

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี  
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง

การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกใน  
ระบบ Nutrient Film Technique  
Role of Soluble Silicon on Chinese Kale Grown in Nutrient Film Technique.

โดย

นางสาว อธิญา ธรรมานุกุลชัย



(อาจารย์ที่ปรึกษา)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนมนันต์ เจนอักษร)



(รองศาสตราจารย์ ดร. วรเดช จันทรร)

หัวหน้าภาควิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่...เดือน...ปี...พ.ศ. ๒๕๕๒

รฟ,

๑ 5๒1ก

๒5๕๒

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 32911

วัน, เดือน, ปี 18 ส.ย. 25๕2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม


ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ถนิตมนันต์ เจนอักษร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และ  
แก้ไขข้อบกพร่อง รวมทั้งเป็นที่ปรึกษาทางวิชาการจนปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มด้วยดี  
ขอขอบคุณ อาจารย์พรหมมาศ อุทากาญจน์ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ทางด้านวิชาการ รวมทั้งเจ้าหน้าที่  
ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความ  
สะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบคุณกำลังใจ และความร่วมมือที่เพื่อนๆ ทุกคนให้มาตลอดระยะเวลาที่ทำ  
ปัญหาพิเศษ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ อาโกว อาเจ็ก อาปา อาแม่ เจ้อ้น และพี่ๆ ทุกคน ที่เสียสละทั้ง  
ร่างกาย แรงใจ กำลังทรัพย์ และให้กำลังใจจนงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

พฤษภาคม 2542



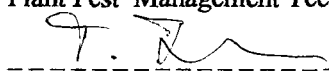
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของคะน้า  
ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique  
โดย : นางสาว อัจฉริญา ธรรมานุกุลชัย  
ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)  
สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช  
อาจารย์ที่ปรึกษา :   
(ผศ.ดร. อนันันต์ เจนอักษร)

### บทคัดย่อ

การศึกษารolesบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มีความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) เป็นกรรมวิธีทดลอง จำนวน 30 ซ้ำ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการซ้ำ 2 ครั้งในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน (คือ 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541 และ 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542) เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ อีกทั้งเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการแสดงออกของบทบาทของสารละลายซิลิคอน และต่อศักยภาพการปลูกคะน้าในระบบ NFT จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า คะน้าสามารถปลูกในระบบ NFT ได้เป็นอย่างดี หากมีการดูแลระบบและจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม สำหรับในด้านบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของคะน้า นั้น ไม่ได้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจนัก กล่าวคือการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิคอน (100 ppm) ไม่ได้ต่างไปจากที่ปลูกในกรรมวิธีเปรียบเทียบเลข (0 ppm) ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานของต่างประเทศ (Bowen *et al.* 1992; Cherif and Belanger, 1992; Cherif *et al.*, 1994a, 1994b; Jiang and Dehong, 1994; Miyake and Takahashi, 1983) ซึ่งส่วนใหญ่จะรายงานถึงผลดีที่ได้รับจากสารละลายซิลิคอน แต่พืชที่ใช้ในการทดลองเป็นพืชต่างชนิดกัน (ส่วนใหญ่จะเป็นแตงกวายุโรป องุ่น และข้าวบาร์เลย์) ยิ่งไปกว่านั้น จากการทดลองซ้ำทั้ง 2 ครั้งนี้ ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Pythium* spp. ในทุกกรรมวิธีทดลองซึ่งอาจส่งผลทำให้บทบาทของสารละลายซิลิคอน ต่อการเจริญเติบโตของคะน้าแสดงออกไม่เด่นชัดนัก (เพราะบทบาทของสารละลายซิลิคอนมี 2 แง่ คือ ในแง่บทบาทด้านการป้องกันโรคพืช และเพิ่มความแข็งแรง) ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่า บทบาทของสารละลายซิลิคอน ต่อการเจริญเติบโตของพืชน่าจะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงขึ้นกับชนิดพืชที่ปลูก อีกทั้งสภาพแวดล้อมยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในระบบ NFT ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Role of Soluble Silicon on Chinese Kale Grown in Nutrient Film Technique  
By : Miss Attchaneya Thanmanukulchai  
Degree : Bachelor of Science (Agriculture)  
Major Field : Plant Pest Management Technology  
Advisor :   
(Assist. Prof. Dr. Tanimnun Jaenaksorn)

### Abstract

Role of soluble silicon on Chinese kale grown in Nutrient Film Technique (NFT) was determined. Complete Randomized Design (CRD) was employed with 30 replications, and two concentrations (0 and 100 ppm) of soluble silicon were the treatments. In order to reassure and reconfirm the results as well as to obtain the general data of environmental effect on plant growth, the experiments were twice-consecutively conducted (5 Nov.-26 Dec. 1998 and 4 Jan.-26 Feb. 1999). From the result, it showed that Chinese kale can be successfully grown in NFT provided that special care on growing system and greenhouse condition has been taken. In terms of soluble silicon role, its beneficial effect on growth of Chinese kale was not achieved from our experiments. That is, growth of Chinese kale in 100 ppm Si added-nutrient solution did not differ from that grown in Control (Si 0 ppm). Meanwhile, the contamination of fungi (such as *Pythium* spp.) was not detected in both treatments throughout the experiments. This may result in unrecognized-role of soluble silicon on growth of Chinese kale in this experiment (since the main beneficial role of soluble silicon has stemmed from the two followings: an offer of protection against fungal disease and an improvement of the plants vigour). To conclude, our result was not in line with other international references (Bowen *et al.*, 1992 ; Cherif and Belanger, 1992; Cherif *et al.*, 1994a, 1994b; Jiang and Dehong, 1994; Miyake and Takahashi, 1983) mostly reported on the benefit of soluble silicon on plant growth. However, their tested crops were different from ours. The reason for the conflicting data, maybe, partly due to the specificity of soluble silicon role for plant species. Moreover, the environment condition also greatly affected the growth of crop in NFT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญรูป	III
สารบัญภาคผนวก	IV
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์ และวิธีการ	11
ผลการทดลอง และวิจารณ์	24
สรุปผลการทดลอง	35
ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงการเจริญเติบโตของคะน้า เมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ (ความสูง จำนวนใบ ความกว้าง และ ความยาวใบ เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 1 และ 2	31
2.	แสดงความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก ที่เกิดขึ้นกับคะน้าที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) ตรวจสอบตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 1 และ 2	32



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงลักษณะรากปลุก	18
2. แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมปลุก	19
3. แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลา	20
4. แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม	21
5. แสดงการตรวจหาเชื้อ <i>Pythium</i> spp. จากสารละลายธาตุอาหาร	22
6. แสดงการย้ายต้นคะน้าที่มีอายุ 2 สัปดาห์ลงระบบปลุก	23
7. การเจริญเติบโตของคะน้า (ภาพ ก, ข, ค, ง, จ, และ ฉ ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ) ที่ปลุกในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 1 (5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541)	26
8. การเจริญเติบโตของคะน้า (ภาพ ก, ข, ค, ง, จ, และ ฉ ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ) ที่ปลุกในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 2 (4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)	27
9. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นคะน้าที่ปลุกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541)	28
10. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นคะน้าที่ปลุกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 2 (4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)	29
11. ลักษณะความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก	30
12. การเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลุกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลองที่ 1 : 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541 และ การทดลองที่ 2 : 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)	33
13. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของคะน้า (น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง) ที่ปลุกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลองที่ 1 : 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541 และ การทดลองที่ 2 : 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)	34

## สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แสดงสูตรสารละลายธาตุอาหาร (Benoit, 1992) ที่ใช้ในการทดลอง	41
2	แสดงการเจริญเติบโตของคะน้า (ความสูง, จำนวนใบ)ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน-28 ธันวาคม 2541)	42
3	แสดงการเจริญเติบโตของคะน้า (ขนาดของใบ)ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน-28 ธันวาคม 2541)	43
4	แสดงการเจริญเติบโตของคะน้า (ความสูง, จำนวนใบ)ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 2 (4 มกราคม-26 กุมภาพันธ์ 2542)	44
5	แสดงการเจริญเติบโตของคะน้า (ขนาดของใบ)ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 2 (4 มกราคม-26 กุมภาพันธ์ 2542)	45
6	ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน-28 ธันวาคม 2541)	46
7	ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (4 มกราคม-26 กุมภาพันธ์ 2542)	47
8	อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน-28 ธันวาคม 2541)	48
9	อุณหภูมิแสงภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (4 มกราคม-26 กุมภาพันธ์ 2542)	49
10	อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)	50

- |    |  |    |
|----|--|----|
| 11 | อุณหภูมิต่ำลงอย่างรวดเร็ว ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)                       | 51 |
| 12 | ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน โรงเรือนที่ทำการปลูกคะน้า ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541) | 52 |
| 13 | ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน โรงเรือนที่ทำการปลูกคะน้า ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542) | 53 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

พืชผักมีความสำคัญต่อมนุษย์ โดยมนุษย์ปลูกผัก เพื่อเอาไว้บริโภค และจำหน่ายเพื่อหารายได้ไปในตัว จึงมีการพัฒนาพันธุ์ใหม่ขึ้นมาตามลำดับ อีกทั้งผักยังมีความอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ซึ่งทำให้ขบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการที่มนุษย์บริโภคผักผักกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้ผักมีมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาลต่อประเทศเกษตรกรรมต่างๆ ทั่วโลก ส่วนในประเทศไทยรายได้จากการส่งออกพืชผักไปขายยังต่างประเทศในปี พ.ศ.2535 มีมูลค่าถึง 5,544.9 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 8,264.4 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2539 โดยค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตในช่วง 5 ปีดังกล่าวมีถึง 10.7 เปอร์เซ็นต์ (ปราโมทย์, 2540) ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ทำให้เกษตรกรบางกลุ่มยังคงใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้ามาใช้ในการเกษตร ถึงแม้สารเคมีดังกล่าวจะมีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจได้ เนื่องจากลดการเข้าทำลายของศัตรูพืชต่างๆ แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อใช้มากเกินไปก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต และสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค จากพิษภัยของสารเคมีข้างต้น ทำให้ประเทศคู่ค้าและคู่แข่งผลผลิตทางการเกษตรเข้มงวดในการตรวจสอบคุณภาพ และจับตาการเกษตรของประเทศไทย และเป็นสาเหตุในการกีดกันสินค้าเกษตรที่นำเข้ามาจากประเทศไทย โดยใช้ปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิต และการเข้าทำลายสภาพแวดล้อมเป็นข้ออ้าง ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรทั้งสถาบันการศึกษา และหน่วยงานราชการพยายามส่งเสริมให้เกษตรกร ลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อป้องกันการทำลายสภาพแวดล้อมเป็นหลัก

ดังนั้นแนวทางหนึ่งเพื่อลดปัญหาจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช คือการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาใช้ เนื่องจากระบบการปลูกพืชแบบนี้ เป็นระบบการปลูกที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้ เพราะทำการเพาะปลูกในโรงเรือนมิดชิด สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่างๆ และยังเป็นทางเลือกหนีโรคที่ติดมากับดินที่ปลูกจากข้อดีต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วทำให้เป็นที่ยอมรับ และเป็นที่ยอมรับหลายในต่างประเทศ เช่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม อังกฤษ เดนมาร์ก แคนาดา และญี่ปุ่น (Benoit, 1992 ; Cooppr, 1980 ; Ikeda, 1989 ; Resh, 1981)

สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาถึงเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กับ แดงแคนดาบูล แดงเทส แดงวายุยุโรป (กระบวน, 2536; พรหมมาศ และคณะ, 2539; ศุภชัย และถนิมนันต์, 2538) และนอกจากนี้ยังได้มีการนำมาดำเนินการธุรกิจบ้างแล้ว ซึ่งกำลังได้รับความสนใจอย่างสูง โดยนำไปใช้ในการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ เช่น คะน้า ดั่งโฮ มะเขือเทศ ผักกาดเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพืชผักเมืองหนาวชนิดในตระกูลผักกาดหอม เช่น พันธุ์บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค บัตตาเวีย เป็นต้น ซึ่งสามารถส่งขายได้ในราคาสูง และคุณภาพดี (คำนึ่ง, 2531; ปราโมทย์, 2541)

แม้ในปัจจุบันวิวัฒนาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กำลังได้รับความนิยมอย่างสูงทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย แต่ปัญหาที่มักประสบคือ ถ้าหากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้รับการปฏิบัติและดูแลไม่สมบรูณ์ถูกต้อง อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคพืชเข้ามาในระบบ เช่น เชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคโคนเน่า โรครากเน่า โอกาสการแพร่กระจายเชื้อจะทั่วถึงกันหมด โดยเฉพาะระบบที่มีการหมุนเวียนนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาหาแนวทางป้องกันกำจัดโรคพืชในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ในกรณีที่มีปัญหาเรื่องโรคพืชเกิดขึ้น) อีกทั้งปัจจุบันยังไม่มีรายงานว่ามีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดใดผสมลงในสารละลายธาตุอาหารในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเลย เพราะอาจทำให้เกิด Phytotoxicity ขึ้นได้ จึงได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติของสารละลายซิลิโคน เนื่องจากมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย จึงนำมาใช้ทดแทนสารเคมีป้องกันกำจัดโรคดังกล่าว และผลจากการศึกษาของนักวิจัยสามารถยืนยันได้ว่าถ้าเพิ่มการดูดซึมสารละลายซิลิโคนให้แก่พืชสามารถป้องกันหรือยับยั้งโรคที่เกิดแก่พืชปลูกได้ และเพิ่มการเจริญเติบโตให้แก่แตงกวายุโรป องุ่น และข้าวบาร์เลย์ (Belanger *et al.*, 1995 ; Carver *et al.*, 1997 ; Jinng and Dehong, 1994)

ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้จะมุ่งเน้นถึงบทบาทของสารละลายซิลิโคนต่อการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique เพื่อศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ในการเจริญเติบโตของคะน้าในระบบ Nutrient Film Technique และบทบาทของสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ที่ผสมในสารละลายธาตุอาหาร ในการป้องกันโรคที่ปนเปื้อนเข้ามาในระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการปลูกพืช โดยไม่ใช้ดินต่อไปในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาแนวทาง และความเป็นไปได้ของการปลูกคะน้ำในระบบ Nutrient Film Technique
2. ศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของคะน้ำ และการควบคุมโรคโคนเน่ารากเน่า ในระบบ Nutrient Film Technique



