

ปัญหาพิเศษ

ภาควิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง

การศึกษาบทบาทสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในระบบ Aeroponics

Role of Soluble Silicon on Green Kuang Futsoi Grown in Aeroponics



โดย

นางสาวสุกานา หนูแก้ว

.....(อาจารย์ที่ปรึกษา)
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนิตนันต์ เจนอักษร)

เลขหมู่.....
 เลขทะเบียน..... 32921
 วัน, เดือน, ปี 18 ส.ย. 2542

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. วรเดช จันทรสร)
 หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
 วันที่ ๒๒ เดือน ๑๒ พ.ศ. ๒๕๔๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยาม


ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. ถนมนันต์ เจนอักษร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง รวมทั้งเป็นที่ปรึกษาทางวิชาการจนทำปัญหาพิเศษสำเร็จเป็นรูปเล่มด้วยดี ขอขอบคุณ อาจารย์ พรหมมาศ คูหากาญจน์ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบคุณกำลังใจและความร่วมมือที่เพื่อนๆ ทุกคนให้มาตลอดระยะเวลาที่ทำปัญหาพิเศษ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว โดยเฉพาะคุณพ่อ คุณแม่ และน้องสาว ที่เสียสละแรงกาย แรงใจ กำลังทรัพย์ และให้กำลังใจจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พฤษภาคม 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Role of Soluble Silicon on Green Kuang Futsoi Grown in Aeroponics
By : Miss Sakuna Nukaew
Degree : Bachelor of Science (Agriculture)
Major Field : Plant Pest Management Technology
Advisor : 
(Assist. Prof. Dr. Tanimnun Jaenaksorn)

Abstract

Role of soluble silicon on Green Kuang Futsoi grown in Aeroponics was determined. Completely Randomized Design (CRD) was employed with 16 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 (Nov.- Dec. 1998 and Jan.- Feb. 1999). From the result, it showed that Green Kuang Futsoi can be successfully grown in Aeroponics 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 Green Kuang Futsoi was not achieved from our experiments. That is, growth of Green Kuang Futsoi in 100 ppm Si added-nutrient solution was not better than 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 Green Kuang Futsoi 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 (Cherif and Belanger, 1992; Cherif *et al.*, 1994; Menzie *et al.*, 1991; Miyake and Takahashi, 1983a; 1983b) 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, partly due to the specificity of soluble silicon role for plant species. Furthermore, the environment condition also greatly affected the growth of crop in Aeroponics.

สารบัญ

| | หน้า |
|-------------------|------|
| สารบัญ | I |
| สารบัญตาราง | II |
| สารบัญรูป | III |
| สารบัญภาคผนวก | IV |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 10 |
| ผลการทดลอง | 23 |
| วิจารณ์ผลการทดลอง | 35 |
| สรุปผลการทดลอง | 36 |
| ข้อเสนอแนะ | 37 |
| เอกสารอ้างอิง | 38 |
| ภาคผนวก | 40 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1 แสดงการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง เมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ (ความสูง จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 และ crop ที่ 2 | 25 |
| ตารางที่ 2 แสดงความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผักและ หนอนรอนใบของกวางตุ้งที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร สูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 และ crop ที่ 2 | 31 |



สารบัญรูป

| | หน้า | |
|-----------|---|----|
| รูปที่ 1 | แสดงการติดตั้งระบบ Aeroponics | 17 |
| รูปที่ 2 | แสดงวัสดุปลูก (ฟองน้ำอัด) ที่ใช้ในการปลูกวางตั้ง ในระบบ Aeroponics | 18 |
| รูปที่ 3 | แสดง Interrupter อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลา | 19 |
| รูปที่ 4 | แสดงการย้ายวางตั้งที่มีอายุ ได้ 2 สัปดาห์ลงปลูก | 20 |
| รูปที่ 5 | แสดงการแยกเชื้อรา <i>Pythium spp.</i> จากสารละลายธาตุอาหาร | 21 |
| รูปที่ 6 | แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม | 22 |
| รูปที่ 7 | แสดงการเจริญเติบโตของวางตั้งเมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ในการทดลอง crop ที่ 1 (พ. บ.-ร. ก. 2541) | 26 |
| รูปที่ 8 | ลักษณะรากของวางตั้ง ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ในการทดลองที่ 1 (พ. บ.-ร. ก. 2541) | 27 |
| รูปที่ 9 | แสดงการเจริญเติบโตของวางตั้งเมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ในการทดลอง crop ที่ 2 (ม. ค.-ก. พ. 2541) | 28 |
| รูปที่ 10 | ลักษณะรากของวางตั้ง ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ในการทดลองที่ 2 (ม. ค.-ก. พ. 2542) | 29 |
| รูปที่ 11 | เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของวางตั้งที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง | 30 |
| รูปที่ 12 | ลักษณะความเสียหายของวางตั้งที่ถูกแมลงศัตรูพืชเข้าทำลาย | 32 |
| รูปที่ 13 | แสดงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของวางตั้ง (น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูง และจำนวนใบ) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลอง crop ที่ 1 : พ. บ.-ร. ก. 2541 และ crop ที่ 2 : ม. ค.-ก. พ. 2542) | 33 |

รูปที่ 14 แสดงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง
(ความกว้างและความยาวใบ) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics
ใช้สารละลายธาตุอาหารผสมสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm)
(เปรียบเทียบการทดลอง crop ที่ 1 : พ. ย.-ธ. ค. 2541
และ crop ที่ 2 : ม. ค.-ก. พ. 2542)

34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

| | | หน้า |
|-----------------|--|------|
| ตารางผนวกที่ 1 | แสดงสูตรสารละลายธาตุอาหาร (Benoit, 1991) | 41 |
| ตารางผนวกที่ 2 | แสดงการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความสูง และจำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 | 42 |
| ตารางผนวกที่ 3 | แสดงการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความสูง และจำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 2 | 43 |
| ตารางผนวกที่ 4 | แสดงการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 | 44 |
| ตารางผนวกที่ 5 | แสดงการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 2 | 45 |
| ตารางผนวกที่ 6 | แสดงความเข้มแสงภายใน และภายนอก โรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1 | 46 |
| ตารางผนวกที่ 7 | แสดงความเข้มแสงภายใน และภายนอก โรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 2 | 47 |
| ตารางผนวกที่ 8 | แสดงอุณหภูมิภายใน และภายนอก โรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1 | 48 |
| ตารางผนวกที่ 9 | แสดงอุณหภูมิภายใน และภายนอก โรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 2 | 49 |
| ตารางผนวกที่ 10 | แสดงอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1 | 50 |
| ตารางผนวกที่ 11 | แสดงอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 2 | 51 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--|----|
| ตารางผนวกที่ 12 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1 | 52 |
| ตารางผนวกที่ 13 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 2 | 53 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ผักกางดุ้ง โดยทั่วไปมนุษย์ใช้ในการบริโภคและเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญ ซึ่งอุดมไปด้วย แร่ธาตุ วิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย ดังนั้นเกษตรกรจึงทำการปลูกผักไว้บริโภคเองและส่งเป็นสินค้าทางการเกษตรด้วย ในปัจจุบันการปลูกพืชนั้นมักประสบปัญหาสำคัญหลายด้าน โดยส่วนมากเกิดจากการเข้าทำลายของโรคพืชและแมลง ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันกำจัด เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้สารเคมีในการกำจัด เพราะเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว แต่ถ้ามีการใช้สารเคมีมากเกินไปจะทำให้เกิดผลตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำลายสภาพแวดล้อมธรรมชาติ จึงต้องมีการส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชลง

แนวทางหนึ่งเพื่อลดปัญหาจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช คือ การเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) ในระบบ Aeroponics มาปรับใช้กับการเพาะปลูกพืช เนื่องจากระบบนี้จะช่วยลดสารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ โดยทำการปลูกในโรงเรือนที่มีมิดชิด มีการป้องกันการเข้าทำลายของศัตรูพืช และการที่ไม่ใช้ดินในการปลูกนอกจากจะทำให้ไม่ต้องคำนึงถึงปัญหาเรื่องดินที่ต้องปรับปรุง ทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ การระบายน้ำ การระบายอากาศ แล้วยังเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาโรคพืชที่ติดมากับดินได้อีกด้วย ปัจจุบันการปลูกพืชในระบบนี้มีการพัฒนาเป็นอันมากในต่างประเทศที่เจริญแล้ว เช่น อังกฤษ เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม เดนมาร์ก แคนาดา และ ญี่ปุ่น (Benoit, 1992; Ikeda, 1998) โดยมีการศึกษาของนักวิจัย ในการทดลองปลูกพืชในระบบ Aeroponics ซึ่งส่งผลให้พืชที่ปลูกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น รากพืชมีลักษณะขาวอวบเนื่องจากถูกทำลายน้อยลง รวมทั้งไม่พบโรคในพืชที่ปลูกอีกด้วย (Howard, 1981) สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำระบบนี้มาดำเนินการเป็นธุรกิจอยู่บ้างแต่ยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากจะต้องมีการตัดแปลงแก้ไขเทคโนโลยีบางประการ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและชนิดของพืช ในการนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แม้ว่าดินพืชจะเป็นโรคน้อย แต่ถ้าหากเกิดการปนเปื้อนเข้ามาในระบบ จะทำให้การแพร่ระบาดของเชื้อเป็นไปได้รวดเร็ว โดยเฉพาะถ้าเป็นการปลูกพืชในระบบที่นำเอาสารละลายหมวนเวียนกลับมาใช้ใหม่

ในปัจจุบัน ได้มีการนำสารละลายซิลิกอน (soluble silicon) มาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและสภาพแวดล้อม จากการศึกษาของนักวิจัย สามารถยืนยันได้ว่า สารละลายซิลิกอนมีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมแก่การนำมาใช้ประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และการเพิ่มสารละลายซิลิกอนให้แก่พืช จะสามารถลดการเกิดโรคแก่

พืชที่ปลูกได้อีกด้วย การใช้สารละลายซิลิกอนจึงได้รับความนิยมจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก (Bowen *et al.*, 1992; Cherif and Belanger, 1992; 1994; Cherif *et al.*, 1994; Menzies *et al.*, 1991; 1992; Miyake and Takahashi, 1983a; 1983b; Samuels *et al.*, 1991a; 1991b) สำหรับในประเทศไทย การใช้สารละลายซิลิกอนในการควบคุมโรคพืชนั้นยังไม่แพร่หลาย

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงบทบาทของสารละลายซิลิกอนที่มีต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit โดยเติมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) และยังศึกษาถึงบทบาทของซิลิกอนในการควบคุมโรคของการปลูกพืชในระบบนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาแนวทาง และความเป็นไปได้ในการปลูกกางตุ้ง ในระบบ Aeroponics
2. ศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตของกางตุ้ง ในระบบ Aeroponics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ผักกวางตุ้ง

ผักกวางตุ้ง หรือ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง (Green Kuang Futsoi) โดยส่วนใหญ่นิยมบริโภคส่วนของใบและก้านใบ ลักษณะก้านใบหนามนเกือบกลมสีเขียว ปลายแผ่นใบมนสีเขียวเข้มผักกาดเขียว กวางตุ้งนี้ มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปลูกกันมากในมณฑลกวางตุ้งของประเทศจีน ฮองกง ไต้หวัน และประเทศไทย

ลักษณะทั่วไป

ผักกวางตุ้งเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica chinensis* (Bailey) Tsen&Lee ผักกวางตุ้งเป็นพืชอายุปีเดียว (annual) สามารถขึ้นได้ในดินทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเป็นกลาง ในดินที่มีความชื้นสูงเพียงพอสม่ำเสมอ ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน

อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถปลูกได้ตลอดปี อายุตั้งแต่ หวานหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 35-45 วัน

พันธุ์ที่ใช้ปลูก

ผักกวางตุ้งยังไม่มีกรรมพันธุ์ความแตกต่างของลักษณะพันธุ์ นอกจากนี้แล้วยังมีผักกวางตุ้งอีก 3 ชนิด คือ ผักกาดขาวกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ และผักกาดดอก

การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้ง ค่อนข้างเร็วประมาณ 35-45 วัน ให้เลือกต้นที่ขนาดตามความต้องการแล้วตัดด้วยมีดคมๆ ที่โคนต้น ตัดแบ่งใบนอกที่แก่และถูกแมลงทำลายออกก่อนบรรจุส่งตลาด (อุดม, 2529)

Aeroponics

Aeroponics เป็นหนึ่งในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) หลักการของระบบนี้คือ เป็นการปลูกพืชโดยส่วนของรากลอยอยู่ในอากาศและฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา สารละลายที่เหลือจะไหลไปรวมที่ถังพักเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ รูปร่างของโครงสร้างปลูกพืชระบบ aeroponics อาจมีได้หลายรูปแบบ (อิทธิสุนทร, 2538) เช่น

1. แบบกล่องสี่เหลี่ยม
 2. แบบกระโจมสามเหลี่ยม
 1. แบบกล่องสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้
 - 1.1 โครงปลูกพืชสี่เหลี่ยม โดยตัวโครงทำจากเหล็กฉากและแต่ละด้านบุด้วยแผ่นโฟมด้านล่างบุอีกชั้นด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำรั่ว ขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 60×120×50 เซนติเมตร ปลูกพืชด้านบนด้านเดียว
 - 1.2 ป้อนน้ำแบบมีถังลมนัดความดัน (ปั๊มที่ใช้ปั๊มตามบ้าน)
 - 1.3 วาล์วปิดเปิดน้ำไฟฟ้า แบบมีเครื่องตั้งเวลาติดอยู่ด้วย ทำให้สะดวกในการติดตั้งและปลอดภัย
 - 1.4 ถังกรองใช้ของ Arkal ขนาด 100 ไมครอน เป็นเครื่องกรองแบบแผ่นวงแหวน เพื่อสะดวกในการถอดล้าง
 - 1.5 ถังพลาสติกบรรจุสารละลายขนาด 200 ลิตร
 2. แบบกระโจมสามเหลี่ยม ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้
 - 2.1 กระโจมสามเหลี่ยมปลูกพืช ทำจากแผ่นโฟมประกบเป็นสามเหลี่ยม กว้าง ×ยาว×สูง เท่ากับ 120 ×240×120 เซนติเมตร ปูพื้นกระโจมด้วยพลาสติกดำ และหุ้มกระโจมทั้งหมดด้วยพลาสติกขาวอีกชั้น เพื่อป้องกันน้ำรั่ว ด้านข้างเจาะรูปลูกพืช ระยะ 25×20 เซนติเมตร ในกระโจมติดตั้งหัวฉีดฝอย 14 หัว เพื่อกระจายสารละลายให้ทั่ว ตัวกระโจมวางบนขาตั้งทำจากเหล็กฉาก กว้าง 120 ยาว 240 สูงจากผิวดิน 50 เซนติเมตร
 - 2.2 ป้อนน้ำแบบมีถังลมนัดความดัน (ปั๊มที่ใช้ปั๊มน้ำตามบ้าน)
 - 2.3 วาล์วปิดเปิดน้ำไฟฟ้า แบบมีเครื่องตั้งเวลาติดอยู่ด้วย
 - 2.4 ถังกรองใช้ของ Arkal 200 ลิตร
- กระโจมสามเหลี่ยมที่มีการติดตั้งหลอดอากาศ ซึ่งใช้กระป๋องพลาสติกตัดกันออกและต่อที่ด้านบนของกระโจมสามเหลี่ยมที่ตัดเป็นช่องเท่าขนาดกระป๋อง และติดตั้งหลอดอากาศขนาด 8 นิ้ว (พัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูอากาศที่ติดตามห้องแอร์ต่างๆ ไป) เพื่อดูอากาศออกจากกระโจม เครื่องดูอากาศนี้จะต่อเชื่อมกับเครื่องตั้งเวลาที่ควบคุมการให้น้ำ จังหวะการดูอากาศจะเริ่มเมื่อหยุดการฉีดสารละลาย เพื่อป้องกันพัดลมดูสารละลายออกจากกระโจม

การปลูกพืชในระบบ Aeroponics ในต่างประเทศ

Abou *et al.* (1994) รายงานว่า Aeroponics ที่ใช้ในการปลูกพืชนั้น โครงสร้างประกอบด้วย polystyrene sheets หนา 2.5 เซนติเมตร โดยจัดเป็นรูปลักษณะตัว "A" ขาว 1.8 เมตร กว้าง 0.5 เมตร สูงจากฐาน 0.9 เมตร มีหัวฉีด 4 หัว ที่สำคัญจะต้องประกอบด้วย หัวฉีดพ่น (spray nozzles) ซึ่งจะไม่เกิดการอุดตันได้ง่าย หัวฉีดพ่นสามารถพ่นไปในอากาศได้ดีและสามารถลดความเสียหายที่เกิดกับรากได้ในทางการค้ามีการนำหัวฉีดพลาสติก (plastic nozzle) มาใช้ซึ่งง่ายต่อการติดตั้งและทำงาน ส่วนหัวฉีดแบบพ่นเป็นจุด (spot spiter nozzle) ซึ่งจะทำงานที่ระดับความดันต่ำ วิธีประกอบโครงสร้างของระบบนี้จะต้องใช้หัวฉีดพ่นที่มีระดับความดันสูง แต่ต้องใช้เงินลงทุนมาก (Edward, 1994)

การปลูกพืชในระบบนี้ ต้นพืชที่ปลูกจะยึดติดกับวัสดุปลูกซึ่งจะช่วยยึดต้นพืชไว้ ภายในจะมีหัวฉีดสำหรับพ่นสารละลายธาตุอาหาร สำหรับสารละลายที่ถูกพ่นออกมาจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่ ภายนอกกล่องจะปิดคลุมด้วยวัสดุสีดำเพื่อป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำ ระบบจะฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารแบบหมอกเป็นระยะ โดยปกติจะให้สารละลายทุกๆ 2-3 นาที เพื่อจะทำให้รากไม่เปื่อยขึ้นสารละลายมากเกินไป (Schwarz, 1995)

ปัญหาที่สำคัญของการปลูกพืชในระบบนี้ คือ ลักษณะของสารละลายธาตุอาหารที่พ่นสู่รากพืชและความถี่ของการได้รับสารละลายจะแตกต่างกัน ซึ่งจะได้รับสารละลายในปริมาณไม่เท่ากัน และรวมไปถึงการตกตะกอนของสารละลายธาตุอาหารในระบบปลูก (Benton, 1997)

ในระบบ Aeroponics ได้มีการพัฒนาการจ่ายสารละลายธาตุอาหาร แบบฉีดพ่นไปยังรากพืช จะมีความสำคัญเกี่ยวข้องกับพืชในด้านการเจริญเติบโต โดยการให้สารละลายธาตุอาหาร จะมีผลต่อการงอกและการเจริญของต้นพืช (Hessel *et al.*, 1992)

Howard (1981) รายงานว่า มีการศึกษาและทดลองปลูกพืช ซึ่งได้แก่ ผักกาดหอม ในระบบ Aeroponics โดยทำการทดลองใน greenhouse พบว่า พืชที่ทดลองปลูกจะมีการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิต รวมทั้งความยาวและความอวบขาวของรากพืช มีลักษณะที่สมบูรณ์แข็งแรง และถูกทำลายน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ปลูกในระบบ Aeroponics

และได้มีการทดลองปลูก Kailan (*Brassica alboglabra*), pai chye (*Brassica chinensis*) และ mustard (*Brassica juncea*) พบว่าการปลูกในระบบ Aeroponics นี้ จะเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ปลูกในดิน รวมทั้งยังมีการทดสอบปริมาณธาตุอาหารในพืช พบว่า พืชที่ปลูกในระบบนี้ มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ปลูกในดิน (Chu and Lee, 1995)

การเจริญเติบโตของพืชในระบบ Aeroponics

พืชมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วหลังจากย้ายปลูก เนื่องจากรากพืชไม่ถูกกระทบกระเทือนขณะย้ายปลูก การแพร่กระจายของรากดีเนื่องจากไม่มีสิ่งกีดขวางเหมือนในดิน และรากพืชได้รับอากาศเต็มที่ การปลูกในระบบนี้เหมาะกับการปลูกพืชต้นเดี่ยว เช่น พืชผักต่างๆ ถ้าพืชต้นสูงจำเป็นต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด

ข้อเสียที่สำคัญของระบบนี้ คือ ถ้าระบบให้น้ำไม่ทำงาน เช่น ไฟดับ ต้นพืชจะแสดงอาการเหี่ยวให้เห็นภายใน 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากรากลอยอยู่ในอากาศไม่มีวัสดุช่วยดูดซับน้ำ ระบบนี้ยังสามารถใช้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตหรือปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อรากได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถศึกษาการพัฒนาของรากได้ตลอดเวลา เช่น การศึกษาเกี่ยวกับ *Rhizobium* และ *Mycorrhiza*

ในการปลูกไม้ดอกหรือผักสวนครัวทำการเพาะกล้าในแทงฟองน้ำ เมื่อกกล้าเริ่มงอกและมีใบเลี้ยงสามารถนำไปปลูกได้ทันที โดยสามารถปลูกพืชต่างชนิดกันในเวลาเดียวกัน และสามารถเปลี่ยนพืชปลูกได้ตลอดเวลาโดยไม่กระทบต่อพืชข้างเคียง

ปัญหาที่พบในการปลูกแบบ Aeroponics คืออุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงมากใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงเรือนปลูกพืชประมาณ 36 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การเจริญเติบโตของรากพืชไม่ดี ดังนั้นจึงได้มีการติดพัดลมดูดอากาศในช่วงที่หยุดการให้น้ำ ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ระดับรากพืชได้ประมาณ 6-10 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตของรากดีมาก รากมีลักษณะขาวอวบขาว

สารละลายซิลิกอน (Soluble Silicon)

Silicon (Si) เป็นแร่ธาตุที่มีอยู่มากมายบนพื้นผิวโลก เกษตรกรทั่วไปทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกาได้นำสารละลาย Si นี้มาใช้ เพื่อช่วยป้องกันกำจัดโรคพืชที่ปลูกในสภาพโรงเรือน จากผลการศึกษาของนักวิจัยจากประเทศต่างๆหลายท่านพบว่า การเพิ่มการดูดซึม Si ให้แก่พืชทำให้สามารถป้องกันกำจัดโรคที่เกิดจากเชื้อราได้ และยังมีผลทำให้พืชเจริญเติบโตดีและแข็งแรงขึ้น (ถนิมฉันท, 2541)

