรัสน้อย ส่วนในฤดูหนาวจะพักดินไว้นานการเตรียมดินเป็นการไถกลบพลิกหน้าดิน (จานไถ 3 ใบขนาดใหญ่) การสูญเสียฟอสฟอรัสมาก ทำให้เกิดมาตรการที่จะลดผลกระทบนี้ เช่น การปรับปรุงโครงสร้างดิน (ใส่ปูนขาว) การปลูกพืชคลุมดินตามแนวริมตลิ่ง การทำตัวกันในลำน้ำ (เพื่อลดอัตราการไหลไม่ให้เกิดตะกอนแขวนลอย) การทำบึงประดิษฐ์ในลำน้ำ (ใช้พืชในบึงประดิษฐ์บำบัด) การทำระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านเรือน (ลดฟอสฟอรัสจากบ้านเรือนที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำ) มาตรการเหล่านี้สามารถทำได้ และยังช่วยลดการกัดเซาะ และการสูญเสียฟอสฟอรัส แต่ทั้งนี้ก็ยังขาดหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มารองรับ การแก้ปัญหาที่ตรงประเด็นต้องอาศัยความร่วมมือทั้งเกษตรที่ทำการเพาะปลูกพืช บ้านเรือน และเทศบาล

แหล่งที่อยู่แต่ละแห่งจะมีปริมาณแสงแตกต่างกันไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่แต่ละบริเวณแตกต่างกันด้วย เช่น เราจะพบกลุ่มพืชหนาแน่นในบริเวณที่มีแสงส่องถึง แต่บริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่ที่แผ่กิ่งก้านกว้างมักจะไม่พบพืชชนิดอื่นมากนัก พืชแต่ละชนิดยังมีความต้องการแสงในปริมาณแตกต่างกัน บางพวกต้องการแสงมาก เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด ในขณะที่พืชบางกลุ่ม เช่น กล้วยไม้ เจริญดีในที่ที่มีแสงรำไร หรือมีแสงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการปลูกพืชแบบวงกลม (radial design) type 1a ของ Nelder (1962) เป็นการศึกษาความหนาแน่นพืชที่มีการปลูกแบบจัตุรัส (square planting) สามารถศึกษาจำนวนประชากรได้หลายระดับและใช้พื้นที่ในการศึกษาน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ โดยศึกษาความหนาแน่นพืชตั้งแต่ 1.56 ต้นต่อตารางเมตรหรือ 2,496 ต้นต่อไร่ไปจนถึง 33.34 ต้นต่อตารางเมตรหรือ 53,344 ต้นต่อไร่ แผนการปลูกพืชแบบวงกลมนี้ นอกจากจะทำให้ทราบอัตราปลูกที่เหมาะสมโดยใช้พื้นที่ในการศึกษาน้อยแล้ว ยังทำให้ทราบถึงอิทธิพลของความหนาแน่นพืชที่มีต่อคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันในเมล็ดพันธุ์ทานตะวันซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการผลิตทานตะวันเชิงการค้า

การแพร่ระบาดได้โดยเชื้อโรคติดไปกับเมล็ด ลม ฝน และแมลง ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเกษตรบางชนิด ทำให้การแพร่กระจายของเชื้อพร้อมที่จะเข้าทำลายพืชในฤดูปลูกต่อไป มักระบาดรุนแรงในบริเวณที่มีระบบการระบายน้ำที่ไม่ดี การปลูกพืชหนาแน่นทำให้อากาศอบอ้าวขาดการระบายอากาศ อุณหภูมิสูงประมาณ 30 - 35 องศาเซลเซียส เชื้ออาศัยอยู่บนเศษเหลือของข้าวโพดที่ตกอยู่ในดินและจะเข้าทำลายข้าวโพดทางรูเปิดตามธรรมชาติ (stomata hydathods) หรือเข้าทางบาดแผลที่เกิดขึ้นบนใบหรือลำต้นจากแมลงหรือรอยฉีกขาด วนิดาและคณะ (2536) ได้รายงานว่าหญ้าโปร่งกาย (Rottboellia exaltata L.F.) เป็นพืชอาศัยของโรคนี้ และไม่ปลูกพืชหนาแน่นเกินไปและกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการช่วยลดความชื้นระหว่างต้นพืชทำให้โรคแพร่ระบาดน้อยลง แต่การปลูกพืชให้หนาแน่นในช่วงฤดูหนาว เพราะสามารถป้องกันการแตกตัวของเนื้อดิน

4. การกำหนดระยะปลูก

พืชผักแต่ละชนิดมีระยะปลูกที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากทรงพุ่ม หรือขนาดของพืชผักไม่เหมือนกัน หลักในการวัดระยะปลูกถือว่า " ดินเลวปลูกถี่ ดินดีปลูกห่าง" ซึ่งมีหลักในการพิจารณาระยะปลูกพืชผักได้แก่

1. ให้พืชผักได้รับแสงแดดเพียงพอ
2. ให้รากแผ่กระจายหาอาหารได้มากที่สุด โดยพิจารณาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน
3. เว้นระยะปลูกที่มีเครื่องมือทุ่นแรงเข้าปฏิบัติงานได้สะดวก
4. ต้องทราบขนาดทรงพุ่มของพืชแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระบบ DRFT

DRFT ย่อมาจาก Dynamic Root Floating Technique หรือแปลเป็นภาษาไทยว่า การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูกเป็นระบบที่พัฒนาเพิ่มเติมจากแบบที่นิยมใช้กันในประเทศไต้หวัน (Dynamic Root Floating Hydroponics Technique หรือ DRFT ซึ่งได้พัฒนามาจากระบบ DFT (Deep Flow Technique) แต่เพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารอาหาร คือมีถาดปลูกทำด้วยโฟมเจาะรูปลูกพืชและมีอุปกรณ์สำหรับปรับระดับของสารอาหาร เป็นระบบปลูกที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการผลิตพืชเชิงการค้าโดยต้องการให้พืชได้รับทั้งอากาศและสารละลายธาตุอาหารที่มีการหมุนเวียนที่รากพืชอย่างต่อเนื่องกล่าวคือจะมีระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบหมุนเวียน (Closed System) จาก 2 ส่วนคือ 1) ในถาดปลูกที่ทำจากโฟม (ส่วนด้านบนของถาดจะถูกปิดด้วยแผ่นโฟมที่มีรูสำหรับปลูกพืช) ที่ตั้งอยู่บนโครงเหล็กที่มีระดับสูงกว่าพื้นดิน และ 2) จากถังใส่สารอาหารที่มีปริมาณมากกว่าถาดปลูก ซึ่งปกติถังนี้จะวางอยู่ต่ำกว่าถาดปลูกหรือฝังดินใต้ถาดปลูก

ระบบ DRFT สามารถใช้ผลิตผักต่างๆได้ดีไม่ว่าจะเป็นผักจีน และผักไทยรวมทั้งผักฝรั่งพวกสลัดต่าง ๆ เช่น ผักกวางตุ้ง ผักกวางตุ้ง ฮ่องเต้ ผักกาดขาว ไดโตเกียว คะน้า คะน้าเห็ดหอม ทาห์ไซ ผักโขมแดง ผักโขมขาว ผักบุ้ง สลัดแฟนซี กรีนโอ๊ค บัตตาเวีย บัตเตอร์เฮด เรดโอ๊ค เรดคอเรล กรีนคอส เรด คอเรล รวมทั้งพืชอื่นๆ เช่น ฟิลเล่ ไอซ์เบิร์ก สมุนไพรต่างๆ เช่น มิซูน่า

6. ไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

6.1 หน้าที่ของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญ และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก โดยเป็นส่วนประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ พืชสามารถดูดใช้ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรท สำหรับยูเรียแม้พืชสามารถดูดใช้ได้โดยตรง แต่มีอยู่ในธรรมชาติน้อย โดยสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม คือ

6.1.1 โปรตีน (protein)

ประกอบด้วยกรดอะมิโนเรียงกันอย่างมีแบบแผน ตั้งแต่ 50 - 100 หน่วย และเชื่อมด้วยพันธะเพ็บไทด์ เป็นองค์ประกอบของไซโทพลาสซึม เยื่อ และเอนไซม์

6.1.2 กรดอะมิโน

มีไนโตรเจนอยู่ที่หมู่อะมิโน (amino group) เป็นโครงสร้างของโปรตีนโดยต่อเรียงกันอย่างมีแบบแผน และอยู่อิสระในเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ฮอร์โมนพืช

ฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คือออกซินและไซโทไคนิน

6.1.4 กรดนิวคลีอิก

มีอยู่ 2 ชนิด คือ ribo nucleic acid (RNA) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และ deoxyribo nucleic acid (DNA) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลพันธุกรรม

6.1.5 สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ

เช่น อะดิโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosinc triphosphate, ATP) โคเอนไซม์

6.1.6 สารประกอบไนโตรเจนที่พืชสะสมหรือทำหน้าที่ปกป้องพืช

เช่น แอลคาลอยด์

6.2 แอมโมเนียม และไนเตรทต่อพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะมี 2 รูป คือ แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ถ้าพืชขาดธาตุอาหารในรูปไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ จะส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตลดลง รากและลำต้นไม่แข็งแรง และมีอาการใบเหลือง เป็นต้น (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) สำหรับสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืชในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะนิยมให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีองค์ประกอบของไนเตรทเป็นหลัก ซึ่งส่วนมากจะมีปริมาณของไนเตรทอยู่ระหว่าง 80 - 100 % ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมด (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ. 2545) แม้ว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมพืชสามารถนำไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและอะไมด์ได้ทันทีก็ตาม ซึ่งในรูปไนเตรทจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวส์ให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) แต่เนื่องจากการให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนียมมากเกินไปจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Schwarz. 1995 ; Jones. 1997) ส่งผลให้พืชดูดใช้โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง และอาจทำให้พืชขาดธาตุเหล่านี้ โดยเกิดอาการปลายใบอ่อนไหม้ (tip burn) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม (Jone. 1997) และทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการคลอโรซิส (chlorosis) ที่ใบพืช และเป็นแผลที่ต้น นอกจากนี้จะทำให้คาร์โบไฮเดรตถูกใช้ในปริมาณที่มาก อาจเกิดการขาดคาร์โบไฮเดรต (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

6.3 ไนเตรทกับการนำไปใช้ของพืช

ในดินที่มีการระบายอากาศดี มีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสม แอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ โดยกิจกรรมของพวกจุลินทรีย์ที่เรียกว่า กระบวนการ nitrification สารไนเตรทที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่พืชนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้คือ ไนเตรทไอออนซึ่งจะสะสมอยู่ในเซลล์พืช หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการสะสมไนเตรท เช่น ในสภาพที่แสงน้อย อุณหภูมิสูง พืชจะดูดสารไนเตรทเข้าไปมาก พืชจะมีการกระตุ้นการสะสมไนเตรท เป็นการชดเชยแรงดันออสโมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(osmotic pressure) ทดแทนความเข้มข้นของอินทรีย์สาร (คาร์โบไฮเดรต) ที่ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลง (Seginer. 1998) ในขณะเดียวกัน ถ้าพืชสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นสารอินทรีย์ (กรดอะมิโน) ได้น้อย จะลดเมตาบอลิซึมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสารไนเตรท เป็นผลให้เกิดการสะสมไนเตรทในพืชมากขึ้น (Maynard. *et al.* 1976) หากการรีดักชั่นของไนเตรทมาเป็นไนไตรท์เกิดช้ากว่าการรีดักชั่นของไนไตรท์ไปเป็นแอมโมเนียม จะทำให้ไนเตรทสะสมในพืช (กุลชลี งามจี้. 2525)

7. การสะสมไนเตรทในผัก

ในการปลูกผักโดยทั่วไปนั้น มักจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มาก และต่อเนื่องเป็นเวลานานเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ทำให้เกิดปัญหาการสะสมไนเตรทในส่วนต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะพืชผักกินใบ เช่น ผักสลัด (Maynard. *et al.* 1976)

7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรท

มีการศึกษาเพื่อหาปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มีการสะสมไนเตรทในผักอย่างกว้างขวาง ในทวีปยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งในประเทศไทย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในผัก ได้แก่ แสง อุณหภูมิ พันธุ์พืช อายุพืช และการให้ปุ๋ยไนโตรเจน โดยมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ทำให้ไนเตรทตกค้าง และสะสมอยู่ในพืช (วุฒิพงษ์ พิมพ์โคร ต. 2546 ; Schonbeck. 1988 ; Elia *et al.* 1998 ; Weimin *et al.* 1998 ; Brown *et al.* 1999 ; Muramoto. 1999) การปลูกผักสลัดในพีทโดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมจะมีปริมาณไนเตรทในใบเพียง 1 ใน 4 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนเตรทเพียงอย่างเดียว (Scaife *et al.* 1986) การมีอินทรียวัตถุในดินสูงจะส่งเสริมการสะสมไนเตรทในพืช แต่การให้ระบบชลประทานให้แก่พืชพบว่า สามารถลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในพืชได้ (Carter and Bosma. 1974) จากการทดลองปลูกผักสลัดโดยการเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มในการสะสมไนเตรทสูงกว่าการปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ (วุฒิพงษ์ พิมพ์โคร ต. 2546) ผักที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักคะน้า และผักสลัด มีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าผักที่ใช้รากและหัวเป็นอาหาร เช่น แครอท หอมใหญ่ นอกจากนี้ส่วนต่างๆ ของพืช พบว่าก้านใบมีปริมาณไนเตรทมากที่สุด รวมถึงในพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์มีการสะสมไนเตรทที่ต่างกัน (Peck *et al.* 1971 ; Barker and Maynard. 1972) ซึ่งอาจเนื่องมาจากเอนไซม์สำคัญบางตัวที่ร่วมในขบวนการเปลี่ยนไนเตรทจนกลายเป็นโปรตีน และไนเตรทรีดักเทสในพืชแต่ละชนิด มีกิจกรรมต่างกัน (Keeney. 1970) สำหรับปัญหาการสะสมไนเตรทในผักในประเทศไทยนั้นไม่น่าจะมีหรือหากมี ก็ไม่น่าอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากประเทศไทยไม่มีฤดูที่หนาวจัด จนมีหิมะหรือมีแสงแดดน้อย มีท้องฟ้ามืดครึ้มติดต่อกันนานเหมือนประเทศในเขตหนาว (ดิเรก ทองอร่าม. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ปริมาณไนเตรทในผักชนิดต่างๆ

ผักเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทมากกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องจากอายุเก็บเกี่ยวสั้น และต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปริมาณมากจึงจะเจริญเติบได้ดี (Maynard and Barker. 1972) การปลูกผักสลัดในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในฤดูหนาว ทางตะวันออกเฉียงเหนือของยุโรป พบว่ามีการสะสมไนเตรทได้มากกว่า 6,000 มก./กก.นน.สด (Van der Boon. 1990) ในประเทศบัลกาเรียพบปริมาณไนเตรทจำนวนมากที่สุดในผักจำพวกผักโขม หัวไชเท้า คื่นช่าย หัวบีท และผักสลัด (Yordanov *et al.* 2001) ซึ่งผักเหล่านี้ สามารถสะสมไนเตรทได้มากกว่า 2,500 มก./กก.นน.สด (Blom-Zandstra. 1989) ผลการศึกษาของประเทศกรีซ พบว่าผักที่มีไนเตรทสูงสุด ได้แก่ ผักโขม ผักชีฝรั่ง ผักสลัด หัวผักกาด หัวบีท turnip และ dill โดยมีปริมาณไนตรท 500 มก./กก.นน.สด ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่พบในยุโรปตะวันตกเฉียงเหนือ และค่ามาตรฐานที่ยุโรปกำหนด (Siomos and Dogras. 1999) ในเอเซียการวิจัยที่เมืองนานกิง ประเทศจีน พบว่ามีการสะสมไนเตรทค่อนข้างสูงในผักบางชนิด เช่น ผักกาดหอมต้น (Stem lettuce) ขึ้นฉ่าย หัวผักกาด และPak - Choi (Weimin *et al.* 1998) ประเทศไทยมีการทดลองปลูกผักสลัดที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า และองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่ต่างกัน พบว่าบัตเตอร์เฮดมีการสะสมไนเตรทสูงสุดคือมีค่า 3,996 มก./กก.นน.สด (ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) รายงานผลการสำรวจปริมาณการสะสมไนเตรทในวอเตอร์เคลส (Nasturtium offcinate) ในระบบ Deep Flow Technique พบว่ามีค่าเฉลี่ย ไนเตรทอยู่ในช่วง 748 - 1,222 มก./กก.นน.สด (มนัชญา รัตนโชติ. 2546)