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

### คะน้า (Chinese kale)

#### ลักษณะทั่วไป

คะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยถูกนำมาจากเอเชียไมเนอร์ (คาบมหาสมุทรในเอเชียตะวันตก ระหว่างทะเลดำกับทะเลเมดิเตอร์เรเนียน) ไปสู่อินเดีย และจีนเป็นเวลานานจนได้รับความนิยม ส่งผลให้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศของเอเชีย เช่น ไทย จีน ฮองกง สิงคโปร์ ฯลฯ คะน้าเป็นผักสดประจำวันของชาวไทยที่นิยมบริโภคกันมากทั่วประเทศ โดยสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ปลูกง่าย มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น และมีคุณค่าทางอาหารสูง ผักคะน้า 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 7540 IU วิตามินซี 115 มก. แคลเซียม 62 มก. เหล็ก 2.2 มก. และ Thiamine (Siemonsma and Pilcuk, 1994)

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

คะน้าเป็นพืชในตระกูลเดียวกับกะหล่ำปลี และผักกาดต่างๆ คือ Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *acephala* หรือ *Brassica alboglabra* Bailey โดยมีความทนทานมากที่สุด ในพวก Cruciferous Crop ด้วยกัน บางพันธุ์สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ถึง -10 ถึง -15 องศาเซลเซียส และบางพันธุ์สามารถทนทานต่อช่วงแล้ง และอุณหภูมิสูงได้พอสมควร ผักคะน้าเป็นผักอายุ 2 ปี (Biennial) แต่นิยมปลูกเป็นผักอายุปีเดียว (Annual)

#### ราก

เป็นระบบรากแก้ว

#### ลำต้นและ ใบ

ลำต้นมีลักษณะตั้งตรงใบเป็นแบบ Simple leaf มีหูใบที่ฐานใบ 1 คู่ ไม่มี Stipule leaf ด้านใบยาวมีการจัดเรียงแบบสลับ ใบอ่อนไม่มีขน

#### ช่อดอก และดอก

มีช่อดอกแบบ Corymbose raceme คือ มีดอกตูมรวมเป็นกลุ่มอยู่บนส่วนยอดของช่อดอก ดอกเล็กแต่มีจำนวนมาก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ แบบ regular type

#### การผสมเกสร

คะน้าจัดเป็นพืชพวกผสมข้าม

#### ผล

ฝักรูปเรียวยาว โดยเฉลี่ยมี 275 ฝัก/ต้น แต่อาจถึง 400 ฝัก หากต้นสมบูรณ์ดี

#### เมล็ด

เมื่อแก่เต็มที่จะมีลักษณะค่อนข้างกลม มีสีน้ำตาลจนถึงดำ เปลือกเมล็ดไม่มีสันหรือ ร่องยาวผ่านกลางเมล็ด เมล็ดที่สมบูรณ์เต็มที่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.14 เซนติเมตร

#### พันธุ์ที่ใช้ปลูก

คะน้าที่ปลูกอยู่ในประเทศไทย จำแนกได้ 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่น้ำใบ : มีลักษณะใบมนกว้าง ผิวใบค่อนข้างเป็นคลื่น ใบสีเขียวอ่อน ต้นอวบหนา ข้อดี ผลผลิตสูง นิยมใช้ใบประกอบอาหาร พันธุ์ที่รู้จักคือ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์ฝางเบอร์ 2 ซึ่งมีใบสีเขียวอมฟ้ามีนวล ด้านทานต่อโรคราน้ำค้างได้ดีพอสมควร หากปลูกในที่ที่มีอากาศเย็นให้ผลผลิตสูงมาก โดยเฉลี่ยให้ผลผลิตสด 2,400 กิโลกรัมต่อไร่
2. ค่น้ำก้านหรือค่น้ำยอด : พันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบัน คือ พันธุ์แม่ใจ (สายพันธุ์ PL20; Pointed Leaf #20) ซึ่งปรับปรุงพันธุ์จากค่น้ำพันธุ์ก้านของไต้หวัน ลักษณะเด่นคือ ลำต้นไม่แตก มีคุณภาพดี ส่วนกลางป่องใหญ่ ใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งชี้ขึ้น ก้านใบบาง และช่วงข้อยาว น้ำหนักส่วนที่เป็นต้นและก้านมากกว่าใบ  
ค่น้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ มีดอกสีขาว เมื่อตัดฝักจะมีเมล็ดตั้งแต่ 10-15 เมล็ดต่อฝัก ในแต่ละต้นจะมีฝักตั้งแต่ 250 – 400 ฝัก

### ฤดูปลูกที่เหมาะสม

ผักค่น้ำสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม – เมษายน

### สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ประเภทดิน : เจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด แต่ชอบดินที่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย

ความเป็นกรดด่าง : 5.5 – 6.8

อุณหภูมิ : สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

แสงแดด : แสงแดดเต็มวันตลอดวัน

### การเก็บเกี่ยว

1. ค่น้ำใบ อายุเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ 50 - 55 วัน หลังจากหว่านลงในแปลง
2. ค่น้ำก้านหรือค่น้ำยอด อายุเก็บเกี่ยว คือ 45 – 48 วัน ขนาดต้นสูงเฉลี่ย 33.4 cm. เส้นผ่าศูนย์กลางต้นส่วนใหญ่ที่สุด 2 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9 ใบ (มาโนช และ อติศักดิ์, 2536)

### Nutrient Film Technique (NFT)

เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบหนึ่งโดยมีหลักการคือ ให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากเป็นฟิล์มบางๆ ซึ่งรากพืชสามารถดูดซึมเอาแร่ธาตุไปใช้ได้มากขึ้น การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ ต้นพืชที่ปลูกในระบบนี้อาจจะต้องมีการใช้วัสดุมาพยุงต้นกล้าไว้ด้วย มีการจัดวางรางปลูกให้มีความลาดเอียงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้การไหลของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายไม่มีน้ำแข็งในรางปลูก ความยาวของรางขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศในเขตร้อนไม่ควรเกิน 10 เมตร เพราะทำให้มีการสะสมความร้อน และออกซิเจนละลายตัวได้ช้า สำหรับรางปลูกอาจใช้ท่อพีวีซี รางพลาสติก สังกะสี หรือ อลูมิเนียมก็ได้ ถ้าเลือกใช้ท่อพีวีซี ควรใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 นิ้ว ซึ่งจากนั้นสารละลายธาตุอาหารจากรางปลูกจะไหลตกลงในถังเก็บสารละลาย ช่วยเพิ่มการละลายของออกซิเจนในสารละลายด้วย

### ข้อดีและข้อเสียของระบบ NFT

#### ข้อดี

1. ระบบการให้สารละลายแก่พืช ไม่ยุ่งยาก
2. ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ เนื่องจากระบบนี้จะมีการให้น้ำแก่พืชตลอดเวลา
3. เป็นระบบที่มีการใช้น้ำ และธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด
4. ทำการป้องกันกำจัดเชื้อโรคพืชในสารละลายได้สะดวก

#### ข้อเสีย

1. ราคาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ถ้าใช้ขาตั้งทำด้วยโลหะ
2. เป็นระบบที่ต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะมีโอกาสที่ระบบจะเสียได้ง่าย และพืชจะถูกกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง และรวดเร็ว
3. มีปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของอุณหภูมิของสารละลาย โดยเฉพาะประเทศเขตร้อนจะมีผลต่อการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายลดลง ซึ่งแก้ไขโดยลดความยาวของรางปลูก หรือให้อากาศแก่ถังสารละลาย
4. จากการให้สารละลายจากถังเดียวกัน แล้วไหลผ่านรากหมุนเวียน หากระบบเกิดการติดเชื้อขึ้น โอกาสการแพร่กระจายเชื้อจะทั่วถึงกันหมด

#### การปลูกพืชในระบบ NFT ร่วมกับการใช้วัสดุปลูก

ปัญหาสำคัญในการปลูกพืชในระบบ NFT คือ การสะสมของอุณหภูมิในรางปลูกดังนั้นจึงมีการตัดแปลง นำก้อนวัสดุปลูกเช่น rock wool ช่วยในการปลูกพืช เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริเวณรากพืช (อิทธิสุนทร, 2538)

### การปลูกพืชระบบ NFT ในต่างประเทศ

Knoot *et al.* (1990) ได้กล่าวถึงการพัฒนาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินว่า ในปัจจุบันมีการตัดแปลงระบบการจ่ายสารละลายโดยใช้ระบบความดันให้สารละลายไหลผ่านรางขนาดเล็กไปอย่างช้าๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลาและได้นำระบบดังกล่าวไปพัฒนาเพื่อนำไปปลูกในยานอวกาศ เนื่องจากเป็นระบบที่มีความกระชับที่สามารทำให้ผลผลิตในปริมาณที่มากในสถานที่ที่มีพื้นที่จำกัด

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยของหลายประเทศนำระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อปรับปรุงให้พืชสามารถเพิ่มผลผลิตทางด้านคุณภาพและปริมาณ

Yoshihiro (1991) รายงานถึงการทดลองศึกษาอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร และ การใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเพิ่มน้ำหนักสดของผลผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในการทดลองด้วย

Lim (1993) ได้ทำการศึกษาระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating ในการปลูกต้นคะน้า โดยปรับ pH 5.5- 6.0 และ EC 2.5- 3 mS/cm และทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างต้นที่ปลูกในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุม กับ โรงเรือนที่ไม่มีหลังคาปกคลุม พบว่า ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นคะน้า โดยส่งผลถึงน้ำหนักสด และปริมาณผักคะน้าที่สามารถนำออกจำหน่ายได้เท่ากับ 86- 90 เปอร์เซ็นต์ ในโรงเรือนที่ไม่มีหลังคาปกคลุมซึ่งได้รับแสงเต็มที่ โดยจะแตกต่างกับโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุม ซึ่งได้ผลที่น้อยกว่า

## เชื้อปนเปื้อนที่ตรวจพบในระบบ NFT

แม้การปลูกพืชโดยใช้ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่วนใหญ่จะไม่เกิดปัญหามากเท่ากับการปลูกพืชโดยใช้ดิน แต่อย่างไรก็ตาม ในการนำวัสดุปลูกมาใช้แทนดิน และการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ หากเกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคเข้ามาในระบบ จะสามารถแพร่กระจายไปได้ทั้งระบบอย่างรวดเร็ว จึงเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้พืชปลูกเสียหายได้

Price and Nolan (1984) ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราบางชนิดในโรงเรือนการปลูกพืชที่ใช้ระบบ NFT แห่งหนึ่งในรัฐวิกตอเรีย ประเทศออสเตรเลีย พบว่า เชื้อ *Pythium* และ *Fusarium* จะมีการแพร่กระจายที่แตกต่างกัน

Mac Donald *et al.* (1994) ได้ทำการสำรวจปริมาณเชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae ในโรงเรือนแถบแคลิฟอร์เนียที่มีการหมุนเวียนน้ำเอาเข้าและสารละลายธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ พบว่าปริมาณของเชื้อจะมีความผันแปรแตกต่างกันไปในแต่ละโรงเรือน แต่ส่วนใหญ่จะพบเชื้อ *Pythium* ในปริมาณที่มากกว่า *Phytophthora*

พรหมมาศ และคณะ (2539) ได้กล่าวถึงการแยกเชื้อราในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร และใช้วัสดุปลูก 3 ชนิดคือ Polyurethane (PUR), rockwool และขุยมะพร้าวในการปลูกแตงกวายุโรป พบว่าสามารถแยกเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ในระบบจากวัสดุปลูก น้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย และสารละลายธาตุอาหารรวมทั้งสิ้น 12 genera คือ *Aspergillus* spp., *Emericella* sp., *Fusarium* sp., *Mortierella* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* spp., *Pythium* spp., *Rhizopus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sp., *Saprolegnia* sp., *Sartorya* sp., *Syncephalastrum* sp., และ *Trichoderma* sp. ส่วนการตรวจแยกเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรค เช่น *Fusarium* sp. และ *Pythium* sp. จะตรวจพบว่ามี การแพร่กระจายแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ และ วัสดุปลูกที่ใช้

### การศึกษาบทบาทการละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของพืชรวมทั้งการป้องกันกำจัดโรคพืช

ในอดีต ได้มีการนำสารสกัดจากต้นหางม้า (*horsetail*, *Equisetum arvense* L.) มาใช้ราดดินหรือฉีดพ่น เพื่อป้องกันกำจัดโรคโคนต้นกล้าเน่า (*damping off*) และโรคราแป้งขาว (*Powdery mildew*) ซึ่งพบว่าในเนื้อเยื่อดังกล่าวมีปริมาณซิลิคอน (Silicon : Si) อยู่สูงมาก คือมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อนำมาบดละลายน้ำจะสกัดได้สารประกอบ Sodium silicate (Belanger *et. al.*, 1995)

ปัจจุบัน Potassium silicate ได้มีจำหน่ายเป็นการค้าในตลาดยุโรปสำหรับอุตสาหกรรมการปลูกพืชในสภาพโรงเรือน ผู้ปลูกได้นำสารละลายซิลิคอนมาใช้มากขึ้น จากการทดลองใช้ Potassium silicate ที่มีความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium ultimum* ในระบบ Hydroponics พบว่าที่ความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับ จะมีผลทำให้ปริมาณรากถูกทำลายน้อยลง เปอร์เซ็นต์การตาย และความสูญเสียของผลผลิตเนื่องจากเชื้อดังกล่าวลดลง การใช้ Potassium silicate ยังมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของรากมากขึ้น จำนวนผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตดีกว่าด้วย (Cherif and Belanger, 1992)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาถึงบทบาทของซิลิคอน พบว่าซิลิคอนสามารถชักนำให้พืชสร้างกลไกป้องกันตัวเอง เพื่อตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา ซึ่งการตอบสนองนี้เป็นผลให้เกิดการกระตุ้น กระบวนการทางเคมีต่างๆ ให้มีปฏิกิริยาเร็วขึ้น แสดงให้เห็นว่า ซิลิคอนนี้มีคุณสมบัติเป็น fungistatic ที่ยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium ultimum*, *P. aphanidermatum* และ *Cladosporium cucumerinum* ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดโรคพืช ในแง่ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ (Cherif *et al.*, 1994a)