การใช้สารละลายซิลิกอน ในการป้องกันกำจัดโรคพืชในต่างประเทศ

Miyake and Takahashi (1983a) รายงานว่ามีการศึกษาทดลองปลูกแตงกวาในระบบ Hydroponics ที่ทดลองโดยใช้ซิลิกอน (100 ppm.) และไม่ใช่ซิลิกอน (0 ppm) พบว่า ที่ไม่ใช่ซิลิกอน การเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของละอองเกสรในต้นแตงกวาจะมีปริมาณที่ต่ำกว่าที่ใช้ซิลิกอน รวมทั้งยังพบอาการของโรคราแป้งอีกด้วย แสดงให้เห็นว่า ซิลิกอนสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตต้นแตงกวาได้ รวมทั้งยังช่วยลดอาการของโรคพืชด้วย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึง การกระจายตัวของซิลิกอนบนผิวใบของแตงกวา พบว่า เมื่อเพิ่มสารละลายซิลิกอน และตรวจสอบด้วยเครื่อง scanning electron microscopy ร่วมกับ energy dispersive X-ray analysis ตรวจพบซิลิกอนสะสมอยู่ในบริเวณเซลล์ของ trichome ระหว่างการติดเชื้อของ *Sphaerotheca fuliginea* (เชื้อสาเหตุสำคัญของโรคราแป้ง) โดยมีการงอกของ hyphae บนพืชอาศัย มีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และความเข้มข้นของซิลิกอน ขนาดที่วัดได้ของผลรวมความกว้างเส้นใยต่อโคโลนีของเชื้อราที่เจริญ เมื่อมีการทดสอบโดยใช้ซิลิกอนบนพืช ซิลิกอนจะมีขนาดเล็กกว่าโคโลนีของเชื้อราในพืช Control และในระยะแรกของการติดเชื้อ พบซิลิกอนรอบ ๆ โคโลนีของเชื้อราในพืช ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Samuels *et al.*, 1991a) และยังทำการศึกษาดังกล่าวถึงกลไกการทำงานของซิลิกอน ในการลดความรุนแรงของโรคราแป้ง พบว่าในแตงที่ทำการศึกษาทดลองโดยใช้ซิลิกอน จะพบซิลิกอนใน epidermal cell และ trichome hair ในปริมาณต่ำ แต่จะพบซิลิกอนในปริมาณสูงที่บริเวณเซลล์ trichome เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ซิลิกอนจะถูกสะสมอยู่ใน conidia ที่กำลังงอก และ conidia ดังกล่าวจะมี germ tube สั้น แต่อย่างไรก็ตาม ซิลิกอนจะไม่มีผลไปลดจำนวน conidia ที่กำลังงอก (Samuels *et al.*, 1991b) ในการทดสอบสารละลายซิลิกอนต่อโรคราแป้ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซิลิกอนจาก 0.05 mM. ไปเป็น 4.10 mM. สามารถลดการเกิดโรคได้ (Menzies *et al.*, 1991)

Miyake and Takahashi (1983b) ยังรายงานอีกว่า การทดลองใช้ปุ๋ย เช่น potassium silicate และ calcium silicate ในการปลูกแตงกวาจะช่วยลดความเสียหายจากโรคเหี่ยวได้ จากการทดลองใช้ปุ๋ยดังกล่าว พบว่า มีผลในการเพิ่ม pH ของดินและทำให้ต้นแตงกวาเจริญเติบโตดี จากผลของการใช้สารละลาย potassium silicate ดังกล่าว กับแตงกวา (*Cucumis sativas* L.) muskmelon (*C. melo* L.) และ zucchini squash (*Curcubita pepo* L.) ในการป้องกันกำจัดโรคราแป้ง โดยใช้ซิลิกอนที่ความเข้มข้น 1.7, 8.5, 17 และ 34 mM. เติมน้ำในสารละลายธาตุอาหารและพ่นลงบนใบพืช เปรียบเทียบกับ control (ที่ใช้ น้ำกลั่นมาเชื้อแทนสารละลาย) เมื่อทำการปลูกเชื้อโดยใช้ conidia ของเชื้อ *S. fuliginea* บนแตงกวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ muskmelon หรือเชื้อ *Erysiphe cichoracearum* บน zucchini squash 1 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น ≥ 17.0 mM. การพัฒนาของโคโลนีเชื้อลดลงกว่า control และจากการทดลองใช้สารละลายซิลิกอนที่ความเข้มข้น 17 mM. เป็นเวลา 7 วัน ก่อนทำการปลูกเชื้อ เชื้อ *S. fuliginea* โคโลนีของเชื้อดังกล่าวจะลดลง (Menzies *et al.*, 1992)

ในปัจจุบัน potassium silicate ได้มีจำหน่ายเป็นการค้าในตลาดยุโรป สำหรับอุตสาหกรรมการปลูกพืชในโรงเรือน โดยใช้สารละลายดังกล่าว ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium ultimum* พบว่า ที่ความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับ จะมีผลทำให้ปริมาณรากถูกทำลายน้อยลง เปอร์เซ็นต์ความตายและความสูญเสียของผลผลิตเนื่องจากเชื้อดังกล่าวลดลง รวมทั้งยังมีผลทำให้น้ำหนักแห้ง จำนวนผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตดีกว่าด้วย (Cherif and Belanger, 1992) จากการศึกษาบทบาทของซิลิกอนต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium ultimum*, *P. aphanidermatum* (เชื้อสาเหตุสำคัญของโรคน้ำ) และ *Cladosporium cucumerinum* พบว่าซิลิกอนสามารถชักนำให้พืชสร้างกลไกป้องกันตัวเอง เพื่อตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อราดังกล่าว ซึ่งการตอบสนองนี้เป็นผลให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการทางเคมีต่างๆ ให้มีปฏิกิริยาเร็วขึ้น แสดงให้เห็นว่า ซิลิกอนนี้เป็นที่มีสถานภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และสามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดโรคพืชได้ (Cherif and Belanger, 1994) และจากการทดสอบสารละลายซิลิกอนที่มีผลต่อโรคน้ำ โดยพบว่า ที่ความเข้มข้น 1.7 mM. สารละลายซิลิกอนสามารถลดการแสดงอาการของโรคได้ อีกทั้งยังเพิ่มผลผลิตและน้ำหนักแห้งด้วย (Cherif *et al.*, 1994)

นอกจากนี้มีการศึกษาสารละลายซิลิกอนกับแตงกวาแล้ว ยังมีการทดสอบใช้สารละลายกับรากหรือใบ ในองุ่น (*Vitis vinifera* L.) พบว่า ที่ความเข้มข้น 1.7 mM. ไม่มีผลต่อความรุนแรงของโรค แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้น 17 mM. จะสามารถลดจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคได้ (Bowen *et al.*, 1992)

สถานที่ทำการทดลอง : โรงเรียนปลูกพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาทำการทดลอง : การทดลองที่ 1 (crop 1) พฤศจิกายน- ธันวาคม 2541
การทดลองที่ 2 (crop 2) มกราคม- กุมภาพันธ์ 2542

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบ Aeroponic
 - 1.1 กล่องพลาสติกสีขาวขนาด 15 × 15 × 21 นิ้ว พร้อมฝาปิด
 - 1.2 ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว
 - 1.3 ท่อ PE ขนาดเล็ก
 - 1.4 หัวฉีด (nozzle)
 - 1.5 ปั้มน้ำ (pump)
 - 1.6 ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารน้ำขนาด 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง
 - 1.7 แผ่นพลาสติกสีดำ
 - 1.8 วาล์วไฟฟ้า
 - 1.9 Electronic interrupter
 - 1.10 EC meter
 - 1.11 pH meter
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูก
 - 2.1 เมล็ดพันธุ์กวาด้าง
 - 2.2 ถาดเพาะเมล็ด
 - 2.3 กระบอกลี้น้ำ
 - 2.4 แผ่นฟองน้ำอัดตัดเป็นชิ้น
 - 2.5 กระดาษทิชชู
 - 2.6 สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit (Benoit, 1992)
 - 2.7 สารละลายซิลิกอน ($\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$), a.i. $\approx 27\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลทางสภาพแวดล้อม
 - 3.1 เทอร์โมมิเตอร์
 - 3.2 เครื่องวัดความเข้มแสง
 - 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น
4. อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาทางด้านโรคพืช
 - 4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
 - 4.2 กล้องจุลทรรศน์
 - 4.3 อาหารสำหรับแบคทีเรีย PDA + BNPR + rose bengal (จิระเดช และคณะ, 2534)
 - 4.4 อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)
 - 4.5 เมล็ดแตงกวา

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีการเติมสารละลายซิลิโคน กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหาร + สารละลายซิลิโคนความเข้มข้น 100 ppm โดยแต่ละกรรมวิธีมี 16 ซ้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง (crop) ต่อเนื่องกัน โดยขั้นตอนของการทดลองจะเหมือนกัน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเตรียมระบบปลูก Aeroponics

นำกล่องพลาสติกสีขาวขนาด 15 × 15 × 21 นิ้ว ซึ่งภายในติดตั้งหัวฉีด 4 หัวตามแนวยาวกล่อง จากนั้นต่อท่อ PVC ตรงด้านล่างกล่องลงสู่ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารเพื่อให้สารละลายไหลลงสู่ถัง ภายนอกต่อกับปั้มน้ำ วาล์วไฟฟ้า และ interrupter เพื่อตั้งเวลา โดยให้สารละลาย 1 นาที หยุด 3 นาที ทำการเจาะฝากล่องด้านบนขนาด 3 × 3 ซม. โดยเจาะ 8 ช่องในแต่ละกล่องสำหรับปลูกวางตั้ง จากนั้นคลุมกล่องพลาสติกด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ เพื่อป้องกันการออกซิเดชันของธาตุเหล็ก อีกทั้งยังเป็นการป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำภายในกล่อง (รูปที่ 1, 2 และ 3)

2. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

การเตรียมสารละลายโดยทั่วไปควรเตรียมจากน้ำที่บริสุทธิ์มีสารต่างๆ ละลายเจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน น้ำกรอง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำ RO (Reverse Osmosis) เป็นน้ำที่ผ่านการกรองและแยกแร่ธาตุ ซึ่งค่อนข้างบริสุทธิ์ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร โดยการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการวัดค่า pH และค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารทุกๆ สัปดาห์ และปรับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วง 5.5 – 6.0 โดยการเติมกรดไนตริก และปรับค่า EC ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับอายุของพืชแต่ละช่วงโดยการเติมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นหรือเติมน้ำตามลำดับ และจะทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่ทุกๆ สัปดาห์

สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Benoit (Benoit, 1992)

การเตรียมสารละลาย : ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารจะทำการเตรียมเป็น stock solution ความเข้มข้นสูง (100 เท่า) เพื่อสะดวกในการใช้งาน โดยแยกเป็น 2 ถัง (Solution A, B) องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 วิธีการเตรียมสารละลายความเข้มข้นสูง (Stock Solution A, B) มีดังนี้

1. Solution A

1.1 เตรียมสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ โดยใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ละลายในน้ำก่อนจำนวน 5 ลิตรจากนั้นกรองเอาไขออก

1.2 เติม KNO_3 แล้วคนให้เข้ากัน

1.3 เติม Fe-EDDHA ที่ละลายในน้ำก่อน 8 ลิตร ผสมให้เข้ากัน

1.4 เติมน้ำให้ครบ 25 ลิตร

2. Solution B

2.1 นำจุลธาตุต่างๆ ได้แก่ MnSO_4 , H_3BO_3 , $\text{ZnSn}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ผสมให้เข้ากันในน้ำจำนวน 10 ลิตร

2.2 เติม KNO_3 , MgSO_4 และ KPO_4 ผสมให้เข้ากัน

2.3 เติมน้ำให้ครบ 25 ลิตร

เมื่อจะนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตรา 1 : 200 เช่น ถ้าต้องการสารละลาย 10 ลิตรจะต้องใช้ solution A และ solution B อย่างละ $1 / 200 \times 10 \times 100 = 50$ มล.

ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารแต่ละกรรมวิธีจะเติมสารละลายซิลิกอนลงในสารละลายธาตุอาหารพืชคือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการเติมสารละลายซิลิกอน (0 ppm) และกรรมวิธีที่ 2 เติมสารละลายซิลิกอน (100 ppm)

3. การเพาะกล้าและการย้ายต้นกล้าวางตั้ง

เพาะเมล็ดกล้าวางตั้งบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มน้ำในถาดพลาสติก แต่ระวังอย่าให้แฉะ เพราะเมล็ดอาจจะเน่าได้ง่าย หลังจากนั้นควรพ่นน้ำทุกเช้าเย็นประมาณ 4 – 5 วันเมล็ดจะงอกและแตกใบเลี้ยง แล้วนำต้นกล้ามาวางบนฟองน้ำอัดที่ตัดเตรียมไว้ ซึ่งรดด้วยสารละลายชุ่มพอประมาณ หลังจากนั้นย้ายลงปลูกในระบบ Aeroponics (รูปที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การดูแลรักษา

ทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกๆ สัปดาห์ ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารมีค่า $EC = 2 \text{ mS/cm}^2$ หลังจากย้ายลงรางปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ต่อมาจึงเพิ่มค่า $EC = 2.5 \text{ mS/cm}^2$ เป็นเวลา 2 สัปดาห์หลังจากนั้นให้เพิ่มค่า $EC = 3 \text{ mS/cm}^2$ โดยตลอดการทดลองให้ปรับค่า $pH = 5.5 - 6.0$ เสมอ หากพบโรคและแมลงลงระบามากให้ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

5. การเก็บเกี่ยว

จะทำการเก็บเกี่ยวกวางคุ้ง เมื่อมีอายุ $\approx 45-50$ วัน หลังจากเพาะเมล็ด

6. การแยกเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร

ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารมาจากถังสารละลายก่อนที่จะมีการจ่ายสารละลายไปยังต้นพืช (Solution inlet) และเก็บสารละลายที่ให้แก่พืชแล้ว 1 สัปดาห์ (Solution outlet) เพื่อมาตรวจแยกเชื้อปนเปื้อน (*Pythium spp.*) โดยวิธี Pour plate technique และ Baiting technique (รูปที่ 5)

6.1 Pour plate technique

การทดลองที่ 1 : ทำการดูดตัวอย่างสารละลายธาตุอาหาร 1 มล. ใส่ใน plate ออบฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่บกลงไปแล้วทำการ spread plate อย่างละ 5 ซ้ำ และนำไปบ่มในที่มืดจากนั้นตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อภายใน 48 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2 : ทำคล้ายกับการทดลองที่ 1 เพียงแต่ใช้สารละลายธาตุอาหารซ้ำละ 2 มล. นำผลที่ได้จากทั้ง 2 การทดลองมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ มีหน่วยเป็น CFU / มล.

6.2 Baiting technique

การทดลองที่ 1 : ใช้ปากคีบ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว) คีบเมล็ดแตงกวา (เหยื่อล่อ) จำนวน 10 เมล็ดใส่ลงใน plate ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นดูดสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการตรวจสอบมา 10 มล. ใส่ลงใน plate เมล็ดแตงกวาข้างต้น และทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำเมล็ดแตงคั่งกล่าวมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง แล้วซบด้วยกระดาษทิชชูให้แห้งนำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เก็บไว้ในที่มืด ตรวจสอบหาเชื้อ *Pythium spp.* ภายใน 48 ชั่วโมง นำปริมาณเชื้อที่ตรวจพบมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

การทดลองที่ 2 : นำเมล็ดแตงกวามาล้างด้วย Clorox 10 เปอร์เซ็นต์ 20 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง แล้วซบด้วยกระดาษทิชชูให้แห้ง แล้วนำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นดูดสารละลายที่ต้องการตรวจสอบมา 2 มล. แล้วใส่ลงใน plate ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อลงไปอย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ แล้วนำเมล็ดแตงกวาดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เก็บในที่มืด ตรวจสอบหาปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ภายใน 48 ชั่วโมง นำปริมาณเชื้อที่ตรวจพบมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

อาหารที่ใช้ในการแยกเชื้อที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร ทั้ง 2 วิธี จะใช้

Selective media สูตร PDA + BNPR + Rb ซึ่งประกอบด้วย

| | | |
|----------------|-----|-----------|
| PDA (dilution) | 1 | ลิตร |
| Benomyl | 10 | มิลลิกรัม |
| PCNB | 25 | มิลลิกรัม |
| Nystatin | 25 | มิลลิกรัม |
| Rifampicin | 10 | มิลลิกรัม |
| Amplicilin | 100 | มิลลิกรัม |
| Rose bengal | 5 | มิลลิกรัม |

7. การบันทึกผล

7.1 ข้อมูลทางการเจริญเติบโต

ความสูง

ทำการวัดความสูงของกวางตุ้งทุกๆ สัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยจะทำการวัดทั้ง 16 ซ้ำของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

จำนวนใบจริง

ทำการนับจำนวนใบจริงของกวางตุ้งทุกๆ สัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยเริ่มนับใบจริงที่แตกออกมาหลังจากมีใบเลี้ยง 2 ใบ ทำการวัดทั้ง 16 ซ้ำของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

ความกว้างของใบ

ทำการวัดทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยวัดใบที่มีพื้นที่ใบทางด้านกว้างโดยเฉลี่ยใบที่ใกล้เคียงกันของแต่ละต้น ทำการวัดทั้ง 16 ซ้ำของแต่ละสิ่งทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ความยาวใบ

ทำการวัดทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยวัดใบที่มีพื้นที่ทางด้านยาวโดยเฉลี่ยใบที่ใกล้เคียงกันของแต่ละต้น ทำการวัดทั้ง 16 ซ้ำของแต่ละสิ่งทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ย

น้ำหนักสด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการชั่งน้ำหนักสดของกวางตุ้งเฉพาะส่วนของลำต้นและใบ ไม่รวมราก เนื่องจากบริเวณรากมีวัสดุปลูกที่เป็นฟองน้ำอัดเกาะติดอยู่ ทำการชั่งน้ำหนักสดของกวางตุ้งทั้ง 16 ซ้ำของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

น้ำหนักแห้ง

ทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังจากการนำกวางตุ้ง แต่ละกรรมวิธีที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งสนิท โดยทำการชั่งน้ำหนักแห้ง 16 ซ้ำของแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ย

7.2 ข้อมูลทางด้านโรคพืช

ความถี่และปริมาณของเชื้อ *Pythium spp.* ที่ตรวจพบ

ทำการแยกเชื้อ โดยวิธี Pour plate technique และ Baiting technique จะทำการนับปริมาณเชื้อ รายงานผลเป็น CFU / มล.

7.3 ข้อมูลทางสภาพแวดล้อม (รูปที่ 6)

ความเข้มแสง

ทำการวัดความเข้มแสงและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันจันทร์ – เสาร์ของแต่ละสัปดาห์ ในบริเวณภายในโรงเรือนและบริเวณภายนอกโรงเรือน ซึ่งตำแหน่งที่ทำการวัดความเข้มแสงภายในโรงเรือน คือเพื่อเปรียบเทียบกับความเข้มแสงภายนอกโรงเรือน โดยทำการวัดวันละ 3 เวลา ได้แก่ 8.30 – 9.30, 12.30 – 13.30 และ 15.30 – 16.30 น. แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์

อุณหภูมิภายในโรงเรือน

ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน จะทำการวัดในวันและเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสง แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน จะทำการวัดวันและเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสงและอุณหภูมิภายในโรงเรือน แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร

ในการเก็บอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร จะทำการวัดในวันและเวลาเดียวกันกับที่ทำการวัดความเข้มแสง อุณหภูมิภายในโรงเรือน และอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

ความชื้นสัมพัทธ์

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน จะทำการวัดในวันและเวลาเดียวกันกับ ที่ทำการวัดความเข้มแสง อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน และอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์

7.4 ข้อมูลอื่นๆ

โดยในแต่ละสัปดาห์จะทำการสังเกต และบันทึกผลการสำรวจความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชต่างๆ โดยระบุจำนวนต้นที่ถูกทำลายพร้อมทั้งระบุความเสียหายของต้นพืชเปรียบเทียบกับลักษณะต้นปกติ โดยแบ่งระดับความเสียหายดังนี้

- 0 : ไม่มีความเสียหาย
- 1 : 0-25%
- 2 : 25-50%
- 3 : 50-75%
- 4 : 75-100%

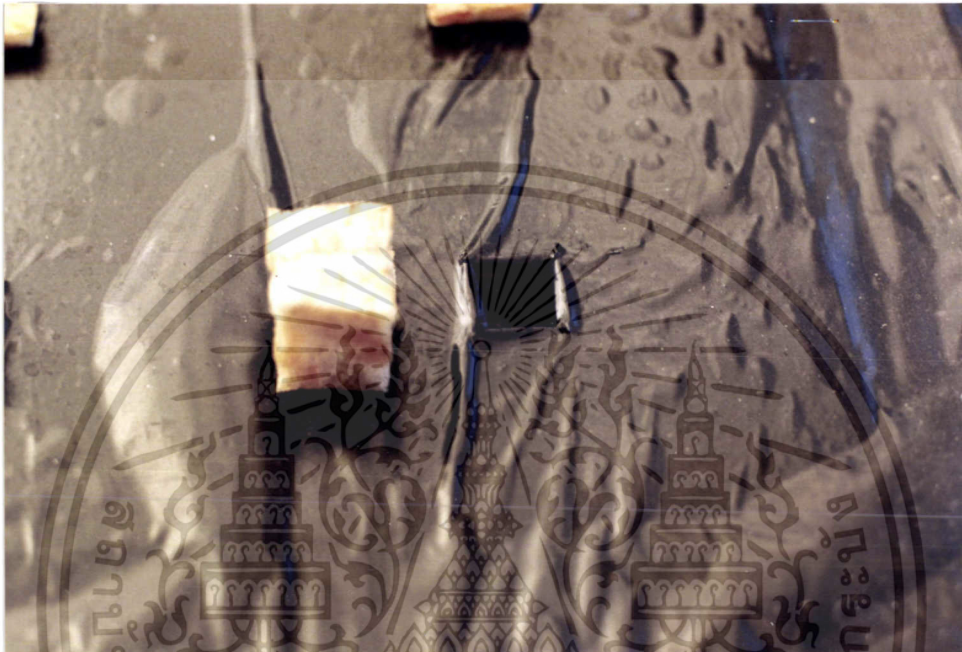




รูปที่ 1 การติดตั้งระบบ Aeroponics

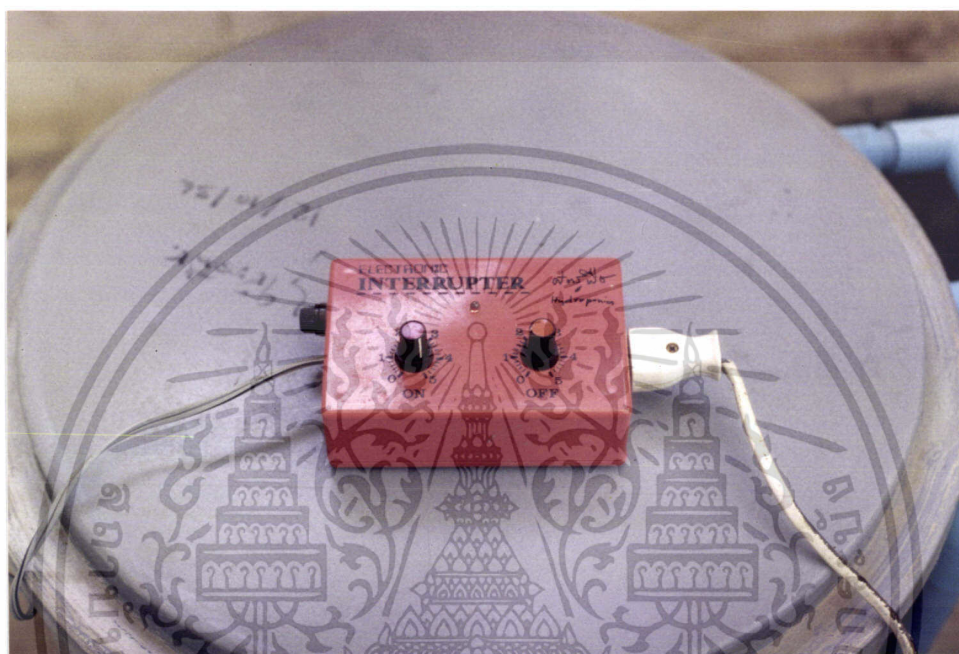
- ก. การติดตั้งหัวฉีดภายในกล่อง
- ข. ฟลักกล่องด้านบนทำการเจาะ 8 ช่องในแต่ละกล่อง
- ค. จากนั้นคลุมกล่องด้วยแผ่นพลาสติกสีดำเพื่อป้องกันตะไคร่น้ำ
- ง. ติดตั้งระบบเข้ากับปั้มน้ำ วาล์วไฟฟ้า และ Interrupter
- จ. ระบบ Aeroponics ที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 วัสดุปลูก (ฟองน้ำอัด) ที่ใช้ในการปลูกวางคั้ง ในระบบ Aeroponics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