7.3 ค่ามาตรฐานไนเตรทในผัก

เนื่องจากอุณหภูมิและแสงมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักทำให้มีค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันในแต่ละฤดู และแต่ละประเทศ ในแต่ละประเทศต่างๆ ได้มีการกำหนดมาตรฐานปริมาณไนเตรทที่มีในผัก เพื่อป้องกันอันตรายที่จะมีต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น ปวยเหล่ง (Spinach) สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ และรัสเซีย กำหนดไว้ที่ 3,600 3,000 และ2,100 มก./กก.นน.สด ตามลำดับ ส่วนผักที่รับประทานใบ เนเธอร์แลนด์และออสเตรียกำหนดไว้ที่ 4,500 และ3,000 มก./กก.นน.สด ตามลำดับ (ดิเรก ทองอร่าม. 2547) สหภาพยุโรป (European Economic Community) ได้กำหนดความเข้มข้นของไนเตรทในผักสลัดอยู่ในช่วง 2,500 - 4,500 มก./กก.นน.สด โดยผักสลัดที่ปลูกในฤดูหนาวและฤดูร้อนต้องไม่เกิน 4,500 และ 3,500 มก./กก.นน.สด ตามลำดับ (Muramoto. 1999 ; Van der Schee and Speek. 2002 ; Gent. 2003) ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของไนเตรทในผักสลัดของแต่ละประเทศแสดงในตาราง 1 คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เพื่ออาหารของสหภาพยุโรป (European Commission Scientific Committee for Food) ได้กำหนดค่าที่ผู้บริโภคสามารถบริโภคไนเตรทได้อย่างปลอดภัย (Acceptable Daily Intake หรือ ADI) อยู่ที่ 3.65 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักคนเป็นกิโลกรัม (ดิเรก ทองอร่าม. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 อันตรายที่เกิดจากการสะสมไนเตรท

จากข้อมูลในยุโรปพบว่า 90 % ของไนเตรทที่ร่างกายได้รับมาจากการบริโภคผัก (Paviovic *et al.* 1998) การที่พืชได้รับไนเตรทในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้คุณภาพทางโภชนาการลดลง เนื่องจากไนเตรทสามารถถูกรีดิวส์กลายไปเป็นไนไตรท์ และอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ทำให้เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคในระยะยาวได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) นอกจากนี้อาจส่งผลเสียกับสุขภาพโดยเฉพาะในเด็กทารก เนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้จะเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์แล้วจะเข้าจับกับฮีโมโกลบินเป็นเมทฮีโมโกลบิน ซึ่งทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนในเซลล์เม็ดเลือดแดงเพื่อไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ลดลง ส่งผลทำให้เกิดโรคบลูเบบี้ (blue baby syndrome) หรืออาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) และยังทำให้เกิดโรคแอนนิเมีย (anaemia) รวมทั้งทำให้ปริมาณวิตามิน A ที่ตับลดลง (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; WHO. 1995 ; Cassens. 1997 ; Alaburda and Nishihara. 1998)

7.5 แนวทางการลดการสะสมไนเตรท

แนวทางการจัดการเพื่อลดการสะสมของไนเตรทในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545 ; ดิเรก ทองอร่าม. 2547)

1) ลดความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชลงเหลือ 1 ใน 4 ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์
2) การให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ อย่างเพียงพอโดยเฉพาะโมลิบดีนัม และกำมะถัน
3) การให้เกลือคลอไรด์แทนเกลือไนเตรท
4) การให้ไนโตรเจนแก่พืชในอัตราที่พอเหมาะ และไม่ให้เมื่อใกล้เก็บเกี่ยว
5) ให้พืชได้รับแสงเต็มที่ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์
6) การให้น้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหารพืชก่อนเก็บเกี่ยว 1 วัน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในยุโรป สามารถลดการสะสมไนเตรทได้โดยลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชลงเหลือ 1 ใน 3 ในญี่ปุ่นนิยมให้น้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหารพืชก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (ดิเรก ทองอร่าม. 2549) จากการทดลองปลูกผักสลัดในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร คือ เบลเยี่ยม ออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ โดยงดสารละลายธาตุอาหารพืชก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน พบว่าปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในสารละลายสูตรเบลเยี่ยมลดลง 12 % สูตรออสเตรเลียลดลง 21 % แต่สูตรเนเธอร์แลนด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) การให้ยูเรีย และกรดอะมิโน เช่น ไกลซีน (Glycine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) โพลีน (Proline) แทนไนเตรท 20 % ในสารละลายธาตุอาหารพืช ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 12 วัน พบว่าสามารถลดปริมาณไนเตรทตกค้างในใบและก้านใบของผักกาดขาว และผักสลัดที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งไกลซีนสามารถลดปริมาณไนเตรทตกค้างได้ดีที่สุด (Chen *et al.* 2002) การเปลี่ยนเวลาเก็บเกี่ยวผักจากเช้าเป็นบ่ายหรือเย็นเป็นวิธีการลดการสะสมไนเตรทอีกทาง ซึ่งสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ 15 - 20 % เนื่องจากเมื่อพืชได้รับแสงมากขึ้นจะเกิด กระบวนการ reduction และ assimilation มากขึ้น ทำให้ไนเตรทที่สะสมในผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดน้อยลง (Amr and Hadidi. 2001) นอกจากนี้ผู้บริโภคสามารถลดอันตรายจากไนเตรท โดยชะล้างผักก่อนถนอมอาหารและรับประทาน เนื่องจากไนเตรทสามารถละลายน้ำได้ดีจึงทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง (กุลชลี งามจี้. 2525)

ตาราง แสดงมาตรฐานความเข้มข้นของไนเตรทในผักสลัด

ประเทศ/หน่วยงาน	ระดับ	ปริมาณไนเตรท (มก./กก.นน.สด)
เยอรมัน	Guide	3,000
สวิสเซอร์แลนด์	Guide	3,500
เนเธอร์แลนด์	maximum	3,000 (S)
		4,500 (W)
ออสเตรีย	maximum	3,000 (S)
		4,000 (W)
รัสเซีย	maximum	2,000 (O)
		3,000 (G)
สหภาพยุโรป	maximum	3,500 (4 - 10)
		4,500 (11 - 3)
		2,500 (5 - 8)
EC & SCF	ADI	3.65 mg/kg น้ำหนักตัว
FAO	maximum	5 mg/kg น้ำหนักตัว
JECFA	ADI	0 - 3.7 mg/kg น้ำหนักตัว

ที่มา : European Commission. 1997 ; Muramoto. 1999

หมายเหตุ : S = ฤดูร้อน W = ฤดูหนาว O = ปลูกนอกโรงเรือน G = ปลูกในโรงเรือนกระจก

4 - 10 = 1 เมษายน - 31 ตุลาคม

11 - 3 = 1 พฤศจิกายน - 31 มีนาคม

5 - 8 = 1 พฤษภาคม -31 สิงหาคม

ADI = Acceptable daily intake

EC = The European Economic Community

SCF = Scientific Committee for Food

FAO = Food and Agricuture Organization

JECFA = The joint FAO/WHO Expert Community

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา และลานกลางแจ้ง ชั้น 5 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาดำเนินการทดลองระหว่าง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 - เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 รวมใช้ระยะเวลาดำเนินการทดลองเป็นเวลา 4 เดือน

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. ระบบ DRFT ประกอบด้วย
    - โรงเรือน
    - ถาดปลูกพืช
    - แผ่นปลูก
    - อุปกรณ์ปรับระดับน้ำ
    - ปั๊มน้ำ
    - ถังสารละลาย
2. เมล็ดพันธุ์
3. แผ่นฟองน้ำ
4. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter) ยี่ห้อ Truncheon
5. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 9025
6. เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (Lux meter) ยี่ห้อ EXTECH
7. เทอร์โมมิเตอร์ วัดค่าสูง - ต่ำ (Max-Min)
8. กรดไนตริกเจือจาง 1: 10
9. สารละลายธาตุอาหาร
    - ถัง A
        - $CaNO_3$ 0.628 kg.
        - Fe - EDTA 0.024 kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถัง B

○ KNO_3	0.796 kg.
○ $NH_4H_2PO_4$	0.232 kg.
○ $MgSO_4$	0.431 kg.
○ $ZnSO_4$	1.784 g.
○ $CuSO_4$	0.254 g.
○ $MnSO_4$	1.774 g.
○ Boric	2.541 g.

10. ตาข่ายพรางแสงสีดำ

11. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก

หน่วยทดลอง

ตำรับที่ 1 จำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก

ตำรับที่ 2 จำนวนต้นคะน้ามากกว่า 1 ต้น (2 - 3 ต้น) ต่อ 1 หลุมปลูก

1. ขั้นตอนการเพาะเมล็ด เรียงฟองน้ำลงในถาดเพาะเมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม โดยใช้มือกดฟองน้ำช่วย จากนั้นหยอดเมล็ดลงในฟองน้ำลึกประมาณ 1 เซนติเมตร โดยใช้ไม้จิ้มฟันที่เปียกน้ำแตะเมล็ด แล้วหยอดใส่ในฟองน้ำ แล้วคลุมด้วยผ้าบ่มให้ระอุเพื่อให้เมล็ดงอก รดน้ำด้วยบัวพลาสติก เช้า - เย็น ประมาณ 3 วัน เมล็ดเริ่มงอก เอาผ้าคลุมออก นำมาวางในที่ร่ม รดน้ำเช้า - เย็น ต่อไปอีก 4 - 5 วัน โดยค่อยเริ่มให้โดนแสงรำไร ให้ต้นกล้าปรับตัว อายุประมาณ 6 - 7 วัน รากพืชจะทะลุออกมาพ้นฟองน้ำ สามารถนำต้นกล้าขึ้นปลูกในแปลงปลูกได้
2. เตรียมน้ำในระบบปลูก โดยเติมน้ำเข้าไปในระบบ ปรับค่า pH ของน้ำให้อยู่ประมาณ 5.8 - 6.2 ด้วยกรดไนตริก และเปิดสวิสต์ให้ปั๊มทำงาน
3. ย้ายต้นกล้าลงในแผ่นปลูก โดยสอดต้นกล้าจากด้านหลัง เข้าไปในช่องปลูก โดยให้ฟองน้ำสามารถสัมผัสกับน้ำในระบบปลูกได้ เพื่อให้แน่ใจว่ารากสามารถดูดน้ำและอาหารเองได้ (จำนวน 15 หลุมปลูกต่อแผ่นโฟม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วางแผ่นโฟมลงบนภาชนะปลูกซึ่งบรรจุสารละลายธาตุอาหารพืชตามสัดส่วน ข้อควรระวังต้องให้รากพืชแช่อยู่ในสารละลาย
5. โรงเรือนควรตั้งไว้กลางแจ้ง ที่มีแสงส่องถึง วันละ 6 - 7 ชั่วโมงต่อวัน
6. เติมสารละลายธาตุอาหาร A ลงในถังสารละลาย หลังจากนั้น 1 ชั่วโมง จึงเติมสารละลายธาตุอาหาร B ในปริมาณที่เท่ากับสารละลายธาตุอาหาร A เพื่อป้องกันสารอาหารบางตัวตกตะกอน
7. ปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำให้อยู่ในช่วง 2.5
8. เมื่อผักในระบบปลูกอายุประมาณ 15 วัน ทำการถอนแยกต้นกล้าให้เหลือจำนวน 1 ต้นต่อหลุมปลูก จำนวน ½ ของถาดปลูกทั้งหมด
9. เก็บผลผลิตหลังจากปลูกพืชแล้ว 40 - 45 วัน และทำการล้างแปลงปลูก แผ่นโฟมที่ปลูกให้สะอาด ตากแดดไว้ 1 วัน จึงทำการปลูกในรอบใหม่ต่อไป
10. ก่อนการเก็บผลผลิต 6 - 7 วัน ทำการเพาะกล้าชุดใหม่ เพื่อย้ายลงปลูกทดแทนชุดเดิมที่เก็บแล้ว

<u>การทดลองที่ 2</u> เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม

หน่วยทดลอง

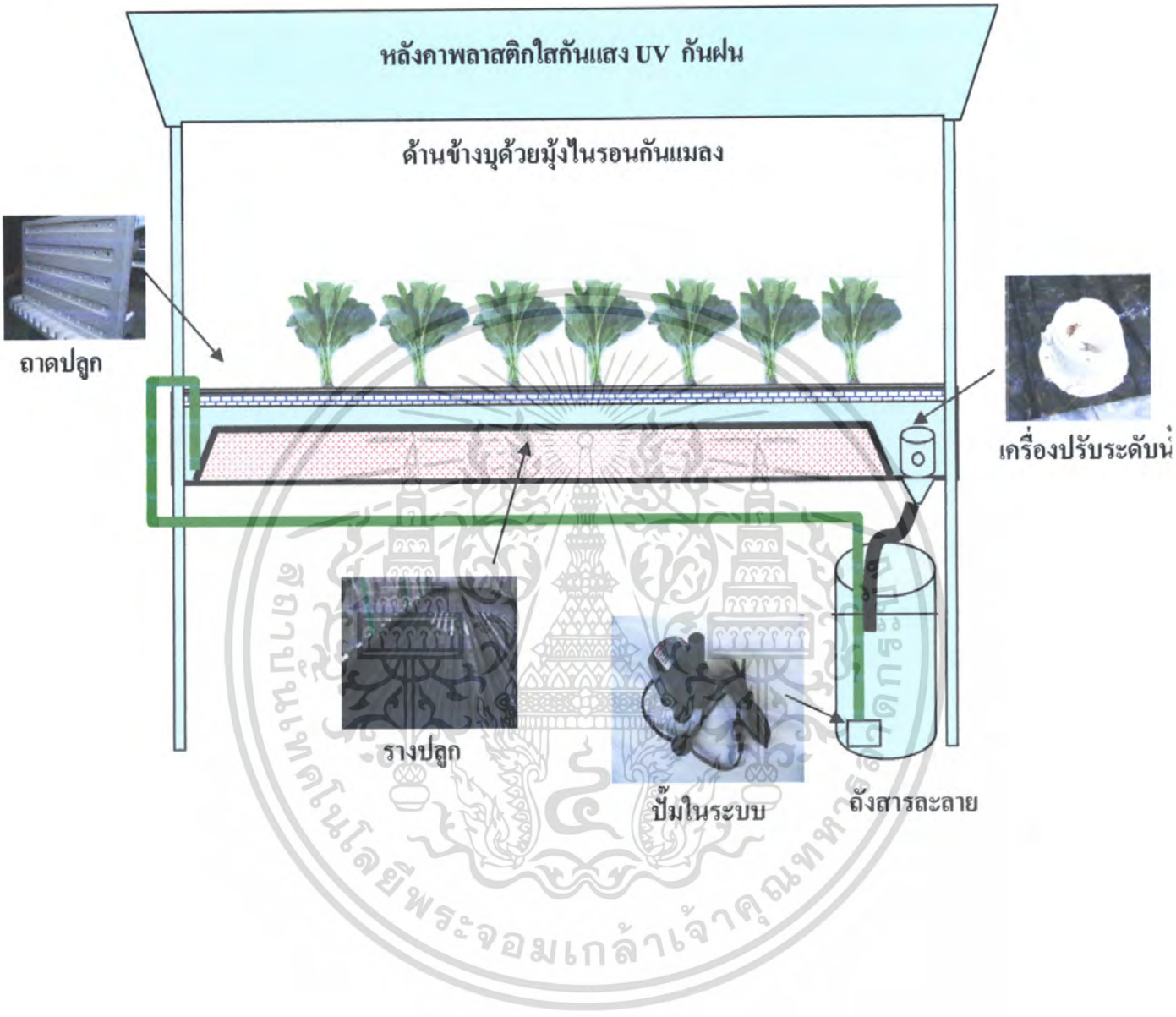
ตำรับที่ 1 ปลูกผักคะน้าจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม (0.6 × 1 ตารางเมตร) ระยะห่างในการปลูก 16 × 24 เซนติเมตร หลุมละ 2 - 3 ต้น