Miyake และ Takahashi (1983) รายงานว่า แดงกวางที่ปลูกในระบบ Hydroponics ที่ treat ด้วยซิลิคอน (100 ppm  $\text{SiO}_2$ ) และไม่มีซิลิคอน ทั้งสองกรณีเจริญเติบโตปกติ แต่เมื่อต้นแดงที่ไม่ได้รับการ treat ด้วยซิลิคอน (แตกใบประมาณ 8-9 ใบ) จะมีรูปร่างผิดปกติ เช่น หงิกงอ และการเจริญเติบโตช้า ในกรณีที่รุนแรง ต้นแดงดังกล่าวจะเริ่มแห้งจากใบล่างขึ้นไปสู่ใบข้างบน โดยรวมการเจริญเติบโตของต้นแดงที่ไม่ได้รับซิลิคอน จะมีลักษณะด้อยกว่าต้นแดงที่ได้รับซิลิคอนอย่างเห็นได้ชัด เช่น ความสมบูรณ์ของละอองเกสร ต้นแดงที่มีซิลิคอน (100 ppm  $\text{SiO}_2$ ) และปริมาณความเข้มข้นของซิลิคอนบนใบ สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นแดงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสาร และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของโรค Powdery mildew

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเพิ่มเติมถึงอิทธิพลของซิลิโคนในรูปของ Potassium silicate และ Sodium silicate ต่อบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของโรครากเน่าแฉะกว้านเกิดจากเชื้อ *Pythium aphanidermatum* เชื้อ *Sphaerotheca fuliginea* บนแตงกวา เชื้อ *Erysiphe cichoracearum* บน Zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) โรค Powdery mildew ใน muskmelon (*C. melo* L.) นอกจากพืชตระกูลแตงคังกล่าวแล้วยังได้มีการศึกษากับ รากและใบองุ่น (*Vitis vinifera* L.) เพื่อควบคุมโรคราแป้งขาว (*Uncinula necator*) ซึ่งความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพคือ 1.7 mM. (100 ppm) ได้แสดงให้เห็นว่า สามารถลดการตาย และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจากโรคดังกล่าว อีกทั้งยังช่วยในการเจริญเติบโตของพืชทำให้เพิ่มผลผลิต และน้ำหนักแห้ง (Bowen *et al.*, 1992; Cherif *et al.*, 1994b; Menzies *et al.*, 1992)

Jiang and Dehong (1994) ยังได้ศึกษาอิทธิพลของ Silicon ที่ส่งผลให้ข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีการเจริญเติบโตของเซลล์พืช เจริญอย่างรวดเร็วมาก และเพิ่มคุณให้มีความต้านทานต่อโรค Powdery mildew ที่เกิดจากเชื้อ *Erysiphe graminis* แต่ถ้าวเพิ่ม Silicon ให้สูงขึ้นจะช่วยทำให้ผลผลิตสูงขึ้น

ซึ่งก่อนหน้านี้ได้มีศึกษาถึงความเข้มข้นต่างๆของสารละลายซิลิโคนต่อโรคราแป้งขาวแตงกวาข้างต้นจะพบว่า จำนวนโคโลนีของเชื้อราต่อใบ พื้นที่โคโลนีต่อใบ และการงอกของ conidia จะลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซิลิโคนพื้นที่ของแต่ละโคโลนีจะลดลง เมื่อความเข้มข้นของซิลิโคนเพิ่มขึ้นจาก 0.05 ไปเป็น 4.10 mM. ซึ่งสามารถช่วยลดการติดเชื้อโรคได้ (Menzies *et al.*, 1991)

ต่อจากนั้นได้มีรายงานเพิ่มเติมถึงบทบาทของสารละลายซิลิโคน พบว่า การกระจายตัวของซิลิโคน บนผิวใบแตงกวา (*Cucumis sativas* L.) ที่ปลูกในระบบ Hydroponics เมื่อเพิ่มสารละลายซิลิโคน และตรวจสอบด้วยเครื่อง scanning electron microscopy ร่วมกับ energy dispersive X-ray analysis ตรวจพบซิลิโคนสะสมอยู่ในบริเวณเซลล์ฐานของ trichome (ขนบนใบ) ระหว่างการติดเชื้อของ *Sphaerotheca fuliginea* มีการงอกของ hyphae บนพืชอาศัยมีการเปลี่ยนแปลง ทางสัณฐานวิทยา และความเข้มข้นสะสมของซิลิโคน ขนาดที่วัดได้ของความกว้างเส้นใยต่อโคโลนีของเชื้อรา ที่เจริญเมื่อมีการ treat ซิลิโคนบนพืช มีขนาดเล็กกว่า โคโลนีของเชื้อราในพืช Control และในระยะแรกจนถึงสิ้นสุดการติดเชื้อ พบซิลิโคนรอบๆ โคโลนี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Samuels *et al.*, 1991)

นอกจากการศึกษถึงบทบาทของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อพืชแล้ว ยังได้มีการศึกษากับเชื้อโดยตรงด้วย โดยบทบาทของสารละลายซิลิโคนที่มีผลต่อเชื้อรา *Fusarium oxysporum* พบว่าสารละลายซิลิโคนมีผลในการยับยั้งการเจริญ ทั้งทางด้าน vegetative growth และ reproductive growth

โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิติคอนที่ 3000 ppm สามารถชะลอการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ดีที่สุด (รัตติยา, 2541)

นอกจากนี้ยังมีการนำหลักการอื่นๆ ในการป้องกันกำจัดโรคพืชมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ได้แก่

จากการทดสอบใช้เครื่องกรองในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* ในต้นแตงกวาที่ปลูกในระบบ Hydroponics โดยการนำ suspension ที่มี zoospores ของเชื้อ *P. aphanidermatum* ใส่ลงในระบบ พบว่าต้นพืชที่ปลูกในสารละลายที่ไม่มีเครื่องกรองจะตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 3 วัน ต้นพืชที่ปลูกในสารละลายที่ผ่านเครื่องกรองขนาด 20 ไมครอนจะมีชีวิตรอดจนถึงวันที่ 7 ในขณะที่ต้นพืชที่ปลูกในสารละลายที่ผ่านเครื่องกรองทั้งสองขนาดคือ 20 และ 70 ไมครอน ต้นพืชสามารถมีชีวิตรอดได้จนถึงวันที่ 14 (Goldberg et al., 1992)

จากการศึกษาใช้แบคทีเรีย *Pseudomonas corrugata* (Isolate Pc. 13 และ Pc. 35) และ *Pseudomonas fluorescens* (Isolate PF 15, PF 16 และ PF 27) ในการควบคุมโรครากเน่าของแตงกวาที่เกิดจากเชื้อ *Pythium ultimum* ในระบบ Hydroponics โดยการนำ suspension ของแบคทีเรีย 5 isolate ใส่ลงไปในระบบ Hydroponics ก่อนการ inoculate เชื้อ *P.ultimum* เป็นเวลา 6 วัน พบว่าต้นพืชที่ได้รับการ treat ด้วย Pc 13 Pf 15 และ Pf 27 มีอัตราการเหี่ยวน้อยกว่าต้นแตงที่ treat Pc 13 และ Pf 15 จะให้ผลผลิตสูงกว่าต้นแตงที่ไม่ได้ treat ด้วยแบคทีเรียถึง 88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการทดลองอีกครั้ง โดย treat ด้วยแบคทีเรีย 3 ครั้ง คือก่อนการ inoculate เชื้อ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในขณะที่ inoculate เชื้อ และหลังจาก inoculate เชื้อ 1 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าต้นแตงที่ treat ด้วยแบคทีเรีย จะให้ผลผลิตสูงกว่าที่ไม่ treat เกือบ 6 เท่าตัว เมื่อทำการตรวจนับปริมาณ zoospores ในสารละลายพบว่ามี zoospores ประมาณ 100 - 300 zoospores /มล. ในขณะที่สารละลายที่ได้แบคทีเรีย suspension ไม่พบ zoospores เลย (Rakin and Pauliltz, 1994)

**สถานที่ทำการทดลอง** : โรงเรือนปลูกพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ระยะเวลาทำการทดลอง** : การทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)  
การทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการย้ายสารละลาย
  - 1.1 ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารขนาด 80 ลิตร จำนวน 2 ถัง
  - 1.2 ปืนน้ำ
  - 1.3 ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว
  - 1.4 ท่อ PE ขนาดเล็ก
  - 1.5 EC meter
  - 1.6 pH meter
  - 1.7 Electrical timer
  - 1.8 Electronic interrupter
  - 1.9 แผ่นโฟมปิดราง
  - 1.10 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูก
  - 2.1 เมล็ดพันธุ์คะน้าพันธุ์ใบ
  - 2.2 ถาดเพาะกล้า
  - 2.3 กระบอกลี้น้ำ
  - 2.4 กระดาษทิชชู
  - 2.5 กระจกปลูกพลาสติกขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว สูง 2 นิ้ว
  - 2.6 ฟองน้ำอัด
  - 2.7 สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit (Benoit , 1992)
  - 2.8 สารละลายซิลิโคน ( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$ ), a.i.  $\approx 27\%$
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางสภาพแวดล้อม
  - 3.1 เทอร์โมมิเตอร์
  - 3.2 เครื่องวัดความเข้มแสง
  - 3.3 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ และความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. อุปกรณ์ที่ใช้ในทางด้านโรคพืช

- 4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 4.2 กล้องจุลทรรศน์
- 4.3 อาหารสำหรับแยกเชื้อรา PDA + BNPR + rose bengal (จิระเดช และ คณะ, 2534)
- 4.4 อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)
- 4.5 เมล็ดแตงกวา

#### วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีการเติมสารละลายซิลิโคน (0 ppm) กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่เติมสารละลายซิลิโคน (100 ppm) โดยแต่ละกรรมวิธีมี 30 ซ้ำ การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองซ้ำ 2 การทดลองต่อเนื่องกัน โดยมีขั้นตอนรายละเอียดของการทดลองจะเหมือนกันทุกประการ แตกต่างกันตรงที่ การทดลองที่ 2 อัตราสารละลายที่ให้ต่อนาฬิกาจะต่างกัน โดยในการทดลองที่ 1 จะให้ในอัตรา 900 มล. ต่อนาฬิกา แต่ในการทดลองที่ 2 ให้ในอัตรา 400 มล. ต่อนาฬิกา และมีการเพิ่มปริมาณความเข้มข้น โดยลดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ให้ลงมาใกล้รางปลูกมากขึ้นกว่าการทดลองที่ 1 โดยมีรายละเอียดของวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

##### 1. การเตรียมระบบการปลูก

นำรางปลูกพีชเตรียมจากท่อ PVC (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาว 4 เมตร) ผ่าซีกจำนวน 4 ราง และนำรางมาวางบนขาตั้งพร้อมปรับให้มีความลาดเอียง 2 เปอร์เซ็นต์ตามแนวระดับ เพื่อให้สารละลายไหลลงสู่ถังเก็บสารละลาย ใช้แผ่นโฟมขนาดกว้าง (ยาวเท่ากับราง) ใช้ปิดด้านบนของรางไม่ให้แสงส่องโดนสารละลาย (เพื่อป้องกันการออกซิเดชันของธาตุเหล็ก อีกทั้งยังเป็นการป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำในรางปลูก) และบนแผ่นโฟมดังกล่าวมีการเจาะเป็นรูกลมขนาดพอดีที่จะวางกระถางปลูกแต่ละกระถางห่างกัน 15 ซม. ซึ่งจะได้ 15 กระถาง/ราง 2 ราง/1กรรมวิธี ต่อท่อ PE กับปั๊มมายังรางปลูก เพื่อให้สารละลายไหลลงสู่ราง และต่อระบบเข้ากับ interrupter เพื่อตั้งเวลา โดยให้สารละลาย 24 นาที สลับกับหยุด 4 นาที โดยในการทดลองที่ 1 กำหนดการจ่ายสารละลายธาตุอาหารพีชในอัตรา 900 มิลลิลิตร/ราง/นาที การทดลองที่ 2 กำหนดการจ่ายสารละลายธาตุอาหารพีชในอัตรา 400 มิลลิลิตร/ราง/นาที และทำการติดตั้งหลอดไฟเหนือระบบปลูกพีช เพื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น โดยให้แสงสว่างวันละ 8 ชั่วโมง ใช้ timer เป็นตัวควบคุมการปิดเปิด และในการทดลองที่ 2 ได้ลดระดับความสูงของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นให้มากขึ้นอีก (รูปที่ 1, 2 และ 3)

##### 2. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพีช

การเตรียมสารละลายโดยทั่วไปควรเตรียมจากน้ำที่บริสุทธิ์มีสารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายเจือปนอยู่น้อย เช่นน้ำฝน น้ำกรอง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำ RO (Reverse Osmosis) เป็นน้ำที่ผ่านการกรองและแยกแร่ธาตุ ซึ่งค่อนข้างบริสุทธิ์ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร โดยการทดลองนี้จะทำตรวจสอบค่า pH และค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารทุกๆ สัปดาห์ และปรับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วง 5.5– 6.0 โดยการเติมกรดไนตริก และปรับค่า EC ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับอายุของพืชแต่ละช่วง โดยการเติมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นหรือเติมน้ำตามลำดับ และจะทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่ทุกๆ สัปดาห์

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Benoit (Benoit, 1992)

ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารจะเตรียมเป็น Stock Solution ความเข้มข้นสูง (100 เท่า) เพื่อสะดวกแก่การใช้งาน โดยแยกเป็น 2 ถัง (Solution A และ Solution B) องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 วิธีการเตรียมสารละลายความเข้มข้นสูง (Stock Solution A, B) มีดังนี้

#### 1. Solution A

- 1.1. เตรียมสารละลาย  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  โดยใช้  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ละลายในน้ำก่อน จำนวน 5 ลิตร จากนั้นกรองเอาไขออก
- 1.2. เติม  $\text{KNO}_3$  แล้วคนให้เข้ากัน
- 1.3. เติม Fe – EDDHA ที่ละลายน้ำก่อน 8 ลิตร ผสมให้เข้ากัน
- 1.4. เติมน้ำให้ครบ 25 ลิตร

#### 2. Solution B

- 2.1. นำจุลธาตุต่างๆ ได้แก่  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ผสมให้เข้ากันในน้ำจำนวน 10 ลิตร
- 2.2. เติม  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{KPO}_4$  ผสมให้เข้ากัน
- 2.3. เติมน้ำให้ครบ 25 ลิตร

เมื่อนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตรา 1 : 200 เช่น ถ้าต้องการสารละลาย 10 ลิตร จะต้องใช้ Solution A และ Solution B อย่างละ  $1/200 \times 10 \times 100 = 50$  มล.

ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารของแต่ละกรรมวิธี จะเติมสารละลายชนิดคือนลงในสารละลายธาตุอาหารพืช คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการเติมสารละลายชนิดคือน (0 ppm) และกรรมวิธีที่ 2 เติมสารละลายชนิดคือน (100 ppm)

#### 3. การเพาะกล้าและการย้ายต้นกล้าผักคะน้า

เพาะเมล็ดผักคะน้าบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มน้ำ ในถาดพลาสติก แต่ระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่าให้และเพราะเมล็ดอาจจะเน่าได้ง่าย หลังจากนั้นควรพ่นน้ำทุกเช้าเย็น ประมาณ 3-4 วัน เมล็ดจะงอก และแตกใบเลี้ยง แล้วนำต้นกล้ามาวางบนฟองน้ำอัดที่บรรจุในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว สูง 2 นิ้ว แล้วรดสารละลายให้ฟองน้ำอัดชุ่มพอประมาณ หลังจากนั้นย้ายลงปลูกในรางในระบบ NFT (รูปที่ 4)

#### 4. การดูแลรักษา

ทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกๆ สัปดาห์ ซึ่งความเข้มข้นของสารธาตุอาหารมีค่า  $EC = 2 \text{ mS/cm}^2$  หลังจากย้ายลงรางปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ต่อมาจึงเพิ่มค่า  $EC = 2.5 \text{ mS/cm}^2$  เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้เพิ่มค่า  $EC = 3 \text{ mS/cm}^2$  โดยลดการรดน้ำให้ปรับค่า  $pH = 5.5-6$  เสมอ หากพบโรค และแมลงระบาดมากให้ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด ตรวจสอบอุปกรณ์ทางการทำงานอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อต้นมีความสูงมากขึ้นน้ำไม่มาค้ำป้องกันลำต้นล้ม

#### 5. การเก็บเกี่ยว

จะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผักคะน้ามีอายุ  $\approx 50$  วัน หลังจากเพาะเมล็ด

#### 6. การแยกเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร

ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารมาจากถังสารละลายก่อนที่จะมีการจ่ายสารละลายไปยังต้นพืช (solution inlet) จากนั้นทุกสัปดาห์จึงทำการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารที่ได้ให้แก่พืชแล้ว 1 สัปดาห์ (solution outlet) เพื่อมาตรวจแยกเชื้อราปนเปื้อน (*Pythium spp.*) โดยวิธี Pour plate technique และ Baiting technique (รูปที่ 5)

##### 6.1 Pour plate technique

เปิดสารละลายธาตุอาหารที่เก็บตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตรใส่ใน plate ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่บดไปแล้วทำการ spread plate และนำไปบ่มในที่มืด จากนั้นตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อภายใน 48 ชั่วโมง และทำการแยกเชื้อบริสุทธิ์เพื่อเก็บไว้จำแนกชนิดของเชื้อราต่อไป นำปริมาณเชื้อที่ตรวจพบมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

##### 6.2 Baiting technique

วิธีการที่ 1 : ใช้ปากคีบ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว) คีบเมล็ดแดงกวาง (เหยื่อล่อ) จำนวน 10 เมล็ดใส่ลงใน plate ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นใช้ปิเปตดูดตัวอย่างสารละลายธาตุที่ควรทำการตรวจสอบมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน plate เมล็ดแดงกวางข้างต้น และทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงนำเมล็ดแดงกวางจาก plate ดังกล่าวมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่อบฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง แล้วซบเมล็ดแดงกวางให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู แล้วนำไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการบ่มในที่มืดตรวจสอบหาเชื้อรา *Pythium spp.* ภายใน 48 ชั่วโมง นำปริมาณเชื้อที่ตรวจพบมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

วิธีการที่ 2 : นำเมล็ดแดงกวางมาล้างด้วย clorex 10 เปอร์เซ็นต์ 20 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่อบฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง แล้วซบด้วยกระดาษทิชชูให้แห้ง แล้วนำมาวาง

บนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นคัดสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการตรวจสอบมา 2 มิลลิลิตร (โดยใช้ปิเปต) ใส่ลงใน plate ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อลงไปเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ แล้วนำเมล็ดแดงควาดังกล่าวมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ มาบ่มในที่มืด ตรวจสอบหาปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ภายใน 48 ชั่วโมง นำปริมาณเชื้อที่ตรวจพบมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

อาหารที่ใช้ในการแยกเชื้อที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2

วิธี จะใช้ Selective media สูตร PDA + BNPRA + Rb ซึ่งประกอบด้วย

PDA (dilution)	1	ลิตร
Benomyl	10	มิลลิกรัม
Nystatin	25	มิลลิกรัม
Rifampicin	10	มิลลิกรัม
Ampicillin	100	มิลลิกรัม
Rose bengal	5	มิลลิกรัม

## 7. การบันทึกผล

### 7.1 ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต

#### ก. ความสูง

ทำการวัดความสูงของต้นผักคะน้าทุกๆ สัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยจะทำการวัดทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละกรรมวิธีแล้วหาค่าเฉลี่ย

#### ข. จำนวนใบจริง

ทำการนับจำนวนใบจริงของต้นผักคะน้าทุกๆ สัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยเริ่มนับใบจริงที่แตกออกมาหลังจากมีใบเลี้ยง 2 ใบทำการวัดทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### ค. ความกว้างของใบ

ทำการวัดทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง โดยวัดใบที่มีพื้นที่ใบทางด้านกว้างโดยเฉลี่ยใบที่ใกล้เคียงกันของแต่ละต้นทำการวัดทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละสิ่งทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย

#### ง. ความยาวของใบ

ทำการวัดทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง โดยวัดใบที่มีพื้นที่ใบทางด้านยาว โดยเฉลี่ยใบที่ใกล้เคียงกันของแต่ละต้นทำการวัดทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละสิ่งทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### จ. เส้นรอบวงของลำต้น

ทำการวัดเส้นรอบวงของลำต้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นรอบวงของลำต้นที่ตำแหน่งใบจริงที่ 4 และ 5 วัดทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### ฉ. น้ำหนักสด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการชั่งน้ำหนักสด ของต้นผักคะน้า เฉพาะส่วนของลำต้น และใบ ไม่รวมราก เนื่องจากบริเวณราก มีวัสดุปลูกที่เป็นฟองน้ำอัดเกาะติดอยู่ ทำการชั่งน้ำหนักสดของต้นผักคะน้าทั้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### ช. น้ำหนักแห้ง

ทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังจากการนำต้นผักคะน้า แต่ละกรรมวิธีที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งสนิท โดยทำการชั่งน้ำหนักแห้ง 30 ชั่วโมงของแต่ละกรรมวิธี

### 7.2 ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม

#### ก. ความเข้มแสง

ทำการวัดความเข้มแสง และเก็บข้อมูลตั้งแต่วันจันทร์-เสาร์ ของแต่ละสัปดาห์ในบริเวณภายในโรงเรือน และบริเวณภายนอกโรงเรือน ซึ่งตำแหน่งที่ทำการวัดความเข้มแสงภายในโรงเรือน คือเพื่อเปรียบเทียบกับความเข้มแสงภายนอกโรงเรือน โดยทำการวัดวันละ 3 เวลา ได้แก่ 8.30 – 9.30, 12.30 – 13.30 และ 15.30-16.30 แล้วหาค่าเฉลี่ย และ ค่าถามภายในโรงเรือน บริเวณห้วราง และ ปลายรางในการทดลองที่ 2 ได้ทำการเพิ่มความเข้มแสงภายในโรงเรือน แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์

#### ข. อุณหภูมิภายในโรงเรือน

ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน จะทำการวัดภายในวัน และเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสง แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์

#### ค. อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน โดยทำการวัดในวัน และเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสง และอุณหภูมิภายในโรงเรือน แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

#### ง. อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร

การเก็บรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิของสารละลาย ทำการวัดในวัน และเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสง อุณหภูมิภายใน และภายนอกโรงเรือน แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

จ. ความชื้นสัมพัทธ์

ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน จะทำการวัดในวัน และเวลาเดียวกันที่ทำการวัดความเข้มแสง อุณหภูมิภายใน และภายนอกโรงเรือน และอุณหภูมิของ สารละลายธาตุอาหารแล้วหาค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์แต่ละสัปดาห์

7.4 ข้อมูลอื่นๆ

โดยในแต่ละสัปดาห์จะทำการสังเกต และบันทึกผลการสำรวจความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของ โรค และแมลงศัตรูพืชต่างๆ โดยระบุจำนวนต้นที่ถูกทำลายพร้อม ทั้งระบุความเสียหายของต้นเพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะต้นปกติ โดยแบ่งระดับความเสียหายดังนี้