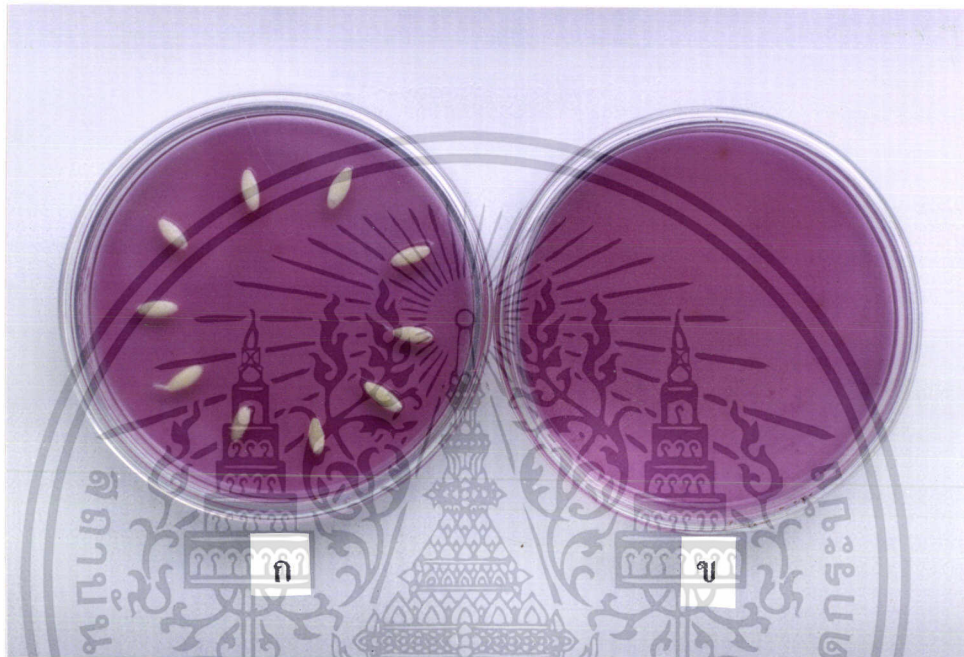
รูปที่ 3 Interrupter อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลาในการให้สารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การย้ายกล้าที่อายุได้ 2 สัปดาห์หลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

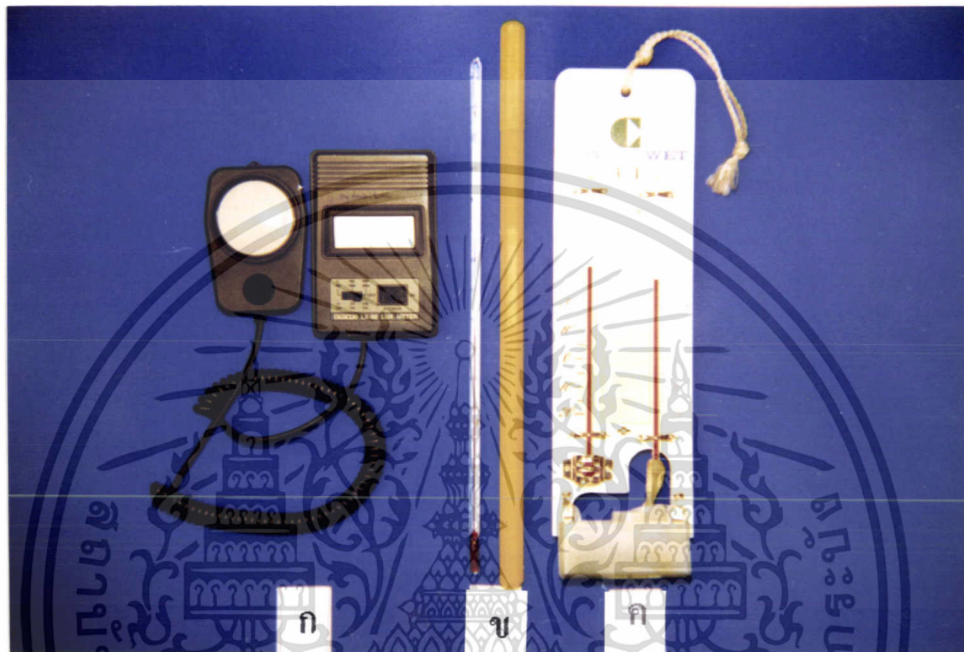


รูปที่ 5 การแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากสารละลายธาตุอาหาร

ก. วิธี Baiting technique

ข. วิธี Pour plate technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม

- ก. เครื่องวัดความเข้มแสง
- ข. ปรัชวัดอุณหภูมิ
- ค. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ปลูกในระบบ Aeroponics

จากการดำเนินการทดลองทั้ง 2 crops ผลปรากฏว่า การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความสูง จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) มีผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ การเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิโคน (100 ppm) ไม่ได้ดีกว่าที่ปลูกในกรรมวิธีเปรียบเทียบเลย (0 ppm) โดยในการทดลอง crop ที่ 1 การเจริญเติบโตของกวางตุ้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 2 กรรมวิธี ในการทดลอง crop ที่ 2 มีผลในทางตรงกันข้ามกับการทดลอง crop ที่ 1 กล่าวคือ กรรมวิธีที่ผสมสารละลายซิลิโคน (100 ppm) ส่งผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ตารางที่ 1, รูปที่ 7, 8, 9, 10 และ 11)

2. การตรวจสอบเชื้อที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร

จากการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อรา สาเหตุโรคพืช (*Pythium spp.*) ในระบบ Aeroponics โดยตรวจสอบจากตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารในทั้ง 2 กรรมวิธี สารละลายซิลิโคน (0 และ 100 ppm) ทุกๆ สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราดังกล่าวเลยในทั้ง 2 การทดลอง

3. การตรวจสอบโรคพืชและการผิดปกติต่างๆ ของกวางตุ้งอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ

จากการสำรวจความเสียหายของกวางตุ้งตลอดการทดลองทั้ง 2 crops พบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาในข้อ 2 คือ เมื่อไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราในระบบ จึงไม่พบอาการของโรคพืชดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบความเสียหายลักษณะอื่นเกิดขึ้นกับกวางตุ้งที่ปลูก กล่าวคือ พบการทำลายของหนอนกระทู้ผัก และหนอนชอนใบในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 2, รูปที่ 12)

4. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง

จากการบันทึกข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ จะพบว่าทั้ง 2 การทดลอง มีข้อมูลที่แตกต่างกันทั้ง 2 การทดลอง กล่าวคือ ความเข้มแสง อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร และความชื้นสัมพัทธ์ ในการทดลองที่ 2 สูงกว่าการทดลองที่ 1 และจากการบันทึกครั้งนี้ ทำให้ช่วยชี้แนะให้เห็นได้อย่างหนึ่งว่า การเจริญเติบโตของกวางตุ้งไม่ได้มีอิทธิพลมาจากสารละลายซิลิโคนเพียงอย่างเดียว แต่กลับได้รับอิทธิพลทางด้านสภาพแวดล้อมด้วย ดังจะเห็นได้ว่าทั้ง 2 การทดลอง ผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ การเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิคอน (100 ppm) ไม่ได้ดีกว่าที่ปลูกในกรรมวิธีเปรียบเทียบเลข (0 ppm) แต่อย่างไรก็ตามถ้ามองในภาพรวม จะเห็นว่าทั้ง 2 กรรมวิธี ในการทดลองที่ 2 จะดีกว่าในการทดลองที่ 1 ดังนั้นเพื่อจะแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลทางด้านนี้ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งได้อย่างชัดเจน จึงได้นำข้อมูลทุกข้อมูลมารวบรวมทำเป็นกราฟเปรียบเทียบกับข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตของพืช (ตารางที่ 1, ตารางผนวกที่ 2-13, รูปที่ 13 และ 14)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง เมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ (ความสูง จำนวนใบ ความกว้าง และความยาวใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 และ crop ที่ 2

| Si (ppm) | ความสูง (ซม.) | จำนวนใบ (ใบ) | ความกว้างใบ (ซม.) | ความยาวใบ (ซม.) | น้ำหนักสด (กรัม) | น้ำหนักแห้ง (กรัม) |
|-------------------|----------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| crop ที่ 1 | | | | | | |
| (พ.ย.-ธ.ค. 2541) | | | | | | |
| 0 | 27.25 a ^u | 9.38 a | 8.44 a | 12.38 a | 13.42 a | 0.87 a |
| 100 | 27.38 a | 10.20 a | 8.53 a | 12.78 a | 13.12 a | 0.90 a |
| crop ที่ 2 | | | | | | |
| (ม.ค.-ก.พ. 2542) | | | | | | |
| 0 | 25.10 a | 8.44 a | 8.36 a | 12.00 a | 18.51 a | 1.30 a |
| 100 | 13.28 b | 5.06 b | 4.56 b | 6.50 b | 9.70 b | 0.40 b |

^u ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

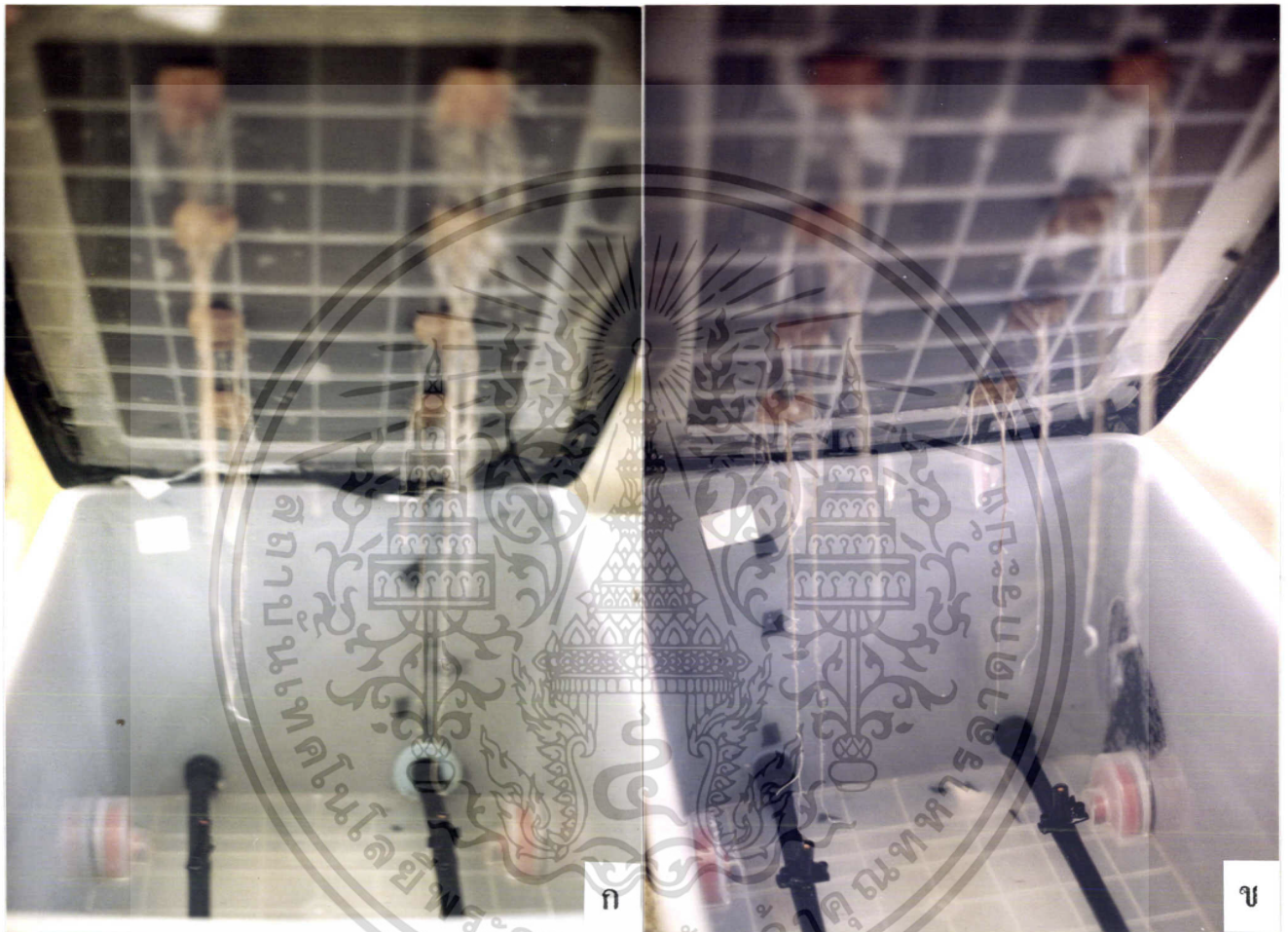


รูปที่ 7 การเจริญเติบโตของกวางตุ้งเมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ในการทดลองที่ 1 (พ. ย.-ธ. ค. 41)