ตำรับที่ 2 ปลูกผักคะน้าจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม (0.6 × 1 ตารางเมตร) ระยะห่างในการปลูก 14 ×16 เซนติเมตร หลุมละ 2 - 3 ต้น

วิธีปฏิบัติเหมือนการทดลองที่ 1 โดยย้ายต้นกล้าลงปลูกจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม กับ 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม โดยไม่ต้องมีการถอนแยกต้นกล้าแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแผนผังการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเก็บข้อมูล

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำ

2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำ

3. ค่าสูงสุด - ต่ำสุดของอุณหภูมิภายในโรงเรือน และบริเวณนอกโรงเรือน

4. น้ำหนักผลผลิต

- เก็บผักตอนเช้าเวลา 8.00 นาฬิกา โดยทำการชั่งน้ำหนักผักทุกหลุมปลูก เก็บข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละถาดโฟม

5. ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนเตรทที่สะสมในผักคะน้า

ขั้นตอนการวิเคราะห์

- สุ่มตัวอย่างผักคะน้าที่ขนาดใกล้เคียงกับจำนวนผักคะน้าส่วนใหญ่ที่เก็บได้ จำนวน 3 หลุมปลูกต่อหน่วยทดลอง
- ตัดรากผักคะน้าออก ล้างน้ำให้สะอาด ล้างน้ำกลั่นอีก 2 ครั้ง
- ผึ่งผักคะน้าให้แห้ง
- ชั่งน้ำหนักผักคะน้า จากนั้นนำใส่ถุงกระดาษ
- อบผักที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
- ชั่งน้ำหนักผักหลังอบ
- วิเคราะห์ไนเตรทในผักด้วยวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.*1975)

นำตัวอย่างพืชสดที่เก็บมาตัดรากทิ้งและชั่งน้ำหนักสดของต้นพืช แล้วล้างด้วยน้ำประปา และน้ำกลั่น ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่ ใส่ถุงกระดาษเพื่อนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งที่ได้ไปบดด้วยเครื่องบดพืชผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

นำตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดแล้ว ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อีกครั้งเป็นเวลา 15 - 30 นาที เพื่อไล่ความชื้น แล้วชั่งตัวอย่างพืช 0.1 กรัม ลงใน Erlenmeyer flash 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนออกด้วยเครื่อง centrifuge ที่ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

เมื่อได้สารละลายส่วนใสแล้ว ดูดสารละลาย 0.2 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลอง เติม 95 % w/v salicylic acid 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นเติม 4 M NaOH 10 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 410 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายไนเตรทมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82811

การวิเคราะห์ผล

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics 6 โดยใช้ T - test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลอุณหภูมิภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน

วัน/เดือน/ปี	ภายในโรงเรือน DRFT		บริเวณนอกโรงเรือน		ภายในโรงเรือน Substrate		Time
	max	min	max	min	max	min	
22 ก.ย. 50	41	23	39	24	36	22	16.32
23 ก.ย. 50	46	23	40	23	36	23	15.28
24 ก.ย. 50	35	23	39	24	45	23	16.5
25 ก.ย. 50	35	25	41	26	46	25	16.5
26 ก.ย. 50	44	24	41	26	40	25	17.01
27 ก.ย. 50	36	25	35	26	32	25	17.08
28 ก.ย. 50	42	23	39	24	36	23	16.43
29 ก.ย. 50	39	24	41	25	36	23	16.5
30 ก.ย. 50	35	39	34	39	35	34	16.3
1 ต.ค. 50	37	24	40	24	35	24	17.4
2 ต.ค. 50	39	24	38	27	35	24	16.2
3 ต.ค. 50	37	25	36	26	34	25	15.44
4 ต.ค. 50	36	26	35	26	35	26	15.4
5 ต.ค. 50	32	25	31	26	32	25	17.31
6 ต.ค. 50	31	24	32	25	32	25	17.42
7 ต.ค. 50	37	24	38	25	36	25	17.16
8 ต.ค. 50	36	25	40	26	34	25	16.05
9 ต.ค. 50	36	23	40	24	34	23	16.06
10 ต.ค. 50	33	22	34	22	31	22	15.45
11 ต.ค. 50	34	23	40	23	32	22	15
12 ต.ค. 50	33	23	34	24	29	23	16.3
13 ต.ค. 50	36	23	38	26	31	23	17

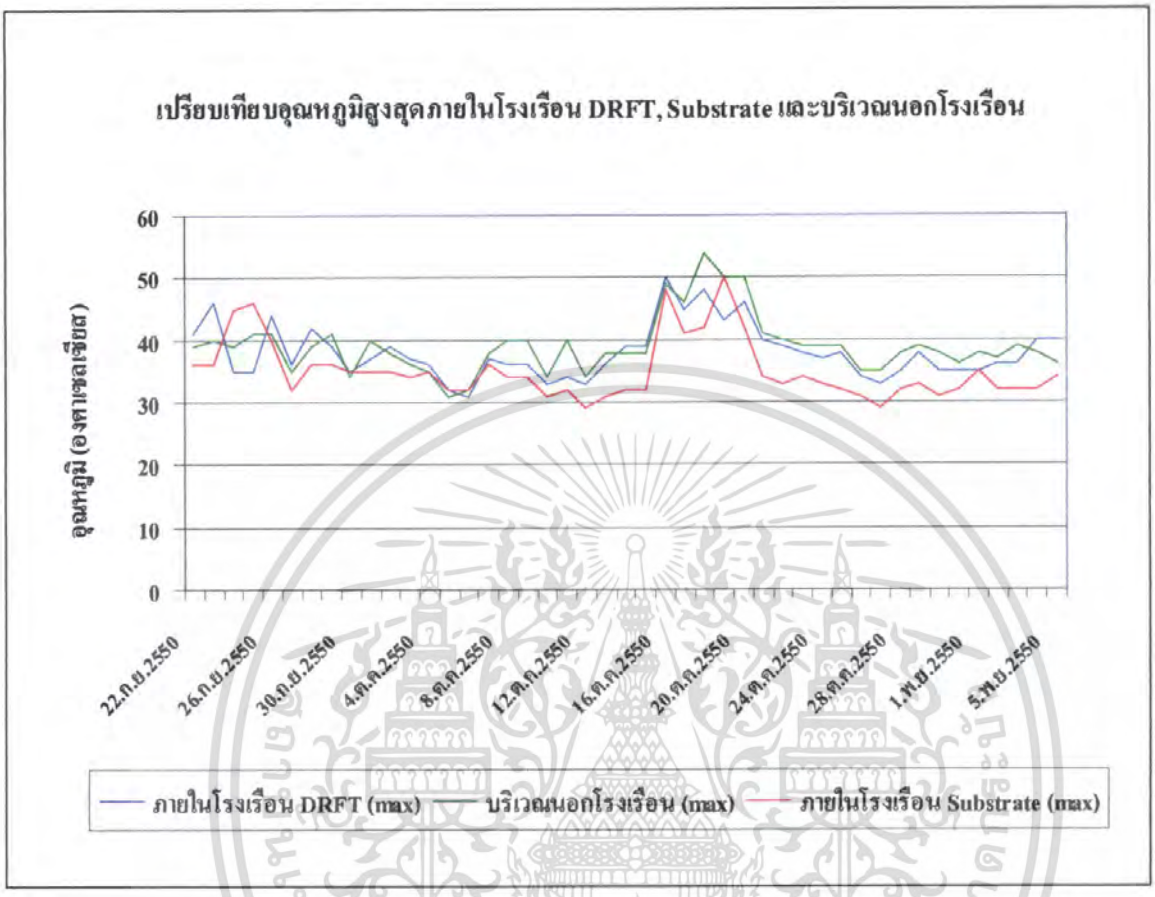
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงผลอุณหภูมิภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน

วัน/เดือน/ปี	ภายในโรงเรือน DRFT		บริเวณนอกโรงเรือน		ภายในโรงเรือน Substrate		Time
	max	min	max	min	max	min	
14 ต.ค. 50	39	24	38	25	32	24	16.00
15 ต.ค. 50	39	25	38	26	32	23	16.30
16 ต.ค. 50	50	12	49	15	48	11	17.00
17 ต.ค. 50	45	12	46	13	41	13	17.00
18 ต.ค. 50	48	12	54	12	42	11	17.00
19 ต.ค. 50	43	12	50	19	50	13	17.00
20 ต.ค. 50	46	13	50	13	42	11	17.00
21 ต.ค. 50	40	32	41	24	34	24	16.25
22 ต.ค. 50	39	32	40	23	33	22	16.15
23 ต.ค. 50	38	30	39	24	34	24	16.45
24 ต.ค. 50	37	24	39	25	33	24	16.50
25 ต.ค. 50	38	23	39	24	32	23	16.43
26 ต.ค. 50	34	24	35	25	31	23	16.10
27 ต.ค. 50	33	24	35	25	29	24	16.30
28 ต.ค. 50	35	25	38	26	32	25	16.54
29 ต.ค. 50	38	25	39	27	33	26	16.30
30 ต.ค. 50	35	23	38	24	31	24	16.15
31 ต.ค. 50	35	22	36	25	32	25	16.05
1 พ.ย. 50	35	21	38	24	35	22	16.30
2 พ.ย. 50	36	21	37	22	32	21	16.00
3 พ.ย. 50	36	23	39	24	32	23	17.00
4 พ.ย. 50	40	21	38	23	32	22	17.00
5 พ.ย. 50	40	21	36	23	34	22	17.30
อุณหภูมิเฉลี่ย	**37.98**	**23.13**	**39.04**	**23.82**	**35.07**	**22.56**	**16.45**

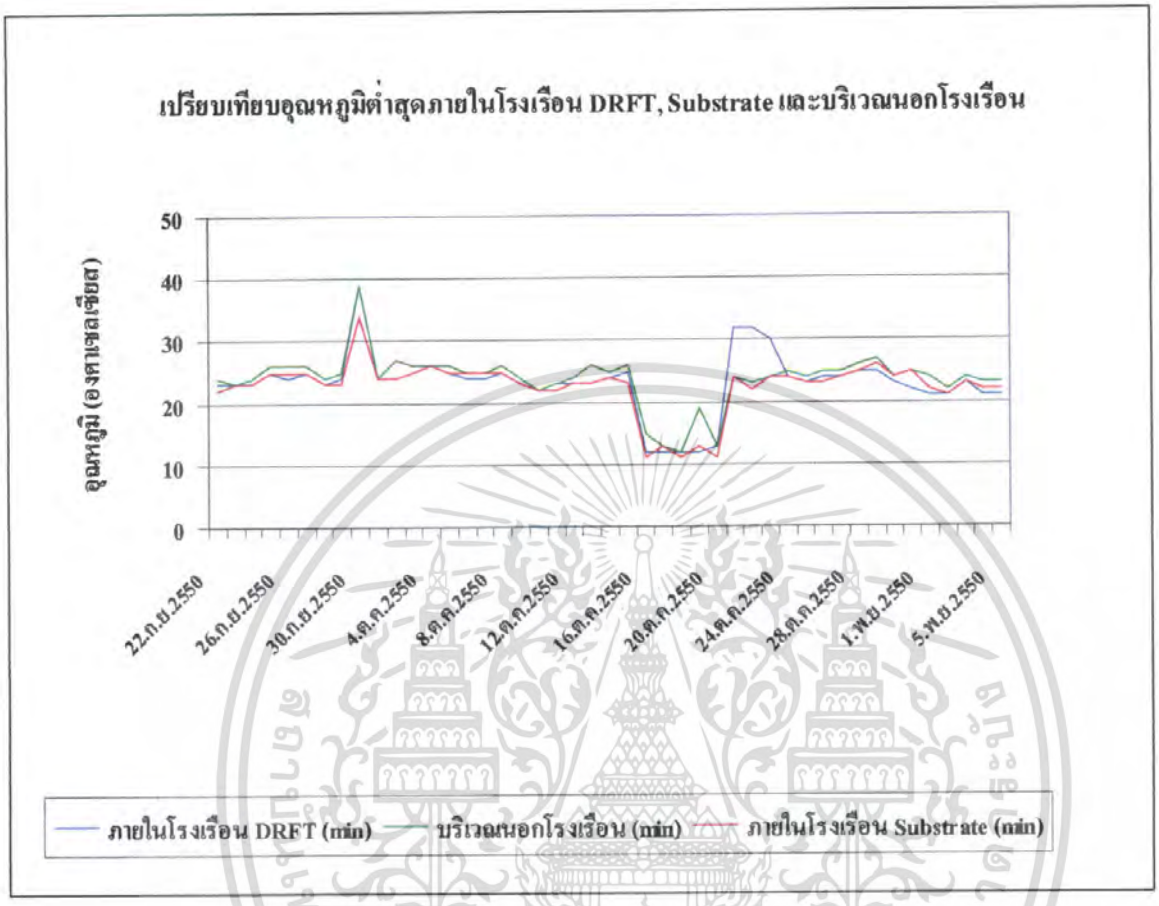
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 1 เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน



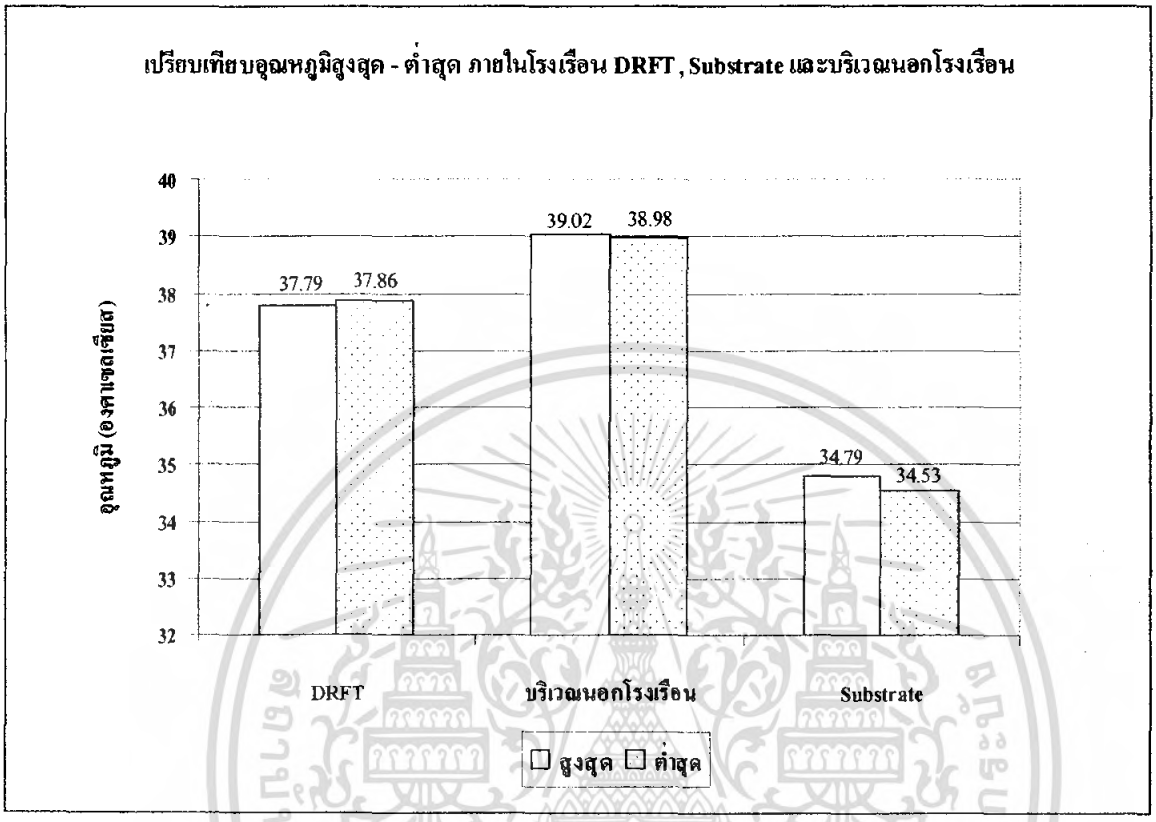
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 3</u> **เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุดภายในโรงเรือน DRFT, Substrate และบริเวณนอกโรงเรือน**



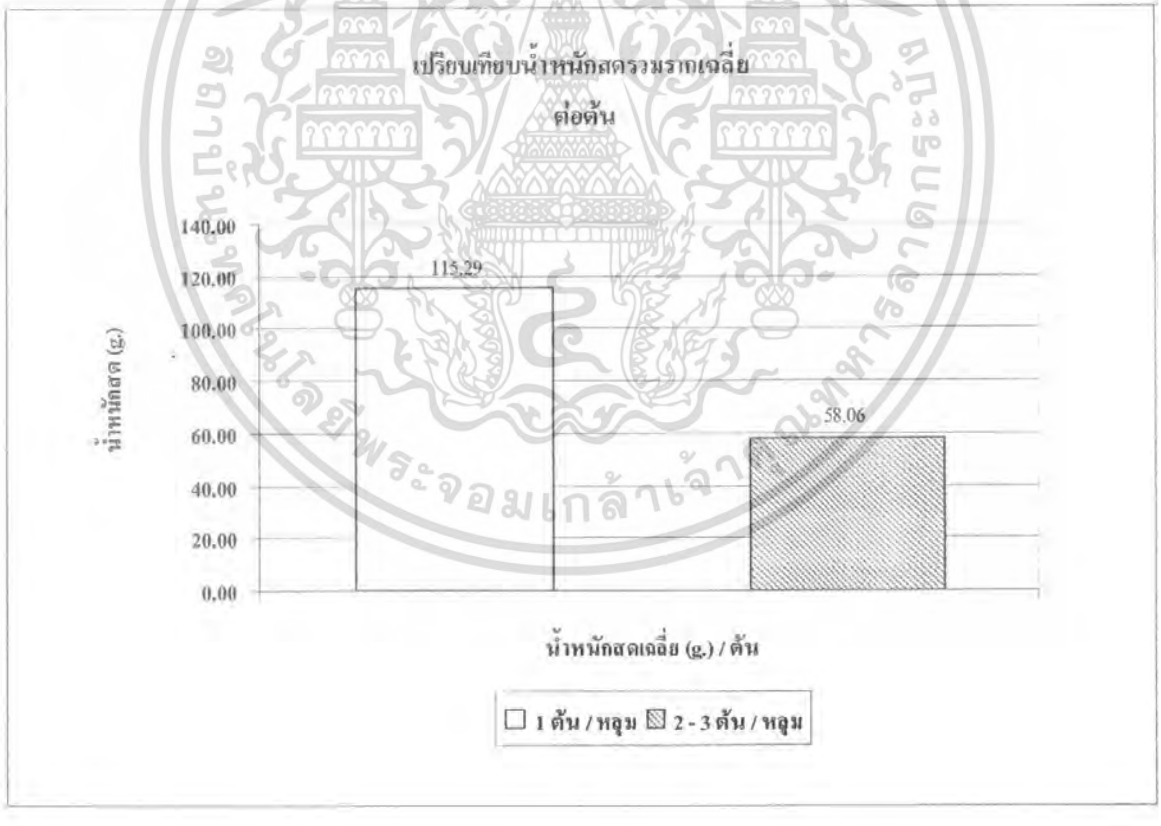
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารางเมตร

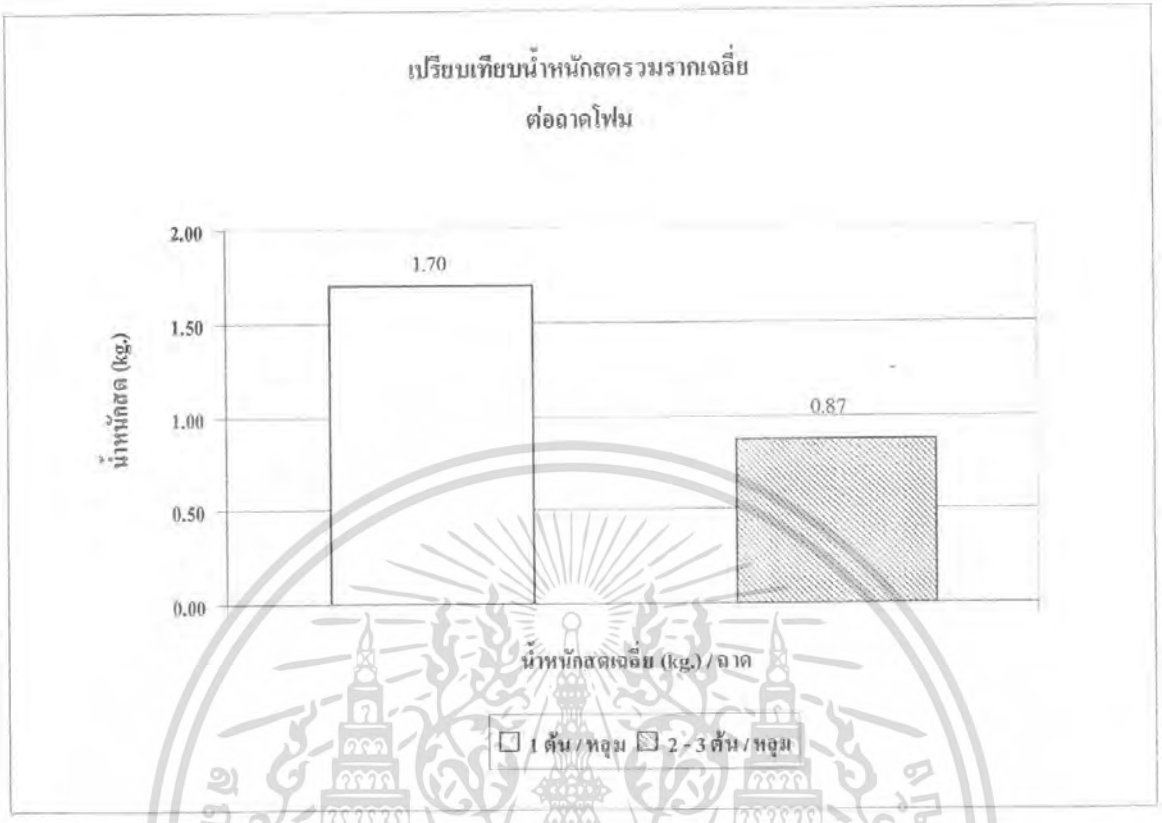
จำนวนต้น / หลุม	น้ำหนักสดเฉลี่ย (g.) / ต้น	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / 1 ตร.ม.
จำนวน 1 ต้น / หลุม	115.29	1.70	2.90
จำนวน 2 - 3 ต้น / หลุม	58.06	0.87	1.45

กราฟที่ 4 เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น



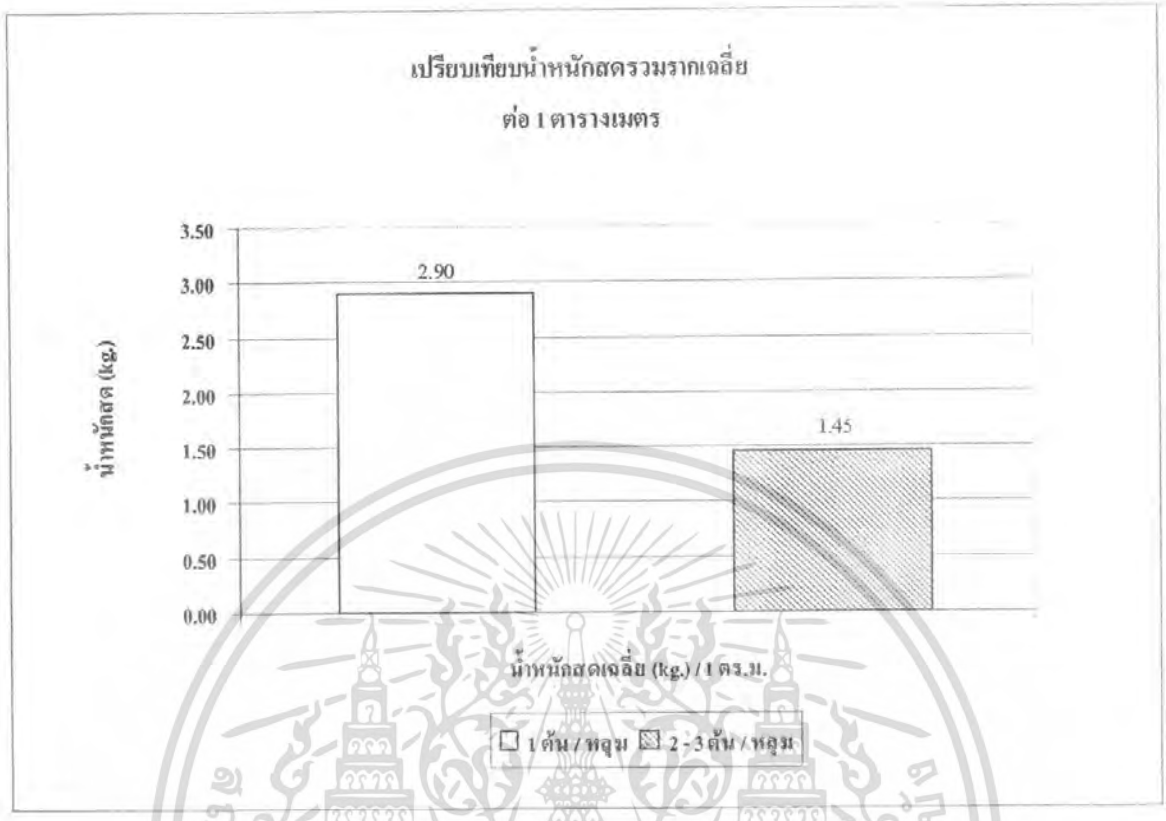
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5 เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 6</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย

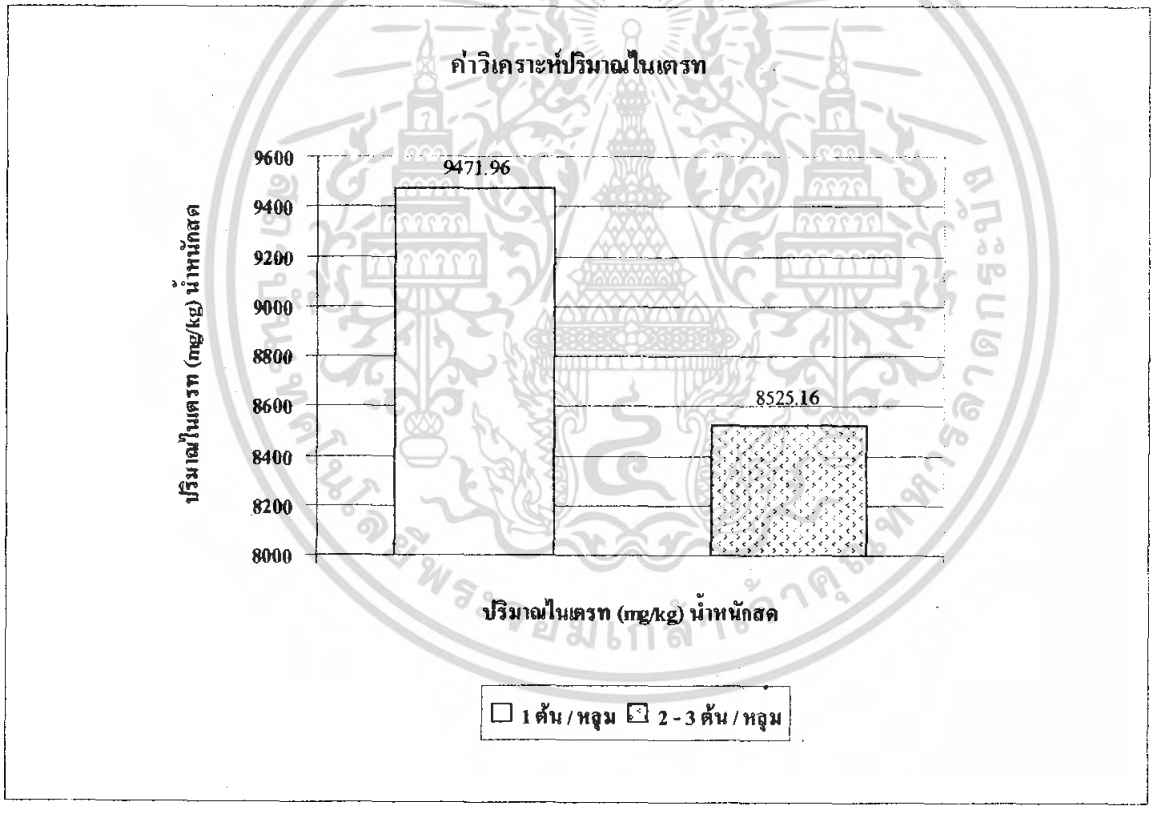
วัน/เดือน/ปี	เก็บค่า	
	EC	pH
22 ก.ย. 2550	2.5	6.25
23 ก.ย. 2550	2.5	6.20
24 ก.ย. 2550	2.5	5.90
25 ก.ย. 2550	2.5	5.82
26 ก.ย. 2550	2.5	6.00
27 ก.ย. 2550	2.5	5.97
ค่าเฉลี่ย	**2.5**	**6.02**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

จำนวนต้น / หลุม	ปริมาณไนเตรท (mg/kg) น้ำหนักสด
จำนวน 1 ต้น / หลุม	9471.96
จำนวน 2 - 3 ต้น / หลุม	8525.16