0 : ไม่มีความเสียหาย

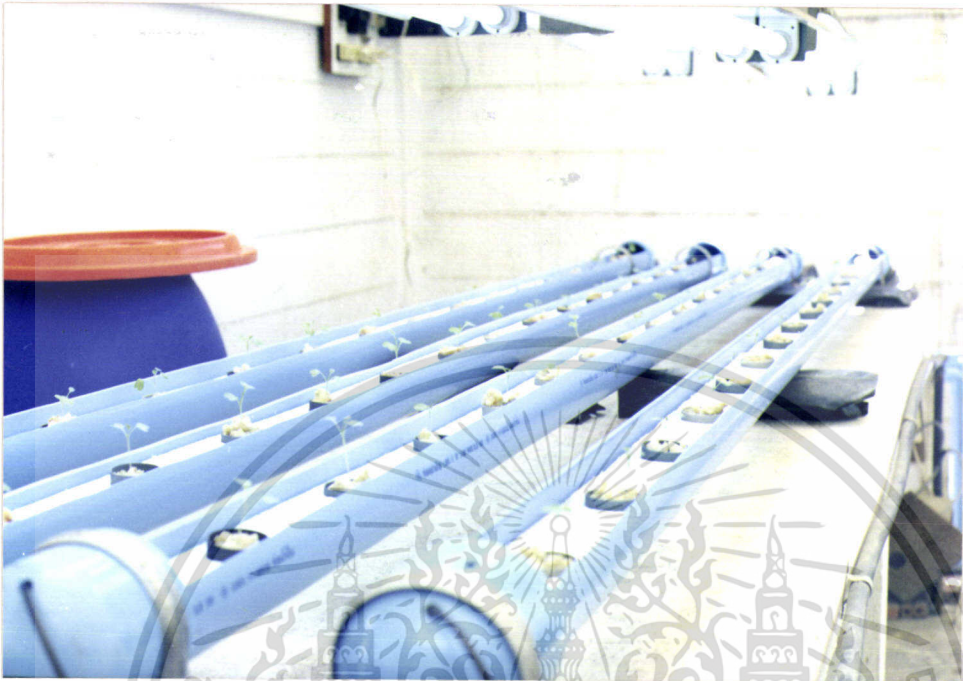
1 : 0 – 25%

2 : 25 – 50%

3 : 50 – 75%

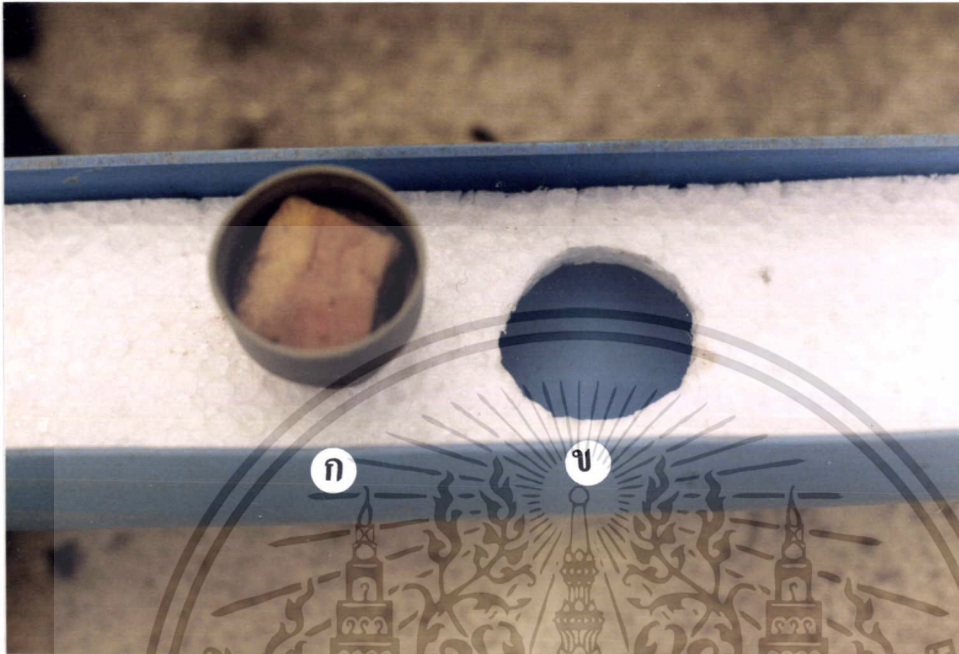
4 : 75 – 100%





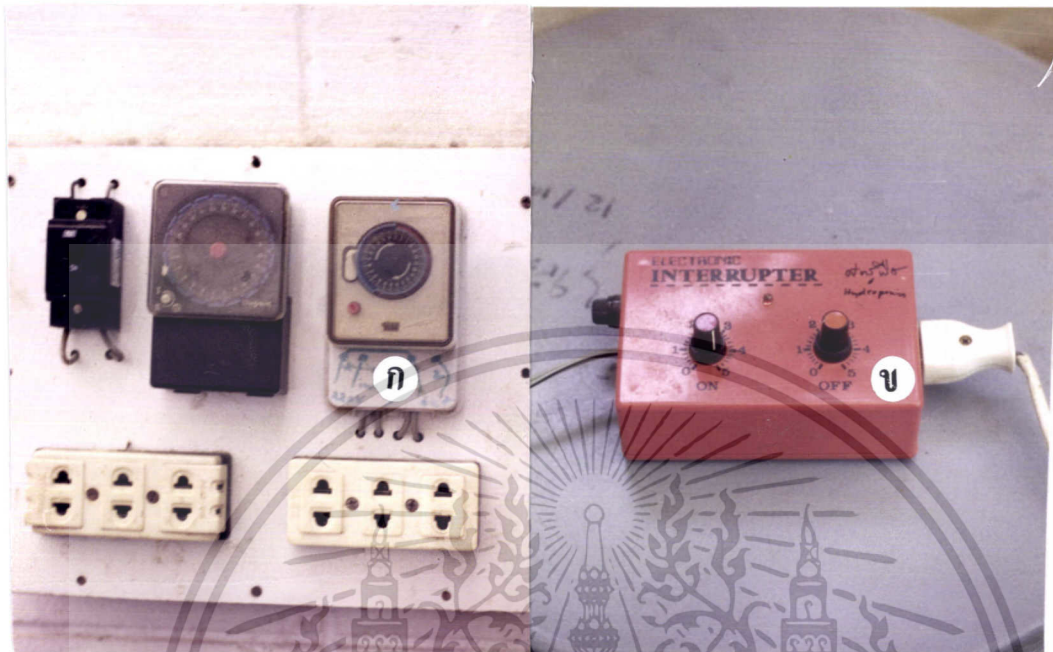
รูปที่ 1 ลักษณะรางปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมปลุก  
 ก. ภาชนะที่บรรจุด้วยฟองน้ำอัด  
 ข. แผ่นโฟมที่ตัดเป็นวงกลมมีขนาดพอดีกับภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

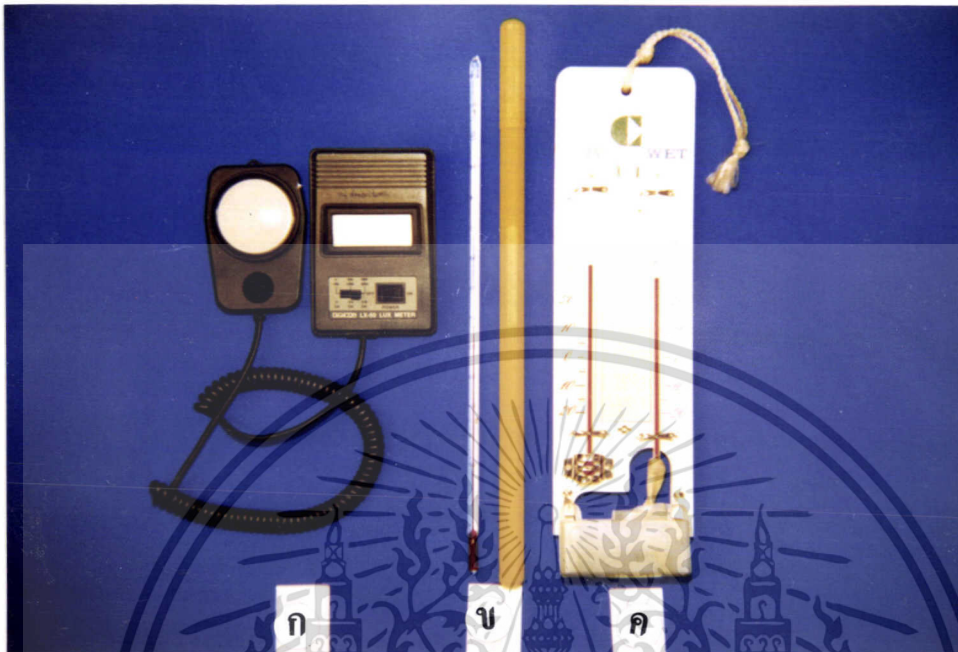


รูปที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลา

ก. Electrical timer

ข. Electronic interrupter

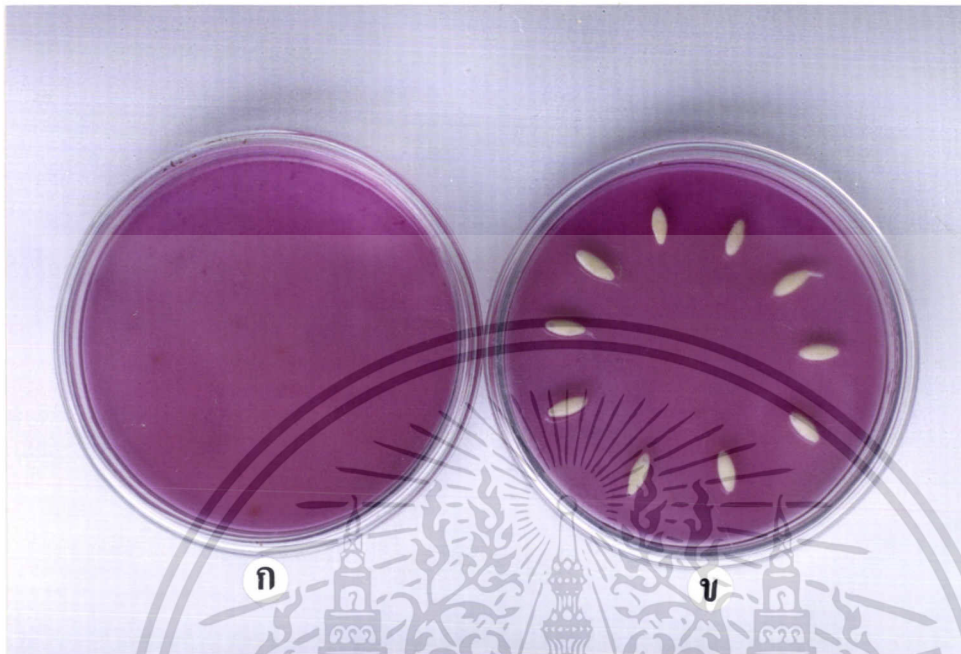
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม

- ก. เครื่องวัดความชื้นแสง
- ข. เทอร์โมมิเตอร์
- ค. เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การตรวจหาเชื้อ *Pythium* spp. จากสารละลายธาตุอาหาร

ก. วิธี Pour plate Technique

ข. วิธี Baiting Technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 การย้ายต้นกะน้าที่มีอายุ 2 สัปดาห์ลงระบบปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 และ 2 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541 และ 4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542) จากทั้ง 2 การทดลอง ได้มีรายละเอียดผลของการศึกษาในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิโคนต่อการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

ผลของอิทธิพลของสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของคะน้า (ความสูง จำนวนใบจริง ความกว้าง และความยาวใบ เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ NFT พบว่า จากทั้ง 2 การทดลองผลเป็นไปในทางเดียวกัน คือการเจริญเติบโตในทุกด้าน (ไม่ว่าจะเป็น ความสูง จำนวนใบจริง ความกว้าง และความยาวใบ เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง) เมื่อสิ้นสุดการทดลองของทั้ง 2 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่เด่นชัดที่ได้มาจากการทดลองที่ 2 จะพบว่า โดยเฉลี่ยการเจริญเติบโตของคะน้า (ในทุกด้าน) ในการทดลองที่ 2 จะดีกว่า มีผลเนื่องมาจากอิทธิพลทางด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งได้มีการเพิ่มความเข้มแสง โดยลดระดับการคิดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ให้ใกล้รางปลูกมากขึ้น (ประมาณ 20 ซม.) เพราะความเข้มแสงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้า โดยช่วยเพิ่มน้ำหนักสด และปริมาณผลผลิตคะน้าที่สามารถจำหน่ายได้ (Lim, 1993) (ตารางที่ 1 ตารางผนวกที่ 2-5 รูปที่ 7-10 และ 12)

2. การตรวจสอบเชื้อที่ปนเปื้อนในระบบ NFT

จากผลการทดลองทำการตรวจสอบเชื้อที่ปนเปื้อน 2 วิธีคือวิธีที่ 1 Pour plate technique และวิธีที่ 2 Baiting technique ซึ่งไม่พบเชื้อรา *Pythium* spp. ปนเปื้อนในทั้ง 2 กรรมวิธีของทั้ง 2 การทดลอง อาจเนื่องมาจากการดูแลรักษาความสะอาดของระบบเป็นอย่างดี กล่าวคือ มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์

3. ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของ โรค และแมลงศัตรูพืช

จากทั้ง 2 การทดลอง ไม่พบความเสียหายที่เกิดจากโรค ซึ่งสอดคล้องกับข้อ 2 โดยไม่พบเชื้อราปนเปื้อน แต่จะพบความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผักเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 2 รูปที่ 11)

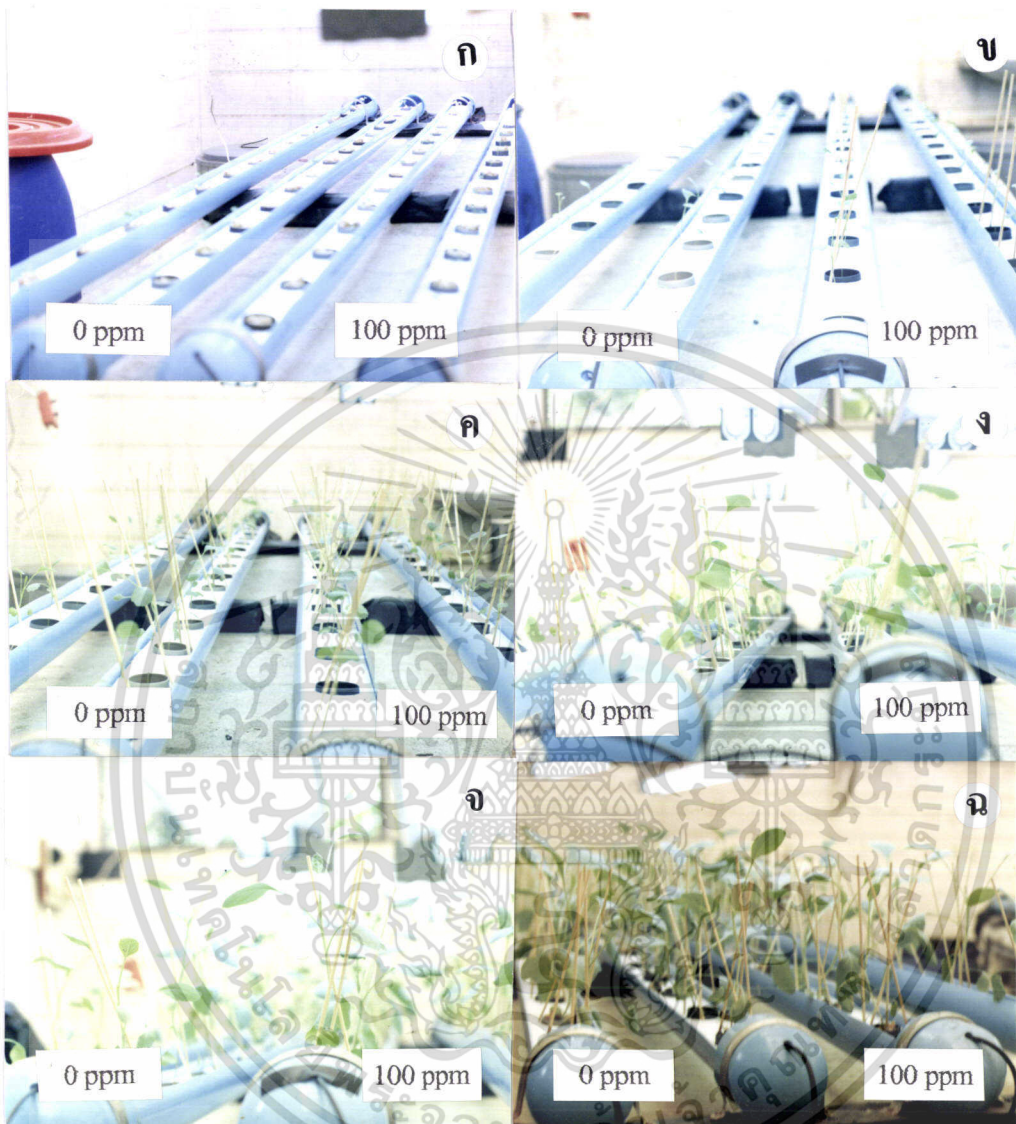
4. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการเจริญเติบโตของคะน้า

จากการบันทึกข้อมูลทางสภาพแวดล้อม (ความเข้มแสง อุณหภูมิภายใน และภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิสารละลาย และความชื้นสัมพัทธ์) พบว่าทั้ง 2 การทดลอง มีข้อมูลส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันยกเว้น กล่าวคือ ความเข้มแสง ในการทดลองที่ 2 จะสูงกว่าการทดลองที่ 1 และจากการบันทึกครั้งนี้ จะแสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตของคะน้า ไม่ได้มีอิทธิพลมาจาก สารละลายซิลิโคนเด่นชัดนัก แต่กลับมีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม ดังจะเห็นว่าในการทดลองที่ 2 ทั้ง 2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธี การเจริญเติบโตในทุกด้านดีกว่าการทดลองที่ 1 จากข้อแตกต่างในการทดลองที่ 1 และ 2 ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ดังนั้นเพื่อจะแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลทางด้านนี้ที่มีต่อการเจริญเติบโตของ กระจ่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงได้นำข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมทุกข้อมูลมารวบรวมทำกราฟเปรียบเทียบ กับข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตของกระจ่าง (ตารางผนวกที่ 6- 13 รูปที่ 13)