ก. ซิลิกอน 0 ppm

ข. ซิลิกอน 100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 ลักษณะรากของกวางตุ้ง ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ในการทดลองที่ 1 (พ.ช. - ธ. ค. 41)

ก. ซิลิโคน 0 ppm

ข. ซิลิโคน 100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การเจริญเติบโตของกวางตุ้งเมื่อมีอายุ 7 สัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ในการทดลองที่ 2 (ม. ค.-ก. พ. 42)

ก. ซิลิกอน 0 ppm

ข. ซิลิกอน 100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

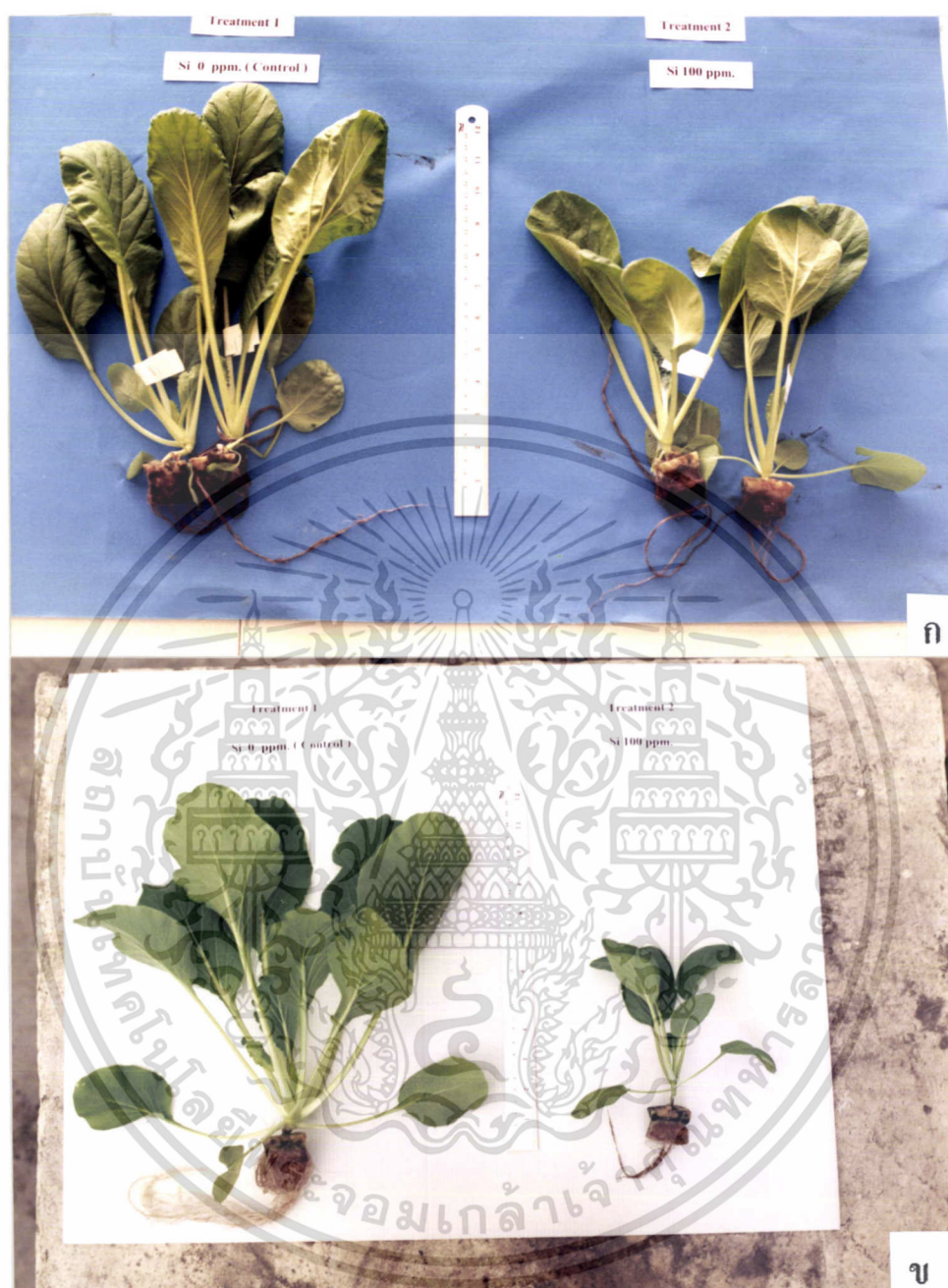


รูปที่ 10 ลักษณะรากของกวางตุ้ง ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ในการทดลองที่ 2 (ม.ค. -ก.พ. 42)

ก. ซิลิกอน 0 ppm

ข. ซิลิกอน 100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหาร Benoit ผสมสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง
 ก. การทดลองที่ 1 (พ. ย.-ธ. ค. 41)
 ข. การทดลองที่ 2 (ม. ค.-ก. พ. 42)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก และหนอนชอนใบที่เกิดขึ้นกับกวางตุ้ง ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหาร สูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) (ตรวจสอบตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่1 และ 2)

| Si (ppm) | ระดับความเสียหาย ^{1/} | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| | สัปดาห์ | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| crop ที่ 1 (พ.ย.-ธ.ค. 2541) | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| crop ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542) | | | | | | |
| 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^{1/} ระดับความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของหนอนกระทู้ผักและหนอนชอนใบ มีอยู่ด้วยกัน 5 ระดับคือ

0 = ไม่มีความเสียหาย

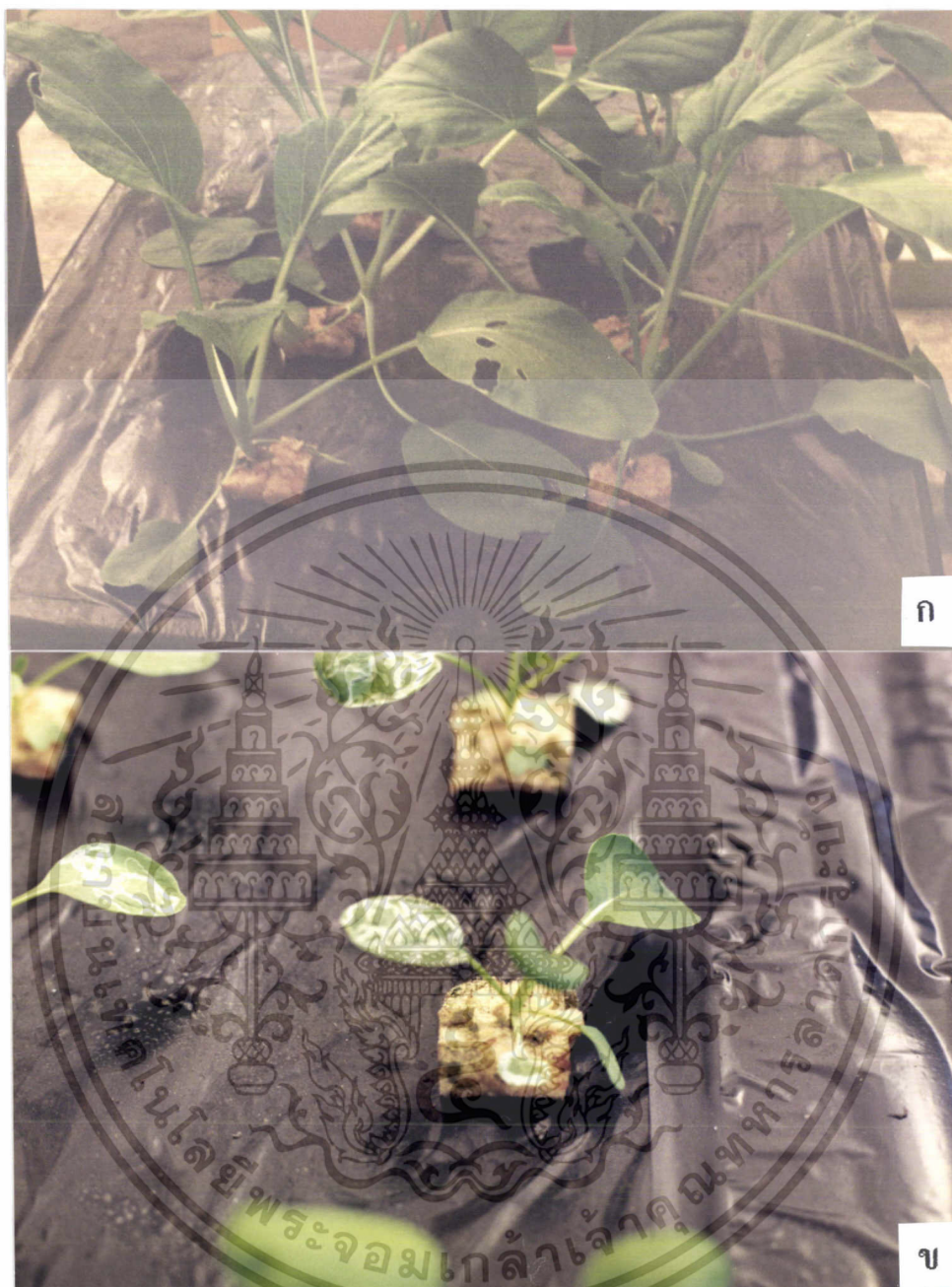
1 = 0-25 %

2 = 25-50 %

3 = 50-75 %

4 = 75-100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



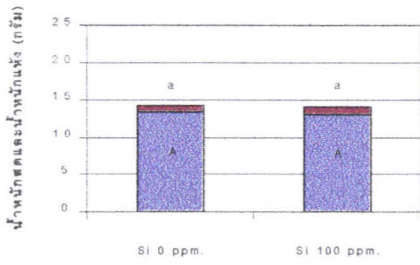
รูปที่ 12 ลักษณะความเสียหายของกวางตุ้งที่ถูกแมลงศัตรูพืชเข้าทำลาย

