

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัย ปีงบประมาณ 2540

เรื่อง

ศักยภาพการปลูกผักที่บริโภคสดในระบบไฮโดรโปนิกส์
Potential of selected leafy vegetables grown in hydroponics

โดย

ผศ.ดร.ศุภชัย รตโนภาส

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

RCR สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

SB

126.5

เลขหมู่ 683.5

เลขทะเบียน 32081

วัน, เดือน, ปี 9 ก.ย. 2542

กันยายน 2541

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพการปลูกผักที่บริโภคสดในระบบไฮโดรโปนิกส์

Potential of selected leafy vegetables grown in hydroponics

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ถูกดำเนินการเพื่อศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ในการปลูกผัก (ขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม คะน้า และกวางตุ้ง) ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (แบบ Nutrient Film Technique : NFT) โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารละลายธาตุอาหารพืช 2 ชนิด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักทั้ง 4 ชนิด รวมทั้งศึกษาและสำรวจโรคที่เกิดกับผักดังกล่าว ขณะเดียวกันทำการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างโรคที่เกิดขึ้นกับปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อโรคในระบบ NFT ควบคู่ไปด้วย พืชผักแต่ละชนิดจะถูกทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งในช่วงเวลาที่ต่างกัน (โดยมีการเพิ่มแสงให้แก่พืชในการทดลองที่ 2) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแน่นอน จากการทดลองพบว่า ความเป็นไปได้ในการปลูกผักทั้ง 4 ชนิด ในระบบ NFT โดยขึ้นฉ่าย และผักกาดหอมจะเจริญเติบโตได้ดีในสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit ส่วนคะน้า และกวางตุ้ง จะเจริญดีในสารละลายธาตุอาหาร Coic-lesiant ที่เป็นเช่นนี้เพราะสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit เป็นสูตรที่เฉพาะเจาะจงสำหรับผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT ดังนั้นจึงอาจไม่เหมาะสมกับคะน้า และกวางตุ้ง สำหรับการศึกษาด้านโรค จะไม่พบอาการของโรคเลยในทุกพืชผักที่ทดสอบ แต่กลับตรวจพบเชื้อ *Pythium* spp. ปนเปื้อนอยู่ในระบบในปริมาณเล็กน้อย ปัจจัยสำคัญที่น่าจะเป็นตัวจำกัดศักยภาพการปลูกผักดังกล่าวในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ปริมาณแสง รวมทั้งสภาพความพร้อมของโรงเรือน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
สารบัญ.....	ii
สารบัญตาราง.....	iii
สารบัญภาพ.....	v
สารบัญภาคผนวก.....	vii
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
การดำเนินการวิจัย	12
อุปกรณ์และวิธีการ.....	13
ผลการทดลอง	
1. การศึกษาศักยภาพการปลูกขึ้นฉ่ายในระบบ NFT.....	23
2. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT.....	45
3. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักคะน้า และผักกวางตุ้งในระบบ NFT.....	59
สรุปผลการศึกษา	62
เอกสารอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ และ จำนวนใบ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์.....	25
2	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นขึ้นฉ่ายที่ทำการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1.....	26
3	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการปลูกขึ้นฉ่ายใน NFT (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	28
4	ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ NFT (การทดลองที่ 1 : 16 ธันวาคม 2539 - เมษายน 2540).....	29
5	การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม ความกว้างของใบ และจำนวนใบ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่ออายุได้ 12 สัปดาห์.....	35
6	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์.....	36
7	ปริมาณเชื้อรา <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2 ของการปลูกขึ้นฉ่ายใน NFT (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	38
8	ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกใน NFT ในการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - พฤศจิกายน 2540).....	39
9	ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม (เฉลี่ยต่อต้น) ที่ปลูกในระบบ NFT ในสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540).....	45
10	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ของการปลูกผักกาดหอม ในระบบ NFT ในการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540).....	47
11	ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม (เฉลี่ยต่อต้น) ที่ปลูกในระบบ NFT สัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540).....	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ของการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT ในการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540).....	52
13	แสดงผลผลิตของผักกวางตุ้ง และคะน้ายอด ที่ปลูกในสารละลายชนิดต่างๆ.....	61



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลา.....	15
2	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	16
3	ลักษณะรางปลูก.....	17
4	อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมในการปลูก.....	18
5	การย้ายกล้าผักลงระบบปลูก.....	19
6	การแยกเชื้อรา <i>Pythium</i> spp. จากสารละลายธาตุอาหาร.....	20
7	ต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด เมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	23
8	ต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในการทดลองที่ 1.....	24
9	เชื้อรา <i>Pythium</i> spp. ที่ทำการแยกได้สารละลายธาตุอาหาร (ทั้ง 2 กรรมวิธี) ที่ใช้ปลูก ต้นขึ้นฉ่าย ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1.....	27
10	ลักษณะของต้นขึ้นฉ่ายที่ถูกโรแดงเข้าทำลาย.....	29
11	ลักษณะความเสียหายของต้นขึ้นฉ่ายที่ถูกแมลงปากกัดกินเข้าทำลาย.....	30
12	ลักษณะของต้นขึ้นฉ่ายที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีส.....	31
13	ลักษณะของต้นขึ้นฉ่ายที่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากระบบกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ทำให้ระบบจ่ายสารละลายหยุดทำงาน.....	32
14	ต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกใน NFT ในการทดลองที่ 2.....	34
15	ต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์ ในการ ทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	35
16	เชื้อรา <i>Pythium</i> spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะ การทดลองที่ 2.....	37
17	ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2.....	42
18	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งมีการใช้ สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความ เข้มข้นในการทดลองที่ 2.....	43
19	น้ำหนักสดและน้ำแห้งของต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งมีการใช้สารละลาย ธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความเข้มข้นในการ ทดลองที่ 2.....	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ต้นกล้าผักกาดหอมในการทดลองที่ 1 เมื่อมีอายุได้ 7 สัปดาห์.....	45
21	เชื้อรา <i>Pythium</i> spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1.....	47
22	ต้นผักกาดหอมในการทดลองที่ 2 เมื่อมีอายุได้ 7 สัปดาห์.....	49
23	ต้นผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร ได้แก่ สูตร Coic-lesaint และ Benoit เมื่อมีอายุได้ 9 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.....	50
24	ลักษณะต้นผักกาดหอมที่แสดงอาการเหี่ยวหลังระบบกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ทำให้ระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารหยุดทำงาน.....	50
25	เชื้อรา <i>Pythium</i> spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2.....	51
26	ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2.....	55
27	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้ สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความ เข้มแสงในการทดลองที่ 2.....	56
28	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งมีการใช้ สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความ เข้มแสงในการทดลองที่ 2.....	57

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความสูง และความกว้างของทรงพุ่ม) ที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการ ทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	67
2 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความกว้างใบ และจำนวนใบ) ที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลา การทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	68
3 ความเข้มแสงภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลา ทำการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	69
4 อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการ ทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	70
5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ในการทดลองที่ 1(16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	71
6 ระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอด ระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540).....	72
7 ความสูงและความกว้างของทรงพุ่มของต้นขึ้นฉ่ายที่ทำการปลูกในสารละลาย ธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	73
8 ความกว้างของใบและจำนวนใบของต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการ ทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	73
9 ความเข้มแสงภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลา ทำการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	74
10 อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำ การทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	74
11 อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารโดยเฉลี่ยทั้ง 2 สูตรที่ใช้ในการปลูกต้นขึ้นฉ่าย ใน NFT ในการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	75
12 ระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอด ระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540).....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
13	ความสูงและจำนวนใบของต้นผักกาดหอมที่ปลูกใน NFT ในแต่ละสัปดาห์ของการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)..... 76
14	ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือนตลอดที่ทำการปลูกผักกาดหอม ใน NFT ในการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)..... 76
15	อุณหภูมิสารละลายและอุณหภูมิภายในโรงเรือนของการทดลองที่ 1 ของการปลูกผักกาดหอมใน NFT (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)..... 77
16	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)..... 77
17	ความสูงและจำนวนใบของต้นผักกาดหอมใน NFT ในแต่ละสัปดาห์ของการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)..... 78
18	ความเข้มของแสงภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ในการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)..... 78
19	อุณหภูมิสารละลายและอุณหภูมิภายในโรงเรือนของการทดลองที่ 2 ของการปลูกผักกาดหอมใน NFT (ตุลาคม - ธันวาคม 2540)..... 79
20	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)..... 79

ศักยภาพการปลูกผักที่บริโภคสดในระบบไฮโดรโปนิกส์

Potential of selected leafy vegetables grown in hydroponics

คำนำ

พืชผักจัดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ ที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุวิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย ทำให้มนุษย์ต้องการที่จะนำพืชผักไปใช้ในการบริโภค และแนวโน้มปริมาณความต้องการยังคงมีมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้พืชผักมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ เป็นสินค้าที่ทำรายได้จำนวนมากให้แก่ประเทศเกษตรกรรมต่างๆ ในส่วนของประเทศไทย รายได้จากการส่งออกพืชผักไปขายยังต่างประเทศในปี พ.ศ.2535 มีมูลค่าถึง 5,544.9 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 8,264.4 ล้านบาท ในปี พ.ศ.2539 โดยค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตในช่วง 5 ปี มีถึง 10.7 เปอร์เซ็นต์ (ปราโมทย์, 2540) ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทำให้มีเกษตรกรบางกลุ่มยังคงใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคพืชและศัตรูพืชเข้ามาใช้ในการเกษตร ถึงแม้สารเคมีดังกล่าวจะทำให้ผลผลิตมีคุณภาพและปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถลดการเข้าทำลายของศัตรูพืชต่างๆ แต่ในทางตรงกันข้ามการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มากเกินไป ทำให้เกิดผลตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และทำลายสภาพแวดล้อมจากพิษภัยของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้สหภาพยุโรปสนใจและจับตามองการเกษตรของประเทศไทย และเป็นสาเหตุในการกีดกันสินค้าเกษตรที่นำเข้าจากประเทศไทย โดยใช้ปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตและการทำลายสภาพแวดล้อมเป็นข้ออ้าง ซึ่งทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรทั้งสถาบันการศึกษาและหน่วยงานราชการ พยายามจะส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยยึดถือการป้องกันการทำลายสภาพแวดล้อมเป็นหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับการนำไปสู่การเกษตรยั่งยืนในอนาคต

ดังนั้นแนวทางหนึ่งเพื่อลดปัญหาจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช คือ การนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาปรับใช้กับการเพาะปลูกในประเทศไทย เนื่องจากระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพราะทำการปลูกในโรงเรือนที่มิดชิด มีการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชต่างๆ และระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินยังไม่ต้องคำนึงถึงปัญหาเรื่องดินที่ต้องปรับปรุงในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน การระบายน้ำ การระบายอากาศ และยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ตามที่เราต้องการ และยังเป็นทางเลือกหนีปัญหาโรคพืชที่ติดมากับดินปลูก จากข้อดีต่างๆ ที่กล่าวมาทำให้ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นที่ยอมรับและเป็นที่ยอมรับแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม อังกฤษ เดนมาร์ก แคนาดา และญี่ปุ่น (Benoit, 1992; Cooper, 1982; Ikeda, 1989 and Resh, 1981)

สำหรับในประเทศไทย เริ่มมีการปลูกพืชหลายชนิดในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ได้แก่ แดงแคน- ตาลูบ แดงเทศ และยังนำไปใช้ในการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ เช่น ผักกาดเขียว คะน้า ตั้งโอ๋ และมะเขือเทศ (ปราโมทย์, 2540; คำนิง, 2531; กระบวน, 2536)

พิจารณาจากความสำคัญ คุณประโยชน์ และความเป็นไปได้ในการมารับใช้ให้เหมาะสม ของเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นทางคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. จึงได้ดำเนินการค้นคว้าวิจัยทางด้านนี้มาอย่างต่อเนื่อง สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นถึงการศึกษา ศักยภาพการปลูกพืชผักในระบบดังกล่าว โดยนำรูปแบบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT) มาใช้ พืชผักที่นำมาศึกษา ได้แก่ ต้นขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผัก กวางตุ้ง ในระบบการทดลองได้ทำการศึกษาและสำรวจโรคที่เกิดกับพืชดังกล่าวควบคู่ไปด้วย รวมทั้ง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโรคที่เกิดขึ้นกับปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อโรคในระบบ เพื่อนำไปใช้ เป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดโรคพืชผัก และพัฒนาการปลูกพืชผักในระบบ NFT ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาศักยภาพ ความเป็นไปได้ในการเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม คะน้า และกวางตุ้ง ในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
2. ศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารละลายธาตุอาหารพืช 2 ชนิด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ของพืชผักทั้ง 4 ชนิดที่ปลูกในระบบ NFT
3. ศึกษาและสำรวจโรคพืชที่เกิดขึ้นกับพืชผักทั้ง 4 ชนิด ในระบบ NFT พร้อมทั้งศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างโรคที่เกิดขึ้นกับปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อโรคในระบบ NFT

การตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soiless Culture)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง วิธีการใดก็ตามที่ทำให้ปลูกพืชได้โดยไม่ต้องใช้ดิน แต่จะใช้วัสดุอื่นๆ แทน เช่น การปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศ การปลูกพืชในสารละลาย หรือการปลูกในวัสดุปลูก เช่น ทราย แกลบ และวัสดุอื่น โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแก่รากโดยตรง ในปริมาณที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ภายในดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่น ดินมีคุณภาพต่ำ มีความเค็มสูง หรือมีโรคระบาด อีกทั้งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้จะสามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลผลิตให้ได้ตามต้องการ (Ikeda, 1989)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในรูปแบบของการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ได้เริ่มมีมานานนับพันปี ก่อนยุคคริสโตเตล จากหลักฐานโบราณทางประวัติศาสตร์ ทำให้ทราบว่า มีนักทดลองเกิดขึ้นหลายท่าน เช่น Theophrastus ในยุคคริสต์ศักราช 372-387 และในปี ค.ศ.1669 ได้มีนักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ John Woodward ได้ค้นพบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยบังเอิญ และทำการปลูกพืชในน้ำโดยใส่ดินชนิดต่างๆ ลงไปด้วย วิธีการนี้ท่านได้แสดงให้เห็นว่าที่พืชเติบโตได้นั้น เป็นเพราะดินที่เติมลงไปมากกว่า ต่อมาในปี ค.ศ.1861 Sach และ Knop ทั้งสองได้เริ่มปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง โดยนำเกลือ เช่น โซเดียมคลอไรด์ โพสเฟต และธาตุอื่นๆ ซึ่งปุ๋ยเหล่านี้สามารถให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืชได้ จึงเป็นการเริ่มต้นในการค้นคว้าและพัฒนาสูตรอาหารต่อกันมา ในช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 W.F. Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ได้ทดลองปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งสามารถปลูกได้ต้นสูงถึง 25 ฟุต และยังสามารถให้ผลผลิตได้เป็นเวลานาน ต่อมาในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 กองทัพอากาศได้ทำการปลูกผักในท่อขนาดใหญ่ที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารและนำมาใช้บริโภคได้สำเร็จ (ถวัลย์, 2534)

ประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ตามลักษณะวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืชดังนี้คือ

1. ระบบการปลูกพืชโดยให้รากลอยอยู่กลางอากาศ และให้สารละลายธาตุอาหารโดยตรงไปที่รากโดยวิธีพ่นหมอก
2. ระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร
3. ระบบการปลูกพืชในวัสดุปลูก

1. ระบบการปลูกพืชโดยให้รากลอยอยู่กลางอากาศ (Aeroponics)

การปลูกพืชให้รากลอยอยู่กลางอากาศ ระบบการปลูกวิธีนี้ สารละลายธาตุอาหารพืชจะถูกพ่นให้แก่อากาศโดยตรง เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันตามที่กำหนด โดยขึ้นกับความเหมาะสมตามสภาพความชื้นในอากาศ ระบบ Aeroponics นี้มักจะเป็นระบบที่ใช้เพื่อทำการค้นคว้าและวิจัย เช่น การศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของรากพืช สำหรับชนิดของพืชที่เหมาะสมกับการปลูกระบบนี้ ควรเป็นพืชที่มีลำต้นเตี้ย จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่ระบบนี้จะมีข้อเสียที่สำคัญคือ หากระบบฉีดสารละลายไม่ทำงาน พืชจะแสดงอาการเหี่ยวให้เห็นอย่างรวดเร็ว ภายใน 2-3 ชั่วโมง และตายในที่สุดถ้าแก้ไขไม่ทัน (Resh, 1981 ; อิทธิสุนทร, 2533)

2. ระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร (Water culture)

การปลูกพืชวิธีนี้รากพืชจะแช่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง จากเริ่มแรกที่ทำการปลูกในน้ำ และพัฒนาต่อมาเป็นสารละลายธาตุอาหาร และมีการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นวิธีการปล่อยให้รากพืช แช่ในสารละลายธาตุอาหาร (Deep Flow Technique) หรือให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบางๆ (Nutrient Film Technique) โดยสามารถแบ่งประเภทของการปลูกในสารละลายดังนี้

2.1 การปลูกพืชในสารละลายอย่างง่าย (Conventional Solution Culture)

วิธีการนี้ใช้มานานในรูปแบบการวิจัย เช่น การศึกษาลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช หรือจะเป็นวิธีการจำลองสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต วิธีการนี้จะทำการปลูกในภาชนะปลูกขนาดเล็ก และสามารถเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารได้ตามต้องการในแต่ละช่วงของการทดลอง

2.2 การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารในภาชนะปลูกขนาดใหญ่

วิธีการปลูกแบบนี้สามารถแก้ปัญหาของการลดลงของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร สำหรับปลูกพืชขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็ว โดยการใส่ภาชนะปลูกขนาดใหญ่อาจมีความจุมากกว่า 20 ลิตร หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีการเปลี่ยนแปลง หลังจากที่ใช้แล้วจะเป็นสัดส่วนผกผันโดยตรงกับปริมาณสารละลายที่ลดลง ถึงแม้จะมีการให้สารละลายในระบบเป็นจำนวนมาก สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือระดับความเข้มข้นของสารละลายรวมทั้งค่า pH จำเป็นจะต้องมีการตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ

2.3 การปลูกพืชที่มีการไหลของสารละลายอย่างสม่ำเสมอ

วิธีการนี้จะค่อยๆ ปล่อยให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นสูงหลายชนิดผ่านเข้าไปในภาชนะที่ใส่สารละลายปลูกพืช และทำการเจือจางให้พอเหมาะกับระดับที่พืชต้องการ ครึ่งหนึ่งในอัตราเดิมจะเท่ากับปริมาณที่พืชดูดไปใช้ ซึ่งการรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลาย จะผ่านเครื่องวิเคราะห์ ตรวจสอบระดับความเข้มข้นหลังจากที่สารละลายไหลผ่านต้นพืชกลับมาถึง

ใส่สารละลาย ซึ่งระบบการปลูกแบบนี้ ค่อนข้างที่จะต้องลงทุนสูงและอาศัยความรู้ในการทำงานของระบบจ่ายสารละลาย และมักจะใช้ร่วมกับ Deep Flow Technique (ถวัลย์, 2534 ; เสน่ห์, 2539)

- Deep Flow Technique

เป็นระบบที่ปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับลึก สิ่งสำคัญที่สุดของระบบนี้คือ จะต้องมีการให้ออกซิเจนบริเวณรากที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช ตลอดระยะเวลาการปลูก ซึ่งหากพืชไม่ได้รับออกซิเจน อาจทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ หรือรากได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ การปลูกพืชในระบบนี้หากปลูกในระบบใหญ่ จะทำการปลูกในรางซีเมนต์ หรือในถังที่สามารถบรรจุน้ำได้เป็นปริมาณมาก

- Nutrient Film Technique

การปลูกด้วยวิธีนี้จะปล่อยสารละลายเป็นแผ่นฟิล์มบางไหลผ่านรากพืช โดยรางที่เลือกใช้กันจะมีหลายชนิด จะเป็นรางพลาสติก รางไม้ หรือท่อ PVC โดยวางเอียง 2 เปอร์เซ็นต์กับแนวระดับ ทั้งนี้ความกว้างของรางปลูกจะขึ้นกับความเหมาะสมของพืชที่ทำการปลูก โดยดูจากความยาวและปริมาณของราก ตัวอย่างที่เป็นมาตรฐานสำหรับการปลูกมะเขือเทศ รางควรมีความกว้าง 23 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 17 เมตร เพราะจะทำให้ผลผลิตบริเวณต้นรางและปลายรางไม่เท่ากัน โดยบริเวณปลายรางจะมีผลผลิตที่ต่ำกว่าบริเวณต้นราง (Benoit, 1987)

3. ระบบการปลูกในวัสดุปลูก

การเลือกวัสดุปลูก (ซึ่งส่วนมากจะเป็นของแข็ง) จะต้องคำนึงถึงวัสดุที่หาได้สะดวก มีราคาถูก และจะต้องพิจารณาถึงสภาพการถ่ายเทอากาศ การอุ้มน้ำ ตลอดจนความสามารถในการค้ำจุนของรากและลำต้น ซึ่งพอจะจำแนกประเภทได้ดังนี้

3.1 Inorganic Media : เป็นวัสดุที่ได้จากสารอนินทรีย์ต่างๆ ได้แก่

Sand คือการใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก โดยทรายจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 3 มม. วัสดุปลูกชนิดนี้นิยมใช้กับการจ่ายสารละลายแบบน้ำหยด

Gravel คือวัสดุปลูกชนิดที่มีทั้งเป็นรูพรุนและไม่มีรูพรุน เป็นวัสดุที่หาง่าย ได้แก่ กรวด หินภูเขาไฟ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 3 มม.