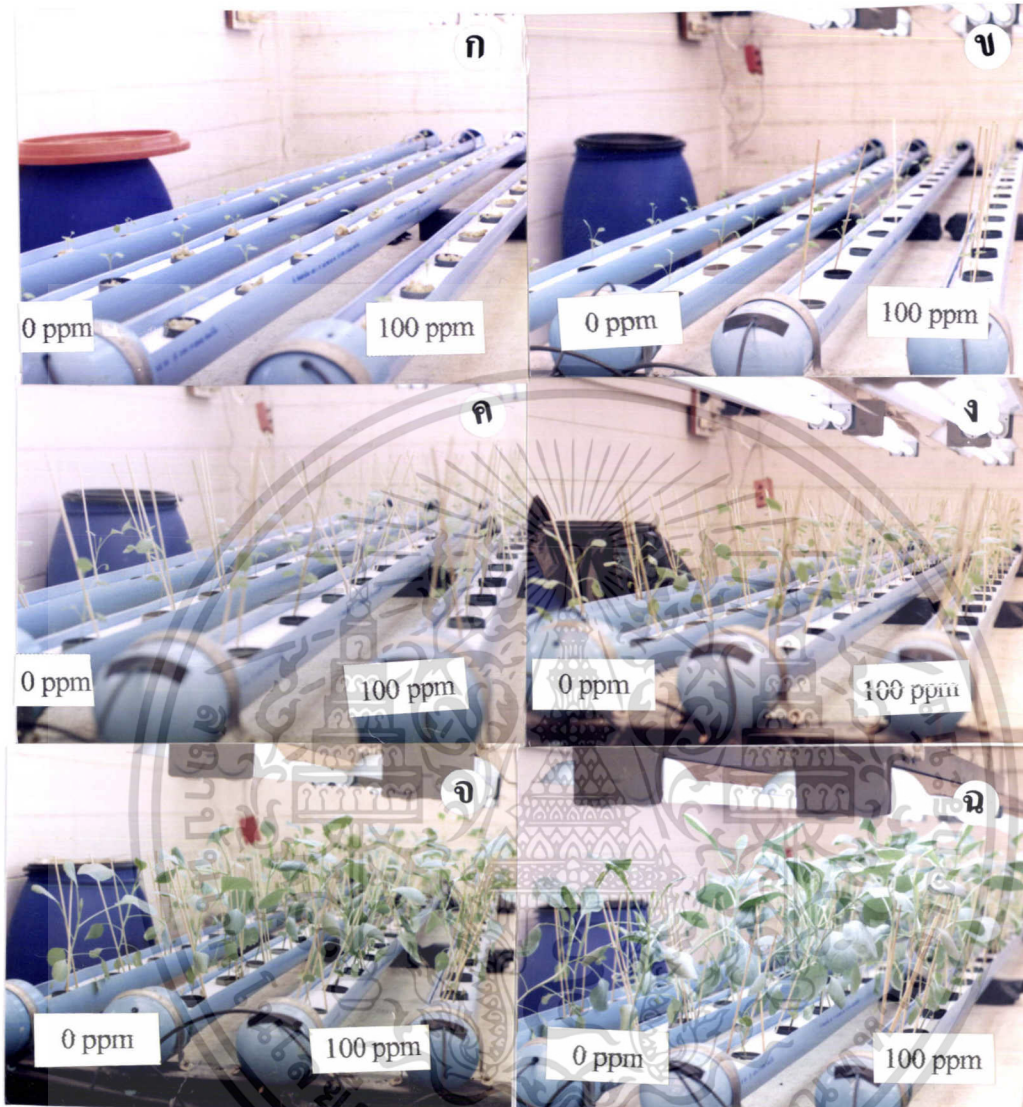


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



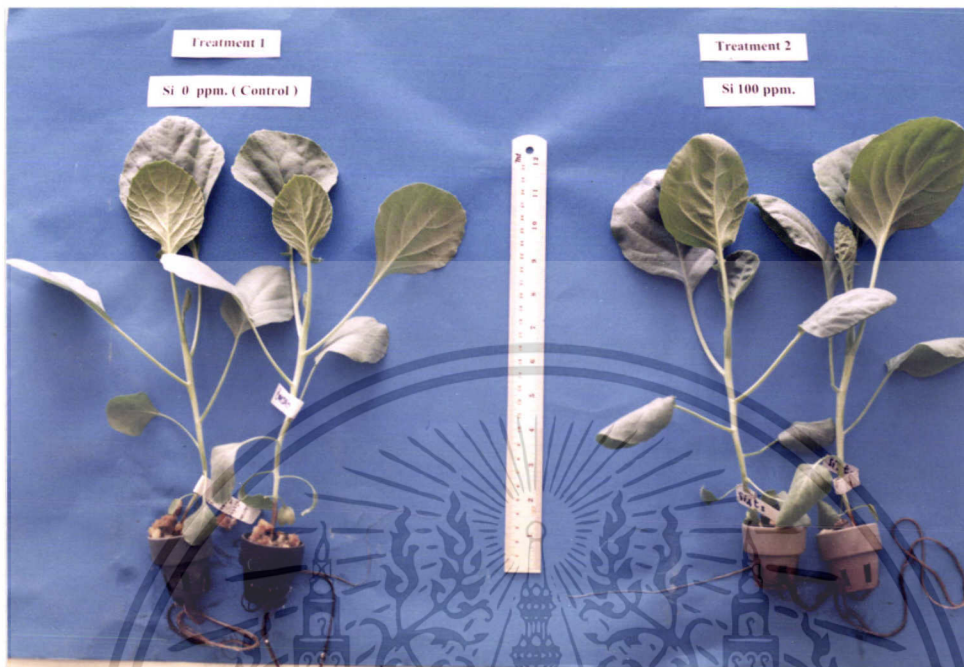
รูปที่ 7 การเจริญเติบโตของคะน้า (ภาพ ก, ข, ค, ง, จ และ ฉ ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ) ที่ปลูกในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิงคิกอน (0 ppm และ 100 ppm) (จากการทดลองที่ 1 : 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



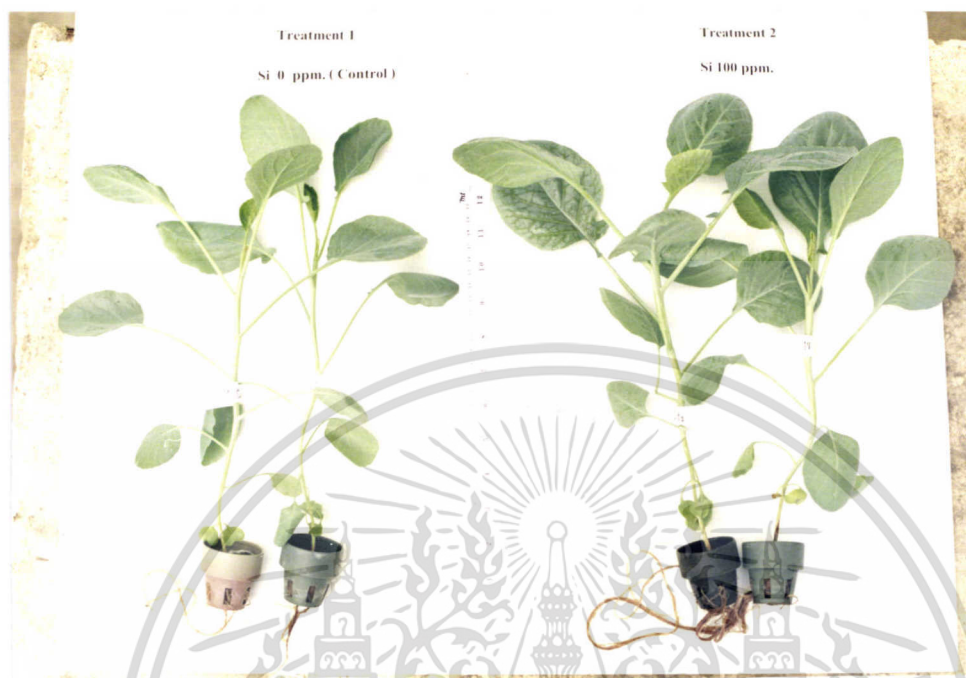
รูปที่ 8 การเจริญเติบโตของคะน้า(ภาพ ก, ข, ค, ง, จ และ ฉ ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ) ที่ปลูกในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิติคอน (0 ppm และ 100 ppm) (จากการทดลองที่ 2 : 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



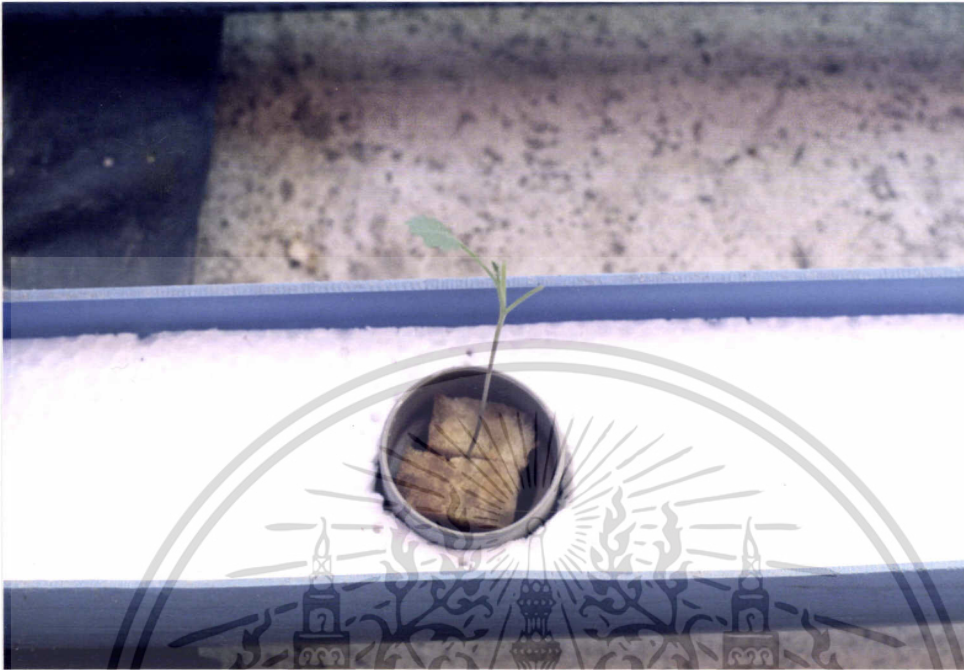
รูปที่ 9 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (5 พ.ย.-28 ธ.ค. 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกะน้าที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 2 (4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 ลักษณะความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอน  
กระทู้ฝัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของคะน้ำเมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ (ความสูง จำนวนใบ ความกว้าง และความยาวใบ เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลองที่ 1 และ 2

Si (ppm)	ความเจริญเติบโตของคะน้ำ						
	ความสูง (ซม.)	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้างใบ (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	เส้นรอบวงต้น (ซม.)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
การทดลองที่ 1 (5 พ.ย. - 28 ธ.ค. 2541)							
0	16.70a <sup>u</sup>	6.20a	4.40a	5.90a	0.90a	5.96a	0.63a
100	16.30a	6.00a	4.40a	5.80a	0.80a	5.49a	0.56a
-----							
การทดลองที่ 2 (4 ม.ค. - 26 ก.พ. 2542 )							
0	25.20a	8.10a	6.10a	8.00a	1.40a	9.10a	0.90a
100	25.10a	8.10a	6.20a	8.20a	1.50a	9.80a	0.90a

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

ตารางที่ 2 ความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก ที่เกิดขึ้นกับ  
 หน่อที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสม  
 สารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ตรวจสอบตลอดระยะเวลาที่ทำการ  
 ทดลองที่ 1 และ 2

		ระดับความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก <sup>๖</sup>						
Si (ppm)		สัปดาห์ที่	2	3	4	5	6	7
การทดลองที่ 1 (5 พ.ย. - 28 ธ.ค. 2541)		0	0	1	0	1	0	0
		100	0	0	0	0	0	0
การทดลองที่ 2 (4 ม.ค. - 26 ก.พ. 2542)		0	0	0	1	1	0	0
		100	0	0	0	0	0	0

<sup>๖</sup> ระดับความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของหนอนกระทู้ผักมีอยู่ด้วยกัน 5 ระดับ