กราฟที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

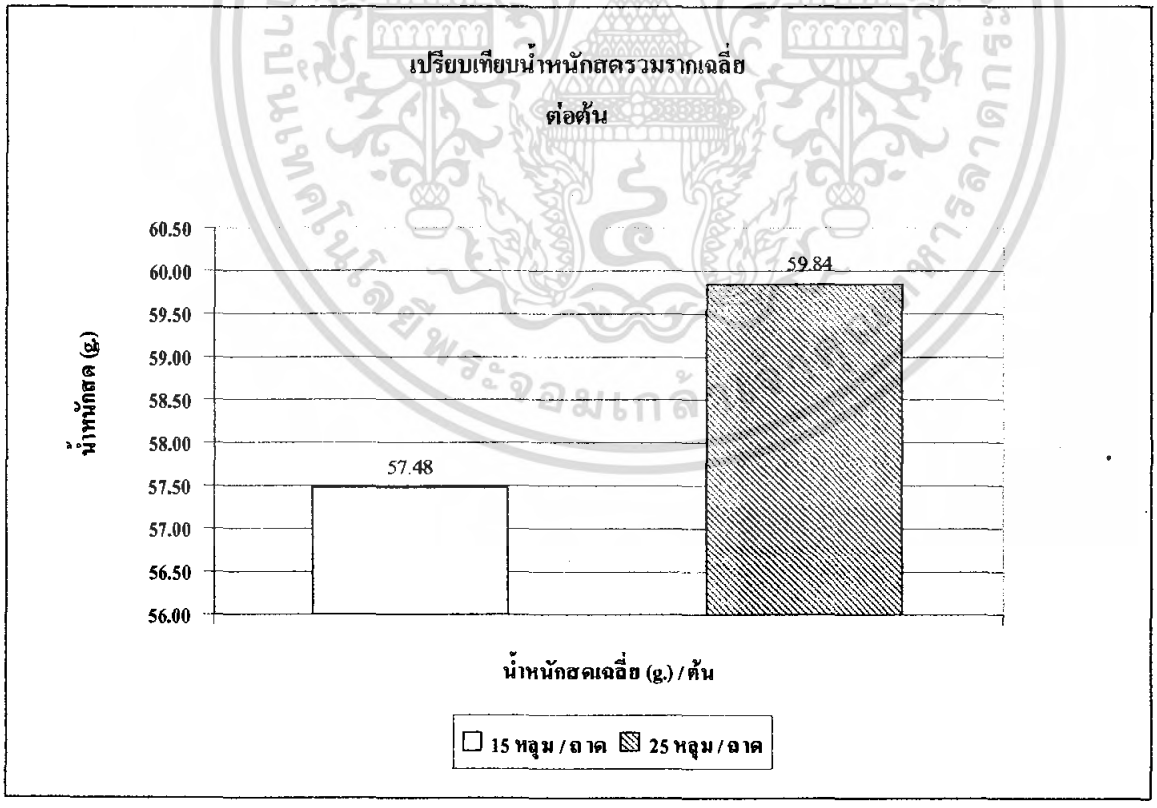
<u>การทดลองที่ 2</u> **เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม**

ครั้งที่ 1

<u>ตารางที่ 5</u> **แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารางเมตร**

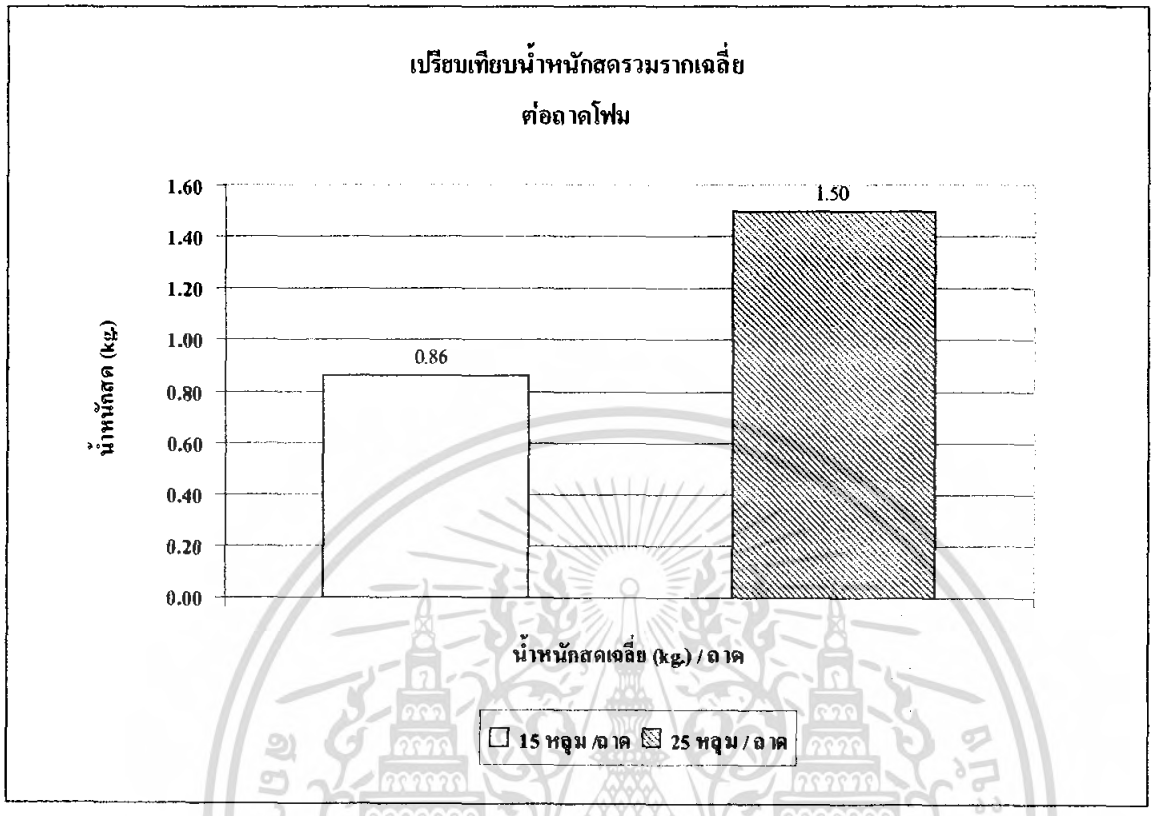
จำนวนหลุม / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (g.) / ต้น	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / 1 ตร.ม.
15 หลุม / ถาด	57.48	0.86	1.44
25 หลุม / ถาด	59.84	1.50	2.49

<u>กราฟที่ 8</u> **เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น**



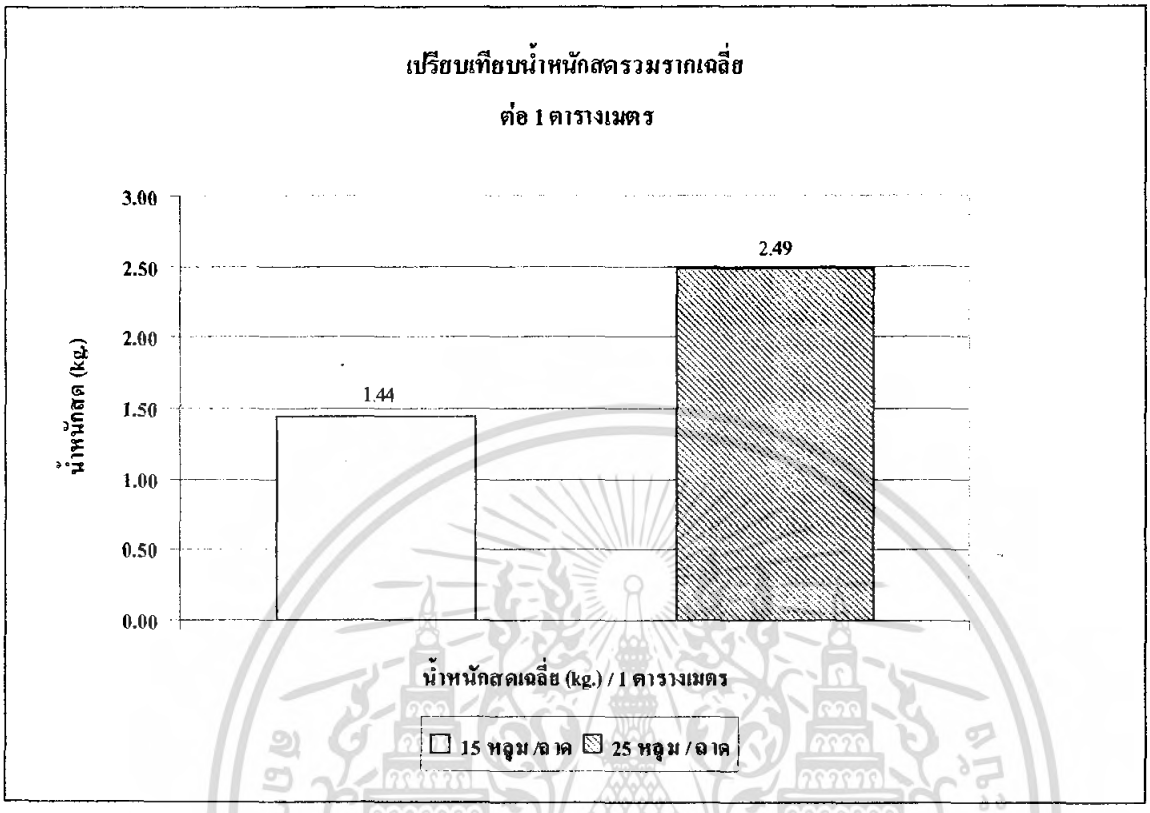
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 9</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 10</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย

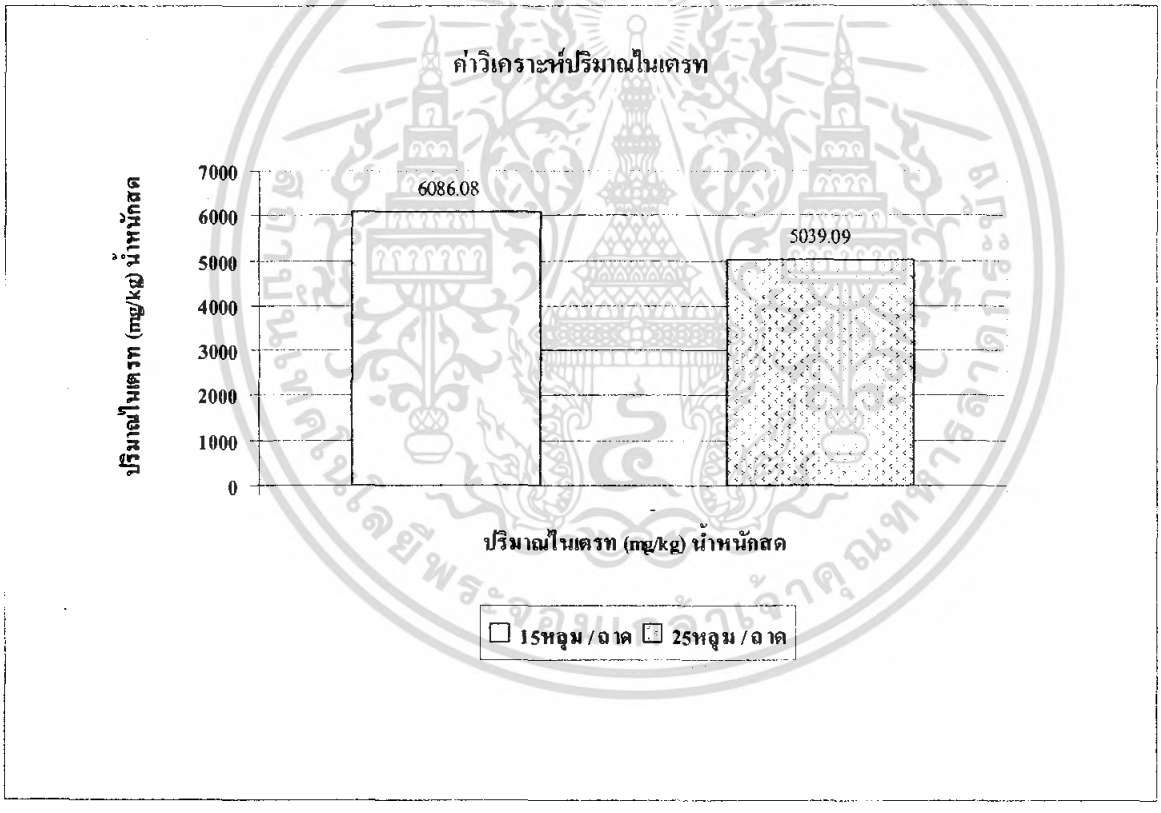
วัน/เดือน/ปี	เก็บค่า	
	EC	**pH**
22 ก.ย. 2550	2.5	6.20
24 ก.ย. 2550	2.5	5.98
26 ก.ย. 2550	2.5	6.00
28 ก.ย. 2550	2.5	6.15
30 ก.ย. 2550	2.5	6.20
2 ต.ค. 2550	2.5	6.00
3 ต.ค. 2550	2.5	6.15
5 ต.ค. 2550	2.5	5.75
6 ต.ค. 2550	2.5	5.91
8 ต.ค. 2550	2.5	5.95
9 ต.ค. 2550	2.5	5.82
10 ต.ค. 2550	2.5	5.96
11 ต.ค. 2550	2.5	5.65
12 ต.ค. 2550	2.5	5.79
ค่าเฉลี่ย	**2.5**	**5.97**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

จำนวนหลุม / ถาด	ปริมาณไนเตรท (mg/kg) น้ำหนักสด
จำนวน 15 หลุม / ถาด	6086.08
จำนวน 25 หลุม / ถาด	5039.09

กราฟที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

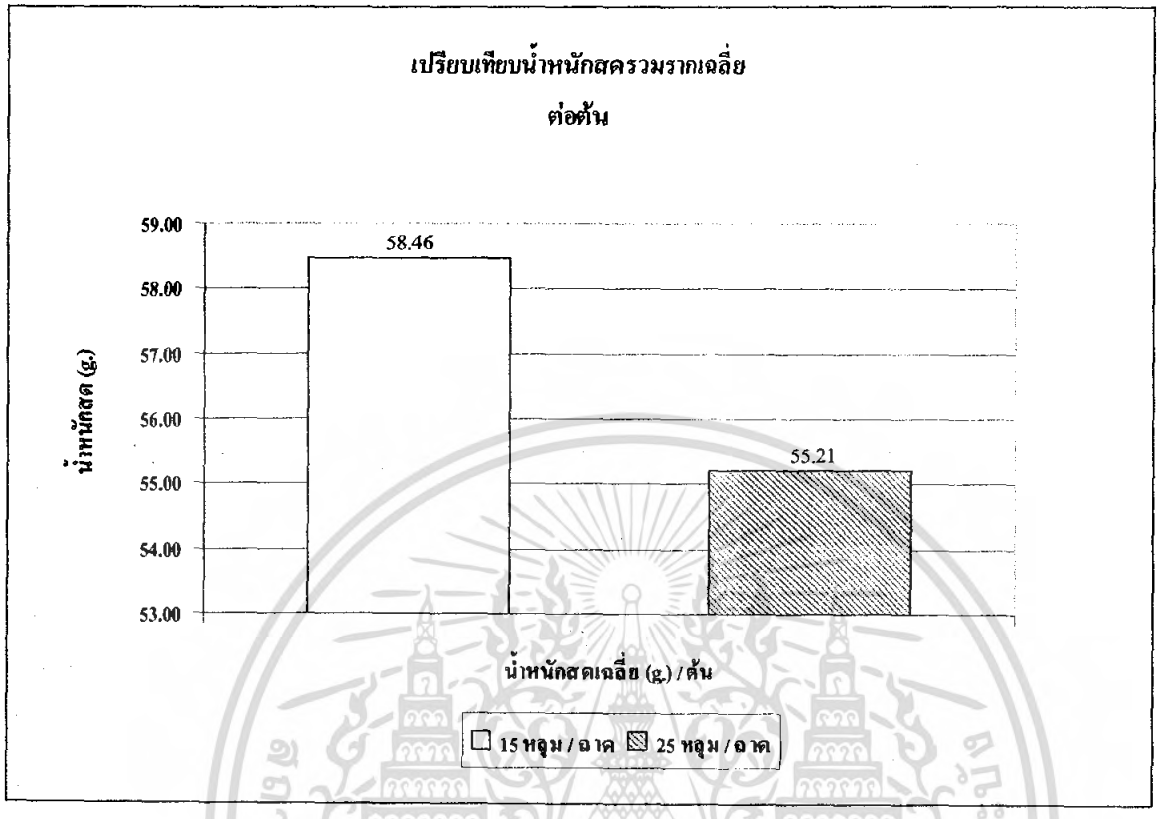
<u>การทดลองที่ 2</u> เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักกะน้าต่อ 1 ถาดโฟม ครั้งที่ 2