ก. หนอนกระพุ่มัก

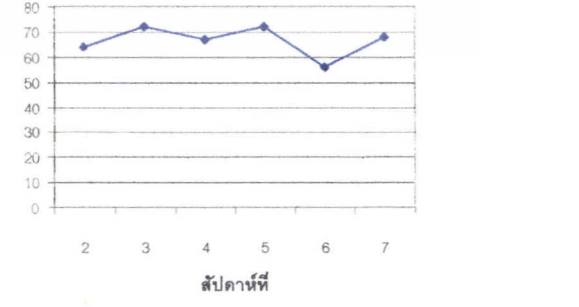
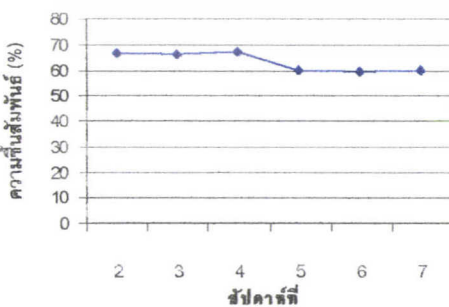
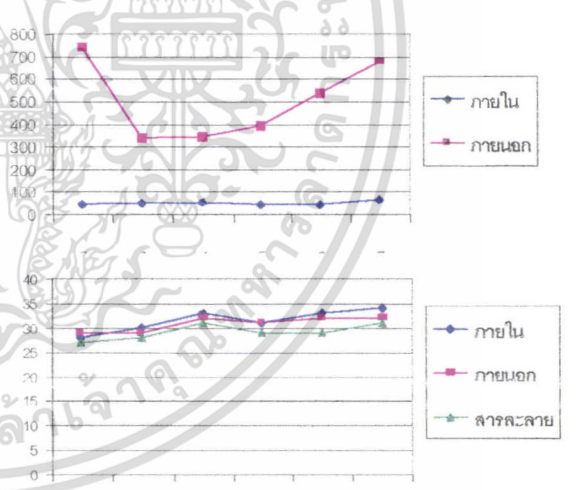
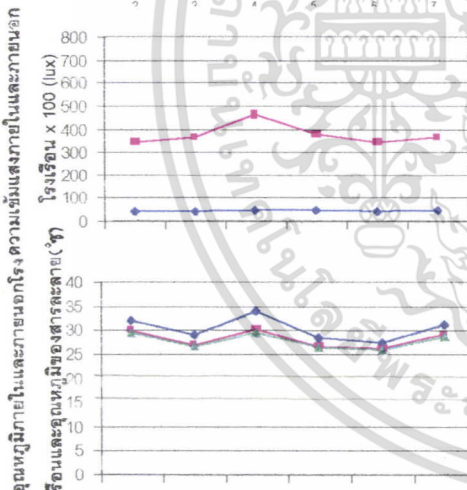
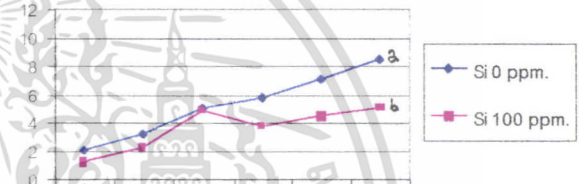
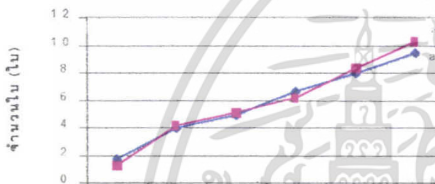
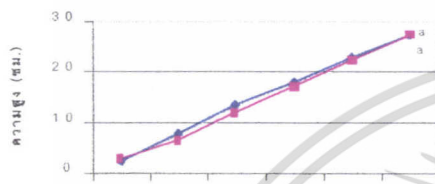
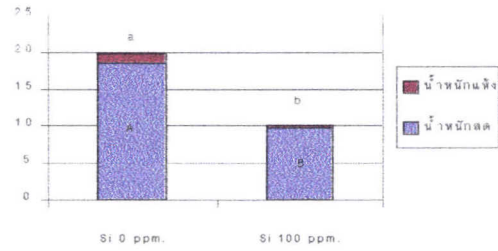
ข. หนอนซอนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง crop ที่ 1
(พฤศจิกายน - ธันวาคม 2541)



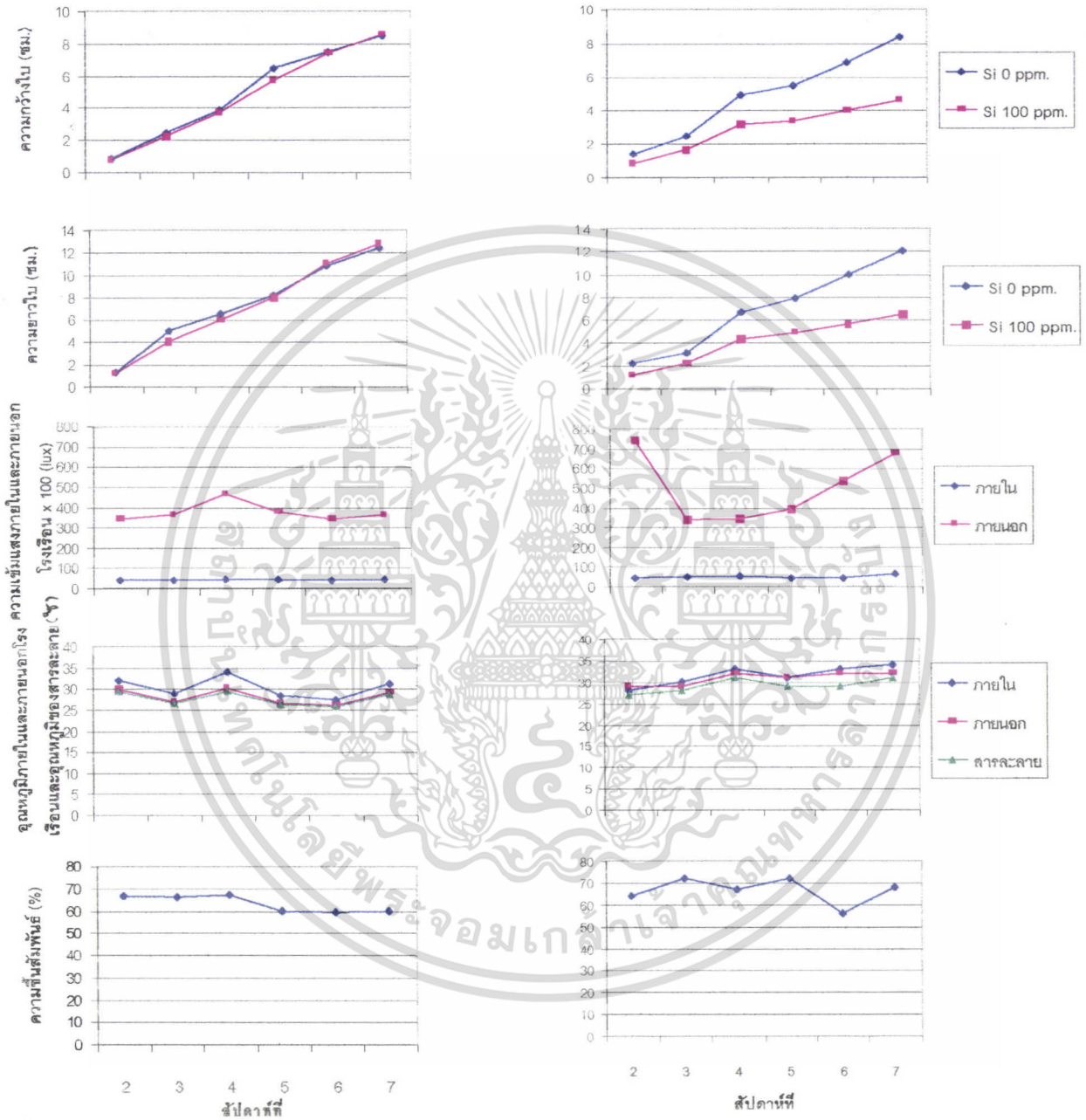
การทดลอง crop ที่ 2
(มกราคม - กุมภาพันธ์ 2542)



รูปที่ 13 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูง และจำนวนใบ) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลอง เอก crop ที่ 1: พฤศจิกายน - ธันวาคม 2541 กับ crop ที่ 2: มกราคม - กุมภาพันธ์ 2542) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง crop ที่ 1
(พฤศจิกายน - ธันวาคม 2541)

การทดลอง crop ที่ 2
(มกราคม - กุมภาพันธ์ 2542)



รูปที่ 14 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความกว้างและความยาวใบ) ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) (เปรียบเทียบการทดลอง crop ที่ 1 : พฤศจิกายน - ธันวาคม 2541 และ crop ที่ 2 : มกราคม - กุมภาพันธ์ 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองทั้ง 2 crops พบว่ามีผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ในการทดลอง crop ที่ 2 สารละลายซิลิโคนให้ผลในทางลบต่อกวางตุ้งในด้านการเจริญเติบโต ซึ่งผลดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยในต่างประเทศ ซึ่งได้ทำการทดลองแล้วพบว่า สารละลายซิลิโคนมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตและลดการเกิดโรค ซึ่งส่วนใหญ่จะรายงานถึงผลดีที่ได้รับจากสารละลายซิลิโคน แต่พืชที่ใช้ในการทดลองเป็นพืชที่ต่างชนิดกัน (ส่วนใหญ่จะเป็นแตงกวายุโรป และ องุ่น) (Cherif and Belanger, 1992; Cherif *et al.*, 1994; Menzies *et al.*, 1991; Miyake and Takahashi, 1983a; 1983b)

ยิ่งไปกว่านั้นจากการทดลองซ้ำทั้ง 2 ครั้ง ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Pythium spp.* และจากการตรวจสอบโรคพืช ไม่พบอาการของโรคพืชกับกวางตุ้ง ในทั้ง 2 กรรมวิธี ซึ่งอาจส่งผลให้สารละลายซิลิโคนต่อเชื้อไม่แสดงออกอย่างเด่นชัดนัก (เพราะบทบาทของสารละลายซิลิโคนมี 2 แง่ คือในแง่บทบาทด้านการป้องกันโรคพืช และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช)

จากการตรวจสอบอาการผิดปกติต่างๆ ของกวางตุ้ง พบการทำลายของหนอนกระทู้ผัก และหนอนชอนใบ ที่ซิลิโคน 0 ppm แต่ไม่พบการทำลายที่ซิลิโคน 100 ppm แสดงให้เห็นว่า สารละลายซิลิโคนมีบทบาทในการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชได้

จากการทดลองทั้ง 2 crops พบว่า การเจริญเติบโตของกวางตุ้งไม่ได้มีอิทธิพลมาจากสารละลายซิลิโคนเพียงอย่างเดียว แต่กลับมีอิทธิพลทางด้านสภาพแวดล้อมร่วมด้วย กล่าวคือ ความเข้มแสง อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร และความชื้นสัมพัทธ์ มีความแตกต่างกันทั้ง 2 กันอย่างเห็นได้ชัด โดยในการทดลอง crop ที่ 2 สูงกว่า การทดลอง crop ที่ 1 ทำให้การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง ในการทดลอง crop ที่ 2 ดีกว่า crop ที่ 1 เพราะกวางตุ้งต้องการปริมาณความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์สูงในการเจริญเติบโต (อุตม, 2529)