Expanded Clay เป็นการนำเอาดินเหนียวที่เผาไฟมาใช้เป็นวัสดุปลูก วัสดุนี้ได้มาจากการนำดินเหนียวมาทำการเผาที่อุณหภูมิสูง จะได้อนุภาคที่มีขนาดแตกต่างกันไป และมีลักษณะเป็นรูพรุนเหมาะสำหรับการปลูกไม้ประดับ

Foam จัดเป็นวัสดุสังเคราะห์ อันได้แก่ Polyethylene Foam (PE) และ Polyurethane Foam (PU)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในต่างประเทศ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากเป็นระบบปลูกที่นิยมใช้ในการผลิตพืชผักในทางพาณิชย์ หรือการค้าขนาดใหญ่ในแถบอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป หรือในพื้นที่แห้งแล้งอย่างทางตะวันตกของคาบสมุทรอาราเบีย และทะเลทรายซาฮารา ซึ่งได้ใช้ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในการผลิตพืชผักให้กับประชาชนที่อาศัยและทำงานอยู่แถวนั้น ในประเทศอินเดียหลายครัวเรือนปลูกพืชผักสวนครัวโดยไม่ใช้ดินไว้สำหรับบริโภคภายในครัวเรือน (Douglas, 1978)

ประเทศรัสเซียเป็นประเทศหนึ่งในบรรดาประเทศต่างๆ ทั่วโลกที่ให้ความสนใจในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และมีการพัฒนาระบบปลูกภายในประเทศถึงขั้นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยมีการปรับปรุงระบบการปลูกในโรงเรือนให้ทันสมัย สามารถกำหนดและควบคุมสภาพแวดล้อมทุกขั้นตอนในการปลูก ได้แก่ อัตราการผสมธาตุอาหารในสารละลายอย่างแม่นยำ โดยให้ความสำคัญกรดต่าง (pH) และสภาวะการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วงที่กำหนด การรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร การไฮโดรจิเนสสารละลายเพื่อป้องกันการตกตะกอน หรือแม้กระทั่งการควบคุมระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช ส่งผลให้ได้ผลผลิตสูง เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกในธรรมชาติ (เกรียงไกร, 2531)

Cooper (1990) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในปัจจุบันกำลังมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีความสำคัญในทางการค้าในการผลิตพืชผัก และเป็นตัวสร้างรายได้ที่สำคัญให้แก่ผู้ผลิต นอกจากนี้แต่ละประเทศก็มีการค้นคว้าหาเทคนิคใหม่ๆ เพื่อพัฒนาระบบการปลูกทั้งปลูกในสารละลายโดยตรงหรือการปลูกในวัสดุปลูกต่างๆ เพื่อนำมาปรับใช้กับการปลูกพืชในสถานที่ที่คุณภาพของดินไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูก ยิ่งไปกว่านั้นพืชที่ปลูกในระบบนี้ จะเจริญเติบโตเร็วและสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าปกติ ให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอและสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกในดินตามปกติ นอกจากนี้ความเข้มข้นของส่วนประกอบของธาตุอาหารที่ให้กับพืช สามารถปรับคุณสมบัติต่างๆ ของสารละลายธาตุอาหารได้ เช่น ระดับ pH ปริมาณของธาตุอาหารเป็นต้น (Devere, 1992 ; Broyer, 1983 ; Resh, 1981)

Hui - lian, et al. (1995) ได้กล่าวถึงการทดลองการปลูกมะเขือเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในรูปแบบต่างๆ เช่น rockwool, peat และ NFT เพื่อใช้ในการทดลองถึงระดับความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของมะเขือเทศและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นและผลผลิต โดยทำการวัดการเจริญเติบโตจากน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผลผลิตในวัสดุปลูกแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของสารละลาย

Katsumi *et al.* (1991) ได้รายงานถึงงานทดลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกับอิทธิพลของการเพิ่มระดับความเข้มข้นของโซเดียมและโปแตสเซียมในสารละลายธาตุอาหาร เพื่อใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตของมะเขือเทศผลเล็ก (พันธุ์ Cherry) ให้สูงขึ้นในการปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Yoshihiro (1991) รายงานถึงการศึกษาอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารและการใช้ไนโตรเจนในการเจริญเติบโตของมะเขือเทศซึ่งเป็นประโยชน์ในการเพิ่มน้ำหนักสดของผลผลิต แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นกับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในการทดลองด้วย

Mortley, *et al.* (1996) ทำการทดลองปลูกมันเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระยะเวลาในการรับแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงต่อวัน พบว่าเมื่อให้ระยะเวลาในการให้แสงมากขึ้น การเจริญเติบโตของต้นและรากจะมากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ตามระยะเวลาการรับแสงที่เพิ่มมากขึ้น

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย

จากการที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้เสด็จพระราชดำเนินไปทอดพระเนตรการพัฒนาในประเทศอิสราเอล และประเทศญี่ปุ่น ได้ทอดพระเนตรเห็นประเทศเหล่านี้ปลูกพืชในสารละลายจนถึงขั้นเป็นการค้าและมีความก้าวหน้ามาก ทรงสนพระทัยว่าน่าจะมีหนทางในการนำเทคโนโลยีนี้มาปรับใช้ให้เข้ากับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้นำความคิดนี้ไปใช้ในพื้นที่ที่ดินมีปัญหาต่อการเพาะปลูก และการใช้วัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรมาเป็นวัสดุปลูกได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรของประเทศในอนาคต จากแนวพระราชดำรินี้ ทรงให้นักวิชาการทางการเกษตรค้นคว้าวิจัยแนวทางการพัฒนาและดัดแปลงการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้สามารถใช้ได้กับประเทศไทย (สมพล, 2534)

จากพระราชประสงค์ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยก้าวหน้าเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันกับการค้นคว้าและวิจัยของหน่วยงานหรือนักเกษตรต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันการค้นคว้าและศึกษาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะมุ่งเน้นในการใช้วัสดุปลูกชนิดต่างๆ และการปลูกพืชในสารละลายในรูปแบบต่างๆ

สุทธิสา และคณะ (2531) ได้ทำการศึกษาถึงการนำผักตบชวาที่จัดเป็นวัชพืชน้ำที่สร้างปัญหาต่างๆ ในการกีดขวางการจราจรทางน้ำมาดัดแปลงเป็นวัสดุปลูก ซึ่งถือได้ว่าเป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในรูปแบบหนึ่ง โดยนำผักตบชวามาตากให้แห้ง แล้วบรรจุลงบนแพให้สูงประมาณ 1 ฟุต นำไปลอยน้ำ และปลูกพืชบนกองผักตบชวา พืชปลูกที่ได้รับผลดี คือ พืชผักสวนครัว เช่น มะเขือเทศ ต้นหอม ผักชี นอกจากนี้ยังมีการใช้ปลูกไม้ดอกเช่น ต้นเทียนหรือดอกดาวเรือง ได้ดีอีกด้วย แต่การใช้

ผักตบชวามาเป็นวัสดุปลูกนี้จะแตกต่างจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ คือ จะไม่มีการให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืชเพิ่มเติม เนื่องจากผักตบชวามีคุณลักษณะเด่นคือมีการย่อยสลายได้ง่าย ทำให้พืชที่ปลูกสามารถดูดธาตุอาหารเข้าไปใช้ได้ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ นอกจากนี้ผักตบยังสามารดูดซับน้ำได้ดีทำให้วัสดุปลูกชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา หลังจากที่ทำกรเก็บเกี่ยวผลผลิต ผักตบชวาที่ย่อยสลายยังสามารถใช้เป็นอาหารปลาได้

นอกจากนี้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรก็เป็นที่น่าสนใจในการที่จะนำมาใช้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เช่น แกลบ ชุยมะพร้าว ขี้เลื่อย ชานอ้อย และฟางข้าว สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกมะเขือเทศได้ โดยนำมาผสมมาปลูก 2 พันธุ์ เปรียบเทียบกับการปลูกในทราย พบว่าวัสดุที่ให้ผลผลิตได้ดีที่สุดคือชุยมะพร้าว ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 49.5 ผลต่อต้น และ 375.2 กรัมต่อผล และวัสดุที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ ขี้เลื่อย โดยผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 ผลต่อต้น และ 127 กรัมต่อผล แต่หากนำวัสดุปลูกมาทำการผสมกับทรายเช่น ทราย แกลบ ขี้เลื่อย ในอัตรา (1:1:1) จะทำให้ผลผลิตเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น โดยเฉลี่ย 30 ผลต่อต้น และ 239.2 กรัมต่อผล แต่จากการนำแตงเทศ (muskmelon) มาทดลองปลูกในวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรบางชนิดพบว่า แตงเทศพันธุ์โบนัส มีอายุการเก็บเกี่ยวนับจากวันที่ผสมเกสร 48-52 วัน น้ำหนักผลสูงสุด 1.59 กิโลกรัม และโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 กิโลกรัม ความหวานที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 13-15 บริกซ์ โดยที่วัสดุผสม แกลบ ทราย และชุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 จะให้ผลดีที่สุด แต่แตงเทศที่ปลูกในระบบสารละลายธาตุอาหารหรือน้ำปุ๋ยที่มีการไหลวน (Nutrient Film Technique) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าในวัสดุปลูกทั้งหมด โดยมีอายุเก็บเกี่ยวที่เร็วขึ้นคือ 38-47 วันหลังจากที่มีการผสมเกสร น้ำหนักผลสูงสุดเท่ากับ 2.2 กิโลกรัม และเฉลี่ยที่ 1.45 กิโลกรัม ความหวานที่ 15-17 บริกซ์ (กระบวน, 2536)

ส่วนการปลูกในสารละลายโดยตรงนั้น จากการทดลองและศึกษาสามารถนำมาใช้ปลูกได้กับพืชหลายประเภท ในกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ เช่น เป็ยเทียน มะลิ กุหลาบ ชบา ดาวเรือง หรือพืชผักต่างๆ เช่น กวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดขาวปลี ผักชี ผักกาดหอม ฯลฯ ทั้งนี้ประเภทของพืชชนิดต่างๆ กับการปลูกในสารละลายธาตุอาหารจะขึ้นกับระดับความเข้มข้นของน้ำยา ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้าง และเทคนิคพิเศษอื่นๆ เช่นการให้ปริมาณออกซิเจน การลดระดับความร้อนในสารละลาย หรือปริมาณน้ำยา และขนาดถังที่ใช้ในการบรรจุ แตกต่างกันไปตามความต้องการของพืช แต่ส่วนใหญ่อุปกรณ์ของพืชจะอยู่ใกล้เคียงกัน

ส่วนการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาปรับใช้ในรูปแบบของการค้า ในประเทศไทยนั้น เริ่มมีบริษัทเอกชนหลายรายให้ความสนใจและทำการค้นคว้าเพื่อพัฒนาให้มีผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณที่สูงเช่น บริษัท พืชผักอนามัย ซึ่งการดำเนินงานนั้น ได้รับความร่วมมือกับภาคเอกชน และคณะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อผลิตพืชผักปลอดสารพิษตกค้าง โดยศึกษาความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ 9 อย่างไม่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปได้ในการปลูกผักชนิดต่างๆ ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งวิธีการปลูกจะดำเนินงานภายในโรงเรือนที่มีมิติคิดเป็นการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้ทางบริษัทยังได้ทำการผลิตแตงเทศ (Japan melon) ในระบบการปลูกในสารละลาย ซึ่งผลผลิตที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยเฉพาะรสชาติ ความหวาน ความนุ่มของเนื้อแตง ใกล้เคียงกับรสชาติที่ประเทศญี่ปุ่นชื่นชอบ แต่ระดับของผลผลิตนั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 150 - 200 ผลต่อโรงเรือน ซึ่งยังไม่เป็นที่พอใจของบริษัทเท่าที่ควร ทำให้จะต้องค้นคว้าและปรับปรุงต่อไป (ปราโมทย์, 2540)

เช่นเดียวกับบริษัท นาดีตะฟาร์ม ซึ่งทำการผลิตผักปลอดสารพิษออกส่งขายตามซูเปอร์มาเก็ต โดยเลือกที่จะปลูกพืชผักในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งผักที่ปลูกส่วนใหญ่ จะเป็นผักประเภทกินใบที่ยังไม่ค่อยมีปลูกกันในเมืองไทย เช่น ผักกาดขาว นวลจันทร์ ผักกาดขาว ผักคะน้า ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ จะใช้เวลาในการปลูกที่สั้นกว่าการปลูกในดินตามปกติ และผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพและปริมาณที่มากกว่าด้วย

โรคพืชที่ตรวจพบในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ปัญหาการเกิดโรคกับพืชที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินส่วนใหญ่จะไม่ค่อยพบมากเท่ากับการปลูกในดิน เนื่องจากระบบการปลูกแบบนี้ถือว่าเป็นระบบการปลูกที่สามารถลดปัญหาเรื่องโรคต่างๆ ที่เกิดกับดินปลูกอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุปลูกที่ได้จากการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าว หรือขี้เลื่อย ฯลฯ มาใช้เป็นวัสดุปลูกนั้นอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคได้ หรือนอกจากนั้นอาจมีการปนเปื้อนมากับน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารและสะสมอยู่ในสารละลาย เป็นสาเหตุทำให้พืชที่ปลูกเกิดความเสียหายจากโรคได้

Jenkins and Averre (1983) ได้กล่าวถึงการทดลองการแยกเชื้อจากรากพืชที่มีอาการของโรครากเน่า ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่ามีเชื้อสาเหตุที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ คือ *Pythium aphanidermatum*, *P. myriotylum*, *P. ultimum*, *Fusarium* spp. และเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ จากรากของมะเขือเทศ แตงกวา และผักสลัด เชื้อดังกล่าวสามารถแพร่กระจายในระบบสารละลาย ส่งผลให้เกิดโรคกับพืชได้ทั้งระบบ

ซึ่งจากการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุของการเกิดโรค มีรายงานถึงเชื้อรา *Pythium* spp. ที่สามารถเข้าสู่ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยการปนเปื้อนมากับน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร และสามารถแพร่กระจายในระบบได้รวดเร็ว เพียงปริมาณเล็กน้อยก็สามารถเข้าหาพืชอาศัยโดยการสร้าง zoospore เข้าทำลายพืชได้อย่างง่ายดาย เนื่องจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ สภาพแวดล้อมบริเวณรากมีความแตกต่างกับการปลูกในดิน คือ ไม่มีจุลินทรีย์ตัวอื่นๆ มาช่วยยังการ

เจริญเติบโต หรือแพร่กระจายของเชื้อหรือทำให้เชื้อมีการแข่งขันในการอยู่รอดเหมือนกับการปลูกในดิน (Rankin and Paulitz, 1994)

พรหมมาศ และคณะ (2539) ได้กล่าวถึง การแยกเชื้อราต่างๆ จากระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (แบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารกับการใช้วัสดุปลูก 3 ชนิด คือ polyurethane foam, rockwool และ ขุยมะพร้าว) พบว่าสามารถแยกเชื้อราได้หลายชนิด ส่วนการตรวจแยกเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรค เช่น *Fusarium* sp. และ *Pythium* sp. จะตรวจพบได้ในบางช่วงของการเจริญเติบโตของพืชเท่านั้น และการแพร่กระจายจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุปลูก และมีการสะสมของเชื้อในวัสดุปลูก จนสามารถที่จะก่อให้เกิดโรคได้

ดังนั้นเช่นเดียวกันกับการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร หากมีการสะสมของเชื้อสาเหตุในระบบมาก และเชื้อเป็น strain ที่มีความรุนแรง ก็สามารถที่จะทำให้เกิดโรคกับพืชที่ปลูกได้ ดังนั้น จำเป็นจะต้องมีการศึกษาต่อไป

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรียนปลูกพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาทำการทดลอง

ธันวาคม 2539 - เมษายน 2541

การดำเนินการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการปลูกผักที่บริเวณคสดีในระบบไฮโดรโปนิกส์นี้ ได้ดำเนินการโดยนำผัก 4 ชนิด มาทดสอบ คือ ขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง ซึ่งผักแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบนี้จะถูกทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ในช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแน่นอน อีกทั้งในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ได้มีการเพิ่มแสงให้แก่พืชที่ปลูกด้วย

การศึกษาในครั้งนี้ แบ่งรายละเอียดการดำเนินการได้ดังนี้

1. การศึกษาศักยภาพการปลูกขึ้นฉ่ายในระบบ NFT
2. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT
3. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักคะน้า และผักกวางตุ้งในระบบ NFT

ทั้ง 3 การศึกษาข้างต้น มีรายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการเหมือนกัน ดังนี้



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูก
 - 1.1 ถาดเพาะเมล็ด
 - 1.2 กระดาษทิชชู
 - 1.3 กระบอกฉีดน้ำ
 - 1.4 เมล็ดพันธุ์ชั้นฉาย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง
 - 1.5 กระถางปลูกพลาสติกขนาดเล็ก
 - 1.6 rockwool

2. สารละลายธาตุอาหาร และองค์ประกอบ

- 2.1 สูตร Coic-Lesaint (Coic-Lesaint, 1983)

Stock Solution A

น้ำหนักสารที่ใช้เตรียมสารละลาย 25 ลิตร

(ความเข้มข้น 100 เท่า)

HNO_3	693 ml.
H_2PO_4	365 ml.
KNO_3	1,866.5 g.
MgSO_4	302 g.
$\text{NH}_4\text{MoO}_4(48\% \text{ Mo})$	0.25 g.
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(23\% \text{ Zn})$	
$\text{H}_3\text{BO}_3(17\% \text{ B})$	7.5 g.
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(24\% \text{ Mn})$	17 g.
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(25\% \text{ Cu})$	1.25 g.

Stock Solution B

(ความเข้มข้น 100 เท่า)

HNO_3	8.75 ml.
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2,146.5 ml.
Fe-EDTA(6%Fe)	100 g.

ใส่น้ำให้ครบ 25 ลิตร

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายสารละลายธาตุอาหาร
 - 3.1 ถังน้ำขนาด 50 มล. จำนวน 2 ถัง
 - 3.2 ปั๊มน้ำ
 - 3.3 เครื่องวัดความเข้มของสารละลาย (EC-meter)
 - 3.4 เครื่องวัดสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)
 - 3.5 Electrical timer (ภาพที่ 1)
 - 3.6 Electronic interrupter (ภาพที่ 1)
 - 3.7 แผ่นโฟมปิดราง
4. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลทางสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
 - 4.1 เทอร์มิสเตอร์
 - 4.2 เครื่องวัดความเข้มแสง (ภาพที่ 2)
 - 4.3 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ (ภาพที่ 2)
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาทางด้านโรคพืช
 - 5.1 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทางด้านโรคพืช
 - 5.2 อาหาร BNPR+ CMA+rose bengal สำหรับแยกเชื้อรา
 - 5.3 อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)

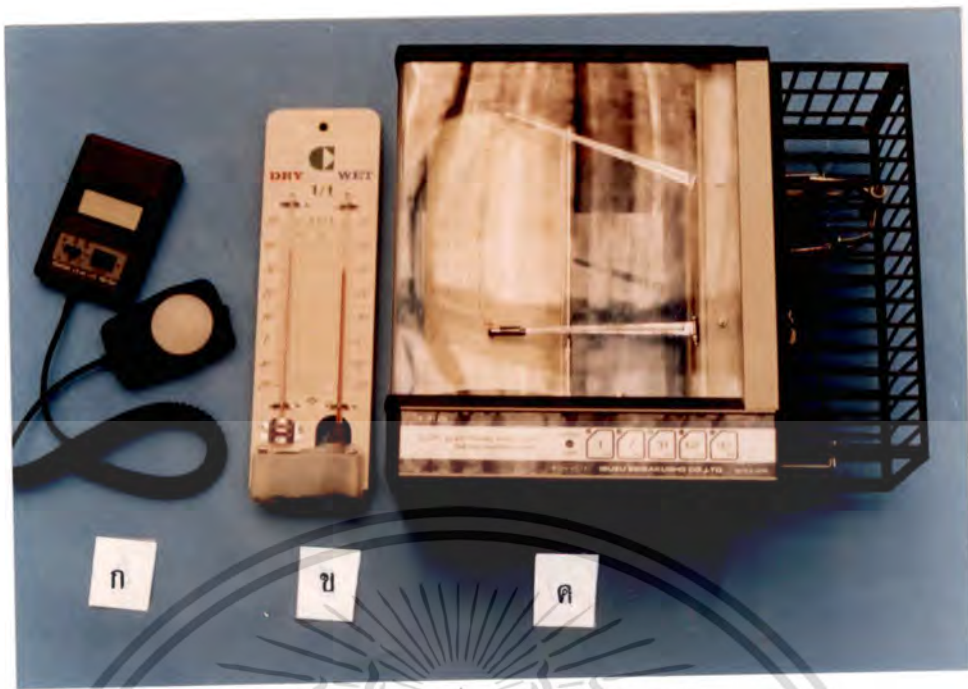


ภาพที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลา

ก. เครื่องตั้งเวลา (Timer)

ข. Interrupter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- ก. เครื่องวัดความเข้มแสง (lux-meter)
- ข. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
- ค. เครื่องบันทึกความชื้นและอุณหภูมิ

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี (treatments) คือ สารละลายธาตุอาหารพืช 2 สูตร แต่ละกรรมวิธีมี 30 ซ้ำ (replications)

1. การศึกษาศักยภาพการปลูกขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง ในระบบ NFT

1.1 การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

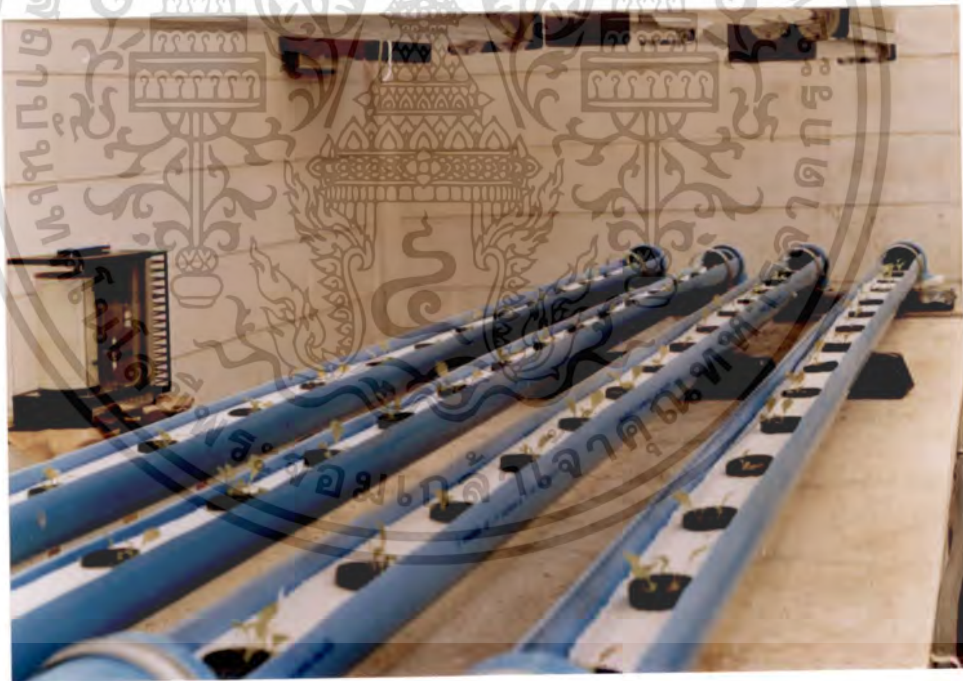
ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจะใช้ในปริมาณตามข้อที่ 2 โดยจะทำการเตรียมครั้งละ 50 ลิตร ซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยทั่วไปจะต้องเตรียมจากน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ (มีสารต่างๆ ละลายเจือปนอยู่น้อย) เช่น น้ำฝน น้ำกรอง แต่ในการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้น้ำจากท้องถิ่นคือ น้ำประปา ซึ่งค่อนข้างจะมีสิ่งเจือปนอยู่บ้าง ดังนั้นจึงต้องคำนวณปริมาณสารอาหารและกรดที่จะใส่น้ำให้ถูกต้องและสอดคล้องกับปริมาณธาตุธาตุดังตัวที่เจือปนอยู่ในน้ำก่อนแล้ว ในการทดลองนี้จะทำการวัดค่า pH และค่า EC ของสารละลายทุกๆ สัปดาห์ เมื่อ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นจะทำการเติมกรดไนตริก ลงไปปรับ pH ให้ได้ 5.5-6 และปรับค่า EC ให้ได้ประมาณ 2 mS/cm โดยเติมสารละลายเข้มข้นหรือเติมน้ำ ตามลำดับ และจะทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่ทุกๆ สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

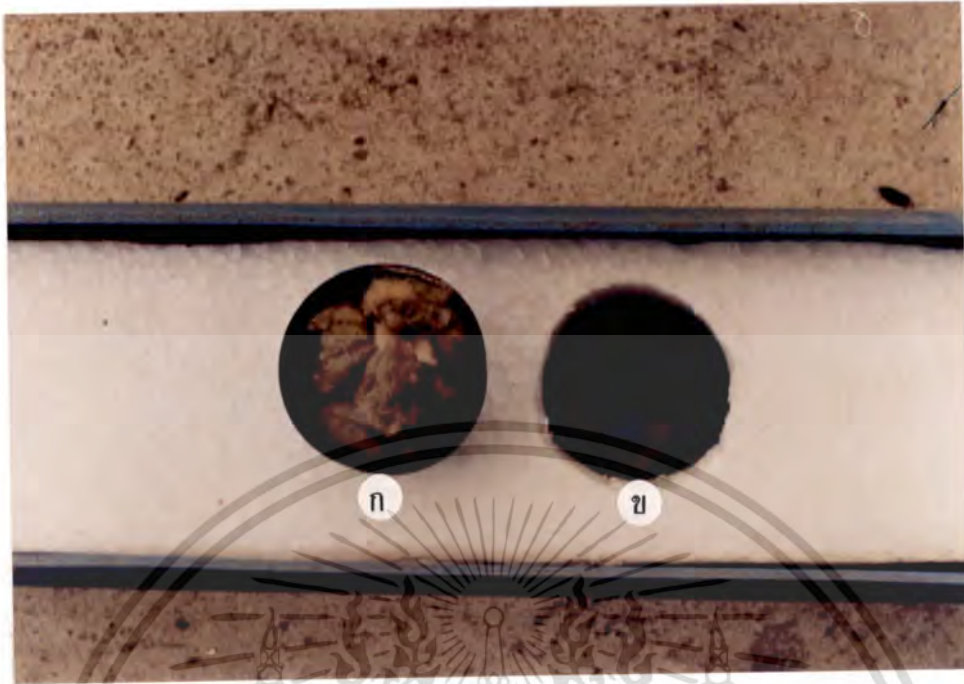
1.2 การเตรียมระบบปลูก

นำท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 4 เมตร มาผ่าซีกตามความยาวของท่อ เพื่อทำเป็นรางปลูกพืช จำนวน 4 ราง ในแต่ละรางจะทำการปลูกพืชจำนวน 15 ต้น โดยแต่ละต้นจะปลูกลงในกระถางขนาดเล็ก จากนั้นนำกระถางดังกล่าวไปวางลงบนด้านบนของรางที่มีโฟมขนาดกว้าง 8 เซนติเมตรปิดทับอยู่ (เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายถูกแสงแดดส่องถึง เป็นการป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำในรางปลูก จะะรบนแผ่นโฟมให้มีลักษณะกลมพอที่จะวางกระถางปลูกได้) โดยมีระยะปลูกของแต่ละกระถางห่างกัน 15 เซนติเมตร ทำการปรับให้รางมีความลาดเอียง 2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้สารละลายไหลไปสู่ปลายรางได้สะดวก ตรงปลายรางปลูกพืชใช้ท่อ PVC มาทำเป็นรางรองรับสารละลายที่ไหลผ่านจากระบบกลับมาสูดึงเก็บสารละลาย ใช้สายยางสีดำต่อเป็นท่อเพื่อให้สารละลายไหลสู่รางเป็นระบบ ต่อระบบเข้ากับ timer และ interrupter เพื่อตั้งเวลาโดยให้สารละลาย 5 นาที สลับกับหยุด 4 นาที (ภาพที่ 3, 4)

หมายเหตุ : ในการทดลองที่ 2 ของแต่ละพืชผัก จะมีการติดตั้งหลอดไฟเหนือระบบปลูกเพื่อเพิ่มความสว่างให้กับระบบ



ภาพที่ 3 ลักษณะรางปลูก



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมในการปลูก

ก. กระถางปลูกที่บรรจุด้วย rockwool

ข. แผ่นโฟมที่ตัดเป็นวงกลมมีขนาดพอดีกับกระถาง

1.3 การเตรียมและย้ายต้นกล้าขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง

ทำการเพาะเมล็ดผักทั้ง 4 ชนิด ลงบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มน้ำพอสมควรในถาดเพาะเมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม แต่ระวังอย่าให้แฉะ (เพราะเมล็ดผักจะเน่าได้ง่าย) ประมาณ 2-3 วัน เมล็ดจะงอก ราก คีบเมล็ดที่งอกวางลงบนก้อน rockwool ที่บรรจุอยู่ในกระถางพลาสติกเล็กๆ (ขนาด rockwool นั้น จะใช้ขนาดที่พอเหมาะกับกระถางพลาสติก) และทำการรดน้ำให้ rockwool ชุ่มน้ำพอประมาณ ทั้งช่วงเช้าและเย็น จนกระทั่งต้นกล้าเริ่มแตกใบเลี้ยง จึงเปลี่ยนมารดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เตรียมไว้ที่มีค่า EC ประมาณ 0.8-1 mS/cm. ประมาณ 3 วัน โดยวางถาดเพาะไว้ในที่มีแสงส่องถึง จากนั้นจึงเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายให้มีค่า EC 1.5 mS/cm. รดต้นกล้าด้วยสารละลายธาตุอาหารดังกล่าวจนกระทั่งพืชแตกใบจริง จึงย้ายต้นกล้างลงปลูกในระบบ NFT โดยให้สารละลายธาตุอาหารมีค่าความเข้มข้น เท่ากับ 2 mS/cm. เป็นเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นให้เพิ่มค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร เป็น 3 mS/cm. และปรับ pH ของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 5.5-6 ตลอดระยะเวลาที่ทำการปลูก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การย้ายกล้าผักลงระบบปลูก

1.4 การดูแลรักษาระหว่างการปลูก

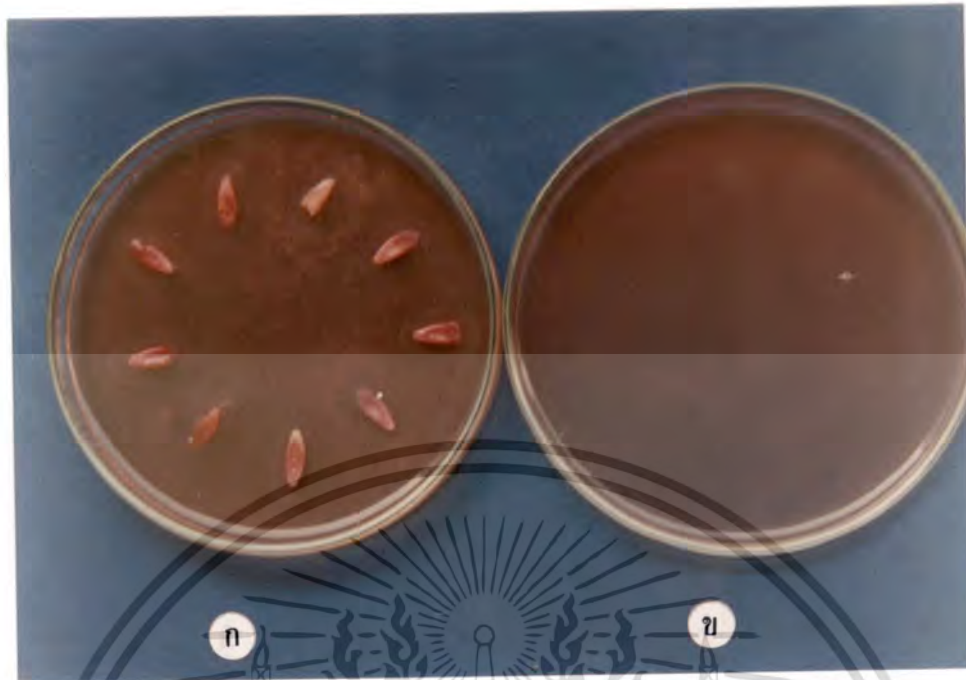
ตรวจปริมาณสารละลายธาตุอาหารทุก ๆ 2-3 วัน เมื่อพบว่าปริมาณลดลงจากระดับที่กำหนด ให้เติมสารละลายเข้มข้นและน้ำลงไป พร้อมทั้งปรับค่า pH ให้ได้เท่ากับ 5.5-6 และค่า EC เท่ากับ 2 mS/cm. และเมื่อต้นพืชมีอายุการเจริญเติบโตได้ประมาณ 1 เดือน ให้ปรับค่า EC เป็น 3 mS/cm. ตรวจโรคและแมลง ถ้าพบระบาดมากให้ใช้สารเคมีกำจัด ตรวจสอบอุปกรณ์การทำงานอย่างสม่ำเสมอและเมื่อต้นเริ่มแตกทรงพุ่มให้นำเชือกมาขึงพวงลำต้น ป้องกันลำต้นล้ม เก็บผลผลิตเมื่อมีอายุได้ 40-50 วัน หลังจากเพาะเมล็ด

2. การศึกษาทางด้านโรคพืชของชั้นฉาย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักวางตุ้ง ในระบบ NFT

2.1 การแยกเชื้อจากสารละลายธาตุอาหารพืช

ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชจากถังสารละลาย ในการเก็บตัวอย่างสารละลายนั้นทำการเก็บจากสารละลายที่เตรียมขึ้นใหม่ๆ ก่อนที่จะมีการจ่ายสารละลาย (solution inlet) และเก็บจากตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการให้แก่พืชมาแล้ว 1 สัปดาห์ (solution outlet) เป็นประจำทุกๆ สัปดาห์ มาทำการแยกเชื้อโดยวิธี Pour Plate Technique และ Baiting Technique (จิระเดช และคณะ, 2534) (ภาพที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 การแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากสารละลายธาตุอาหาร

ก. วิธี Baiting Technique

ข. วิธี Pour Plate Technique

Pour Plate Technique : โดยการใช้ปิเปตดูดสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการแยกเชื้อมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน plate ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารทับลงไปและทำการหมวนจนอาหารเลี้ยงเชื้อโปรรอบๆ เพื่อให้สารละลายกระจายสม่ำเสมอและนำไปบ่มเชื้อ ตรวจสอบการเจริญของเส้นใยเชื้อราภายใน 48 ชั่วโมง และทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์และเก็บไว้เพื่อทำการจัดจำแนกต่อไป

Baiting Technique : โดยการใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ด้วยการเผาไฟ) แล้วคีบเมล็ดแตงกวา 10 เมล็ด ใส่ลงใน plate ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเช่นกัน ใช้ปิเปตดูดสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการแยกเชื้อราปนเปื้อนมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน plate ที่มีเมล็ดแตงกวาวางอยู่ ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงนำเมล็ดแตงกวาจาก plate ดังกล่าวมาทำการล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 3 ครั้ง และซับเมล็ดแตงกวาให้แห้งก่อนนำไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการบ่มเชื้อในที่มืด ตรวจสอบหาเชื้อรา *Pythium* spp. ภายในเวลา 2 วัน

อาหารที่ใช้ในการแยกเชื้อที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร ทั้งวิธี Pour Plate Technique และ Baiting Technique จะใช้ selective media สูตร CMA+(Rb)+BNPRA (Fujisawa and Masago, 1975) ซึ่งประกอบด้วย

Corn meal agar	1	ลิตร
Rose bengal	5	มิลลิกรัม
Benomyl	10	มิลลิกรัม
PCNB	25	มิลลิกรัม
Nystatin	25	มิลลิกรัม
Rifampicin	10	มิลลิกรัม
Ampicillin	100	มิลลิกรัม

2.2 การแยกเชื้อราจากส่วนของพืชที่เป็นโรค

ทำการแยกเชื้อโดยวิธี tissue transplanting โดยการตัดชิ้นส่วนของพืชที่แสดงอาการเป็นโรคต่อกับส่วนที่ไม่เป็นโรคขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร แช่ใน clorox 10% นาน 20 วินาที เพื่อฆ่าเชื้อที่ผิวนอก ล้าง clorox ออกด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 2 - 3 ครั้ง แล้วซับให้แห้ง นำมาวางบนอาหาร water agar (WA) และ CMA + (Rb) + BNPRa ป่มเชื้อไว้ 2 วัน เมื่อเชื้อเจริญทำการตัดชิ้นส่วนของเชื้อไปวางบนอาหาร PDA พร้อมทั้งจำแนกเชื้อต่อไป

3. ข้อมูลที่บันทึก

3.1 ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม

3.1.1 ปริมาณความเข้มของแสง

ทำการเก็บข้อมูลความเข้มของแสงสัปดาห์ละ 6 วัน (จันทร์-เสาร์) ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน โดยตำแหน่งที่ทำการวัดความเข้มของแสงภายในโรงเรือนนั้นจะทำการวัดบริเวณต้นราง และบริเวณปลายราง เพื่อเปรียบเทียบกับความเข้มของแสงภายนอกโรงเรือน โดยทำการวัดวันละ 3 เวลา ได้แก่ 8.30 - 9.30, 12.30 - 13.30 และ 15.30 - 16.30 น. แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ช่วงของการทดลอง

3.1.2 อุณหภูมิภายในโรงเรือน

ทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยจะทำการเก็บในวันและเวลาเดียวกับที่ทำการวัดความเข้มของแสง ในการเก็บข้อมูลนั้นจะทำการวัดอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดภายในโรงเรือนแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

3.1.3 อุณหภูมิของสารละลาย

ทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิของสารละลายโดยจะทำการเก็บในวันและเวลาเดียวกับที่ทำการวัดความเข้มแสง ในการเก็บข้อมูลนั้นจะทำการวัดอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดของสารละลายธาตุอาหารและหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละสัปดาห์

3.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์

บันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยจะทำการเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกับการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความเข้มของแสง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ และหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละสัปดาห์

3.2 ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตของพืช

3.2.1 ความสูง

ทำการวัดทุกๆ สัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จะทำการวัดทั้ง 30 replications แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี

3.2.2 จำนวนใบ

ทำการนับทุกๆ สัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยเริ่มนับใบจริงใบแรกที่แตกออกมาหลังจากมีใบเลี้ยง 2 ใบ ทำการวัดทุก replication ในแต่ละกรรมวิธี แล้วหาค่าเฉลี่ยของจำนวนใบในแต่ละสัปดาห์

3.2.3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

ทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ทำการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส) หลังจากสิ้นสุดการทดลอง โดยจะชั่งทั้งลำต้นและใบจะทำการชั่งทุก replication รวมกันในแต่ละ treatment แล้วหาค่าเฉลี่ยทั้งหมด

3.3 ข้อมูลทางด้านโรค

3.3.1 ปริมาณและความถี่ของเชื้อที่ตรวจพบ

ทำการบันทึกข้อมูลจากวิธี Pour Plate Technique ในแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง ซึ่งนำ solution inlet และ solution outlet มาอย่างละ 5 replications ทำการตรวจนับปริมาณเชื้อ แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ โดยการนับจำนวนโคโลนีเชื้อที่ตรวจพบในหน่วย CFU/ml. ส่วนในวิธี Baiting Technique ปริมาณเชื้อที่ตรวจพบจะมีปริมาณสูง เนื่องจากมีการนำเมล็ดแตงกวามาทำการล่อเชื้อในสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซึ่งใช้สารละลายมากกว่าวิธี Pour Plate Technique ถึง 10 เท่า ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ต้องการจะต้องหารด้วย 10 เพื่อให้ได้หน่วยเป็น CFU/ml.