คือ 0: ไม่มีความเสียหาย

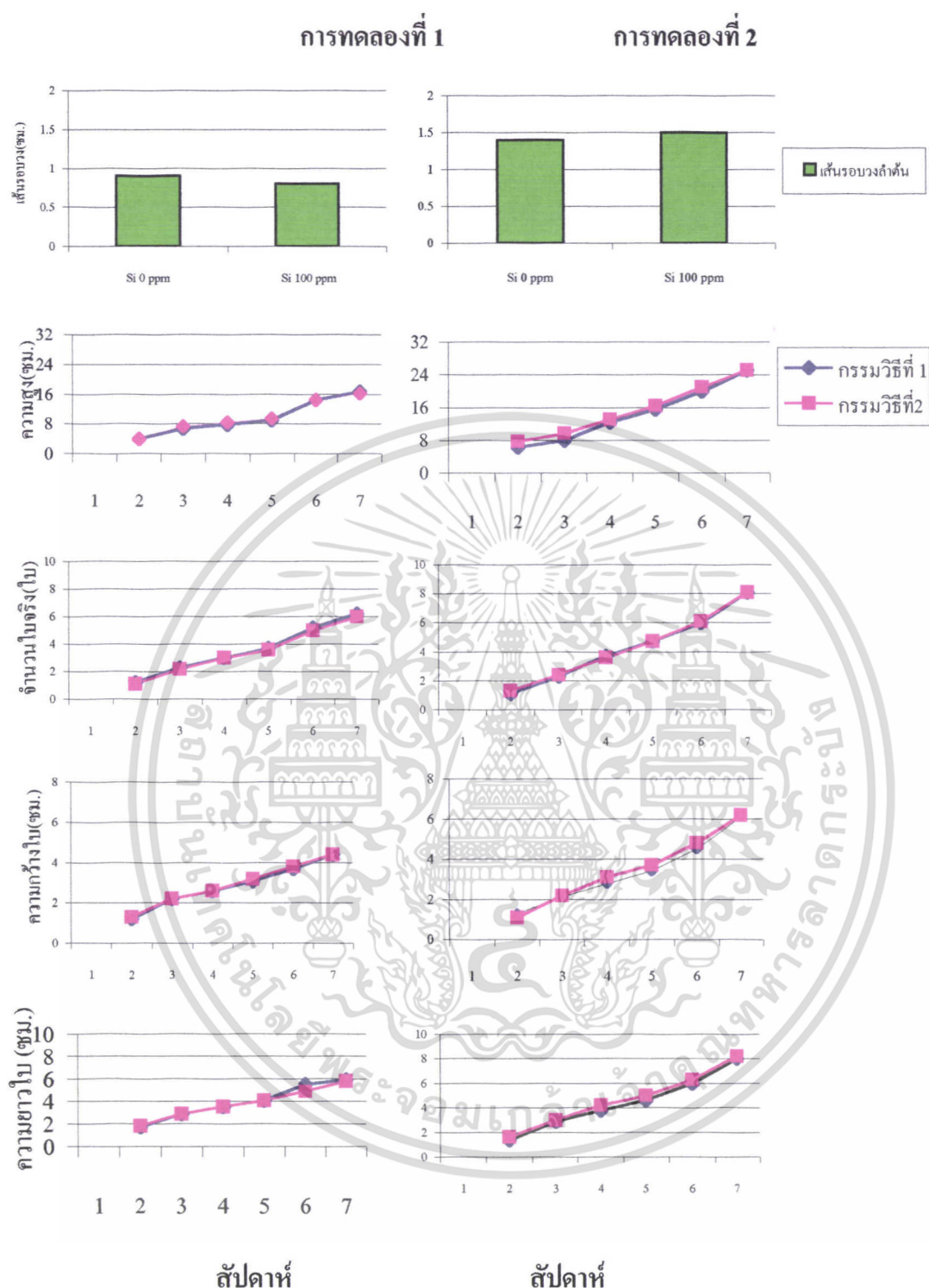
1: 0 - 25%

2: 25 - 50%

3: 50 - 75%

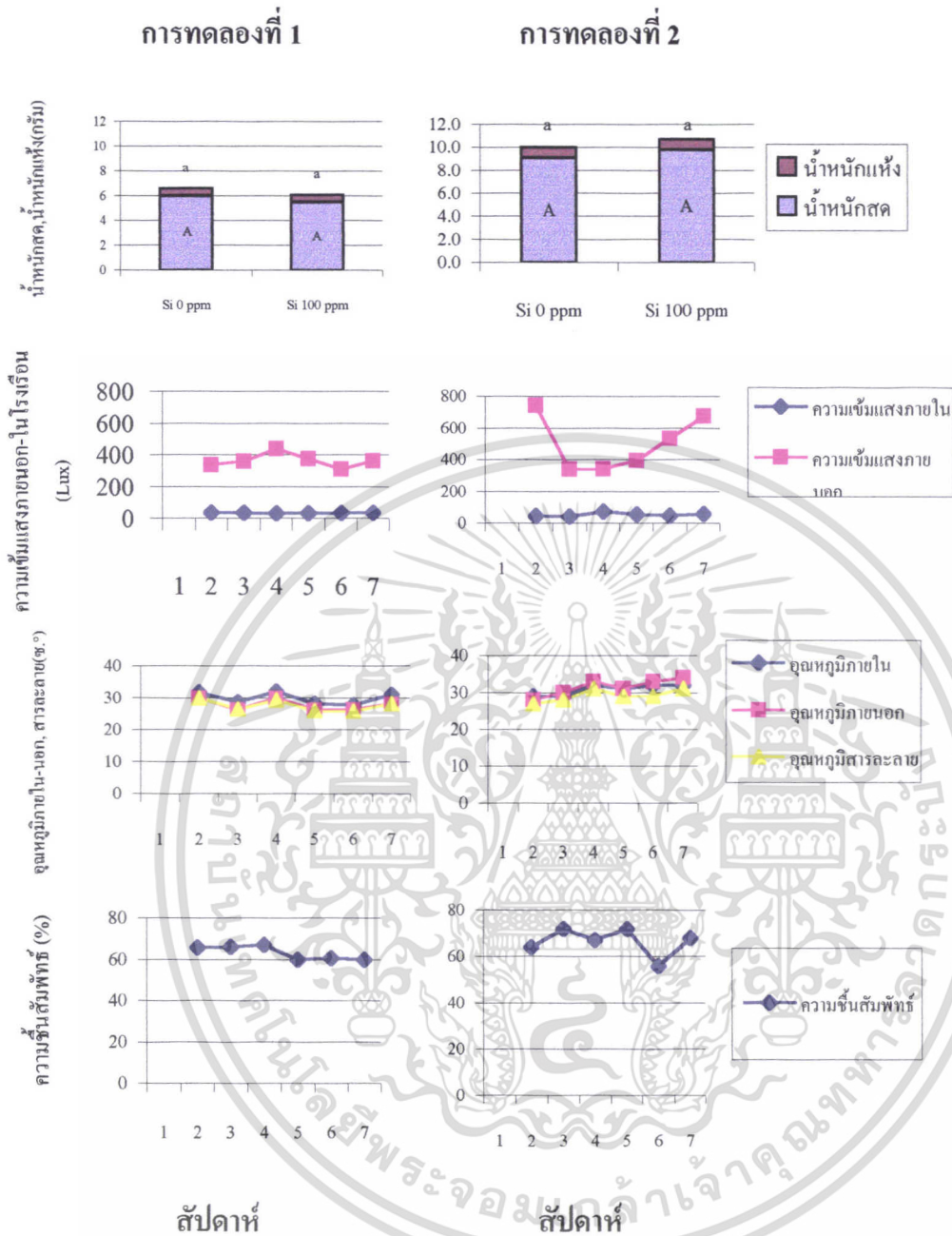
4: 75 - 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 12** การเจริญเติบโตของกะน้ำ ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลองที่ 1 : 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541 และ การทดลองที่ 2 : 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 13** อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของคะน้า (น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับ สารละลายซิลิคอน(0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลอง ที่ 1 : 5 พ.ย.- 28 ธ.ค. 2541 และการทดลองที่ 2 : 4 ม.ค.- 26 ก.พ. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง จะสามารถสรุปได้ว่า

1. คำน้สามารถปลูกในระบบ NFT ได้เป็นอย่างดี หากมีการดูแลระบบ และจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม ซึ่งทั้งนี้จะทำให้ไม่พบปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ปนเปื้อนในระบบเลย
2. จากผลของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อการเจริญเติบโตของค่น้ำ ไม่ได้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ การเจริญเติบโตของค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิโคน (100 ppm) ไม่ได้ดีกว่าค่น้ำที่ปลูกในกรรมวิธีเปรียบเทียบเลย ถ้านำผลจากการทดลองไปพิจารณาาร่วมกับรายงานการวิจัยจากต่างประเทศ พอจะสรุปได้ว่า บทบาทของสารละลายซิลิโคนต่อการเจริญเติบโตของพืชจะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงต่อชนิดพืชที่ปลูก
3. ในแง่บทบาทของสารละลายซิลิโคนต่อการปนเปื้อนเชื้อรา *Pythium* spp. จากการทดลองนี้ยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด เนื่องจากในการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิโคน (100 ppm) และในกรรมวิธีเปรียบเทียบ (0ppm) ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อคั่งกล่าวเลย
4. นอกเหนือจากอิทธิพลของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อการเจริญเติบโตของค่น้ำพบว่า สภาพแวดล้อมมีผลโดยตรงต่อค่น้ำด้วย

## ข้อเสนอแนะ

1. จากข้อสรุปดังกล่าวข้างต้นที่ว่าบทบาทของสารละลายซิลิโคน ต่อการเจริญเติบโตของพืชจะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงกับพืชที่ปลูก ดังนั้นก่อนที่จะนำสารละลายซิลิโคนไปใช้ประโยชน์ได้จริงกับพืชชนิดใด ต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับพืชชนิดนั้นทุกครั้งไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ถ้าต้องการรวบรวมบทบาทของสารละลายซิลิโคนต่อการเจริญเติบโตของพืชไว้เป็นข้อมูลอ้างอิง ก็ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับพืชหลากหลายชนิด
2. ถ้าต้องการพัฒนาศักยภาพของพืชผักในระบบ NFT ได้เป็นอย่างดีควรมีการดูแลระบบ และจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กระบวน วัฒนปริชานนท์. 2536. *การปลูกพืชไม่ใช้ดิน*. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ 3 ณ ห้องประชุม โรงแรมเสริมมิตรภัตตาคาร ถนนจรัญสนิทวงศ์ กรุงเทพฯ. 13 หน้า.
- คำนึ่ง คำอุดม. 2531. *อาชีพปลูกผัก*. กลุ่มรักเกษียณ โรงพิมพ์เอเชีย. 86 หน้า.
- ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2541. สารละลายซิลิคอน : บทบาทในด้านการป้องกันกำจัดโรคพืช. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้าฯ*. 13(3) : 56 – 62 .
- ปราโมทย์ จิตยงกูร. 2540. *แต่งญี่ปุ่นแต่เมคอินไทยแลนด์ปลอดสารพิษ นสพ.เดลินิวส์*. อังคารที่ 6 มกราคม. หน้า11.
- พรหมมาศ อุหากาญจน์, สุภชัย รต โนภาส และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. การแพร่กระจายของเชื้อราบางชนิดในสารละลายหมุนเวียน ของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้าฯ*. 14(2) : 26 – 37 .
- สุภชัย รต โนภาส และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2538. ศักยภาพการปลูกแคนตาลูปในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน : แบบใช้วัสดุปลูก. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้าฯ*. 10(3) : 30-37.
- มานิช ทองเยี่ยม และ อติศักดิ์ ประจงแสงศรี. 2536. *การผลิตเมล็ดพันธุ์คะน้า*. โครงการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก ภายใต้ความช่วยเหลือจาก เอฟเอโอ / ดานิด้า กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร . 425 หน้า .
- รัตติยา จันทร์แก้วแร่. 2541. การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอน ที่มีผลต่อเชื้อรา *Fusarium xysporum* ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรู พืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ . 78 หน้า
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน Hydroponics*. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ . 146 หน้า .
- Belanger , Richard R . , Patricia A. Bowen , David L. Etret , and James G. Menzies . 1995 . Soluble silicon : Its role in crop and disease management of greenhouse crops . *Plant Dis* . 79 : 329 – 336.
- Benoit , F. 1992 . Practical Guide for Simple Soilless Culture Technique . *European Vegetable R & D Center* . 72 pp .
- Bowen , P. , J. Menzie S , D. Ehret , Z. Samuels and A. D. M. Glass . 1992 . Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves . *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(6) : 906 – 912

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Broyer, C. T. 1983. *Hydroponic*. Mc Graw – Hill Encyclopedia of Science and Technology New-York. 762 pp.
- Carver, T. L. W., R. J. Zeyen, and G. G. Ahlstrand. 1987. The relation between in soluble silicon and success or failure of attempted penetration by powdery mildew (*Erysiphe graminis*) germlings on barley. *Physiol. Plant Pathol.* 31 : 133 – 148.
- Cherif, M., and R. R. Belanger. 1992. Use of Potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease*. 76 : 1008 – 1011.
- Cherif, M., A. Asselin and R. R. Belanger. 1994. Defense responses induced by soluble Silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopathology*. 84 : 236 – 242.
- Cherif, M., J. G. Menzies, D. L. Ehert, C. Bogdanoff, and R. R. Belanger. 1994. Yield of cucumber infected with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon *Hort Science*. 29 : 896 - 897.
- Cooper, L. E. 1990. *Agriscience Fundamentals and Applications*. Delmar Publisher INC, New York. 518 pp.
- Goldberg, N. P., Stanghellini, M. E and S. H. Rosmussen, 1992. Fittration as a Method for controlling *Pythium* root rot of Hydroponically Growth cucumber. *Plant disease* 76(8) : 777 – 779.
- Ikeda, H. 1989. *Hydroponics*. Kenshu – In. University of Tsukuba. pp : 2 – 4.
- Jiang and Dehong. 1994. The role of silicon in Barley resistance to powdery mildew, *Erysiphe graminis* F. sp. HORDEI. Agriculture, *Plant Pathology*. 213 pp.
- Lim. M. 1993. Use of the Dynamic Root Floating Hydroponic System for the cultivation of *Brassica alboglabra* Bailey. *Singapore – Journal of Primary Industries*. 21(2) : 83 – 85.
- Mac Donald, J. D., Ms., All. Shtaych, J., Kabashima and J. Stites. 1994. Occurrence of phytophthora species in recirculated nursery irrigation effluents. *Plant disease*. 78 : 607 – 611.
- Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A. D. M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, mushmelon and zucchini squash. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(60) : 902 – 905.
- Miyake, Y., and E. Takahashi. 1983. Effect of silicon on the growth of solution cultured Cucumber plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29 : 71 – 83.