<u>ตารางที่ 8</u> แสดงน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารางเมตร

จำนวนหลุม / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (g.) / ต้น	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / 1 ตร.ม.
15 หลุม / ถาด	58.46	0.88	1.46
25 หลุม / ถาด	55.21	1.38	2.30

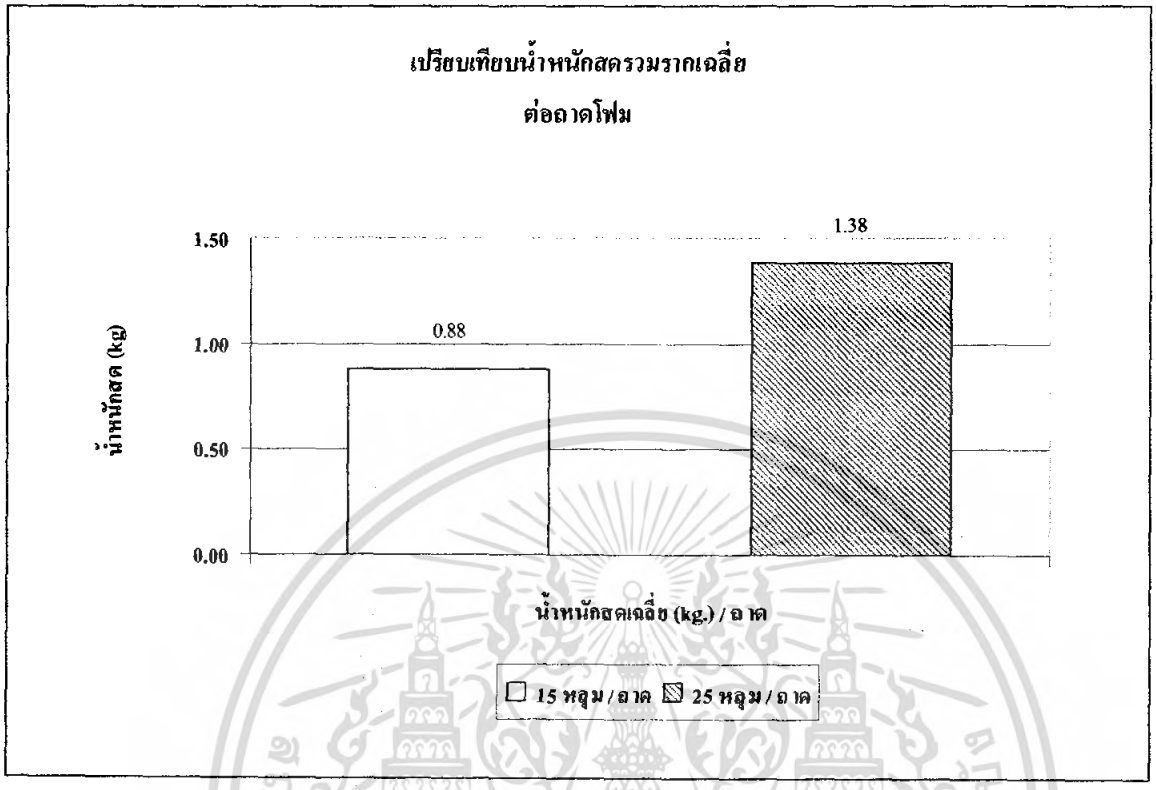
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 12</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น



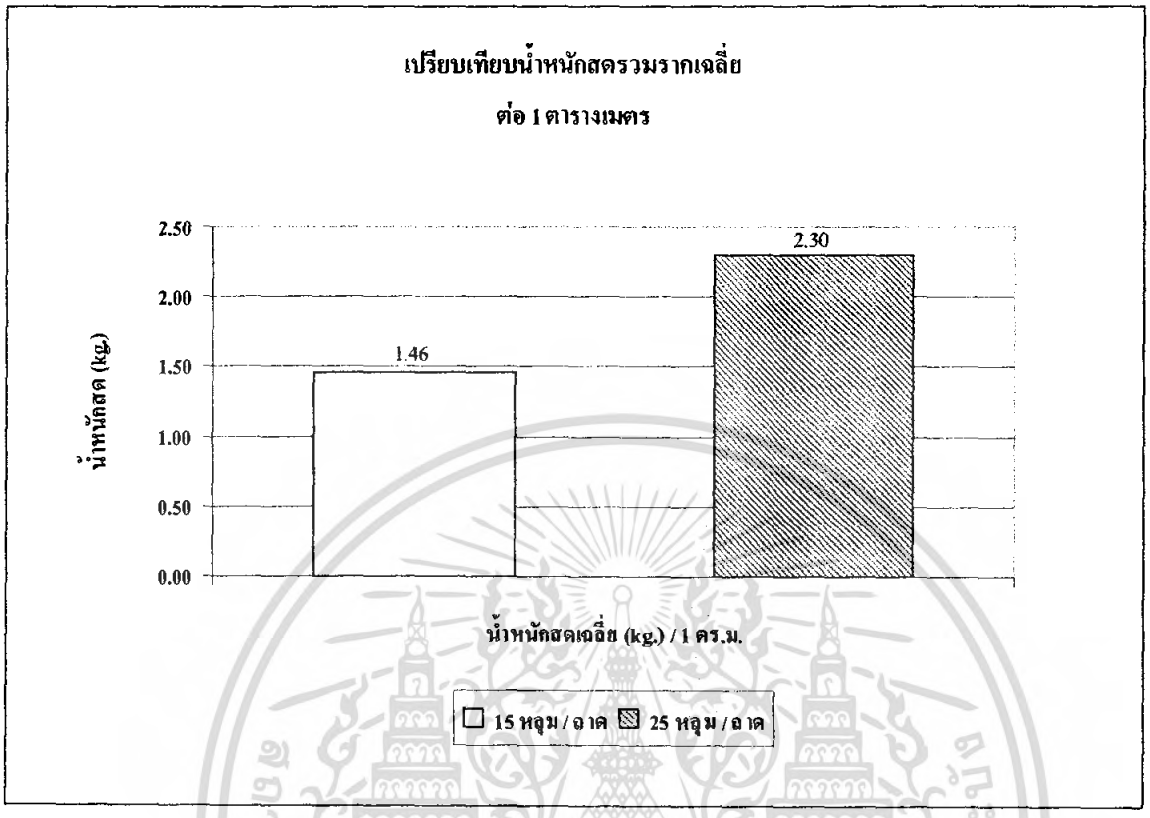
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 13</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 14</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร

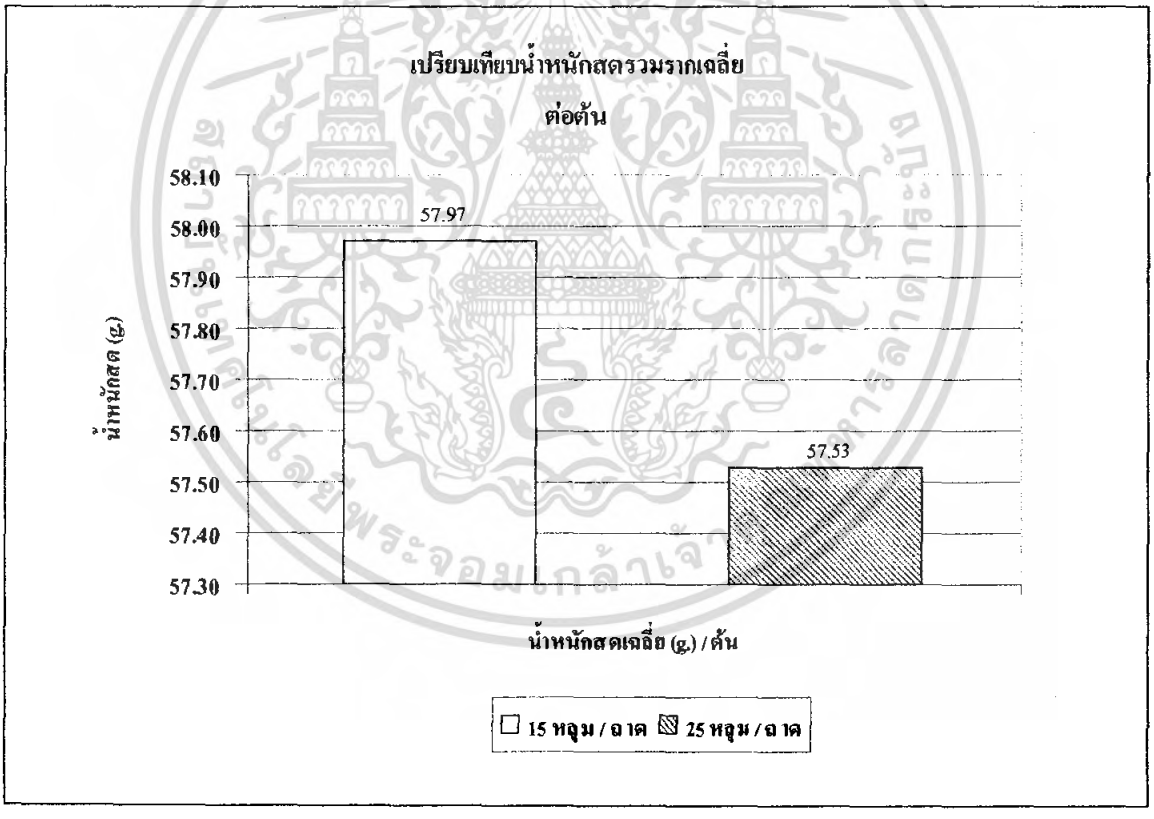


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น , ต่อถาดโฟม และต่อ 1 ตารางเมตร ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

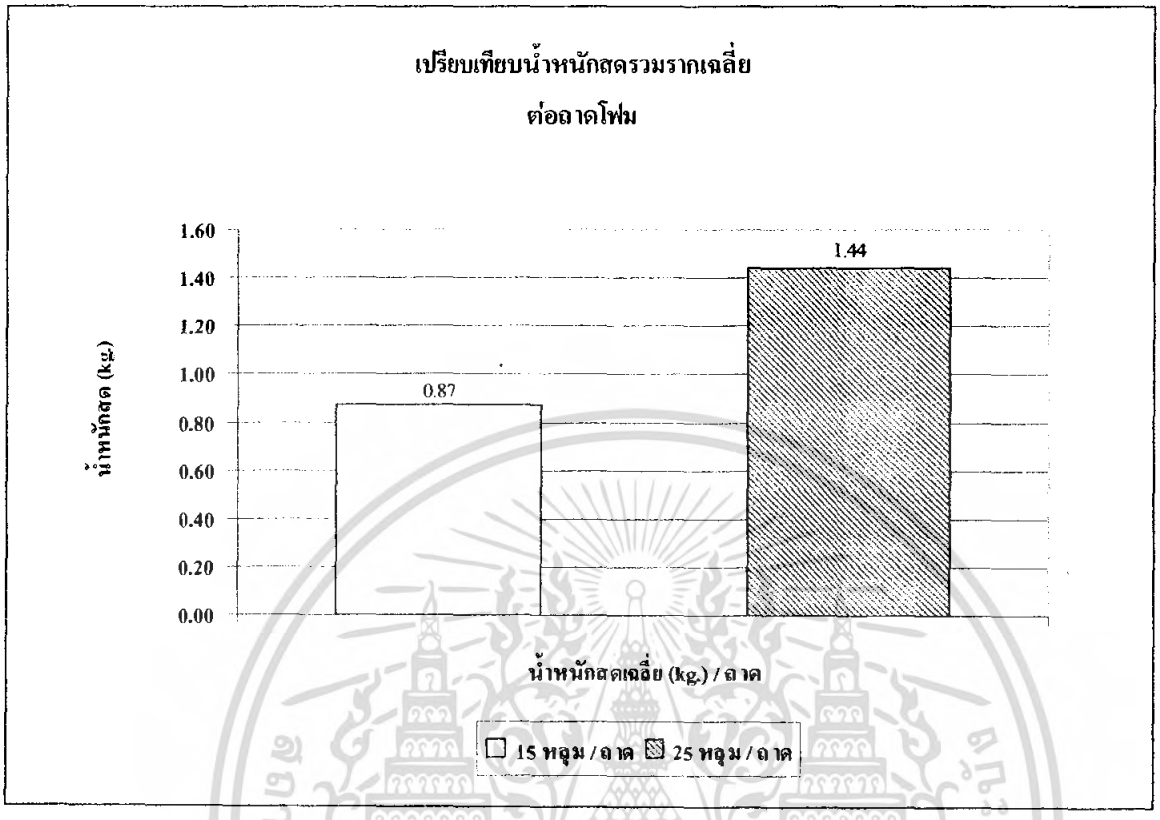
จำนวนหลุม / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (g.) / ต้น	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / ถาด	น้ำหนักสดเฉลี่ย (kg.) / 1 ตร.ม.
15 หลุม / ถาด	57.97	0.87	1.45
25 หลุม / ถาด	57.53	1.44	2.40

กราฟที่ 15 เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อต้น ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



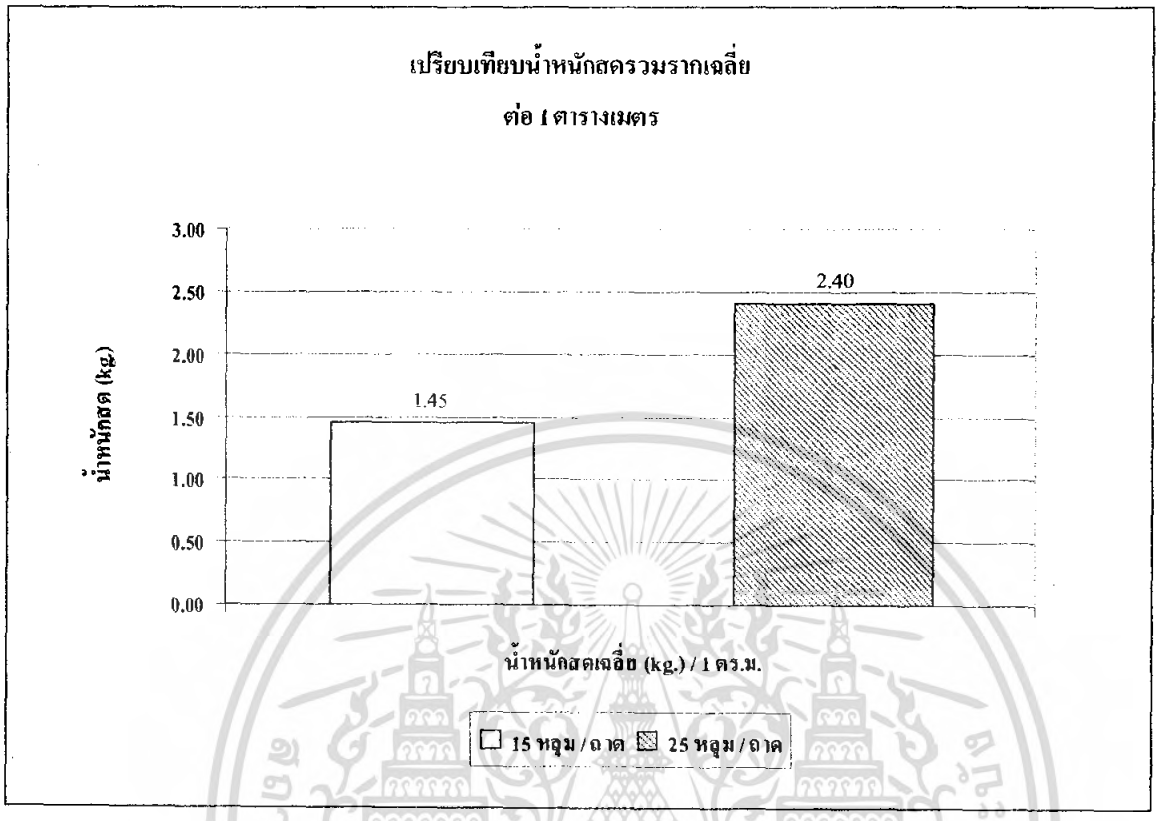
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 16</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อถาดโฟม ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กราฟที่ 17</u> เปรียบเทียบน้ำหนักสดรวมรากเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางเมตร ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 การเก็บค่า pH และ EC ในถังสารละลาย