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง

1. การศึกษาศักยภาพการปลูกขึ้นง่ายในระบบ NFT

1.1 การทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

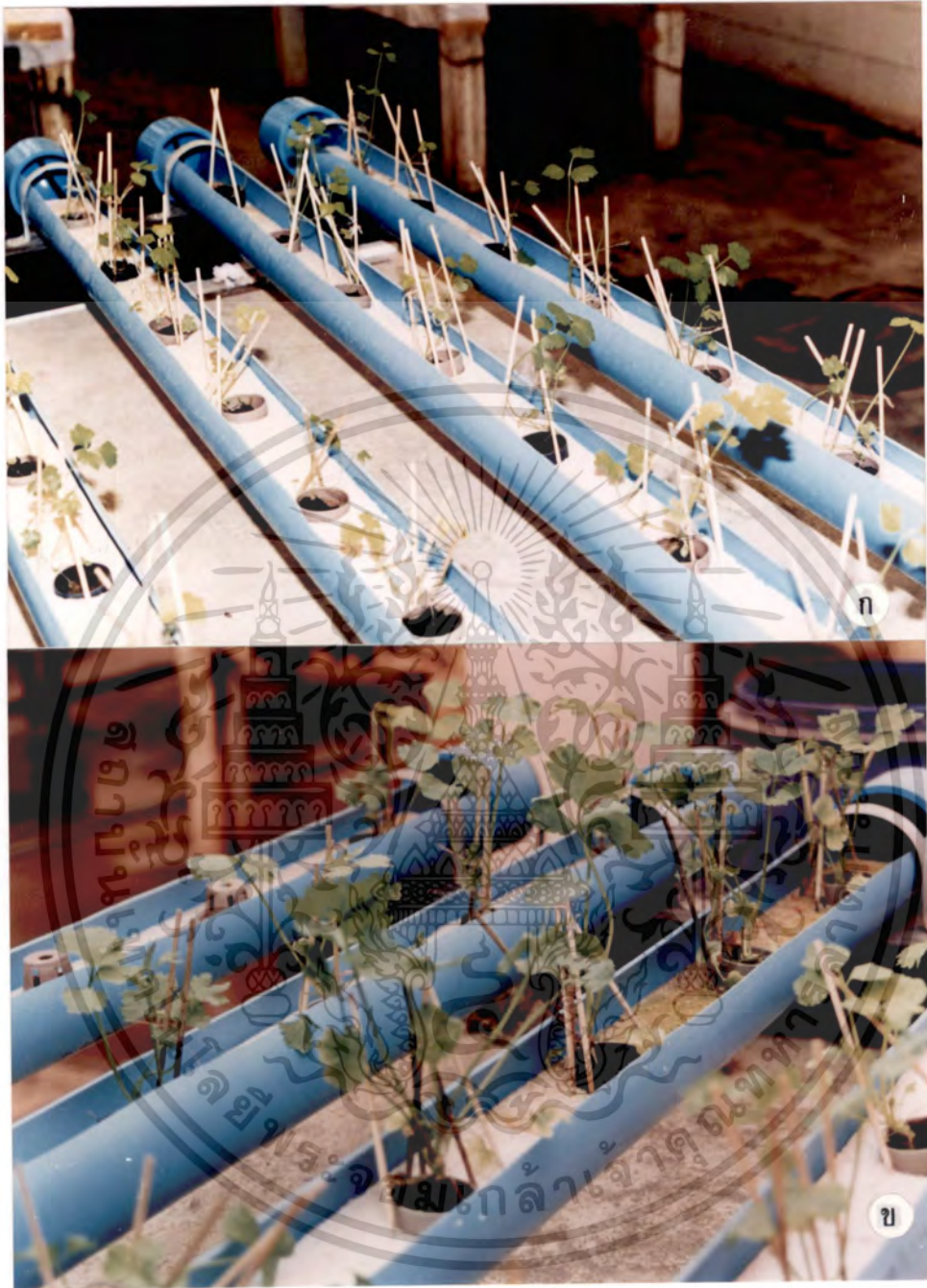
1.1.1 ศักยภาพการปลูกขึ้นง่าย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นขึ้นง่าย (ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างของใบและจำนวนใบ) ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรรมวิธี ตามชนิดของสารละลาย โดยกรรมวิธีที่ 1 ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit-F และกรรมวิธีที่ 2 ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ (ภาพที่ 7) ผลปรากฏว่า การเจริญเติบโตของต้นขึ้นง่ายระหว่าง 2 กรรมวิธี ได้แก่ ความสูง ความกว้างของใบ และจำนวนใบ (ภาพที่ 8) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีเพียงความกว้างของทรงพุ่มเท่านั้น ที่พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 7 ต้นขึ้นง่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด เมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในการทดลองที่ 1

ก. เมื่อมีอายุ 10 สัปดาห์

ข. เมื่อมีอายุ 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉาย (ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ และจำนวนใบ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์

กรรมวิธี	ความสูง (ซม./ต้น)	ความกว้างทรงพุ่ม (ซม./ต้น)	ความกว้างใบ (ซม./ต้น)	จำนวนใบ (ใบ/ต้น)
1	15.24 a ^{1/}	15.62 a	10.16 a	13.48 a
2	14.46 a	13.43 b	9.79 a	12.75 a

^{1/} ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

- ความสูงของต้น

ในด้านความสูงเฉลี่ยของต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 15.24 และ 14.46 เซนติเมตรต่อต้นตามลำดับ โดยพบว่าตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ความสูงของต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในระหว่างการทดลองช่วงสัปดาห์ที่ 9 จนถึงสัปดาห์ที่ 11 พบว่าต้นขึ้นฉายมีความสูงของต้นในกรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 อย่างมีความนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1) ซึ่งอาจเกิดมาจากในสัปดาห์ที่ 9 มีเหตุขัดข้องของไฟฟ้า ทำให้ระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติ ไม่สามารถจ่ายสารละลายตามเวลาที่กำหนดได้ ส่งผลให้ต้นขึ้นฉายแสดงอาการเหี่ยวและโทรมลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 2 นั้น ต้นขึ้นฉายเหี่ยวตายไปถึง 3 ต้น และจากการสังเกต พบว่าต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 2 จะแสดงอาการความเสียหายมากกว่ากรรมวิธีที่ 1 นอกจากนี้ต้นขึ้นฉายที่สามารถฟื้นตัวขึ้นได้บางต้นจะมีอาการขอบใบซีดเหลืองในใบแก่ ซึ่งเป็นอาการแสดงว่าขาดธาตุแมงกานีส และในทำนองเดียวกันต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 2 มีจำนวนต้นที่แสดงอาการขาดธาตุอาหารแมงกานีสมากกว่าต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งจากเหตุการณ์ทั้งสองที่เกิดขึ้นนี้อาจส่งผลให้ต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตน้อยกว่า ในกรรมวิธีที่ 1 แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 12 จนถึงสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ความสูงของต้นขึ้นฉายระหว่าง 2 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.62 และ 12.48 เซนติเมตรต่อต้นตามลำดับ ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างทางสถิติ และจะเห็นความแตกต่างกันระหว่าง 2 กรรมวิธี ได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 11 จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง

- จำนวนใบ

จำนวนใบในสัปดาห์ที่ 16 ของการทดลอง พบว่า ต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบเท่ากับ 13.48 ใบต่อต้น และต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบเท่ากับ 12.75 ใบต่อต้น และพบว่าตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

- ความกว้างใบ

ผลการวัดความกว้างใบในสัปดาห์ที่ 16 ระหว่าง 2 สิ่งทดลอง โดยความกว้างใบในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.6 และ 9.79 เซนติเมตรต่อใบตามลำดับ ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2)

- น้ำหนักสด

น้ำหนักสดของต้นขึ้นถ่ายเมื่อมีอายุได้ 16 สัปดาห์ในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 และ 8.39 กรัมต่อต้นตามลำดับ พบว่าทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

- น้ำหนักแห้ง

หลังจากที่นำต้นขึ้นถ่ายไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จนแห้งสนิท พบว่าน้ำหนักแห้งของทั้ง 2 กรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.205 กรัมต่อต้น และในกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.995 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นขึ้นถ่ายที่ทำการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1

กรรมวิธีที่	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
1	8.8 a ^{1/}	1.205 a
2	8.39 a	0.995 b

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 เปอร์เซ็นต์

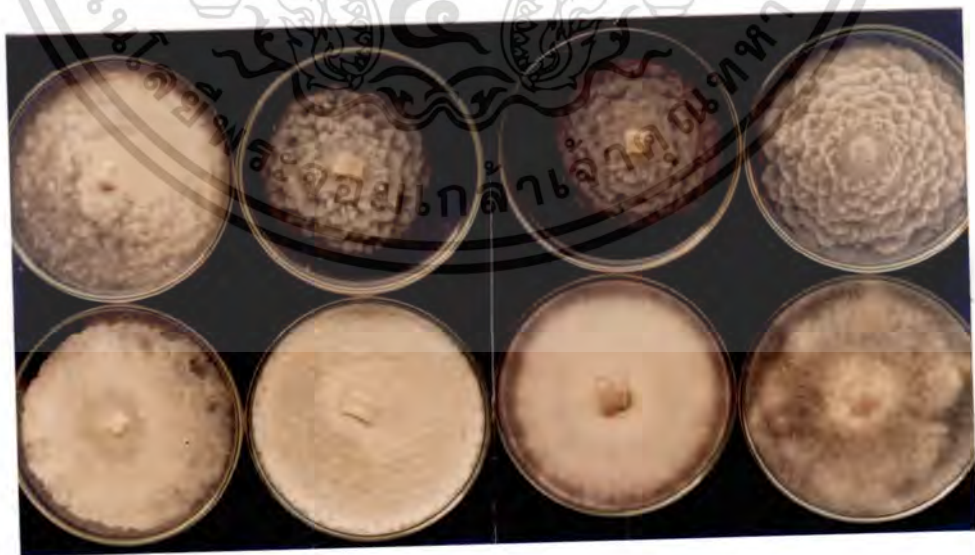
1.1.2 การศึกษาโรคพืชที่เกิดกับต้นขึ้นถ่ายในระบบ NFT

- การแยกเชื้อราที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร

ระหว่างการทดลองได้ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชจากทั้ง 2 กรรมวิธี โดยทำการเก็บตัวอย่างจากสารละลายที่ให้ และจากสารละลายที่ระบายออกทุก 2 สัปดาห์ เพื่อตรวจหาปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ปนเปื้อนเข้ามาในระบบ (ภาพที่ 9) จากการตรวจสอบพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 กรรมวิธี (ตารางที่ 3) แต่จะพบว่าปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบในสารละลายที่ระบายออก จะมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าสารละลายที่ให้ภายในกรรมวิธีเดียวกัน ดังในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเป็นสัปดาห์แรกของการทดลอง ตรวจพบปริมาณเชื้อราในตัวอย่างสารละลายที่ให้ และจากที่ระบายออก ของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 14 และ 24 CFU/100 ml. ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบในสารละลายจากสารละลายที่ให้ และจากสารละลายที่ระบายออก มีค่าเท่ากับ 16 และ 38 CFU/100 ml. ตามลำดับ จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองตรวจพบปริมาณเชื้อราดังกล่าวในสารละลายที่ให้ และที่ระบายออกของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 53 และ 68 CFU/100 ml. ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ตรวจพบปริมาณเชื้อราในสารละลายที่ให้ เท่ากับ 48 และในสารละลายที่ระบายออก มีค่าเท่ากับ 62 CFU/100 ml. จากการที่ตรวจพบปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ในตัวอย่างสารละลายที่ระบายออกสูงกว่าในตัวอย่างสารละลายที่ให้ ทั้ง 2 กรรมวิธี เนื่องจากการเก็บตัวอย่างสารละลายที่ระบายออก จะกระทำหลังจากการเก็บตัวอย่างสารละลายที่ให้ 2 สัปดาห์ อันจะทำให้มีการตรวจพบปริมาณเชื้อราที่มากขึ้น แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในแต่ละสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการทดลอง ทั้งสารละลายที่ให้ และที่ระบายออก ของทั้ง 2 กรรมวิธี จะมีค่าปริมาณเชื้อราที่พบสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงมีการสะสมและเพิ่มปริมาณของเชื้อดังกล่าว ในสารละลายธาตุอาหารที่มากขึ้น แต่ระดับเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบยังไม่ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับต้นขึ้นฉาย ซึ่งน่าจะเป็นได้ว่าเชื้อดังกล่าวเป็น avirulent strain



ภาพที่ 9 เชื้อรา *Pythium* spp. ที่ทำการแยกได้ในสารละลายธาตุอาหาร (ทั้ง 2 กรรมวิธี) ที่ใช้ปลูกต้นขึ้นฉาย ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit - F และ Coic - lesaint) ตลอดระยะเวลาการปลูกขึ้นชำใน NFT (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	เชื้อ <i>Pythium</i> spp. ในแต่ละสัปดาห์ (CFU/100 ml.)			
	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2	
	สารละลายที่ให้ ^{1/}	สารละลายที่ระบายออก	สารละลายที่ให้	สารละลายที่ระบายออก
2	14	24	16	38
4	14	46	21	34
6	22	42	20	38
8	41	54	32	48
10	34	56	12	46
12	30	56	38	46
14	40	63	42	49
16	53	68	48	62

^{1/} ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

1.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ

1.1.3.1 ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นชำ

- ความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช

: ไรแดง ในสัปดาห์ที่ 6 และ 7 ของการทดลอง พบว่ามีไรแดงเข้าทำความเสียหายแก่ต้นขึ้นชำ โดยต้นขึ้นชำมีอาการจุดด่างเหลืองบริเวณใบ chlorosis (ภาพที่ 10) ในกรรมวิธีที่ 1 มีต้นขึ้นชำแสดงอาการ 3 ต้น ในสัปดาห์ที่ 6 และเพิ่มขึ้นเป็น 12 ต้น ในสัปดาห์ที่ 7 ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 แสดงอาการ 4 ต้น ในสัปดาห์ที่ 6 และเพิ่มขึ้นเป็น 10 ต้นในสัปดาห์ที่ 7 โดยทั้ง 2 กรรมวิธีมีระดับความเสียหายอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ (ตารางที่ 4) จึงทำการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเพื่อหยุดการระบาดของไรแดง หลังจากนั้นพบว่าต้นขึ้นชำบางต้นที่ปรากฏอาการ chlorosis มีอาการแคระแกรนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติซึ่งอาจเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อ virus โดยมีไรแดงเป็นพาหะ



ภาพที่ 10 ลักษณะของต้นขึ้นฉ่ายที่ถูกไรแดงเข้าทำลาย

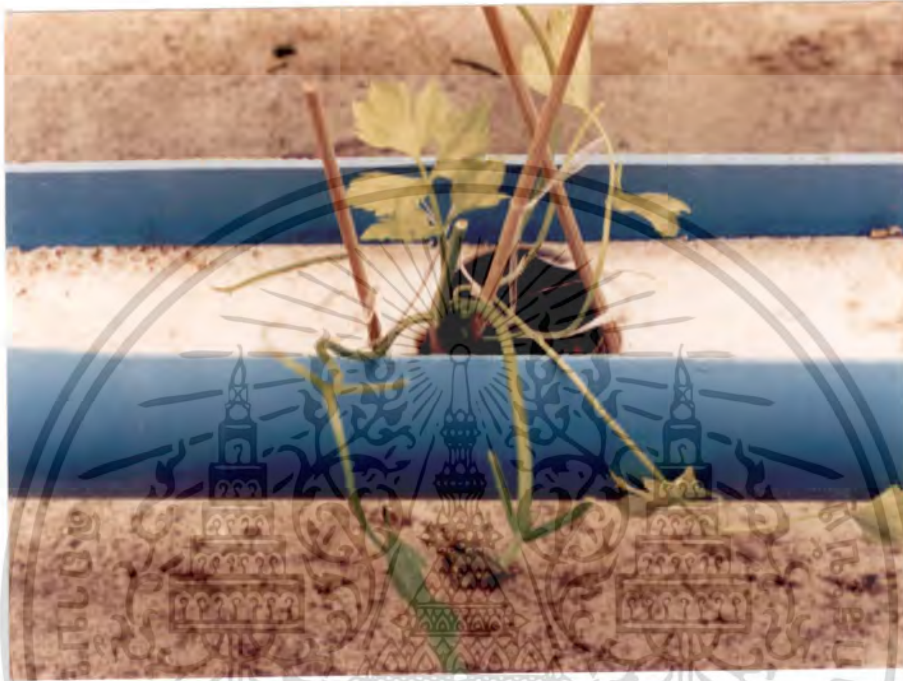
ตารางที่ 4 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ NFT (การทดลองที่ 1 : 16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

ลักษณะความเสียหาย และสาเหตุ		ระยะเวลาทำการทดลอง (สัปดาห์)													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
การเข้าทำลาย ของไรแดง	Tr.1				3A	12A									
	Tr.2				1A	10A									
แมลงปากกัดกิน	Tr.1													6B	
	Tr.2													5B	
การเข้าทำลาย ของเพลี้ยแป้ง	Tr.1													9A	
	Tr.2													11A	
การขาดธาตุ- อาหาร	Tr.1									3A	5A	10A	6A	2A	
	Tr.2									2A	8A	12A	7A	3A	
เหตุขัดข้องทาง กระแสไฟฟ้า	Tr.1								2D						
	Tr.2								3D						

- * อักษรที่ปรากฏตามหลังจำนวนตัวเลข หมายถึง ระดับความเสียหายของต้นขึ้นฉ่ายโดยมีรายละเอียดดังนี้ :
- A ระดับความเสียหายน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
 - B ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
 - C ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
 - D ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 75-100 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: แมลงในกลุ่มปากกัดกิน ในช่วงสัปดาห์ที่ 15 พบการเข้าทำลายของแมลงประเภทปากกัดกินอย่างรุนแรง (ภาพที่ 11) ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่ต้นขึ้นฉ่ายในกรรมวิธีที่ 1 จำนวน 6 ต้น และกรรมวิธีที่ 2 จำนวน 5 ต้น โดยระดับความเสียหายจากการถูกแมลงกัดอยู่ในระดับ 25-50 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ



ภาพที่ 11 ลักษณะความเสียหายของต้นขึ้นฉ่ายที่ถูกแมลงปากกัดกินเข้าทำลาย

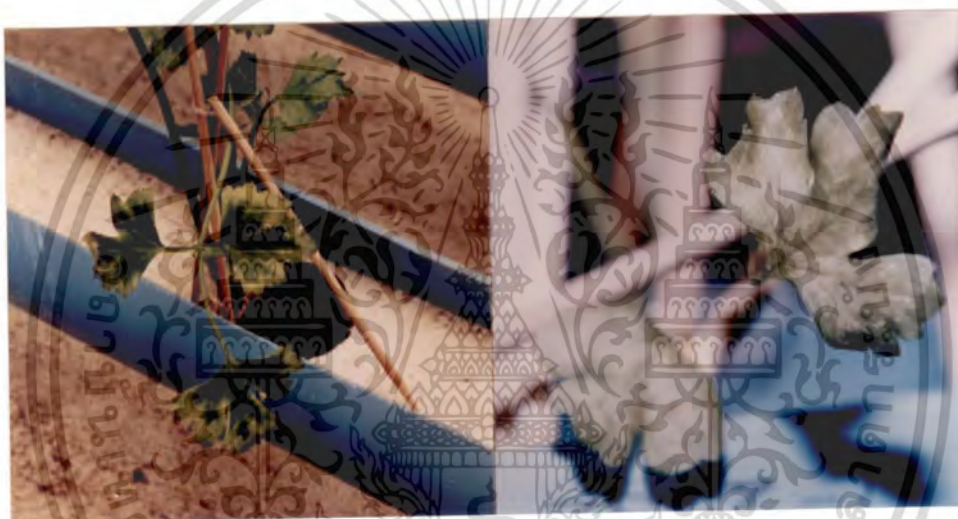
: เพลี้ยแป้ง ตรวจพบการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งในสัปดาห์ที่ 14 ของการทดลอง โดยต้นขึ้นฉ่ายจะแสดงอาการซีดเหลืองและแคระแกรนในก้านใบ ซึ่งพบเพลี้ยแป้งเกาะอยู่ ส่งผลให้ในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เกิดความเสียหาย 9 และ 11 ต้นตามลำดับ โดยระดับความเสียหายอยู่ในระดับที่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ

- อาการขาดธาตุอาหารของต้นขึ้นฉ่าย

ในสัปดาห์ที่ 10-14 ของการทดลอง พบต้นขึ้นฉ่ายแสดงอาการผิดปกติทางใบ โดยขอบใบแก่จะมีสีเหลือง (ภาพที่ 12) ทั้งนี้ลักษณะอาการดังกล่าวเกิดเนื่องจากการขาดธาตุแมงกานีส โดยพบว่าทั้ง 2 กรรมวิธี มีลักษณะอาการคล้ายกัน โดยจะเริ่มปรากฏอาการในสัปดาห์ที่ 10 และจะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 11 และ 12 จึงทำการปรับสูตรอาหารโดยเพิ่มธาตุแมงกานีส ทำให้อาการลดลงตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 13 และ 14 ในกรรมวิธีที่ 1 ต้นขึ้นฉ่าย แสดงอาการขาดธาตุอาหารในสัปดาห์ที่ 6 จำนวน 3 ต้น และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 10, 11 เป็น 5 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น ตามลำดับ และอาการดังกล่าวลดเหลือ 6 และ 2 ต้น ตามลำดับ หลังจากปรับสูตรธาตุอาหารในสัปดาห์ที่ 13 และ 14 ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ต้นขึ้นฉายจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารในสัปดาห์ที่ 10, 11 และ 12 มีจำนวนเท่ากับ 2, 8 และ 12 ต้น ตามลำดับ และลดลงเช่นเดียวกันกับในกรรมวิธีที่ 1 หลังจากปรับสูตรธาตุอาหารคงเหลือ 7 และ 3 ต้น ในสัปดาห์ที่ 13 และ 14 ตามลำดับ โดยระดับความเสียหายอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ ทั้ง 2 กรรมวิธี (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 12 ลักษณะของต้นขึ้นฉาย ที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีส

- อาการผิดปกติของต้นขึ้นฉายอันเนื่องจากเหตุขัดข้องทางกระแสไฟฟ้า ในสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองเกิดเหตุขัดข้องทางกระแสไฟฟ้าทำให้ระบบจ่ายสารละลายหยุดทำงาน ส่งผลให้ต้นขึ้นฉายในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ตาย 2 และ 3 ต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 ลักษณะของต้นขึ้นฉ่ายที่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ทำให้ระบบจ่ายสารละลายหยุดทำงาน

1.1.3.2 การบันทึกสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการทดลอง

- ความเข้มของแสง

ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความเข้มแสง มี 3 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณต้นราง (ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเท่ากับ 482 lux) จุดที่ 2 บริเวณปลายราง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 451 lux) ซึ่งระดับความเข้มของแสงทั้ง 2 จุด มีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าความเข้มของแสงภายนอกโรงเรือน (จุดที่ 3) ถึงประมาณ 100 เท่า โดยความเข้มของแสงภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 45,490 lux (ตารางผนวกที่ 3)

- อุณหภูมิภายในโรงเรือน

อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส โดยระดับอุณหภูมิโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียส ส่วนระดับอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 32.35 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิ โดยเฉลี่ยตลอดวันมีค่าเท่ากับ 30.1 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 4)

- อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร

ค่าเฉลี่ยจากการวัดระดับอุณหภูมิภายในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเช้าเท่ากับ 25.8 องศาเซลเซียส ส่วนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 31.2 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิโดยเฉลี่ยตลอดเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 28.07 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 5)

- ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอดระยะเวลาทำการทดลอง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเช้าเท่ากับ 90.4 เปอร์เซ็นต์ และค่าต่ำสุดในตอนกลางวันมีค่า 69.8 เปอร์เซ็นต์ และระดับความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 78.2 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 6)

1.2 การทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

1.2.1 ศักยภาพการปลูกขึ้นฉาย

ในการทดลองที่ 2 นี้ ทำการวัดการเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 ชนิด เมื่ออายุ 12 สัปดาห์ (ภาพที่ 14) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 พบว่า การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉาย ได้แก่ ความสูง ความกว้างของทรงพุ่มและจำนวนใบ มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 2 กรรมวิธี (ภาพที่ 15) ยกเว้นเพียงความกว้างของใบเท่านั้นที่ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 5) รายละเอียดของการเจริญเติบโตมีดังนี้