- Price, T. V. and P. Fox. 1984. Behaviour of fungicides in recirculating nutrient film hydroponics system. *ISOSC Proceeding* (1984) : 511 – 521 .
- Rankim, L. and T. C. Paulitz 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for biological control of *Pythium* root rot greenhouse cucumber in hydroponic culture. *Plant diseases* . 78(5) : 447 – 451 .
- Resh, H. M. 1981. *Hydroponics Food Production*. Wood bridge. Press Publishing Company 325 pp .
- Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1991. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). *Can. J. Bot.* 69 : 140 – 146 .
- Siemonsma, J. S. and K. Piluek. 1994. *Chinese kale*. Vegetables : Plant Resources of South East Asia. Prose a Foundation. Indonesia . 412 pp .
- Yoshiro, Kageyama. 1991. *Effect of Nitrogen Concentration in a Hydroponic Solution on Nitrogen uptake and Growth of Tomato Plants*. *J.Hort Sci.* 60(3) : 583 – 592 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 สูตรสารละลายธาตุอาหาร (Benoit, 1992) ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของสาร	น้ำหนักของสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย
<b>Solution A</b>	
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (15.5%N)	1675 g
KNO <sub>3</sub> (14% N)	740 g
Fe – EDDHA (6% Fe)	125 g
<b>Solution B</b>	
KNO <sub>3</sub> (14% N)	740 g
KPO <sub>4</sub> (35%K <sub>2</sub> O)	442.5 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(16.7%MgO)	400 g
MnSO <sub>4</sub> (32% Mn)	4.25 g
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (11.3% B)	7.125 g
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (23% Zn)	2.87 g
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O (25% Cu)	0.47 g
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O (40% Mo)	0.30 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 2** การเจริญเติบโตของคะน้า (ความสูง, จำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ของการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)

สัปดาห์	การเจริญเติบโตของต้นคะน้า					
	ความสูง(ซม.)			จำนวนใบจริง		
	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)
2	4.00a <sup>u</sup>	4.00a	24.85	1.20a	1.10a	31.27
3	6.85a	7.30a	22.86	2.30a	2.20a	21.54
4	7.80a	8.30a	17.42	3.00a	3.00a	16.36
5	9.00a	9.40a	18.66	3.70a	3.60a	15.05
6	14.40a	14.50a	19.82	5.20a	5.00a	14.82
7	16.70a	16.30a	20.66	6.20a	6.00a	17.09
เฉลี่ย	9.80	10.00		3.60	3.50	

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

**ตารางผนวกที่ 3** การเจริญเติบโตของคะน้า (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) ของการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)

สัปดาห์	ขนาดของใบ (ซม.)					
	ความกว้าง			ความยาว		
	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)
2	1.20a <sup>u</sup>	1.30a	27.66	1.70a	1.80a	21.87
3	2.20a	2.20a	81.20	2.90a	2.90a	16.36
4	2.60a	2.60a	14.21	3.50a	3.50a	13.36
5	3.10a	3.20a	14.00	4.10a	4.10a	13.98
6	3.70a	3.80a	15.83	5.50a	4.90a	13.70
7	4.40a	4.40a	15.05	5.90a	5.80a	13.86
เฉลี่ย	2.90	3.00		3.90	3.80	

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

**ตารางผนวกที่ 4** การเจริญเติบโตของคะน้า (ความสูง, จำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ของการทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

สัปดาห์	การเจริญเติบโตของต้นคะน้า					
	ความสูง(ซม.)			จำนวนใบจริง		
	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)
2	6.30b <sup>๕</sup>	7.60a	23.94	1.10b	1.30a	31.30
3	8.00a	9.70a	22.28	2.30a	2.40a	20.33
4	12.30a	13.00a	20.51	3.70a	3.60a	17.66
5	15.50a	16.40a	19.04	4.70a	4.70a	14.56
6	20.00a	21.00a	13.28	6.00a	6.10a	21.07
7	25.20a	25.10a	12.60	8.10a	8.10a	15.46
เฉลี่ย	14.55	15.50		4.30	4.40	

<sup>๕</sup> ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

**ตารางผนวกที่ 5** การเจริญเติบโตของกะน้ำ (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ของการทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

สัปดาห์	ขนาดของใบ (ซม.)					
	ความกว้าง			ความยาว		
	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)	Si 0 ppm	Si 100 ppm	CV(%)
2	1.30a <sup>u</sup>	1.10a	38.08	1.40a	1.60a	33.54
3	2.10a	2.20a	106.85	2.90a	3.00a	17.01
4	2.80b	3.10a	19.55	3.80b	4.20a	15.82
5	3.40a	3.70a	17.79	4.60a	5.00a	15.90
6	4.50a	4.80a	15.49	6.00a	6.30a	13.77
7	6.10a	6.20a	17.03	8.00a	8.20a	15.22
เฉลี่ย	3.40	3.50		4.50	4.70	

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

**ตารางผนวกที่ 6** ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1  
(5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)

สัปดาห์	ปริมาณความเข้มแสง x 100 (Lux)			
	ภายในโรงเรียน			ภายนอกโรงเรียน
	ต้นราง	ปลายราง	ค่าเฉลี่ย	
2	29.90	37.80	33.85	336.20
3	28.80	38.70	33.75	359.00
4	31.60	43.50	31.45	439.30
5	33.10	31.30	32.20	374.00
6	32.80	39.00	35.90	309.80
7	35.20	36.70	35.95	361.20
เฉลี่ย	31.90	37.80	33.85	363.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 7** ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2  
(4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

สัปดาห์	ปริมาณความเข้มแสง x 100 (Lux)			
	ภายในโรงเรียน			ภายนอกโรงเรียน
	ต้นราง	ปลายราง	ค่าเฉลี่ย	
2	46.30	45.60	45.90	741.00
3	42.00	43.50	42.80	339.00
4	7.34	74.00	73.70	342.00
5	52.00	54.00	53.00	394.00
6	49.30	47.70	48.50	535.00
7	57.00	60.00	58.50	676.00
เฉลี่ย	53.30	54.10	53.70	504.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

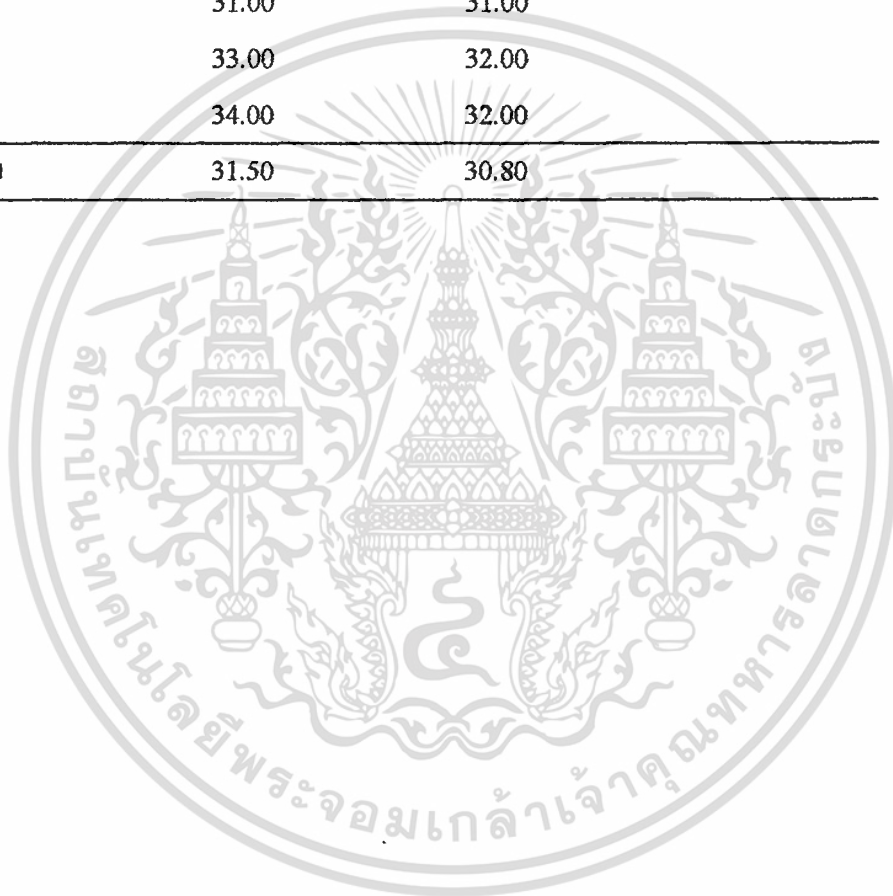
**ตารางผนวกที่ 8** อุณหภูมิภายใน และ ภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 1  
(5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541 )

ลำดับที่	อุณหภูมิเฉลี่ย(ซ.°)	
	ภายในโรงเรียน	ภายนอกโรงเรียน
2	31.80	30.00
3	28.80	26.30
4	32.00	30.00
5	28.30	26.30
6	27.80	26.30
7	31.10	28.30
เฉลี่ย	30.00	27.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 9 อุณหภูมิภายใน และ ภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 2  
(4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542 )**

สัปดาห์	อุณหภูมิเฉลี่ย(ซ.°)	
	ภายในโรงเรียน	ภายนอกโรงเรียน
2	28.00	29.00
3	30.00	29.00
4	33.00	32.00
5	31.00	31.00
6	33.00	32.00
7	34.00	32.00
เฉลี่ย	31.50	30.80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 10** อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 1  
(5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541 )

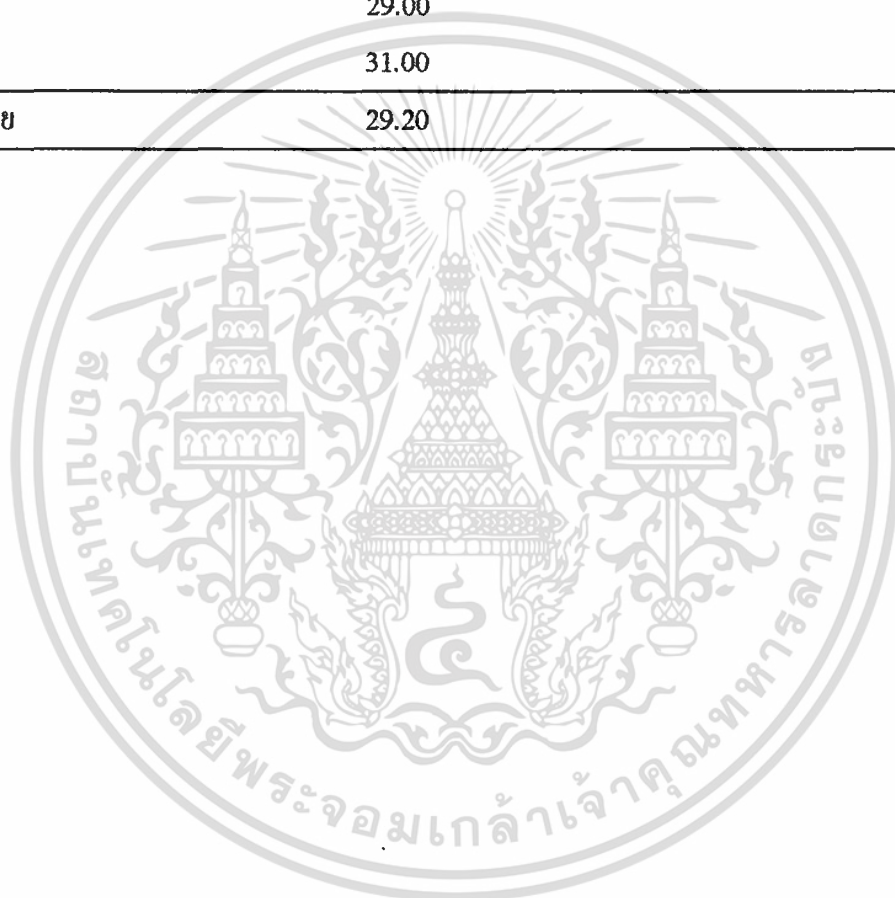
สัปดาห์	อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารเฉลี่ย(ซ.°)
2	30.00
3	26.50
4	29.40
5	26.00
6	25.80
7	28.30
เฉลี่ย	27.60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 11** อุณหภูมิของสารละลายที่ทำการปลูกคะน้า ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง  
ที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

สัปดาห์	อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารเฉลี่ย(ซ.°)
2	27.00
3	28.00
4	31.00
5	29.00
6	29.00
7	31.00
เฉลี่ย	29.20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 12** ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกกะน้า ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 1 (5 พฤศจิกายน- 28 ธันวาคม 2541)

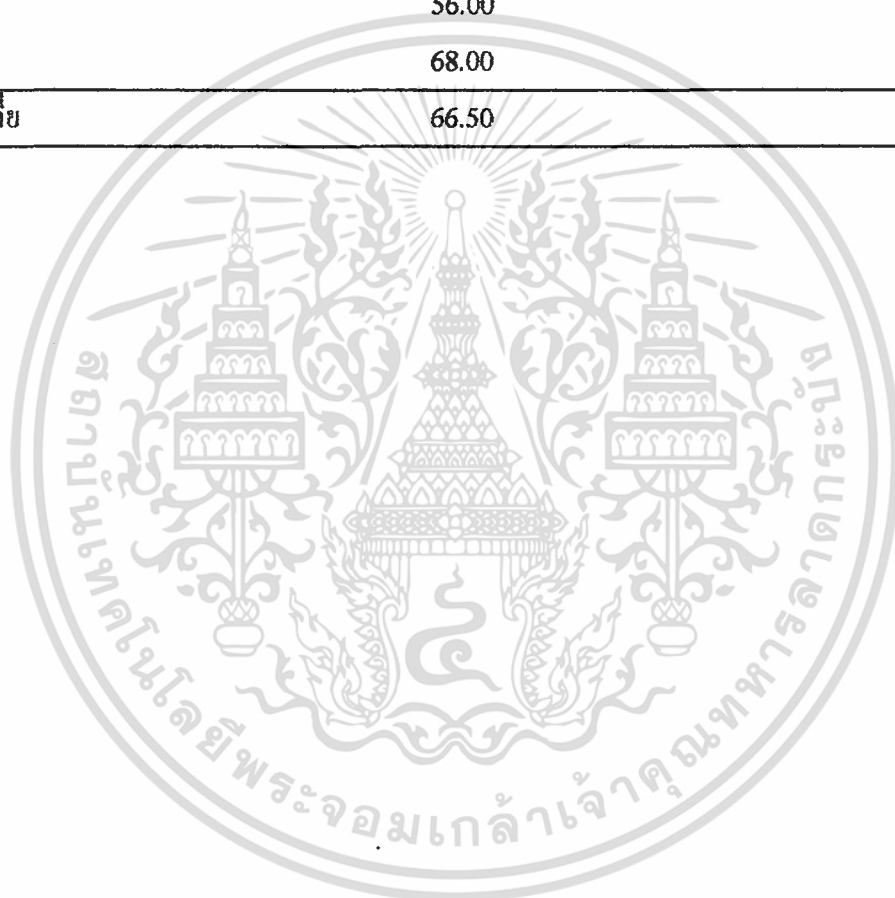
สัปดาห์	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน(%)
2	65.80
3	66.00
4	67.00
5	60.00
6	60.60
7	60.00
เฉลี่ย	63.20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 13** ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกคะน้า ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (4 มกราคม- 26 กุมภาพันธ์ 2542)

สัปดาห์	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน(%)
2	64.00
3	72.00
4	67.00
5	72.00
6	56.00
7	68.00
เฉลี่ย	66.50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้