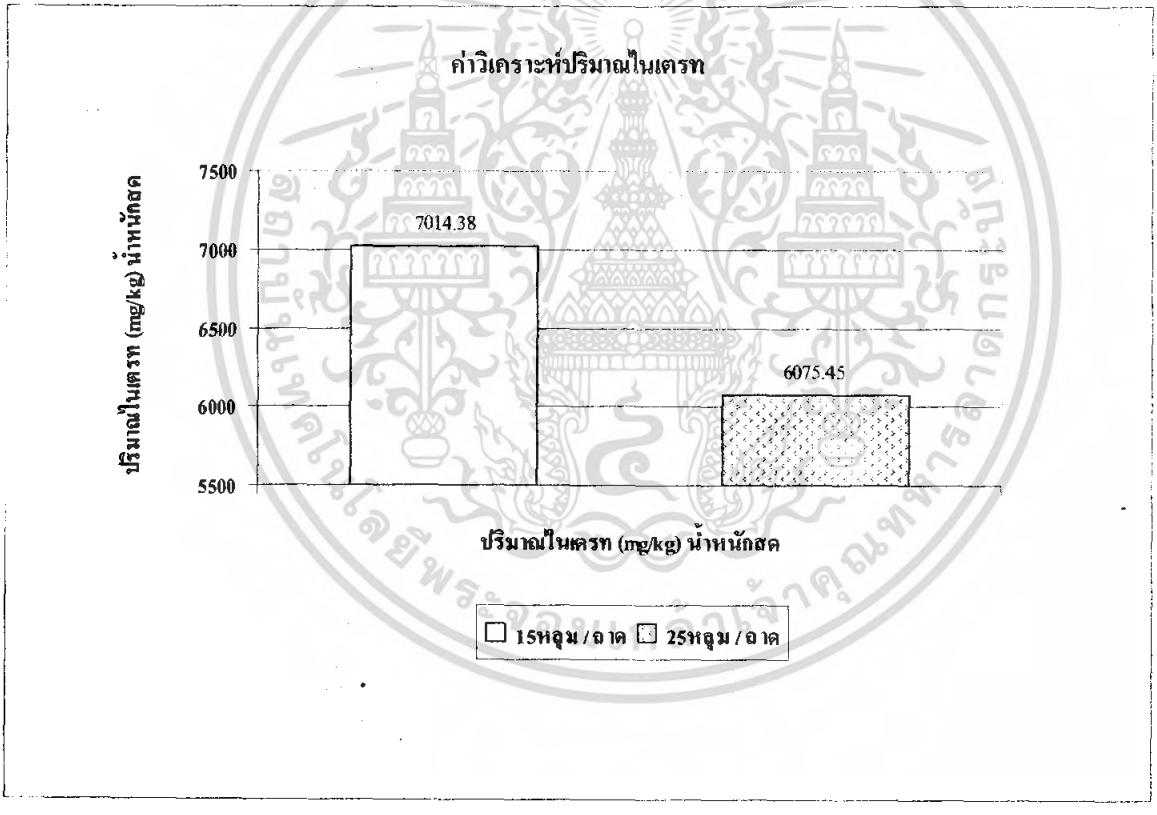
วัน/เดือน/ปี	เก็บค่า	
	EC	pH
3 ต.ค. 2550	2.5	6.15
5 ต.ค. 2550	2.5	5.75
6 ต.ค. 2550	2.5	5.91
8 ต.ค. 2550	2.5	5.95
9 ต.ค. 2550	2.5	5.82
10 ต.ค. 2550	2.5	5.96
11 ต.ค. 2550	2.5	5.65
12 ต.ค. 2550	2.5	5.79
13 ต.ค. 2550	2.6	5.82
16 ต.ค. 2550	2.5	5.88
17 ต.ค. 2550	2.5	5.88
18 ต.ค. 2550	2.5	5.88
19 ต.ค. 2550	2.5	5.88
20 ต.ค. 2550	2.5	5.88
21 ต.ค. 2550	2.5	5.79
22 ต.ค. 2550	2.5	5.82
23 ต.ค. 2550	2.5	5.90
24 ต.ค. 2550	2.6	6.00
25 ต.ค. 2550	2.5	5.86
26 ต.ค. 2550	2.6	5.88
27 ต.ค. 2550	2.6	5.86
28 ต.ค. 2550	2.5	5.86
29 ต.ค. 2550	2.5	6.00
30 ต.ค. 2550	2.6	6.05
3 พ.ย. 2550	2.6	6.12
4 พ.ย. 2550	2.5	6.20
ค่าเฉลี่ย	**2.52**	**5.91**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ค่าวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

จำนวน หลุม / ถาด	ปริมาณไนเตรท (mg/kg) น้ำหนักสด
จำนวน 15 หลุม / ถาด	7014.38
จำนวน 25 หลุม / ถาด	6075.45

กราฟที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน

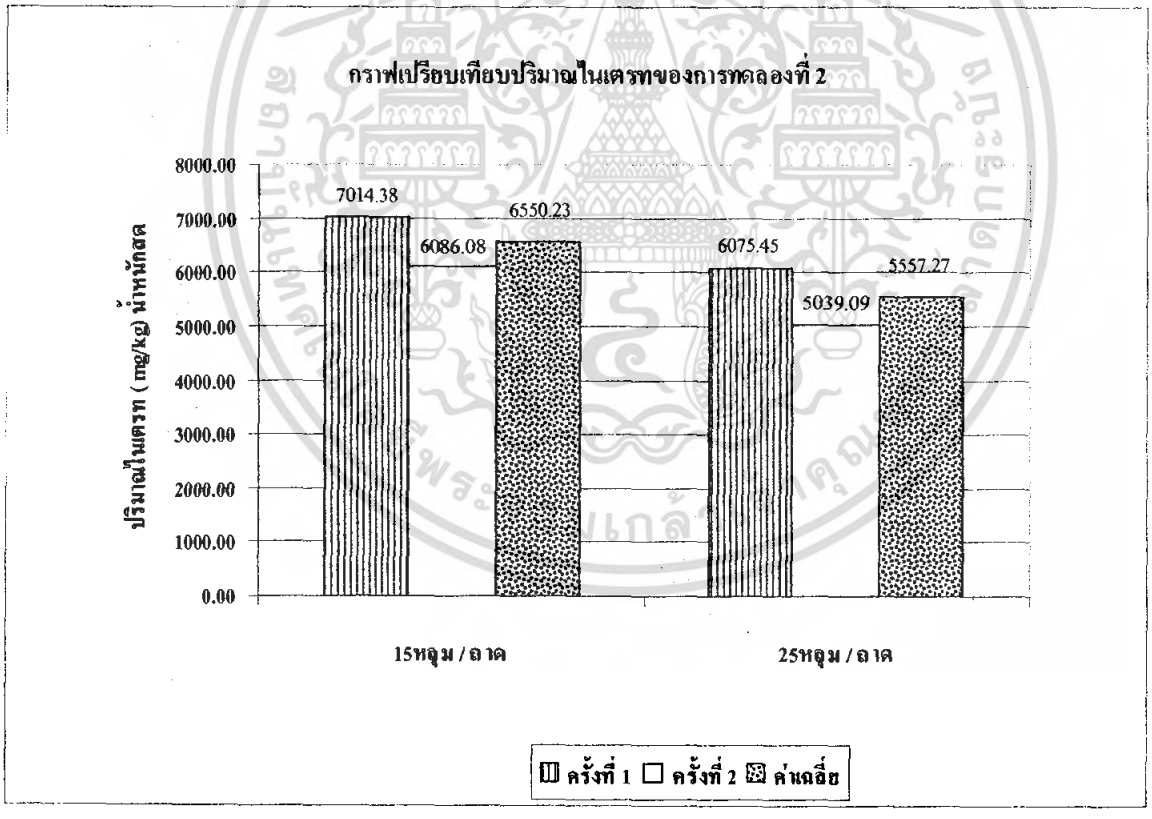


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรท ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

จำนวนหลุมปลูก / ถาด	ปริมาณไนเตรท (mg/kg) น้ำหนักสด		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
จำนวน 15 หลุม / ถาด	7014.38	6086.08	6550.23
จำนวน 25 หลุม / ถาด	6075.45	5039.09	5557.27

กราฟที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่อัตราความหนาแน่นต่อหลุมต่างกัน ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

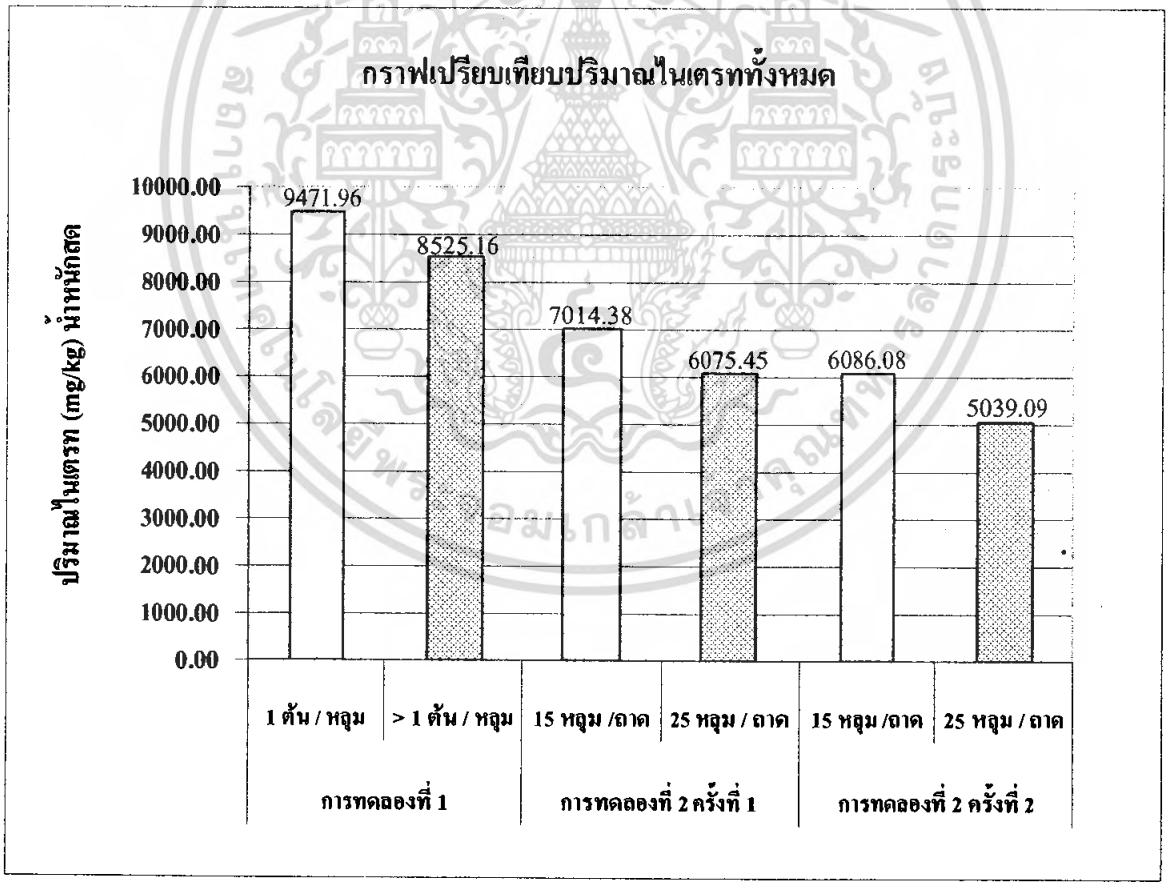


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรททั้งหมด

	ปริมาณไนเตรท (mg/kg) น้ำหนักสด						
	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1		การทดลองที่ 2 ครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ยรวม
	1 ต้น / หลุม	2 - 3 ต้น / หลุม	15 หลุม /ถาด	25 หลุม / ถาด	15 หลุม /ถาด	25 หลุม / ถาด	
	9471.96	8525.16	7014.38	6075.45	6086.08	5039.09	**7035.35**
ค่าเฉลี่ย	**8998.56**		**6544.91**		**5562.59**		

กราฟที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรททั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของความหนาแน่นในการปลูกผักคะน้าในระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) จากการทดลองที่ 1 ที่ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก โดยจะปลูกต้นคะน้าจำนวน 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก และจำนวนต้นคะน้า 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก พบว่า น้ำหนักสดรวมรากของผักคะน้าโดยเฉลี่ยมากที่สุดในการปลูกที่ความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีน้ำหนักเท่ากับ 115.92 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อถาดโฟมเท่ากับ 1.70 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 2.90 กิโลกรัม ส่วน 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีน้ำหนักเท่ากับ 58.06 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อถาดโฟมเท่ากับ 0.87 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 1.45 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.01$) ในผลการทดลองที่ 2 น้ำหนักสดรวมรากของผักคะน้าโดยเฉลี่ยมากที่สุดในจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม หลุมละ 2 - 3 ต้น (0.6 ×1 ตารางเมตร) มีน้ำหนักเท่ากับ 57.97 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อถาดโฟมเท่ากับ 0.87 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 1.45 กิโลกรัม ส่วนจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม หลุมละ 2 - 3 ต้น (0.6 ×1 ตารางเมตร) มีน้ำหนักเท่ากับ 57.53 กรัมต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อถาดโฟมเท่ากับ 1.44 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 2.40 กิโลกรัม จากผลการวิเคราะห์ ทางสถิติค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทในผักคะน้าในการทดลองที่ 1 อยู่ระหว่าง 8525.16 - 9471.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด โดยในการปลูกที่ความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีค่าเท่ากับ 9471.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด ส่วน 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีค่าเท่ากับ 8525.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด สำหรับการทดลองที่ 2 ค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทในผักคะน้า อยู่ระหว่าง 5039.09 - 7014.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด โดยการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 ในจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟมปลูก มีค่าเท่ากับ 6086.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม มีค่าเท่ากับ 5039.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และครั้งที่ 2 ในจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟมปลูก มีค่าเท่ากับ 7014.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม มีค่าเท่ากับ 6075.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ค่า pH ในการทดลองที่ 1 สารละลายในถังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 สำหรับการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 5.97 และครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 5.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า EC ในการทดลองที่ 1 สารละลายในถังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 mS/cm สำหรับการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 2.5 mS/cm และครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยของสารละลายในถังมีค่าเท่ากับ 2.52 mS/cm

ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนในการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 39.5 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 23.83 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.05 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 24.43 องศาเซลเซียส และครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.67 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 22.56 องศาเซลเซียส ส่วนค่าอุณหภูมิบริเวณนอกโรงเรือนในการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 39.17 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 24.83 องศาเซลเซียส สำหรับในการทดลองที่ 2 ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.71 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 25.24 องศาเซลเซียส และครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 39.11 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 23.19 องศาเซลเซียส จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ค่าของอุณหภูมิภายในโรงเรือน และบริเวณนอกโรงเรือนตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน DRFT สูงสุดเท่ากับ 37.98 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 23.13 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณนอกโรงเรือนสูงสุดเท่ากับ 39.04 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 23.82 องศาเซลเซียส และภายในโรงเรือน Substrate สูงสุดเท่ากับ 35.07 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 22.56 องศาเซลเซียส จากการบันทึกค่าอุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่า ภายในโรงเรือน Substrate มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในโรงเรือน DRFT เนื่องจากหลังคาโรงเรือน Substrate เป็นทรงแบบเปิด ทำให้อากาศถ่ายเทได้ดีกว่าโรงเรือน DRFT ซึ่งเป็นหลังคาทรงก.ไก่ ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำกว่า พืชเจริญเติบโตได้ดี จึงเป็นแนวทางการเลือกโรงเรือน Substrate เหมาะสำหรับการปลูกในเขตอุณหภูมิร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1 แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากน้ำหนักของผลผลิตที่ได้จากปัจจัยที่กำหนดให้มีจำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก ได้น้ำหนักของผลผลิตมากกว่าปัจจัยที่กำหนดให้มีจำนวนต้นคะน้า 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก เพราะเมื่อจำนวนต้นต่อหลุมปลูกมีจำนวนน้อย ทำให้สามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการทดลองที่ 2 ปริมาณผลผลิตที่ได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นที่อัตราความหนาแน่นของหลุมปลูกต่างกัน ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในความเป็นจริงการปลูกที่อัตราความหนาแน่นจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม ทำให้ได้ผลผลิตมากกว่าการปลูกที่อัตราความหนาแน่นจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม

อุณหภูมิภายในโรงเรือน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าในระบบ จากการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้น้ำหนักของผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิของสารละลายสูงตามไปด้วย เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารของรากลดลง

ค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทในผักคะน้าในการทดลองที่ 1 สูงกว่าการทดลองที่ 2 เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยที่กำหนดให้มีความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก มีค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทสูงกว่าปัจจัยที่กำหนดให้มีความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้า 2 - 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก เนื่องจากต้นคะน้าสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ดี แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไป ทำให้เกิดการสะสมของธาตุไนเตรทเพิ่มขึ้น สำหรับการทดลองที่ 2 นั้น การปลูกที่อัตราความหนาแน่นจำนวน 15 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม มีค่าการสะสมปริมาณธาตุไนเตรทสูงกว่าการปลูกที่อัตราความหนาแน่นจำนวน 25 หลุมปลูกต่อ 1 ถาดโฟม เช่นกัน ด้วยเหตุผลเดียวกันกับการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กุลชลี งามจี้. 2525 การหาความเข้มข้นของไนเตรทในผักบางชนิดจากตลาด 3 แห่งใน กรุงเทพมหานคร. " วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิต และเทคโนโลยีการผลิต เชิงธุรกิจในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์. 2529. ราสนิมในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. 2547. "การสำรวจเบื้องต้นปริมาณไนเตรทในผักที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินและ/หรือ ผักอนามัยที่จำหน่ายในตลาด". รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการวิจัยดินและ ปุ๋ ยพืชสวน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ทวนทวี. 2532. สวนผัก 2, กรุงเทพฯ, หน้า 264

ยงยุทธ โอสถสภา. 2545. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2527. หลักการผลิตผัก. สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, หน้า 142

อุดม โกสัยสุก. 2530. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิต, กรุงเทพฯ, หน้า 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amr, A. and Hadidi, N. 2001. "Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3^-) and (NO_2^-) content of selected vegetables grown under open filed and greenhouse condition in Jordan." Journal of Food Composition and Analysis. 14 : 59-67.

Maynard, D.N., Barker, A.V., Minotti, P.L. and Peck, N.H. 1976. "Nitrate Accumulation in Vegetables." Advances in Agronomy. 28 : 71-118

Muramoto, J. 1999. Comparison of Nitrate Content in Leafy Vegetables from Organic and Conventional Farms in California. Santa Cruz. USA : center for agroecology and sustainable food systems university of California.

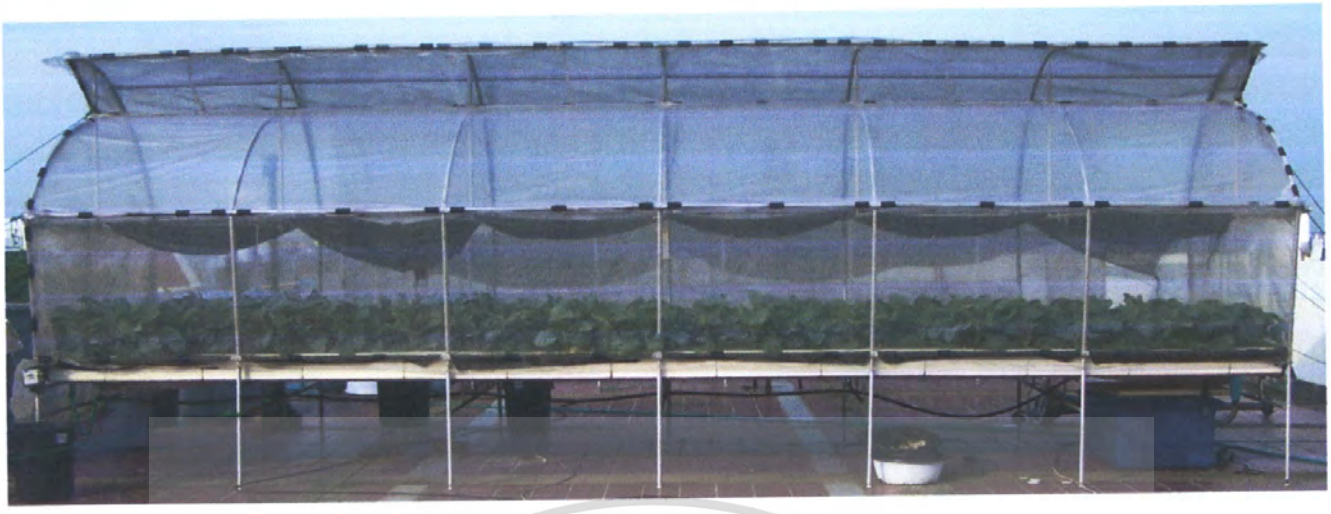
Siomos, A.S. and Dogras, C.C. 1999. "Nitrates in vegetables produced in Greece." J. Vegetable Crop Production. 5(2) : 3-14.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

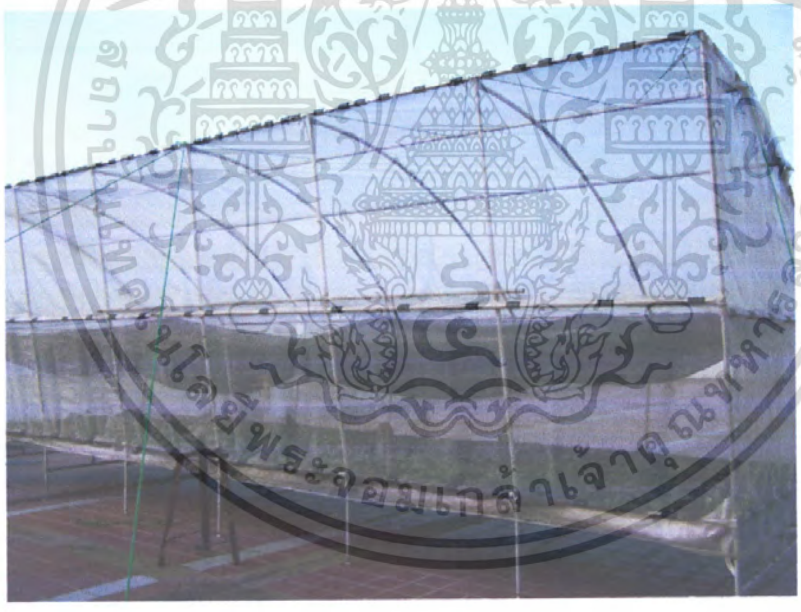
ภาคผนวก ก.

รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

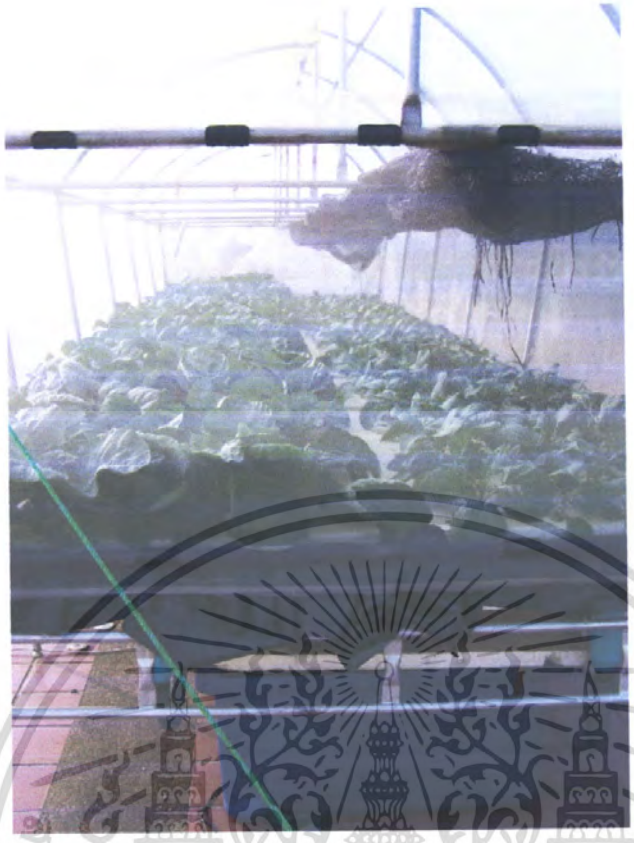


ภาพที่ 1 โรงเรือนกลางแจ้งที่ปลูกในระบบ DRFT (โรงเรือนหลังคาทรงก.ไก่)



ภาพที่ 2 โรงเรือนกลางแจ้งที่ปลูกในระบบ Substrate (โรงเรือนหลังคาทรงแบบเปิด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของผักคะน้าในระบบ DRFT

ภาพที่ 4 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ

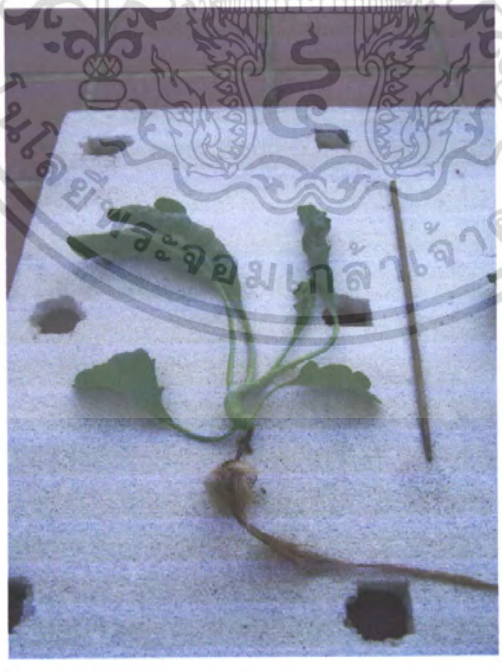
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 ผักคะน้า 1 ต้น

ภาพที่ 6 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูกในระบบ DRFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
ด้านซ้ายมือ น้ำหนักสด 20 กรัม ด้านขวามือ น้ำหนักสด 25 กรัม



ภาพที่ 8 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก น้ำหนักน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 จำนวนคะน้า 1 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสดน้อยที่สุด เทียบกับน้ำหนักสดมากที่สุด

ภาพที่ 10 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสด 95 กรัม

ภาพที่ 12 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสด 200 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก น้ำหนักน้อยที่สุด
น้ำหนักสด 20 กรัม

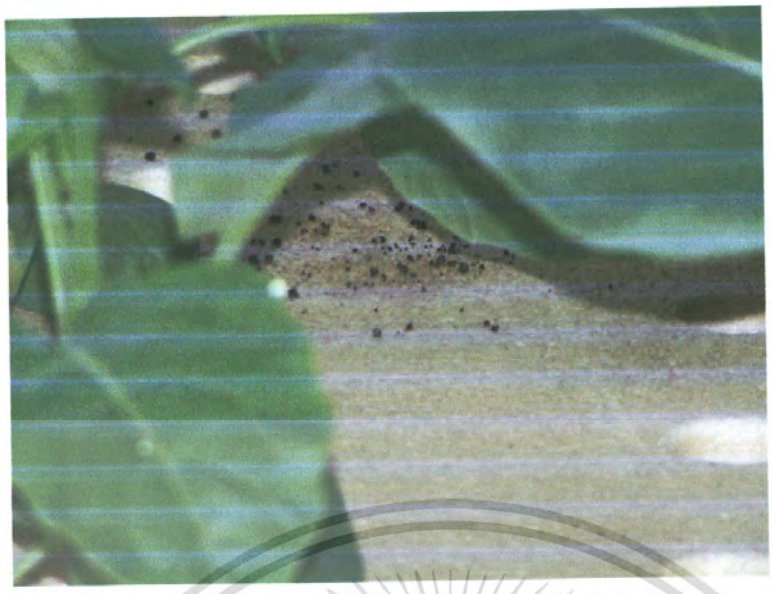
ภาพที่ 14 จำนวนคะน้า 3 ต้นต่อ 1 หลุมปลูก
น้ำหนักสดน้อยที่สุด เทียบกับน้ำหนักสดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 การปลูกคะน้าในระบบ DRFT การทดลองที่ 1 พบแมลงศัตรูพืชมาทำลาย

ภาพที่ 16 ใบผักคะน้าที่ถูกแมลงกัดกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 มูลหนอนที่พบในระบบ DRFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนต้นคะน้าต่อ 1 หลุมปลูก

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ

จำนวนต้น / หลุม	Total (ต่อต้น)	Average (ต่อต้น)	Sum square
จำนวน 1 ต้น / หลุม	10085	115.92	19067.44
จำนวน 2 - 3 ต้น / หลุม	4702.51	58.06	35453.25
t value = -10.1538 **			

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P \geq 0.01$ จากการเปรียบเทียบแบบ T - test

การทดลองที่ 2 เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม ครั้งที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ

จำนวนหลุม / ถาด	Total (ต่อต้น)	Average (ต่อต้น)	Sum square
จำนวน 15 หลุม / ถาด	4885.41	57.47541	110621.35
จำนวน 25 หลุม / ถาด	8318.33	59.8441	145106.49
t value = 0.5069 ns			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P \geq 0.5$ จากการเปรียบเทียบแบบ T - test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การทดลองที่ 2</u> **เรื่องความหนาแน่นของจำนวนหลุมที่ปลูกผักคะน้าต่อ 1 ถาดโฟม ครั้งที่ 2**

<u>ตารางที่ 3</u> **ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ**

จำนวนหลุม / ถาด	Total (ต่อต้น)	Average (ต่อต้น)	Sum square
จำนวน 15 หลุม / ถาด	4969.16	58.46	108653.94
จำนวน 25 หลุม / ถาด	7618.55	55.21	72081.50
t value = -0.8252 ns			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P \geq 0.5$ จากการเปรียบเทียบแบบ T - test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้