- ความสูงของต้น

ด้านความสูงเมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์ระหว่างในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยความสูงของต้นขึ้นฉายมีค่าเท่ากับ 34.35 และ 29.85 เซนติเมตรต่อต้นตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 7)

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มต้นขึ้นฉายโดยเฉลี่ย เมื่อมีอายุ 12 สัปดาห์ ในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 26.1 และ 20.95 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งจะพบความแตกต่างทางสถิติของทรงพุ่มได้ตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 7 จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง (ตารางผนวกที่ 7)

- จำนวนใบ

จำนวนใบของต้นขึ้นฉายระหว่าง 2 กรรมวิธี เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์ จะพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.25 ใบต่อต้น และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.2 ใบต่อต้น ซึ่งจะพบความแตกต่างทางสถิติได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง (ตารางผนวกที่ 8)



ภาพที่ 14 ต้นขึ้นฉายที่ปลูกใน NFT ในการทดลองที่ 2

ก. เมื่อมีอายุได้ 10 สัปดาห์

ข. เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์



ภาพที่ 15 ต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม ความกว้างของใบ และ จำนวนใบ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์

กรรมวิธี	ความสูง	ความกว้างทรงพุ่ม	ความกว้างใบ	จำนวนใบ
	(ซม./ต้น)	(ซม./ต้น)	(ซม./ต้น)	(ซม./ต้น)
1	34.35 a ^{1/}	22.61 a	10.16 a	20.25 a
2	29.91 b	12.43 b	10.17 a	15.62 b

^{1/} ค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 เปอร์เซนต์

- ความกว้างของใบ

ในด้านของความกว้างของใบต้นขึ้นฉ่ายเมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์ ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาทำการทดลองโดยกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.61 เซนติเมตรต่อใบ และในกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.17 เซนติเมตรต่อต้น (ตารางผนวกที่ 8)

- น้ำหนักสด

น้ำหนักสดเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 22.45 กรัมต่อต้น และในกรรมวิธีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 16.21 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 6)

- น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของต้นขึ้นฉาย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 2.65 และ 2.13 กรัมต่อต้นตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นขึ้นฉายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) เมื่อมีอายุได้ 12 สัปดาห์

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
1	22.45 a ^{1/}	2.65 a
2	16.21 b	2.13 b

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 การศึกษาโรคที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นฉายในระบบ NFT

- การแยกเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร

ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 (เริ่มเก็บตัวอย่างสารละลายตั้งแต่ 10 สิงหาคม - 12 ตุลาคม 2540) พบว่า ปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชทั้ง 2 กรรมวิธี (ภาพที่ 16) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะต่างกันเฉพาะในตัวอย่างจากสารละลายที่ให้ และที่ระบายออก ภายในกรรมวิธีเดียวกัน โดยในสารละลายที่ให้ จะมีปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบน้อยกว่าจากสารละลายที่ระบายออก ดังในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเป็นสัปดาห์แรกของการทดลอง โดยในกรรมวิธีที่ 1 ในตัวอย่างสารละลายที่ให้ ตรวจพบปริมาณเชื้อรา 12 CFU/100 ml. และในตัวอย่างสารละลายที่ระบายออก ตรวจพบปริมาณเชื้อรา 24 CFU/100 ml. ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบในตัวอย่างสารละลายที่ให้ มีค่าเท่ากับ 11 CFU/100 ml. และในตัวอย่างสารละลายที่ระบายออก มีค่าเท่ากับ 32 CFU/100 ml. จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในกรรมวิธีที่ 1 โดยในตัวอย่างสารละลายที่ให้ มีค่าเท่ากับ 38 CFU/100 ml. และในตัวอย่างสารละลายที่ระบายออก มีค่าเท่ากับ 51 CFU/100 ml. ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ในตัวอย่างสารละลายที่ให้ มีค่าเท่ากับ 42 CFU/100 ml. และในตัวอย่างสารละลายที่ระบาย

ออก เท่ากับ 54 CFU/100 ml. (ตารางที่ 7) จากสัปดาห์ที่ 2-12 ของการทดลองพบว่าปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในตัวอย่างจากสารละลายที่ให้ และสารละลายที่ระบายออก มีความแตกต่างกัน โดยในตัวอย่างสารละลายที่ระบายออก จะมีค่าปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบสูงกว่าตัวอย่างสารละลายที่ให้ โดยสอดคล้องกันทั้ง 2 กรรมวิธีตลอดการทดลอง แต่พบปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ในตัวอย่างจากสารละลายที่ให้ และที่ระบายออก ในสัปดาห์ที่ 12 ของทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าสูงกว่าปริมาณเชื้อที่ตรวจพบในสัปดาห์ที่ 2 โดยปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบจะมีปริมาณสูงขึ้นในแต่ละสัปดาห์ แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมของปริมาณเชื้อราที่เพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาที่ทำการปลูก



ภาพที่ 16 เชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2

ซึ่งจากทั้ง 2 การทดลอง โดยในการทดลองที่ 1 ใช้เวลาในการปลูก 16 สัปดาห์ จะพบปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ที่สูงกว่าในการทดลองที่ 2 ซึ่งใช้เวลาในการปลูกทั้งหมด 12 สัปดาห์ ดังนั้นหากระยะเวลาที่ใช้ในการปลูกเพิ่มมากขึ้นอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกับพืชที่ปลูกได้มากขึ้น เพราะมีการสะสมของเชื้อเพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะต้องขึ้นกับองค์ประกอบอื่นๆ ด้วยเช่น เชื้อที่พบมีความรุนแรง และมีปริมาณที่มากพอในการก่อให้เกิดโรค พร้อมทั้งพืชที่ปลูกมีความอ่อนแอหรือไม่ แต่จากการทดลองไม่พบความเสียหายจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ซึ่งแสดงว่าปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบกับปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดโรคไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ปริมาณเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหาร 2 ชนิด (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2 ของการปลูกขึ้นฉ่าย ใน NFT (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ในแต่ละสัปดาห์ (CFU/100 ml.)			
	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2	
	สารละลายที่ให้ ^{1/}	สารละลายที่ระบายออก	สารละลายที่ให้	สารละลายที่ระบายออก
2	12	24	11	32
4	11	36	10	34
6	13	38	12	36
8	38	43	34	50
10	42	42	36	52
12	38	51	42	54

^{1/} ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

1.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ

1.2.3.1 ข้อมูลด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นฉ่าย (ตารางที่ 8)

- ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช

: ดัชนีความเสียหาย ในสัปดาห์ที่ 5 พบการเข้าทำลายของด้วงหมัดผัก ทำความเสียหายโดยกัดกินใบของต้นขึ้นฉ่ายเสียหาย 3 และ 4 ต้น ในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 ตามลำดับ โดยระดับความเสียหายของต้นน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ

- อาการขาดธาตุอาหารของต้นขึ้นฉ่าย

ในสัปดาห์ที่ 9 พบว่าต้นขึ้นฉ่ายทั้ง 2 กรรมวิธี แสดงอาการผิดปกติที่ใบ โดยพบว่าขอบใบแก่จะมีสีเหลือง ซึ่งเป็นอาการขาดธาตุอาหารแมงกานีส ซึ่งในกรรมวิธีที่ 1 จะแสดงอาการขาดธาตุอาหารจำนวน 2 ต้น ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 มีต้นที่แสดงอาการเพียง 1 ต้น และระดับความเสียหายของต้น อยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์

- อาการผิดปกติของต้นขึ้นฉ่ายเนื่องจากกระแสไฟฟ้าขัดข้อง

ในสัปดาห์ที่ 7 พบว่ามีเหตุขัดข้องทางกระแสไฟฟ้า ทำให้ระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารหยุดทำงาน ส่งผลให้ต้นขึ้นฉ่ายมีอาการทรุดลง เนื่องจากขาดสารละลายธาตุอาหาร โดยในกรรมวิธีที่ 1 ต้นขึ้นฉ่ายได้รับความเสียหาย 3 ต้น และระดับความรุนแรงอยู่ในช่วง 25-50 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 เสียหาย จำนวน 2 ต้น แต่ระดับความเสียหายรุนแรง

มากกว่าในกรรมวิธีที่ 1 (ตารางที่ 8) โดยความรุนแรงอยู่ในช่วง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ แต่หลังจากนั้นต้นขึ้นช่วยสามารถฟื้นคืนได้ในเวลา 2 สัปดาห์

ตารางที่ 8 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นขึ้นช่วยที่ปลูกใน NFT ในการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

ลักษณะความเสียหายและสาเหตุ		ระยะเวลาทำการทดลอง (สัปดาห์)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
การเข้าทำลายของด้วงหมัดผัก	Tr.1			3A							
	Tr.2			4A							
การขาดธาตุอาหาร	Tr.1							2A			
	Tr.2							1A			
เหตุขัดข้องทางกระแสไฟฟ้า	Tr.1					3B					
	Tr.2					2C					

* อักษรที่ปรากฏตามหลังจำนวนตัวเลขหมายถึง ระดับความเสียหายของต้นขึ้นช่วยโดยมีรายละเอียดดังนี้ :

- A ระดับความเสียหายน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
- B ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
- C ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ
- D ระดับความเสียหายอยู่ระหว่าง 75-100 เปอร์เซ็นต์ของต้นปกติ

1.2.3.2 การบันทึกข้อมูลทางสภาพแวดล้อม

- ความเข้มของแสง

จุดที่ 1 บริเวณต้นราง (ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงเท่ากับ 4947 lux) จุดที่ 2 บริเวณปลายราง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5075 lux) ซึ่งระดับความเข้มของแสงทั้ง 2 จุด มีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าความเข้มแสงภายนอกโรงเรือน (จุดที่ 3) ถึงประมาณ 6.3 เท่า โดยความเข้มของแสงภายนอกโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31,840 lux (ตารางผนวกที่ 9)

- อุณหภูมิภายในโรงเรือน

อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส โดยค่าเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ระดับอุณหภูมิสูงเฉลี่ยสูงสุดมีค่า 30.6 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 10)

- อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร

ค่าเฉลี่ยจากการวัดอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 สิ่งทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 25.8 องศาเซลเซียส ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 31.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 30.6 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 11)

- ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอดระยะเวลาทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเช้าเท่ากับ 90.4 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดในตอนกลางวันเท่ากับ 61.23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 12)

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาศักยภาพการปลูกต้นขึ้นฉ่ายในระบบ NFT ทั้ง 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ทำการปลูกในช่วง 16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540 และการทดลองที่ 2 ทำการปลูกในช่วง 10 สิงหาคม - 12 พฤศจิกายน 2540 ซึ่งจะพบว่าระหว่าง 2 การทดลองจะแตกต่างกันในช่วงเวลาทำการปลูก แต่สภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่ปลูกก็อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน เช่น ระดับอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร อุณหภูมิภายในโรงเรือน และความชื้นสัมพัทธ์จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยยกเว้นระดับความเข้มของแสง ของการทดลองที่ 2 จะมีค่าสูงกว่าเนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์การให้แสงสว่างเพิ่มในการทดลองที่ 2 โดยเดิมที่การทดลองที่ 1 ระดับความเข้มแสงโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 435 lux แต่หลังจากติดตั้งหลอดไฟเพิ่มระดับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเป็น 5,121 lux จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันถึง 10 เท่า (ภาพที่ 17) ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญทำให้การเจริญเติบโตโดยทั่วไปของต้นขึ้นฉ่าย ระหว่างการทดลองที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในด้านความสูงของต้นขึ้นฉ่าย (ภาพที่ 18)

จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่ายที่ได้ทำการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร ซึ่งได้กำหนดให้เป็นกรรมวิธี โดยในกรรมวิธีที่ 1 ที่ใช้สารละลายธาตุอาหาร สูตร Benoit-F และกรรมวิธีที่ 2 ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint จะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่ายในสารละลายสูตร Benoit-F มีการเจริญเติบโตไปในทางที่ดีกว่าต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร Coic-lesaint หากสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่ปลูกอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยเฉพาะระดับความเข้มของแสงดังที่กล่าวมาข้างต้น และดูได้จากผลการทดลองที่ 1 การเจริญเติบโตโดยทั่วไปของต้นขึ้นฉ่ายในสารละลายธาตุอาหาร Benoit-F จะดีกว่าต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร Coic-lesaint แต่จะมีเพียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในการทดลองที่ 2 เมื่อเพิ่มระดับความเข้มแสงมากขึ้น การเจริญเติบโตของต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นถ่ายจะเห็นผลชัดเจนมากขึ้น โดย ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม จำนวนใบ รวมทั้ง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 19) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ กับ ต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint

หากจะกล่าวถึงความเป็นไปได้ในการที่จะปลูกต้นขึ้นถ่ายในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งถ้าดูจากน้ำหนักสดที่ได้จากการทดลอง โดยต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit-F ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดที่ดีกว่าต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในสารละลาย coic-lesaint โดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.4 กรัมต่อต้น ซึ่งหากเปรียบเทียบกับน้ำหนักสดของต้นขึ้นถ่าย จากรายงานของ กระบวน (2540) ที่เสนอไว้ว่า ต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารในรูปแบบ Deep Flow Technique มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 31.27 กรัมต่อต้น โดยมีอัตราส่วนต้นต่อรากเท่ากับ 5.01 แต่ในการทดลองครั้งนี้การวัดน้ำหนักสดไม่ได้รวมน้ำหนักของรากด้วย แต่หากเปรียบเทียบกันแล้ว ต้นขึ้นถ่ายที่ปลูกในสารละลาย Benoit-F จะมีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับระบบปลูก สูตรสารละลายธาตุอาหาร หรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละการทดลองด้วย

สาเหตุที่อาจมีผลต่อศักยภาพการปลูกต้นขึ้นถ่ายในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คือ

1) ระดับความเข้มของแสงและปริมาณแสงที่พืชได้รับไม่เหมาะสม ถึงแม้จะมีการติดตั้งหลอดไฟเพื่อเพิ่มความเข้มแสงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,124 lux แต่หากเปรียบเทียบกับความเข้มแสงภายนอกโรงเรือนที่มีค่าสูงถึง 31,840 lux ซึ่งอยู่ในระดับที่แตกต่างกันมาก

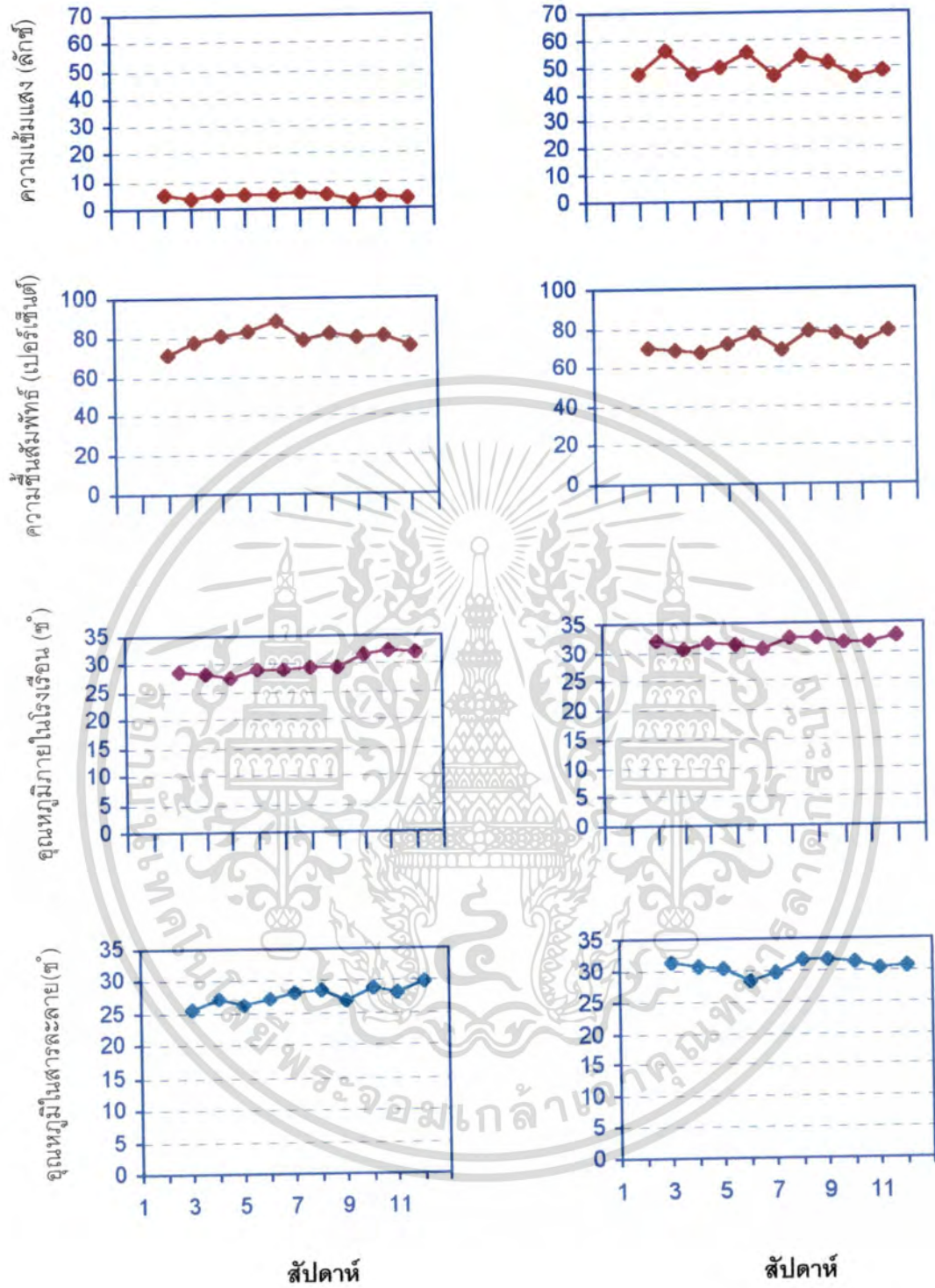
2) อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่สูงมาก จะมีผลให้พืชดูดน้ำไปใช้มากกว่าการดูดธาตุอาหาร ทำให้การเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร

3) คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายอาจยังไม่เหมาะสม เนื่องจากมีค่า EC อยู่ที่ระดับ 0.98 mS/cm. ที่จัดว่าอยู่ในระดับที่สูงมาก

จากรายงานที่กล่าวมาข้างต้นถึงผลการทดลองและปัญหาต่างๆ ที่พบ หากมีการแก้ไขปรับปรุงตามสาเหตุดังกล่าว ก็น่าจะเชื่อได้ว่า การปลูกต้นขึ้นถ่ายในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีไม่น้อยอย่างแน่นอน

การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2

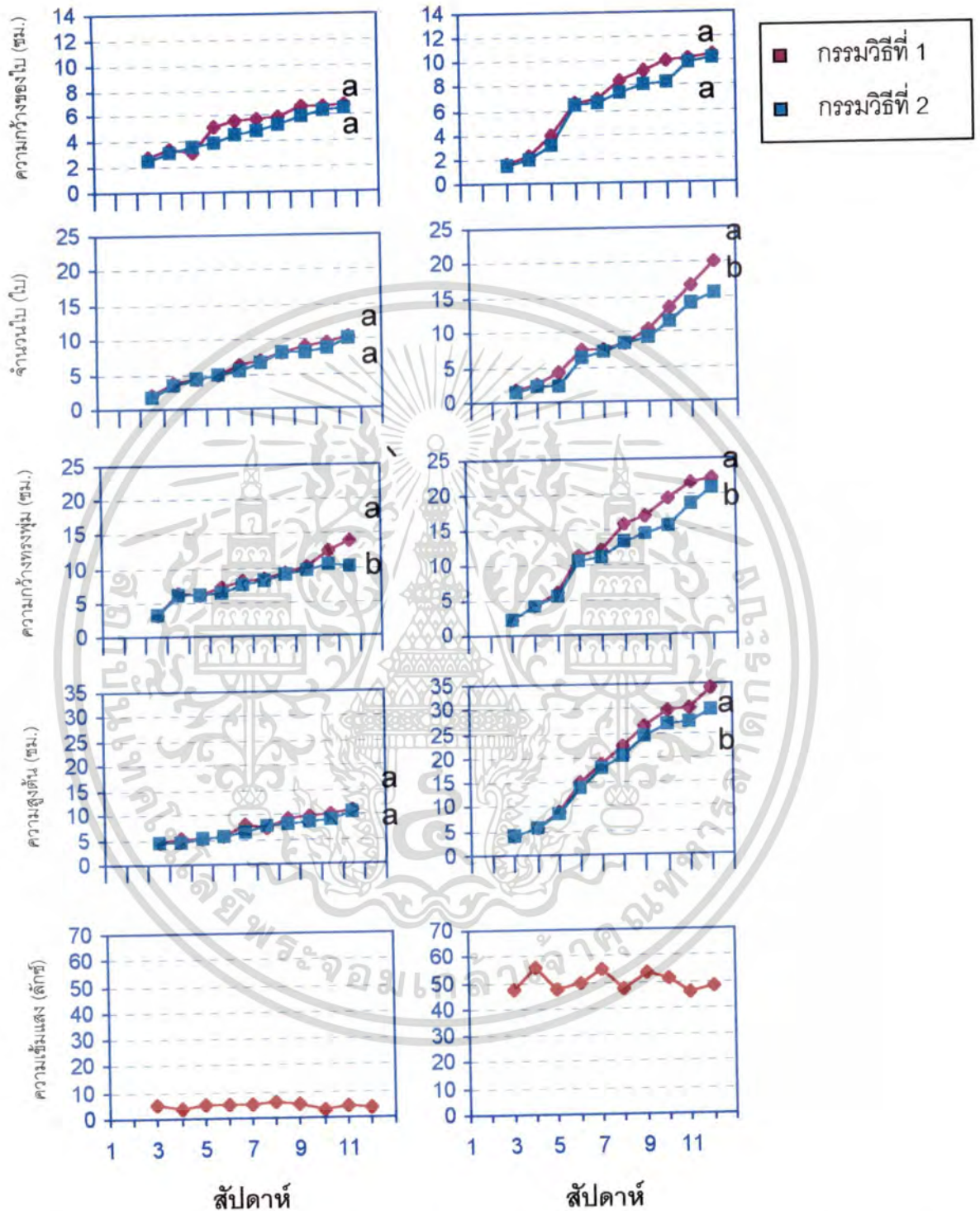


ภาพที่ 17 ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งมีการใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความเข้มแสงในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT

2.1 การทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

2.1.1 ศักยภาพการปลูกผักกาดหอม

การศึกษาศักยภาพการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร และทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดหอม ซึ่งมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ทุกๆ สัปดาห์ตลอดที่ทำการทดลอง โดยจะทำการวัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูง จำนวนใบ รวมทั้งทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นด้วย เพื่อเป็นการเปรียบเทียบดูว่า กรรมวิธีใดจะมีผลทำให้ต้นผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าต้นผักกาดหอมเมื่อมีอายุ 9 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บข้อมูล) จะมีการเจริญเติบโตที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเลยทั้ง 2 กรรมวิธี ไม่ว่าจะ เป็น ความสูง จำนวนใบ รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ซึ่งจากการที่ไม่มีความแตกต่างกันทางด้าน ความสูง และจำนวนใบนี้จะพบได้ตั้งแต่สัปดาห์แรกที่เริ่มทำการปลูกไปจนถึงสัปดาห์ที่ทำการเก็บเกี่ยว (ตารางผนวกที่ 13) โดยในกรรมวิธีที่ 1 ต้นผักกาดหอมมีความสูง เท่ากับ 14.53 กรัม/ต้น มีจำนวนใบประมาณ 5-6 ใบ/ต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น เท่ากับ 10.54 และ 1.103 กรัม ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ต้นผักกาดหอมมีความสูง เท่ากับ 15.42 กรัม/ต้น มีจำนวนใบประมาณ 5-6 ใบ/ต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 11.41 และ 1.102 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9, ภาพที่ 20)

ตารางที่ 9 ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม (เฉลี่ยต่อต้น) ที่ปลูกในระบบ NFT ในสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

กรรมวิธีที่	ความสูง (ซม.)	จำนวนใบ (ใบ)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำแห้งแห้ง (กรัม)
1	14.53 a	5.67 a	10.54 a	1.103 ^{1/}
2	15.42 a	5.71 a	11.41 a	1.102 a
เฉลี่ย	14.97	5.69	10.98	1.1025

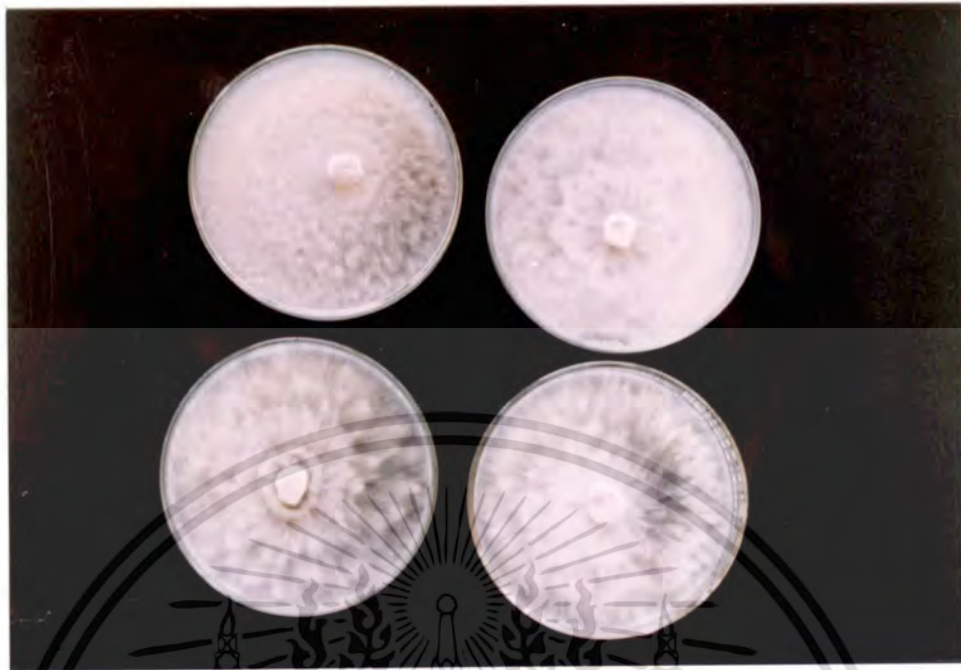
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01



ภาพที่ 20 ต้นผักกาดหอมในการทดลองที่ 1 เมื่อมีอายุได้ 7 สัปดาห์

2.1.2 การศึกษาโรคของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT

ตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์ที่ทำการปลูกผักกาดหอม พบว่าพืชไม่แสดงอาการของโรคให้เห็น ถึงแม้ว่าจะตรวจพบเชื้อ *Pythium* spp. (ภาพที่ 21) ได้จากตัวอย่างน้ำและสารละลายธาตุอาหารพืชก็ตาม จากตารางที่ 10 พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ในน้ำมีปริมาณ 1.42 CFU/ml. ของกรรมวิธีที่ 1 โดยเฉลี่ยในสารละลายที่ให้ (solution inlet) และระบายออก (solution outlet) มีปริมาณเท่ากับ 49.14 และ 53.42 CFU/100 ml. ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. โดยเฉลี่ยที่ตรวจพบในสารละลายที่ให้ และสารละลายที่ระบายออก มีปริมาณเท่ากับ 51.28 และ 55.85 CFU/100 ml. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *Pythium* spp. สามารถถูกตรวจพบจากสารละลายที่ระบายออก ได้ในปริมาณที่มากกว่าสารละลายที่ให้ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าจะมีการสะสมปริมาณเชื้อไว้เป็นจำนวนมากเนื่องจากการปลูกผักกาดหอมติดต่อกันเป็นเวลานาน อีกทั้งยังมีการหมุนเวียนของสารละลายธาตุอาหารพืชตลอดเวลาทำให้ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันเก็บเกี่ยว ผลผลิต



ภาพที่ 21 เชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1

ตารางที่ 10 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ของการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT ในการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 ถึง กุมภาพันธ์ 2540)

สัปดาห์ที่	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบ (CFU/100 ml.)				
	น้ำ	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2	
		สารละลายที่ให้	สารละลายระบายออก	สารละลายที่ให้	สารละลายระบายออก
3	0	20	14	22	26
4	4	27	24	36	38
5	2	36	28	39	40
6	2	44	58	48	49
7	2	60	70	55	60
8	0	77	88	77	88
9	0	80	92	82	90
เฉลี่ย	1.42	49.14	53.42	51.28	55.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือน

การศึกษาการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT นั้น นอกจากเราจะทำการศึกษาถึง ศักยภาพและความเป็นไปได้ในการเจริญเติบโตของผักกาดหอมแล้ว ยังทำการบันทึกข้อมูลทางด้าน สภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือนอีกด้วย ซึ่งข้อมูลที่ทำให้การเก็บคือค่าของความเข้มของแสง อุณหภูมิภายในโรงเรือน อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน การที่ต้องมีการเก็บค่าต่างๆ เหล่านี้เพื่อเป็นการศึกษาว่า ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในการปลูกจะมี ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากน้อยเพียงไร ตลอดที่ทำการทดลองพบว่าภายในโรงเรือนมี ความเข้มของแสงต่ำสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 398 lux และสูงสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 619 lux อุณหภูมิต่ำ สุด เท่ากับ 25.85 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยต่ำสุด 30.57 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มี เเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 68.51 และเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 92.5 ส่วนอุณหภูมิของสาร ละลายธาตุอาหารพีชตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 24.28 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.85 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 14, 15, 16)

2.2 การทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)

2.2.1 ศักยภาพการปลูกผักกาดหอม

การศึกษาศักยภาพการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร ซึ่งการทดลองที่ 2 นี้ ก็จะกระทำในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ในการทดลองที่ 2 นี้จะ มีการติดตั้งหลอดไฟเหนือระบบปลูกเพื่อเพิ่มความสว่าง ซึ่งพบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ ทำการปลูกในกรรมวิธีทั้ง 2 จะมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะเป็ นการเจริญเติบโตทางด้านความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ซึ่งจากความแตก ต่างกันทางด้านความสูง และจำนวนใบนี้จะพบได้ตั้งแต่สัปดาห์แรกที่เริ่มทำการปลูกไปจนกระทั่ง สัปดาห์ที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต จากการทดลองพบว่าความสูงของต้นผักกาดหอมเมื่ออายุ 9 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บข้อมูล) ที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 1 มีความสูงเท่ากับ 31.75 ซม./ต้น จำนวนใบประมาณ 5-6 ใบ/ต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น เท่ากับ 13.653 และ 2.207 กรัม ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ต้นผักกาดหอมมีความสูงเท่ากับ 36.63 ซม./ต้น มีจำนวนใบ 8-9 ใบต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น เท่ากับ 24.410 และ 3.850 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 11; ภาพที่ 22, 23) แต่ในสัปดาห์ที่ 7 ความสูงของต้นผักกาดหอมของทั้ง 2 กรรมวิธี ไม่มีความแตก ต่างกันทางสถิติ เนื่องจากว่าในสัปดาห์ที่ 7 นี้ มีความขัดข้องทางด้านระบบไฟฟ้าที่ควบคุมระบบการ จ่ายสารละลายธาตุอาหารไปยังต้นผักกาดหอม ส่งผลให้ต้นผักกาดหอมเกิดอาการเหี่ยวทั้งระบบ (ภาพที่ 24) จึงทำให้ความสูงของต้นผักกาดหอมของทั้ง 2 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (ตารางผนวกที่ 17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม (เฉลี่ยต่อต้น) ที่ปลูกในระบบ NFT ในสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)

กรรมวิธีที่	ความสูง (ซม.)	จำนวนใบ (ใบ)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
1	31.75 b	4.54 b	13.653 b	2.207 b ^{1/}
2	36.63 a	6.34 a	24.410 a	3.850 a
เฉลี่ย	34.19	5.44	19.031	3.035

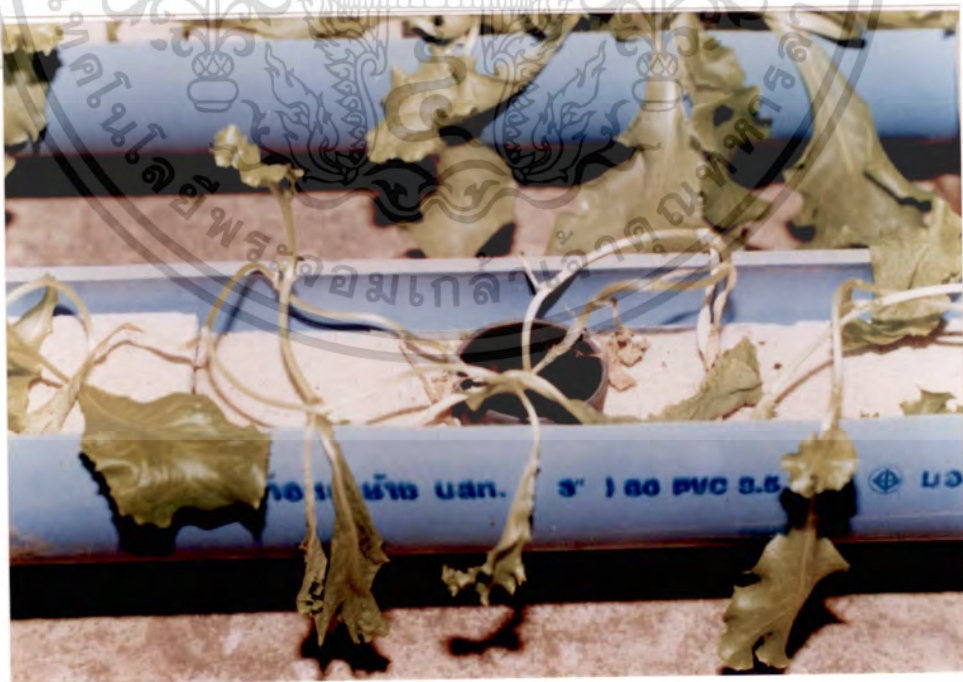
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ treatment mean แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01



ภาพที่ 22 ต้นผักกาดหอมในการทดลองที่ 2 เมื่อมีอายุได้ 7 สัปดาห์



ภาพที่ 23 ต้นผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร ได้แก่ สูตร Coic-lesaint และ Benoit เมื่อมีอายุได้ 9 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2



ภาพที่ 24 ลักษณะต้นผักกาดหอมที่แสดงอาการเหี่ยวหลังระบบกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ทำให้ระบบ
จ่ายสารละลายธาตุอาหารหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การศึกษาโรคของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT

ผลจากการศึกษาทางด้านโรคพืชในการทดลองที่ 2 นี้ ก็จะไม่พบต้นที่เป็นโรคเช่นเดียวกับการทดลองที่ 12 *Pythium* spp. ที่แยกได้ จะมีลักษณะแตกต่างจากการทดลองที่ 1 (ภาพที่ 25) จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากน้ำจะมีปริมาณเท่ากับ 5.5 CFU/ml. จากวิธี baiting technique และ pour plate technique จะเป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 คือ จะมีปริมาณของเชื้อที่ไม่แตกต่างกันมากนักถึงแม้ว่าจะทำการแยกเชื้อจากคนละฤดูกาลก็ตาม ซึ่งกรรมวิธีที่ 1 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. โดยเฉลี่ยที่ตรวจพบในสารละลายที่ให้ และสารละลายที่ระบายออก (solution outlet) เท่ากับ 38.14 และ 43.14 CFU/100 ml. ตามลำดับ ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. โดยเฉลี่ย ที่ตรวจพบในสารละลายที่ให้ และสารละลายที่ระบายออก มีปริมาณเท่ากับ 31.57 และ 43 CFU/100 ml. ตามลำดับ



ภาพที่ 25 เชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 กรรมวิธี ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2

ตารางที่ 12 ปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ของการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT ในการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)

สัปดาห์ที่	ปริมาณเชื้อ <i>Pythium</i> spp. ที่ตรวจพบ (CFU/100 ml.)				
	น้ำ	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2	
		สารละลายที่ให้	สารละลายระบายออก	สารละลายที่ให้	สารละลายระบายออก
3	0	4	6	2	8
4	0	18	22	6	22
5	2	24	26	14	36
6	4	42	52	34	48
7	2	54	60	49	54
8	8	59	66	44	53
9	8	66	70	72	80
เฉลี่ย	5.50	38.14	43.14	31.57	43.00

2.2.3 การศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

การศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือนของการทดลองที่ 2 ก็จะกระทำในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่จะต่างกันตรงที่ในการทดลองที่ 2 นี้จะมีการเพิ่มปริมาณแสงให้มากขึ้นกว่าการทดลองที่ 1 โดยทำการติดตั้งระบบไฟเหนือบริเวณที่ทำการปลูกพืชตลอดที่ทำการทดลอง จึงทำให้การทดลองที่ 2 นี้มีความเข้มของแสงที่มากกว่าการทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่าภายในโรงเรือนมีความเข้มของแสงต่ำสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 4,705 lux และสูงสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 5,580 lux อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 28 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 30.48 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนมีเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 61.4 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 95.3 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 28.71 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 31.61 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 18, 19, 20)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือนที่ได้ทำการศึกษา ควบคู่กับการปลูกต้นผักกาดหอมในระบบ NFT ตลอดที่ทำการทดลองทั้ง 2 การทดลองพบว่าปัจจัยทางด้านอุณหภูมิของภายในโรงเรือน อุณหภูมิของสารละลาย และความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 การทดลอง แต่ที่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดก็คือ ปัจจัยทางด้านความเข้มของแสง (ภาพที่ 26) กล่าวคือ ในการทดลองที่ 2 มีปริมาณความเข้มของแสงที่มากกว่าในการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการติดตั้งหลอดไฟเพื่อเพิ่มความเข้มของแสงให้กับต้นผักกาดหอมเหนือระบบปลูก ซึ่งหลังจากได้ทำการติดตั้งหลอดไฟแล้ว ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมทั้ง 2 การทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมในการทดลองที่ 2 ไม่ว่าจะมีความสูง จำนวนใบ รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ที่ทำการปลูกในสารละลายสูตร Benoit มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าที่ปลูกในสารละลายสูตร Coic-Lesaint โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 27, 28) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความเข้มของแสงช่วยกระตุ้นให้ผักกาดหอมมีประสิทธิภาพในการดูดสารละลายธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-Lesaint

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารของแต่ละสูตรแล้วพบว่า ปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit มีปริมาณสารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากกว่าสูตร Coic-Lesaint ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการทดลองนี้เหมาะที่จะใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit มากกว่าสูตร Coic-Lesaint แต่อาจจะเหมาะสมได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น เพราะว่าสารละลายธาตุอาหารสามารถมีการดัดแปลงไปได้มากมายหลายสูตรตามความเหมาะสมต่างๆ เช่น สภาพสถานที่ ค่าใช้จ่าย เป็นต้น กังวาน (2531) ได้ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารเช่นเดียวกัน แต่ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารก็จะแตกต่างกันไป แต่ผลที่ได้นั้นพบว่า ถ้าใช้ปุ๋ยเกรด (15-30-15) 30 กรัม ผสมกับ $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.79 กรัม และ KCl 7.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะให้น้ำหนักสดของใบและต้น เท่ากับ 85.6 กรัม/ต้น จำนวนใบประมาณ 17-18 ใบ/ต้น ในทำนองเดียวกัน ถวัลย์ (2534) ก็ได้ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารเช่นเดียวกัน แต่สูตรสารละลายที่ใช้คือ โปแตสเซียมไนเตรต 36 กรัม แคลเซียมไนเตรต 90 กรัม โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต 18 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 37.8 กรัม เฟอร์รัสซัลเฟต 1.44 กรัม บอริกแอซิด 0.25 กรัม และแมงกานีสซัลเฟต 0.16 กรัม ผลผลิตที่ได้ คือน้ำหนักเฉลี่ย/ต้น เท่ากับ 51.9 กรัม และความสูงต่อต้นเท่ากับ 40.7 กรัม จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 ท่านนี้สามารถปลูกผักกาดหอมได้ผลที่ดีทีเดียว เพราะทั้ง 2 ท่านนั้นได้มีการจัดการเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น สถานที่ที่มีแสงพอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โรงเรือนมีอากาศถ่ายเทได้

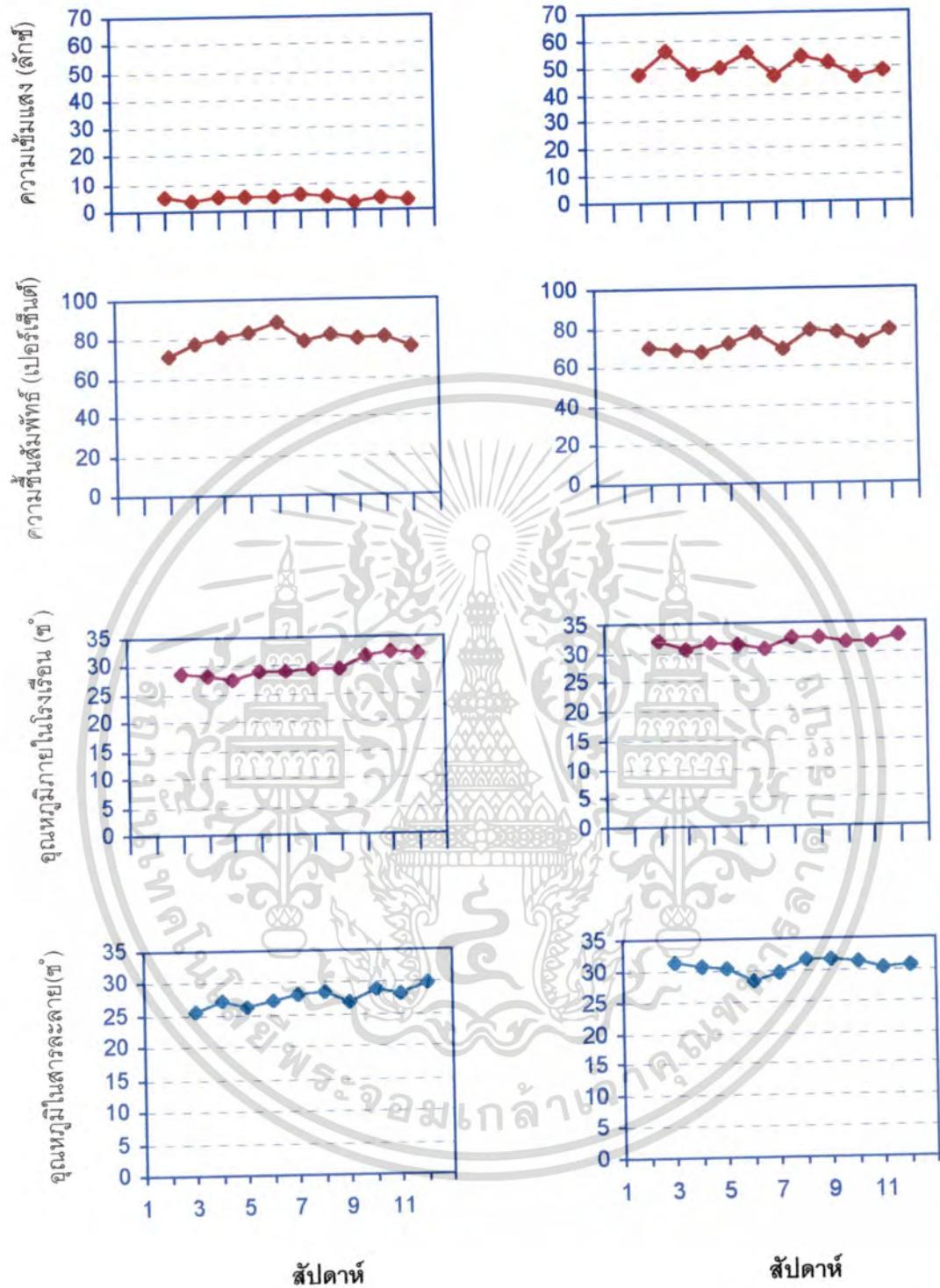
ดี อุณหภูมิบริเวณที่ทำการปลูกที่เหมาะสม เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผักกาดหอมก็สามารถที่จะเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีถึงแม้จะทำการปลูกโดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชโดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยดินก็ตาม อีกทั้งยังสามารถปลูกได้ถึงแม้ว่าจะมีพื้นที่ที่จำกัดก็ตาม การที่ใช้พื้นที่ที่น้อยก็ยังสามารถควบคุมดูแลเรื่องการเจริญเติบโตได้ทั่วถึง รวมทั้งเรื่องโรคและแมลง เพราะการปลูกพืชไม่ใช้ดินจะต้องมีการบริหารจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพ

ส่วนการศึกษาทางด้านโรคที่เกิดกับผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT ถึงแม้ว่าจะไม่พบต้นผักกาดหอมที่ปรากฏอาการของโรคให้เห็น แต่ก็สามารถตรวจพบปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ได้ในปริมาณหนึ่งถึงแม้จะเป็นปริมาณที่ไม่มากพอที่จะทำความเสียหายต่อผักกาดหอมก็ตาม แต่เชื่อว่าจะสะสมอยู่ในระบบมากขึ้นเรื่อยๆ ถ้าทำการปลูกเป็นระยะเวลาหลายๆ เชื้อดังกล่าวจะสร้างความเสียหายต่อผลผลิตได้ และสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือความสะอาด ควรจะทำความสะอาดระบบทุกครั้งเมื่อเริ่มทำการปลูกใหม่และควรใช้น้ำที่สะอาดในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร



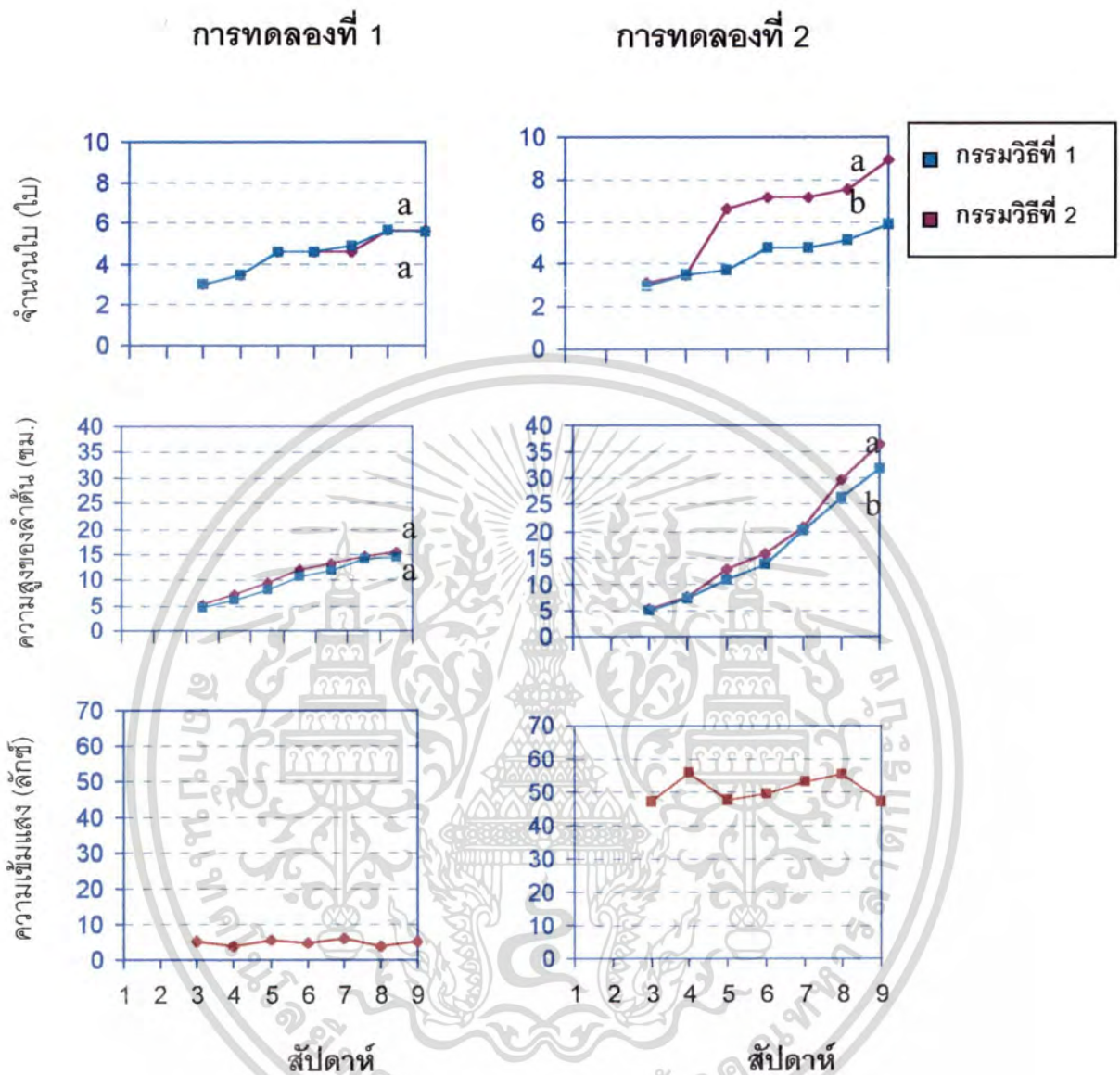
การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2



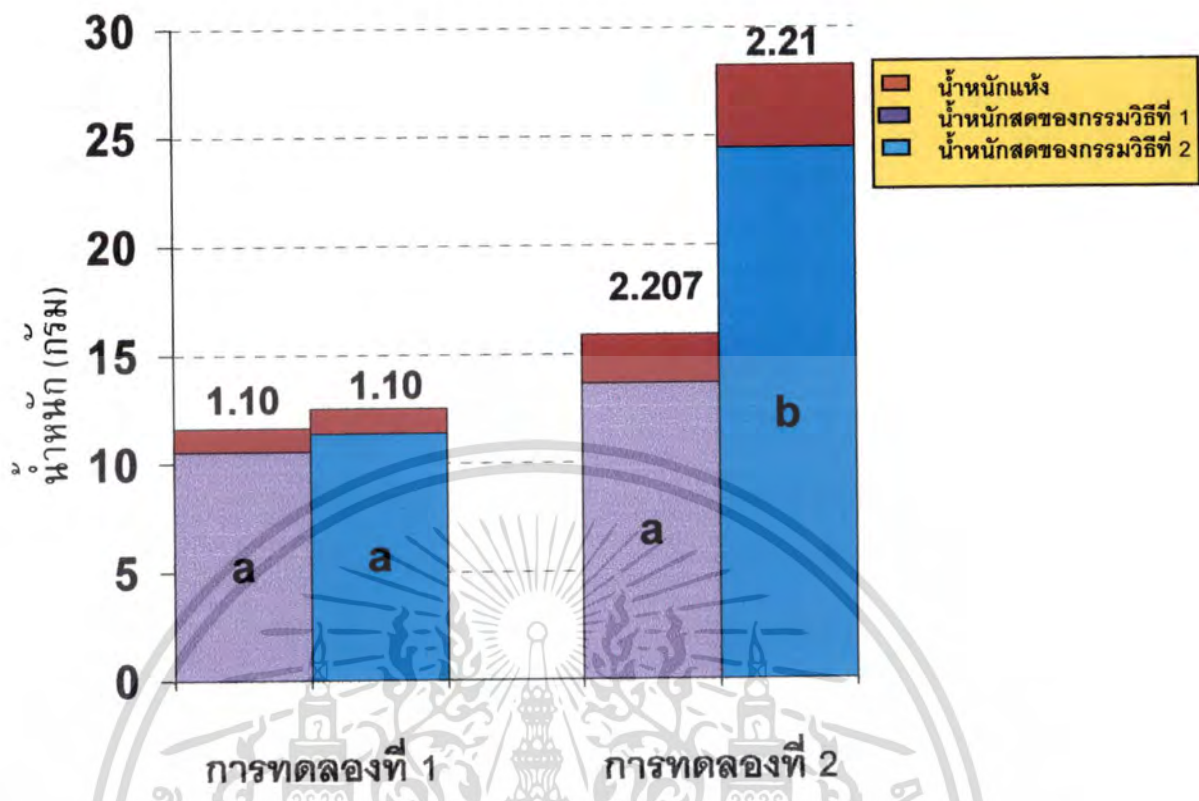
ภาพที่ 26 ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 27 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความเข้มแสงในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 28 น้ำหนักสดและน้ำหนักก้านของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งมีการใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร จากทั้ง 2 การทดลอง โดยที่มีการเพิ่มความเข้มข้นในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า

1. ต้นผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตร Benoit จะมีการเจริญเติบโตที่ดีทั้งทางด้านความสูง จำนวนใบ รวมทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ซึ่งดีกว่าต้นผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-Lesaint

2. การศึกษาทางด้านโรคจะไม่พบต้นที่เป็นโรคเลยตลอดที่ทำการทดลองทั้ง 2 การทดลอง และจากการตรวจสอบปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ในสารละลายธาตุอาหาร ทั้ง 2 สูตร รวมทั้งน้ำที่เตรียมสารละลายธาตุอาหาร แต่ปริมาณเชื้อในน้ำจะมีปริมาณน้อยกว่าในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งในขณะที่ปริมาณเชื้อในสารละลายที่ระบายออก (Solution outlet) จะพบปริมาณเชื้อมากกว่าในสารละลายที่ให้แก่ระบบ (Solution inlet) แต่เมื่อทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์ก็จะพบว่าปริมาณเชื้อจะมีน้อยลงทั้งสารละลายที่ให้และที่ระบายออก และจะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

การปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT นี้ สามารถที่จะนำไปใช้ปลูกได้ในทุกสถานที่แต่ถ้าจะให้ผลดีหรือมีศักยภาพที่ดีควรจะปลูกในที่ๆ มีแสงสว่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต รวมทั้งอุณหภูมิของพื้นที่ที่ปลูกก็ควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมด้วย นอกจากสิ่งดังกล่าวแล้วยังมีสิ่งจำเป็นอีกอย่างก็คือคุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ควรมีความสะอาดและมีสิ่งเจือปนให้น้อยที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้จะเป็นตัวกำหนดว่าการปลูกจะได้ผลหรือไม่ได้ผล

ในการศึกษาทางด้านโรคที่เกิดขึ้นกับระบบ NFT ก็จะมีมุ่งเน้นถึงปริมาณและความถี่ของเชื้อที่เกิดขึ้นในระบบ แต่ในระบบนี้ถ้าพบต้นพืชที่เป็นโรคควรจะนำต้นที่เป็นโรคออกจากระบบทันที เพราะถ้ายังทิ้งเอาไว้จะทำให้เชื้อแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว เพราะระบบนี้สารละลายจะมีการหมุนเวียนอยู่ในระบบตลอดเวลาจึงทำให้เชื้อแพร่ไปได้ง่าย ดังนั้นการปลูกพืชในระบบนี้ควรคำนึงถึงความสะอาดในทุกขั้นตอนตลอดเวลาที่ทำการปลูก

3. การศึกษาศักยภาพการปลูกผักคะน้า และผักกวางตุ้ง ในระบบ NFT

จากการศึกษาศักยภาพการปลูกต้นขึ้นฉ่าย และผักกาดหอม พบว่า การทดลองที่ให้แสงเพิ่มจากหลอดไฟ จะให้การเจริญเติบโตผลผลิตดีกว่าการทดลองที่อาศัยแสงธรรมชาติในโรงเรือนโดยไม่เพิ่มแสงให้ ดังนั้นในการศึกษาศักยภาพการปลูกผักอีก 2 ชนิด คือ ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง จึงทำการทดลองครั้งเดียวโดยมีการเพิ่มแสงจากหลอดไฟ เพื่อให้ปริมาณแสงสว่างในบริเวณที่ปลูกพืชผักดังกล่าวมีมากพอต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ในการศึกษาศักยภาพในการปลูกต้นขึ้นฉ่าย และผักกาดหอมยังพบอีกว่า ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* spp. แม้จะพบเชื้อในสารละลายที่ใช้ปลูกพืชก็ตาม ดังนั้นในการทดลองศึกษาศักยภาพการปลูกผักคะน้าและกวางตุ้ง จึงไม่มีการตรวจเชื้อเชื้อ *Pythium* spp. ในสารละลายธาตุอาหาร

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 treatments ๗ ละ 22 ซ้ำดังนี้

Tr1 = ผักกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายสูตร Coic-Lesaint (1983)

Tr2 = ผักกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายสูตร Benoit (1992)

Tr3 = ผักคะน้ายอดที่ปลูกในสารละลายสูตร Coic-Lesaint (1983)

Tr4 = ผักคะน้ายอดที่ปลูกในสารละลายสูตร Benoit (1992)

ระยะเวลาในการทดลอง

กุมภาพันธ์ - เมษายน 2541

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมพืชที่ใช้ในการทดลอง

ทำการเพาะเมล็ดผักกวางตุ้ง และคะน้ายอด ลงในภาชนะที่จะใช้ในการปลูกพืช ซึ่งได้แก่ ภาชนะขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว) ซึ่งภายในมีชั้นใยหิน (rockwool) เป็นวัสดุปลูกอยู่ที่ก้นภาชนะ โดยการหยอดเมล็ดลงในภาชนะประมาณ 2-3 เมล็ด/ภาชนะ ดูแลรดน้ำทุกวันจนกระทั่งงอก จากนั้นจึงทำการถอนแยกให้เหลือเพียงภาชนะละ 1 ต้น ในช่วงนี้ให้รดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำ ค่า EC ประมาณ 1-1.5 mS/cm จนต้นกล้ามีอายุได้ 1 สัปดาห์ จึงทำการย้ายลงในระบบปลูก

2. การเตรียมระบบ NFT

ระบบ NFT ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 ก่อนทำการทดลอง จะต้องมีการล้างทำความสะอาด และฆ่าเชื้อภายในระบบ โดยใช้สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 5 mg/l ไหลผ่านเข้าไปในระบบเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จึงถ่ายเอาสารละลายคลอรีนออก แล้วใส่น้ำที่สะอาดไหลผ่านเข้าไปในระบบแทน ประมาณ 2-3 ชั่วโมง และถ่ายน้ำทิ้งเพื่อชะล้างสารละลายคลอรีนออกจากระบบ ทำซ้ำอีกประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีคลอรีนตกค้างอยู่ในระบบในระดับที่เป็นอันตรายต่อต้นพืชได้

หลังจากที่ได้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อระบบที่ใช้ในการปลูกพืชเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงทำการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร เช่นเดียวกับสองการทดลองที่ผ่านมา โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นดังนี้

ช่วงอายุ	ค่า EC (mS/cm)	pH
1 - 2 สัปดาห์	1.8 - 2	5.8 - 6.0
2 - 4 สัปดาห์	2	5.8 - 6.0
4 สัปดาห์ขึ้นไป	2.5	5.8 - 6.0

ระยะเวลาในการให้สารละลายธาตุอาหาร จะให้ครั้งละ 5 นาที หยุด 1 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง สารละลายธาตุอาหารจะทำการเปลี่ยนถ่ายใหม่ทุก 2 สัปดาห์

3. การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

- ผลผลิต (น้ำหนักสด/น้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้น จำนวนใบ เส้นผ่าศูนย์กลางใบ) ทำการเก็บในสัปดาห์สุดท้ายของการปลูกพืช
- ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มของแสง) ทำการเก็บตลอดระยะเวลาการทดลอง
- คุณสมบัติของสารละลาย (ค่า EC, pH และอุณหภูมิของสารละลาย) ทำการเก็บตลอดระยะเวลาการทดลอง

ข้อมูลทางด้านผลผลิตที่ได้ จะนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการปลูกกวาดงู และคะน้ายอดในระบบ NFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร คือ Coic-lesaint (1983) และ Benoit (1992) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 13 พบว่า พืชผักทั้ง 2 ชนิด ที่ปลูกโดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint (1983) จะมีการให้ผลผลิตในแง่ของขนาดและน้ำหนักได้ดีกว่า ปลูกโดยใช้สารละลายสูตร Benoit (1992) ในกรณีของกวาดงู จะได้น้ำหนัก

เฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 18.0 กรัม เมื่อทำการปลูกโดยใช้สารละลายสูตร Coic-lesaint (1983) ในขณะที่ปลูกโดยใช้สารละลายสูตร Benoit (1992) จะได้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 11.1 กรัม ในกรณีของคะน่ายอด ผลที่เป็นไปในทำนองเดียวกัน (ตารางที่ 13) อย่างไรก็ตามในการทดลองที่ผ่านมากับต้นขึ้นง่ายและผักกาดหอมพบว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Benoit (1992) จะทำให้การเจริญเติบโตของผักทั้ง 2 ชนิด ดีกว่าที่ปลูกโดยใช้สารละลาย Coic-lesaint (1983) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าองค์ประกอบของสารละลายสูตร Benoit (1992) ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นสูตรที่เฉพาะเจาะจงสำหรับผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT ซึ่งสูตรดังกล่าวนี้อาจไม่เหมาะสมกับผักกวางตุ้ง และคะน่ายอด ในขณะที่สูตรสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint นั้น เป็นสูตรที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง แต่สามารถใช้ได้ทั่วไป ทั้งในพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับหลายๆ ชนิด (อิทธิสุนทร, 2538) ผักกวางตุ้งและคะน่ายอดที่ปลูกโดยใช้สารละลายสูตรนี้จึงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามหากมีสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เฉพาะเจาะจงสำหรับพืชผักกวางตุ้งและคะน่ายอด การให้ผลผลิตก็น่าจะดีกว่าสูตรของ Coic-lesaint เช่นกัน

ตารางที่ 13 แสดงผลผลิตของผักกวางตุ้ง และคะน่ายอด ที่ปลูกในสารละลายชนิดต่างๆ

ชนิดของพืช	สารละลาย	ผลผลิต (ทำการเก็บ เมื่ออายุ 8 สัปดาห์)			
		น้ำหนักสด (กรัม)	ความยาวลำต้น (ซม.) ^{1/}	จำนวนใบ (ใบ)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ซม.) ^{2/}
กวางตุ้ง	(Coic-Lesaint)	18.0 a	31.7 a	11.0 a	0.54 a
	Benoit	11.1 b	22.2 b	9.8 b	0.36 b
คะน่ายอด	(Coic-Lesaint)	4.3 c	15.7 c	6.7 c	0.16 c
	Benoit	3.8 c	16.1 c	6.4 c	0.15 c

^{1/} กวางตุ้ง : วัดจากโคนขึ้นไปปลายใบ
คะน่ายอด : วัดจากลำต้น (ตรงบริเวณใบเลี้ยง) - ยอด

^{2/} กวางตุ้ง : วัดจากโคนต้น
คะน่ายอด : วัดจากบริเวณกลางลำต้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-lesaint (1983) ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้สำหรับพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับต่างๆ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ปลูกผักกวางตุ้งและคะน่ายอดในระบบ NFT มากกว่าสูตรของ Benoit (1992) ซึ่งเป็นสูตรที่เฉพาะเจาะจงสำหรับผักสลัด

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพความเป็นไปได้ในการปลูกผักทั้ง 4 ชนิด (ขึ้นฉ่าย ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง) ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (NFT) สารละลายธาตุอาหาร ก็มีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกเช่นกัน กล่าวคือ พืชผักแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในสารละลายธาตุอาหารต่างชนิดกัน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ขึ้นฉ่าย และผักกาดหอม เจริญดีในสารละลายสูตร Benoit ส่วนคะน้า และกวางตุ้ง เจริญได้ดีในสารละลายสูตร Coic-lesaint สำหรับการศึกษาด้านโรค ไม่พบต้นที่เป็นโรคเลยตลอดที่ทำการทดลองกับพืชผักทั้ง 4 ชนิด ในขณะที่ยังตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *Pythium* spp. ในระบบปลูกพืชผักดังกล่าว แต่ในปริมาณที่น้อยมาก ปัญหาที่พบในระหว่างการทดลอง คือ สภาพความพร้อมของโรงเรือน และคุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหารยังไม่ดีพอ ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าโรคและการปนเปื้อนของเชื้อในระบบไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญในการจำกัดศักยภาพการปลูกผักทั้ง 4 ชนิด แต่ปริมาณแสงภายในโรงเรือนที่ค่อนข้างต่ำกลับมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชผักดังกล่าวที่ปลูกในระบบ NFT ดังนั้นหากสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ก็มั่นใจได้ว่าจะสามารถพัฒนาศักยภาพการปลูกผักดังกล่าวในระบบ NFT ในบริเวณเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ให้สูงขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- กระบวน วัฒนปรีชานนท์. 2536. การปลูกพืชไม่ใช้ดิน. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุม สัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ 3 ณ ห้องประชุมโรงแรมเสริมมิตรภัตตาคาร ถนนเจริญสุขนิทวงศ์ กรุงเทพฯ. 13 หน้า.
- กั้ววาน จันทรเสริฐ. 2531. อิทธิพลของสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 60 หน้า.
- เกรียงไกร เมฆวณิชย์. 2531. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย. *วารสารเกษตรศาสตร์*. 12(8) : 27-30.
- คำนิง คำอุดม. 2531. *อาชีพปลูกผัก*. กลุ่มรักเกษียณ โรงพิมพ์เอเชีย. 86 หน้า.
- จิระเดช แจ่มสว่าง, วนิตา พงษ์ศักดิ์ชาติ และวรรณวิไล เกษนรา. 2534. การตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ในดินโดยวิธีเจือจาง และการใช้เหยื่อล่อ. *วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย)*. 25 : 39-46.
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. *ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน*. พรวนนกการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 128 หน้า.
- ปราโมทย์ สุตยงกูร. 2540. แต่งญี่ปุ่นแต่เมดอินไทยแลนด์ปลอดสารพิษ *นสพ. เดลินิวส์*. อังคารที่ 6 มกราคม. หน้า 11.
- พรหมมาศ คุณากาญจน์ ศุภชัย รตโนภาส และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. การแพร่กระจายของ เชื้อราบางชนิด ในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : แบบบัวสดปลูก. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 13(3) : 30-37.
- สุทิตา นวลบุญ, สุเพียง แซ่ตั้ง และนพพร นพรัตน์. 2531. การปลูกผักบนผัก. *วารสารเกษตรวันนี้* 79(1) : 19-20.
- เสนห์ เครือแก้ว. 2539. การปลูกพืชไร้ในสารละลายธาตุอาหารเพื่อการค้นคว้า. *วารสารข่าวสาร สถาบันวิจัยพืชไร่*. (ตุลาคม - ธันวาคม) : 2-3.
- สมพล เรืองกาญจนะ. 2534. โครงการพัฒนาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการผลิต. *นสพ. กสิกร*. 64 (2) : 276-278.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2533. ไฮโดรโปนิกส์. เอกสารประกอบการเรียน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ 146 หน้า.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 146 หน้า.