สรุปผลการทดลอง

1. ผักกวางตุ้งสามารถปลูกในระบบ Aeroponics ได้ หากมีการดูแลระบบและจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม ทั้งนี้จะไม่พบปริมาณเชื้อปนเปื้อนในระบบนี้เลย
2. จากผลของสารละลายซิลิคอน ที่มีต่อการเจริญเติบโต ยังไม่เป็นผลที่น่าพอใจนัก กล่าวคือ สารละลายธาตุอาหารที่ผสมสารละลายซิลิคอน (100 ppm) ไม่ได้ดีกว่าที่ปลูกในกรรมวิธีเปรียบเทียบเลย (0 ppm) ถ้านำผลการทดลองไปพิจารณาพร้อมกับรายงานต่างประเทศ พอจะสรุปได้ว่า บทบาทของสารละลายซิลิคอนดังกล่าว จะค่อนข้างเฉพาเฉจจงต่อชนิดของพืชที่ปลูก (Cherif and Belanger, 1992; Cherif *et al.*, 1994; Menzies *et al.*, 1991; Miyake and Takahashi, 1983a; 1983b)
3. ในแง่บทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการปนเปื้อนของเชื้อ ยังไม่สามารถสรุปได้เด่นชัดนัก เนื่องจากว่าไม่พบเชื้อปนเปื้อนใดๆ เลยในทั้ง 2 กรรมวิธี
4. นอกเหนือจากอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตแล้ว ยังพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. จากข้อสรุปดังกล่าวข้างต้น ที่ว่าบทบาทของสารละลายซิลิคอนจะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงต่อชนิดของพืชที่ปลูก ดังนั้น ก่อนจะนำสารละลายซิลิคอนไปใช้ประโยชน์ได้จริงกับพืช ต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับพืชชนิดนั้นๆ ก่อนทุกครั้ง ถ้าต้องการรวบรวมบทบาทของสารละลายซิลิคอนไว้เป็นข้อมูลอ้างอิง ก็ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับพืชหลายๆ ชนิด
2. ถ้าต้องการพัฒนาศักยภาพของการปลูกผักในระบบ Aeroponics ได้เป็นอย่างดี ควรทำการจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช แจ่มสว่าง, วนิตา พงษ์ศักดิ์ชาติ และ วรณวิไล เกษนรา. 2534. การตรวจนับปริมาณ เชื้อ *Pythium aphanidermatum* ในดินโดยวิธีเจือจางดินและการใช้เชื้อถ่อ. *วารสารเกษตร (วิทย์)*. 25 : 39 – 46.
- ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2541. สารละลายซิลิโคน : บทบาทในด้านการป้องกันกำจัดโรคพืช. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 13 (3) : 56 – 62.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน Hydroponics*. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 146 หน้า.
- อุดม โกสยสุก. 2529. *การปลูกผักกินใบ*. ห้างหุ้นส่วนจำกัด อักษรบัณฑิต. 34 หน้า.
- Abou Hadid, A. F., E. L. Shinawy M. Z., M. A. Medany, G. Serra, F. Tognoni and S. Leoni. 1994. Preliminary studies on the use of aeroponics for vegetable crops under local condition. *Acta-Horticulture*. No. 361, 397-402.
- Benoit, F. 1992. *Practical guide for simple soilless culture techniques*. European Vegetable R & D Center, St. – Katelijne – Waver, Belgium. 72p.
- Benton, J. 1997. *Hydroponics*. Boca Raton, Florida. 230 pp.
- Bowen, P., J. Menzies, D. Ehret, L. 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.
- 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 Dis.* 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 *Pythum aphanidermatum* when grown with soluble silicon. *HortScience*. 29 : 896 – 897.
- Chu, C. K. and S. K. Lee. 1995. Nutrient content vegetable grown in soil and soilless systems. *ASEAN-Food-Journal*. 10 : 2, 76-80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Edward, M. M. 1994. *Basic Hydroponics for the do - it -yourself*. Growers Press Inc. 200 pp.
- Hessel, M. I., G. E. Richert and G. E. Nevill . 1992. Airflow - contained aeroponics nutrient delivery for a microgravity plant growth unit. *Biotronics*. 21 : 33-38.
- Howard, M. R. 1981. *Hydroponic Food Production*. Santa Barbara, California. 335 pp.
- Ikeda, H. 1989. *Hydroponics*. Kenshu-In. University of Tsukuba. pp : 2-4.
- Menzies, J. G., D. L. Ehret, A. D. M. Glass, T. Helmer, C. Koch, and F. Seywerd. 1991. Effect of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. *Phytopathology* 81 : 84 – 88.
- Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A. D. M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon and zucchini squash. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (60) : 902 – 905.
- Miyake, Y., and E. Takahashi. 1983a . Effect of silicon on the growth of solution – cultured cucumber plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29 (1) : 71 – 83.
- Miyake, Y., and E. Takahashi. 1983b. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29 (4) : 463 – 471.
- Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1991a. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). *Can. J. Bot.* 69 : 140 – 146.
- Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J.G. Menzies. 1991b. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant Cell Environ.* 14 : 485 – 492.
- Schwarz, M. 1995. *Soilless Culture Management*. Mercedes druck, Berlin. 197 pp.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 สูตรสารละลายธาตุอาหาร (Benoit, 1992) ที่ใช้ในการทดลอง

| ชนิดของสาร | น้ำหนักของสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย | |
|--|--|----|
| Solution A | | |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (15.5% N) | 1675 | g. |
| KNO_3 (14% N) | 740 | g. |
| Fe-EDDHA (6% Fe) | 125 | g. |
| Solution B | | |
| KNO_3 (14% N) | 740 | g. |
| KPO_4 (35% K_2O) | 442.5 | g. |
| MgSO_4 (16.7% MgO) | 400 | g. |
| MnSO_4 (32% Mn) | 4.25 | g. |
| H_3BO_3 (11.3% B) | 7.125 | g. |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (23% Zn) | 2.87 | g. |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (25% Cu) | 0.47 | g. |
| $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (40% Mo) | 0.3 | g. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความสูง และจำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 (พ.ช- ธ.ค. 2541)

| สัปดาห์ | การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง | | | | | |
|---------|---------------------------|------------|-------|--------------|------------|-------|
| | ความสูง (ซม.) | | | จำนวนใบ (ใบ) | | |
| | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) |
| 2 | 2.22 b ^u | 2.72 a | 16.48 | 1.68 a | 1.25 b | 31.54 |
| 3 | 7.66 a | 6.36 b | 15.96 | 3.94 a | 4.06 a | 12.81 |
| 4 | 13.31 a | 11.81 b | 15.97 | 4.81 a | 5.00 a | 10.81 |
| 5 | 17.97 a | 17.16 a | 16.06 | 6.56 a | 6.13 a | 16.20 |
| 6 | 22.72 a | 22.41 a | 14.48 | 7.88 a | 8.25 a | 14.81 |
| 7 | 27.25 a | 27.38 a | 12.87 | 9.38 a | 10.20 a | 17.33 |

^u ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ความสูง และจำนวนใบ) ในแต่ละสัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิคอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542)

| สัปดาห์ | การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง | | | | | |
|---------|---------------------------|------------|-------|--------------|------------|-------|
| | ความสูง (ซม.) | | | จำนวนใบ (ใบ) | | |
| | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) |
| 2 | 2.97 a ^u | 2.03 b | 26.63 | 2.06 a | 1.19 b | 30.51 |
| 3 | 5.88 a | 3.84 b | 20.96 | 3.13 a | 2.20 b | 17.10 |
| 4 | 14.81 a | 8.94 b | 18.18 | 5.00 a | 4.81 b | 15.98 |
| 5 | 16.81 a | 9.66 b | 17.71 | 5.75 a | 3.75 b | 22.41 |
| 6 | 21.06 a | 11.56 b | 17.80 | 7.06 a | 4.44 b | 19.28 |
| 7 | 25.10 a | 13.28 b | 17.21 | 8.44 a | 5.06 b | 20.40 |

^u ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 1 (พ.ย.-ธ.ค. 2541)

| สัปดาห์ | ขนาดของใบ (ซม.) | | | | | |
|---------|---------------------|------------|-------|----------|------------|-------|
| | ความกว้าง | | | ความยาว | | |
| | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) |
| 2 | 0.83 a ¹ | 0.77 a | 21.03 | 1.18 a | 1.14 a | 20.44 |
| 3 | 2.41 a | 2.19 a | 25.89 | 4.07 a | 4.06 b | 27.32 |
| 4 | 3.81 a | 3.68 a | 23.19 | 6.44 a | 5.88 a | 24.67 |
| 5 | 6.44 a | 5.68 a | 18.32 | 8.22 a | 7.94 a | 19.43 |
| 6 | 7.43 a | 7.38 a | 14.97 | 10.78 a | 11.03 a | 19.39 |
| 7 | 8.44 a | 8.53 a | 11.32 | 12.38 a | 12.78 a | 13.16 |

¹ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของกวางตุ้ง (ขนาดของใบ) ในแต่ละสัปดาห์ ที่ปลูกในระบบ Aeroponics ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ผสมกับสารละลายซิลิกอน (0 และ 100 ppm) ในการทดลอง crop ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542)

| สัปดาห์ | ขนาดของใบ (ซม.) | | | | | |
|---------|---------------------|------------|-------|----------|------------|-------|
| | ความกว้าง | | | ความยาว | | |
| | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) | Si 0 ppm | Si 100 ppm | CV(%) |
| 2 | 1.37 a ^u | 0.79 b | 24.72 | 2.16 a | 1.09 b | 21.52 |
| 3 | 2.48 a | 1.66 b | 15.13 | 3.06 a | 2.16 b | 14.02 |
| 4 | 4.88 a | 3.13 b | 20.57 | 6.70 a | 4.28 b | 20.90 |
| 5 | 5.50 a | 3.31 b | 19.63 | 7.88 a | 4.84 b | 18.30 |
| 6 | 6.88 a | 3.94 b | 19.10 | 9.94 a | 5.63 b | 18.43 |
| 7 | 8.36 a | 4.56 b | 19.49 | 12.00 a | 6.50 b | 19.64 |

^u ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มแสงภายใน และภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาที่ทำการ
ทดลอง crop ที่ 1 (พ.ย.-ธ.ค. 2541)**

| สัปดาห์ที่ | ปริมาณความเข้มแสง x 100 (Lux) | |
|------------|-------------------------------|----------------|
| | ภายในโรงเรียน | ภายนอกโรงเรียน |
| 2 | 38.63 | 336.26 |
| 3 | 37.91 | 358.94 |
| 4 | 40.91 | 463.11 |
| 5 | 42.50 | 374.06 |
| 6 | 38.83 | 336.61 |
| 7 | 43.63 | 361.26 |
| เฉลี่ย | 40.40 | 371.70 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 7 ความเข้มแสงภายใน และภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาที่ทำการ
ทดลอง crop ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542)**

| ลำดับที่ | ปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ย x 100 (Lux) | |
|----------|-------------------------------------|----------------|
| | ภายในโรงเรียน | ภายนอกโรงเรียน |
| 2 | 42.50 | 741 |
| 3 | 51.0 | 339 |
| 4 | 55.50 | 342 |
| 5 | 43.0 | 394 |
| 6 | 45.33 | 535 |
| 7 | 64.50 | 676 |
| เฉลี่ย | 50.31 | 504.50 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 8 อุณหภูมิภายใน และภายนอกโรงเรียน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง
crop ที่1 (พ.ย.-ธ.ค. 2541)**

| สัปดาห์ที่ | อุณหภูมิเฉลี่ย (ซ°) | |
|------------|---------------------|----------------|
| | ภายในโรงเรียน | ภายนอกโรงเรียน |
| 2 | 31.8 | 29.8 |
| 3 | 28.8 | 26.7 |
| 4 | 33.9 | 30.1 |
| 5 | 28.3 | 26.4 |
| 6 | 27.2 | 25.9 |
| 7 | 31.2 | 29.1 |
| เฉลี่ย | 30.2 | 28.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 อุณหภูมิภายใน และภายนอก โรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง
crop ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542)

| สัปดาห์ที่ | อุณหภูมิเฉลี่ย (°C) | |
|------------|---------------------|----------------|
| | ภายในโรงเรือน | ภายนอกโรงเรือน |
| 2 | 28 | 29 |
| 3 | 30 | 29 |
| 4 | 33 | 32 |
| 5 | 31 | 31 |
| 6 | 33 | 32 |
| 7 | 34 | 32 |
| เฉลี่ย | 31.50 | 30.83 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1
(พ.ย.-ธ.ค. 2541)

| สัปดาห์ | อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารเฉลี่ย(ซํ) |
|---------|-------------------------------------|
| 2 | 29.2 |
| 3 | 26.6 |
| 4 | 29.4 |
| 5 | 26.2 |
| 6 | 25.8 |
| 7 | 28.5 |
| เฉลี่ย | 27.62 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 2
(ม.ค.-ก.พ. 2542)

| สัปดาห์ | อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารเฉลี่ย (°C) |
|---------|--------------------------------------|
| 2 | 27 |
| 3 | 28 |
| 4 | 31 |
| 5 | 29 |
| 6 | 29 |
| 7 | 31 |
| เฉลี่ย | 29.17 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop ที่ 1 (พ.ย.-ธ.ค. 2541)

| สัปดาห์ | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน (%) |
|---------------|---|
| 2 | 66.5 |
| 3 | 66.0 |
| 4 | 67.0 |
| 5 | 59.8 |
| 6 | 59.4 |
| 7 | 59.8 |
| เฉลี่ย | 63.08 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง crop
ที่ 2 (ม.ค.-ก.พ. 2542)

| สัปดาห์ | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน (%) |
|---------|---|
| 2 | 64 |
| 3 | 72 |
| 4 | 67 |
| 5 | 72 |
| 6 | 56 |
| 7 | 68 |
| เฉลี่ย | 66.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้