- Benoit, F. 1992. *Practical guide for simple soilless culture technique*. European Vegetable R & D Center. 72 p.
- Benoit, F. 1987. High technology glasshouse vegetable growing in Belgium. *Soilless Culture*. 3(1) : 21-29.
- Benoit, F. and N. Ceusterman. 1986. Survey of decade of research (1974-1984) with Nutrient Film Technique (NFT) on glass house vegetable. *Soilless Culture*. 2(1) : 5-17.
- Broyer, C.T. 1983. *Hydroponic*. Mc Graw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. New york. 762 p.
- Cherit, M. and R.R. Belanger. 1992. Use of the potassium silicate amendments in recirculating nutrient solution to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease*. 76(10) : 1008-1011.
- Cooper, A. 1982. *The ABC of NFT*. Grower Books. London. 184 p.
- Cooper, L.E. 1990. *Agriscience fundamentals and applications*. Delmar Publisher Inc, New York. 518 p.
- Devere, L.E. 1992. *Agriscience & Technology*. Delmar Publisher Inc. New York. 326 p.
- Douglas, J.S. 1978. *Hydroponics*. Oxford University Press. 185 p.
- Favrin, R.S., J.E. Rahe and B. Mouza. 1988. *Pythium* spp. associated with crown rot of cucumber in British Columbia greenhouse. *Plant Disease*. 72 : 683-687.
- Fujisawa, T. and H. Nasago. 1975. Studies on selective medium for *Phytophthora*. *Annu Phytopathology, Soc. Jap.* 41 :267.
- Goldberg, N.P., M.E. Stanghellini and S.H. Rosmussen. 1992. Filtration as a method for controlling *Pythium* root rot of hydroponically grown cucumber. *Plant Disease*. 76(8) : 777-779.
- Hui - lian Xu, L. Gauthien and A. Gosselin. 1995. Effects of fertigation management on growth and photosynthesis of tomato plant grown in peat, rockwool and NFT. *Scientia Hortico Hourae* (63) 11-12.
- Ikeda, H. 1985. Soilless culture in Japan. *Farming Japan*. 19(6) : 35-42.
- Ikeda, H. 1989. Hydroponics. *Kenshu - In*. University of Tsukuba. p : 2-4.
- Jenkins, S.F., Jr., and C.W. Averer. 1983. Root diseases of vegetable in hydroponic culture systems in North Carolina greenhouse. *Plant Disease*. (67) : 968-970.
- Mc Donald, J.D., M.S., All-Shtayeh, J. Kabashima and J. Stites. 1994. Occurrence of *Phytophthora* species in recirculated nursery irrigation effluents. *Plant Disease*. 78 : 607-611.

- Mortley, D.G., P.A. Loretan., W.A. Hill, C.K. Bonsi and C.E. Morris. 1996. Growth responses of hydroponically grown sweet potato tolerant and intolerant of a continuous daily light period. *HortScience*. 31(2) : 209-212.
- Rankin, L., and T.C. Paulitz. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for biological control of *Pythium* root rot of greenhouse cucumber in hydroponic culture. *Plant Disease*. 78 : 447-451.
- Resh, H. M. 1981. *Hydroponics food production*. Woodbridge Press Publishing Company. 325 p.
- Yoshihiro, K. 1991. Effect of nitrogen concentration in a hydroponic solution on nitrogen uptake and growth of tomato plants. *Japan HortScience*. 60(3) : 583-592.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉ่าย (ความสูง และความกว้างของทรงพุ่ม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	ความสูงของต้น (ซม.)			ความกว้างของพุ่ม (ซม.)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	4.28 a ^{1/}	4.36 a	20.96	3.20 a	3.21 a	12.3
4	5.31 a	4.45 b	21.39	6.45 a	6.25 a	19.74
5	5.34 a	5.12 a	20.07	6.21 a	6.11 a	14.63
6	5.69 a	5.50 a	15.06	5.50 a	7.23 a	15.74
7	7.85 a	6.25 b	14.03	8.08 a	7.42 a	13.28
8	8.23 a	7.46 a	21.91	8.55 a	8.15 a	14.04
9	9.44 a	8.10 b	12.91	9.28 a	8.96 a	15.62
10	9.61 a	8.62 b	16.43	10.17 a	9.52 a	18.51
11	10.21 a	8.93 b	15.02	12.59 a	10.40 b	12.89
12	11.03 a	10.62 a	21.04	13.95 a	10.23 b	12.32
13	12.43 a	11.85 a	18.03	14.23 a	11.17 b	16.4
14	13.92 a	13.81 a	15.88	14.38 a	11.26 b	15.34
15	15.06 a	14.01 a	14.61	14.79 a	12.36 b	18.72
16	15.24 a	14.46 a	16.39	15.62 a	12.48 b	17.55

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นขึ้นฉาย (ความกว้างใบ และจำนวนใบ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	ความกว้างของใบ (ซม.)			จำนวนใบ (ใบ)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	2.18 a ^{1/}	2.54 a	20.96	1.89 a	1.78 a	22.31
4	3.48 a	3.16 a	21.39	3.84 a	3.53 a	19.76
5	3.05 a	3.52 a	20.07	4.37 a	4.21 a	30.67
6	5.16 a	3.84 b	15.06	4.94 a	4.79 a	15.74
7	5.65 a	4.52 b	14.03	6.32 a	5.56 a	24.96
8	5.68 a	4.76 a	23.78	6.81 a	6.61 a	17.96
9	5.87 a	5.27 a	24.92	8.06 a	7.95 a	18.92
10	6.67 a	5.95 a	19.65	8.92 a	7.95 a	19.35
11	6.71 a	6.40 a	19.06	9.55 a	8.64 a	20.07
12	6.84 a	6.58 a	18.85	10.48 a	9.93 a	20.57
13	7.76 a	7.57 a	20.65	12.55 a	11.04 a	16.67
14	8.11 a	8.16 a	20.46	13.27 a	11.98 a	19.62
15	8.57 a	8.36 a	17.71	13.34 a	12.14 a	18.76
16	10.16 a	9.79 a	17.35	13.48 a	12.75 a	20.69

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 3 ความเข้มแสงภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกต้นไม้ใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

ลำดับที่	ปริมาณค่าเฉลี่ยความเข้มแสง x 100 (lux)			
	ต้นรวง	ปลายรวง	ค่าเฉลี่ย	ภายนอกโรงเรียน
3	5.4	5.2	5.3	—
4	3.63	4.32	3.98	—
5	5.96	4.52	5.24	—
6	4.54	4.95	5.24	—
7	5.32	5.37	5.34	432.0
8	5.82	6.57	6.19	577.0
9	4.23	5.84	5.03	541.0
10	3.61	3.11	3.36	369.2
11	5.92	3.42	4.67	293.2
12	4.12	3.18	3.65	450.0
13	4.68	3.59	4.13	420.0
14	3.80	3.12	3.64	464.0
15	6.40	6.04	6.22	420.0
16	4.13	3.92	4.02	58/3.0
เฉลี่ย	4.82	4.51	4.17	454.9

ตารางผนวกที่ 4 คุณหมุมภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการ
ทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	คุณหมุมภายในโรงเรียน (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	25	31	28.5
4	26	30	28.3
5	24	31	27.5
6	25	29	28.9
7	26	30	28.9
8	27	32	29.5
9	28	31	29.5
10	29	34	31.7
11	29	35	32.4
12	30	34	32.1
13	29	33	32.1
14	29	35	32.2
15	30	34	32.4
เฉลี่ย	27.5	32.5	30.1

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ในการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในสารละลาย (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	24	30	25.5
4	24	29	27.2
5	23	29	26.2
6	24	30	27.3
7	24	29	28.2
8	26	31	28.5
9	25	31	26.8
10	25	31	26.8
11	25	32	28.3
12	28	33	29.7
13	28	33	29.7
14	28	33	29.3
15	29	34	29.8
16	29	34	30.2
เฉลี่ย	25.8	31.2	28.07

ตารางผนวกที่ 6 ระดับความขึ้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (16 ธันวาคม 2539 - 16 เมษายน 2540)

สัปดาห์ที่	ระดับความขึ้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยภายในโรงเรียน (เปอร์เซ็นต์)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	57.1	95.2	70.8
4	64.3	92.8	77.3
5	72.4	90.4	80.9
6	77.2	90.6	83.5
7	70.2	90.8	81.3
8	69.4	91.3	78.5
9	75.0	96.1	82.3
10	72.1	93.6	79.5
11	76.5	93.8	80.4
12	62.3	89.4	75.2
13	68.4	85.2	74.5
14	74.8	85.6	79.1
15	70.6	85.2	75.3
16	68.2	86.4	77.5
เฉลี่ย	69.8	90.4	78.2

ตารางผนวกที่ 7 ความสูงและความกว้างของทรงพุ่มของต้นขึ้นฉายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร
สูตร 2 สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (10
สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ความสูงของต้น (ซม.)			ความกว้างของทรงพุ่ม (ซม.)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	4.25 a ^{1/}	3.96 a	19.36	2.71 a	2.27 a	18.28
4	5.63 a	5.53 a	20.82	4.25 a	4.04 a	21.77
5	9.03 a	8.57 a	19.61	6.18 a	5.43 a	22.57
6	14.87 a	13.68 a	12.18	11.42 a	10.67 a	20.18
7	18.56 a	17.74 a	19.44	12.34 a	11.01 b	10.81
8	22.35 a	20.53 a	16.47	15.71 a	13.37 b	13.78
9	26.51 a	24.42 a	11.29	16.86 a	14.44 b	14.53
10	29.71 a	27.05 a	10.36	19.36 a	15.61 b	15.04
11	30.23 a	27.25 b	22.26	21.61 a	18.63 b	13.91
12	34.35 a	29.91 b	10.47	22.32 a	20.91 b	10.09

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 8 ความกว้างของใบและจำนวนใบของต้นขึ้นฉายที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร 2
สูตร (Benoit-F และ Coic-lesaint) ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2(10 สิงหาคม
2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ความกว้างของใบ (ซม.)			จำนวนใบ (ใบ)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	1.65 a ^{1/}	1.52 a	15.41	1.80 a	1.50 a	20.71
4	2.35 a	2.04 a	20.82	2.51 a	2.35 a	28.15
5	3.95 a	3.10 a	18.52	4.30 b	2.35 b	24.43
6	6.58 a	6.38 a	15.53	7.35 a	6.45 a	16.03
7	6.89 a	6.54 a	18.10	7.50 a	7.10 a	20.43
8	8.45 a	7.39 a	19.78	8.46 a	8.36 a	17.80
9	9.16 a	8.12 b	11.89	10.31 b	9.09 b	19.23
10	10.04 a	8.24 b	12.36	13.41 b	11.46 b	15.69
11	10.23 a	9.91 a	15.32	16.54 b	14.19 b	20.65
12	10.61 a	10.17 a	20.71	20.25 b	15.62 b	16.47

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 9 ความเข้มแสงภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 12 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ปริมาณค่าเฉลี่ยความเข้มแสง x 100 (lux)			
	ต้นรวง	ปลายรวง	ค่าเฉลี่ย	ภายนอกโรงเรียน
3	48.25	45.83	47.12	343.7
4	52.21	49.43	55.80	278.6
5	48.32	46.82	47.52	326.3
6	47.43	51.81	49.61	236.7
7	53.91	57.90	55.30	394.6
8	45.00	49.13	47.05	374.6
9	52.30	54.32	53.30	289.4
10	51.40	50.61	51.00	381.9
11	47.82	43.62	45.70	265.7
12	48.20	48.30	48.31	293.2
เฉลี่ย	49.47	50.76	51.21	318.4

ตารางผนวกที่ 10 อุณหภูมิภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	อุณหภูมิภายในโรงเรียน (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	28	34	32.2
4	28	34	30.8
5	29	33	31.6
6	28	33	31.2
7	29	33	30.7
8	29	34	32.4
9	30	34	32.4
10	29	33	31.9
11	28	35	31.6
12	29	34	32.7
เฉลี่ย	28.7	33.7	31.7

ตารางผนวกที่ 11 คุณหมุมิในสารละลายธาตุอาหารโดยเฉลี่ยทั้ง 2 สูตรที่ใช้ในการปลูกต้นขึ้นฉ่าย
ใน NFT ในการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 11 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยคุณหมุมิในสารละลาย (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	27	33	31.2
4	28	33	30.7
5	29	32	30.4
6	27	31	28.2
7	28	32	29.6
8	28	33	31.7
9	29	33	31.6
10	28	32	31.4
11	27	34	30.2
12	29	35	30.6
เฉลี่ย	28	32.5	30.6

ตารางผนวกที่ 12 ระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกต้นขึ้นฉ่ายใน NFT ตลอด
ระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (10 สิงหาคม 2540 - 12 พฤศจิกายน 2540)

สัปดาห์ที่	ระดับความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยภายในโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	58.8	92.3	70.3
4	55.6	95.6	68.7
5	68.4	95.4	67.9
6	66.3	99.6	72.3
7	58.4	89.4	77.6
8	52.8	96.2	68.4
9	69.5	98.8	78.3
10	58.4	96.3	77.4
11	56.8	86.5	72.3
12	67.3	91.2	78.8
เฉลี่ย	61.23	94.03	73.21

ตารางผนวกที่ 13 ความสูงและจำนวนใบของต้นผักกาดหอมที่ปลูกใน NFT ในแต่ละสัปดาห์ของการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

สัปดาห์ที่	ความสูง (ซม.)			จำนวนใบ (ใบ)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	4.66 a ^{1/}	5.06 a	11.67	3.00 a	3.00 a ^{1/}	0.00
4	5.93 a	7.17 a	31.68	3.46 a	3.46 a	0.00
5	8.16 a	9.43 a	39.44	4.57 a	4.60 a	10.91
6	10.58 a	11.95 a	34.50	4.57 a	4.60 a	10.91
7	11.66 a	13.12 a	32.75	4.75 a	4.89 a	12.60
8	14.2 a	14.77 a	34.71	5.64 a	5.64 a	0.00
9	14.53 a	15.42 a	36.36	5.67 a	5.71 a	13.05
เฉลี่ย	9.96	10.98		4.52	4.55	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 14 ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือนตลอดที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ในการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

สัปดาห์	ปริมาณความเข้มแสง x 100 (lux)			
	ด้านวาง	ปลายวาง	ค่าเฉลี่ย	ภายนอกโรงเรือน
3	5.4	5.2	5.3	*
4	3.64	4.32	3.98	-
5	5.96	4.52	6.64	-
6	4.54	4.95	4.74	-
7	5.32	5.37	5.34	432.0
8	5.82	6.57	6.19	577.0
9	4.23	5.84	5.03	541.0
เฉลี่ย	4.82	5.25	5.11	516.6

หมายเหตุ: ปริมาณความเข้มแสงที่วัดจากภายนอกโรงเรือน มีค่าเท่ากับ 51600 lux ซึ่งสูงกว่าภายในโรงเรือนประมาณ 100 เท่า
* หมายถึง ไม่ได้ทำการวัด

ตารางผนวกที่ 15 คุณหมัสารละลายและคุณหมัภายในโรงเรือนของการทดลองที่ 1 ของการปลูกผักกาดหอมใน NFT (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

สัปดาห์ที่	คุณหมัสารละลาย (เซลเซียส)			คุณหมัภายในโรงเรือน (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	24	30	25.5	25	31	28.2
4	24	29	27.2	26	30	28.3
5	23	29	26.2	24	31	27.5
6	24	30	27.6	25	29	28.9
7	24	29	28.2	26	30	28.9
8	26	31	28.5	27	32	29.5
9	28	31	27.6	28	31	29.6
เฉลี่ย	24.28	29.85	27.1	25.85	30.57	28.7

ตารางผนวกที่ 16 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 1 (ธันวาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2540)

สัปดาห์ที่	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	57.1	95.2	70.8
4	64.3	92.8	77.3
5	72.4	90.4	80.9
6	77.2	90.6	83.5
7	70.2	90.8	81.3
8	69.4	91.3	78.8
9	75.0	96.1	82.3
เฉลี่ย	69.51	90.5	79.3

ตารางผนวกที่ 17 ความสูงและจำนวนใบของต้นผักกาดหอมใน NFT ในแต่ละสัปดาห์ของการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)

สัปดาห์ที่	ความสูง (ซม.)			จำนวนใบ (ใบ)		
	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	CV (%)
3	5.05 b ^{1/}	5.25 a	0.99	3.00 a	3.00 a ^{1/}	0.00
4	7.43 b	7.63 a	3.78	3.53 a	3.53 a	0.00
5	10.67 b	12.82 a	4.99	3.75 b	6.67 a	17.96
6	13.86 b	15.78 a	4.22	4.75 b	7.17 a	17.58
7	20.02 a	20.67 a	10.50	4.75 b	7.17 a	17.58
8	26.26 b	29.80 a	2.78	5.17 b	7.53 a	23.55
9	31.75 b	36.63 a	8.06	5.92 b	8.92 a	14.39
เฉลี่ย	16.05	18.61		4.41	6.28	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 18 ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือน ตลอดจนที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ในการทดลองที่ 2 (ตุลาคม - ธันวาคม 2540)

สัปดาห์	ปริมาณความเข้มแสง x 100 (lux)			
	ต้นวาง	ปลายวาง	ค่าเฉลี่ย	ภายนอกโรงเรือน
3	48.2	45.83	47.10	343.7
4	52.2	59.43	55.80	278.6
5	48.3	46.80	47.55	326.3
6	47.4	51.80	49.60	236.7
7	53.9	57.90	53.4	394.6
8	45.0	49.10	55.30	347.6
9	52.3	54.30	47.05	289.9
เฉลี่ย	49.61	52.16	50.81	316.77

หมายเหตุ : ปริมาณความเข้มแสงที่วัดจากภายนอกโรงเรือน มีค่าเท่ากับ 31677 lux ซึ่งสูงกว่าภายในโรงเรือนประมาณ 6 เท่า

ตารางผนวกที่ 19 คุณหมิสารละลายและคุณหมิภายในโรงเรียนของการทดลองที่ 2 ของการปลูกผักกาดหอมใน NFT (ตุลาคม - ธันวาคม 2540)

สัปดาห์ที่	คุณหมิสารละลาย (เซลเซียส)			คุณหมิภายในโรงเรียน (เซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	28	34	32.2	27	33	31.2
4	28	34	30.8	28	33	30.4
5	29	34	31.6	29	32	28.2
6	28	34	31.2	27	31	29.6
7	29	33	30.7	28	32	31.7
8	29	33	32.4	28	33	31.7
9	30	34	32.4	28	31	29.6
เฉลี่ย	28.71	33.60	31.61	28	32.42	30.48

ตารางผนวกที่ 20 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียนที่ทำการปลูกผักกาดหอมใน NFT ตลอดระยะเวลาทำการทดลองที่ 2 (ตุลาคม 2540 - ธันวาคม 2540)

สัปดาห์ที่	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน (เปอร์เซ็นต์)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
3	58.8	92.3	70.3
4	55.6	95.6	68.7
5	68.4	95.4	69.9
6	66.3	99.6	72.4
7	58.4	89.4	77.6
8	52.8	96.2	68.4
9	69.5	98.8	78.3
เฉลี่ย	61.4	95.3	71.94