954 14155

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การศึกษาอิทธิพลของระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนียที่ปลูกในระบบ Hydroponic

(Study on effect of different nutrient solution concentration on Gloxinia Growth in Hydroponic culture)

โดย
ศุภวรรณ จำเดิมสุข

T099591

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(ผศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
รักษาการหัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา
วันที่..13..เดือน..พฤษภาคม.....พ.ศ..2534....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99591
วัน.เดือน.ปี 16 JUN 2000

ฟพ.
ศ722ก
2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำแนะนำปรึกษาวิชาความรู้ต่าง ๆ ตลอดเวลาการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยจัดหาวัสดุอุกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองครั้งนี้ ตลอดจนการตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จะไม่สามารถที่จะดำเนินไปได้อย่างเรียบร้อยทุกขั้นตอน ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือแนะนำจากบรรดาคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่านของคณะเทคโนโลยีการเกษตร ซึ่งข้าพเจ้าต้องขอกล่าวคำขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้

ขอขอบคุณบรรดาเพื่อน ๆ ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำที่มีประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา น้องชาย ที่ให้ความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าตลอดเวลา

ศุภวรรณ จำเดิมสุข

มีนาคม 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาอิทธิพลของระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนียที่ปลูกในระบบ Hydroponic

(Study on effect of different nutrient solution concentration on Gloxinia in Hydroponic culture.)

บทคัดย่อ

การศึกษากล็อกซิเนียพันธุ์ Menning Red โดยไม่ใช้ดินในระบบ Hydroponic ซึ่งเป็นระบบการปลูกพืชในน้ำที่ผสมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยน้ำอยู่นิ่งไม่ไหลเวียน มีปั๊มลมเพื่อเพิ่มอ๊อกซิเจนให้แก่รากพืช โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 Replication แต่ละ Replication แบ่งออกเป็น 3 Treatment โดย Treatment ที่ 1 จะใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 1 mS./cm. Treatment ที่ 2 ใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 2 mS./cm. ส่วน Treatment ที่ 3 ใช้ความเข้มของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 3 mS./cm. พบว่าใน Treatment ที่ 2 ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุดโดยได้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโต, การนับจำนวนดอก, จำนวนใบ, วัดความสูง, ความกว้างใบ, ความยาวใบ, จำนวนการแตกกิ่ง ดีกว่าที่ปลูก Treatment ที่ 1 และ 3 เนื่องมาจากมีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
สารบาญตาราง	(5)
สารบาญภาพ	(8)
1. คำนำ	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ตรวจเอกสาร	3
3.1 การปลูกพืชไร้ดิน	3
3.2 การปลูกพืชในระบบ Hydroponic	10
3.3 สารละลายธาตุอาหาร	12
3.4 ปัญหาบางประการที่เกี่ยวข้องกับสารละลายธาตุอาหาร	13
3.5 วัสดุที่ใช้ในระบบ Hydroponic	21
3.6 กฎขั้นพื้นฐานในการทำ Hydroponic	24
3.7 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล็อกซิเนีย	25
4. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	29
4.2 วิธีการทดลอง	30
5. ผลการทดลอง	36
6. วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	40
7. สรุปผลการทดลอง	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลผลิตของพืชที่ปลูกโดยใช้ Hydroponic และการปลูกโดยใช้ดิน	11
2	แสดงสูตร Hoagland เบอร์ 2 (Asher & Edwards, 1976)	14
3	แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในสารละลายธาตุอาหาร	14
4	แสดงส่วนประกอบทางเคมีของ PU 80 ในหน่วย ppm. ของน้ำหนักแห้ง	22
5	แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของกล็อกซิเนียที่ปลูกในระบบ Hydroponic เมื่ออายุ 48, 62, 76, 91 วัน	38
6	แสดงค่าเฉลี่ยของความสูง (cm.), จำนวนใบ, ความยาวและความกว้างใบ (cm.), และการแตกกิ่งของต้นกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน	38
7	แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) ของการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 51, 76, 91, วัน	39
8	แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 48 วัน	47
9	Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	48
10	แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 62 วัน	49
11	Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังจากปลูกเมื่ออายุ 62 วัน	50
12	แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 76 วัน	51
13	Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังจากปลูกเมื่ออายุ 76 วัน	52
14	แสดงความสูงของต้นกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน (cm.)	53
15	Analysis of Variance แสดงความสูงหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	54
16	แสดงจำนวนใบของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	55
17	Analysis of Variance แสดงจำนวนใบหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	56
18	แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	58
20	แสดงการแตกกิ่งของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	59
21	Analysis of Variance แสดงการแตกกิ่งหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน	59
22	แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 51 วัน	60
23	Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 51 วัน	61
24	แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 76 วัน	62
25	Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 76 วัน	63
26	แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน	64
27	Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน	65
28	แสดงความกว้างใบของต้นกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน (cm.)	66
29	Analysis of Variance แสดงความกว้างใบกล็อกซิเนียอายุ 91 วัน	67
30	แสดงความยาวใบของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน (cm.)	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
31	Analysis of Variance แสดงความยาวใบกล็อกซิเนียอายุ 91 วัน	69
32	แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายของสัปดาห์ที่ 1 (4 ธันวาคม 2533)	70
33	แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายของสัปดาห์ที่ 4 (25 ธันวาคม 2533)	71
34	แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายของสัปดาห์ที่ 7 (15 มกราคม 2534)	72
35	แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายของสัปดาห์ที่ 10 (5 กุมภาพันธ์ 2534)	73
36	แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายของสัปดาห์ที่ 13 (26 กุมภาพันธ์ 253)	74
37	แสดงส่วนประกอบของสารละลายเริ่มต้น : ปริมาณเกลือ ปริมาตร 10 ลิตร สำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร 1000 ลิตร	75
38	แสดงส่วนประกอบที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารปริมาตร 1000 ลิตร	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการจำแนกการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	6
2	กราฟแสดงผลกระทบของความเค็มและระดับ No_3 ในการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเนื่องจากปฏิกิริยาการคายน้ำของ N โดย Melon ในระหว่าง 1 สัปดาห์ ในเดือนเมษายน 1983.	17
3	กราฟแสดงผลกระทบของความเค็มและระดับ No_3 ในการเปลี่ยนแปลงของสารละลายของปฏิกิริยาของ N โดย Melon ในระหว่าง 1 สัปดาห์ ในเดือนเมษายน 1983.	18
4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณเกลือในสารละลาย	19
5	กราฟแสดง pF curves ของ Aggrofoam 80	23
6	แสดงระบบ Hydroponic	31
7	แสดงการปลูกโดยย้ายกล้ากล็อกซิเนียลงปลูกในแท่ง Poly-Urethane	77
8	แสดงการปลูกกล็อกซิเนียในสารละลายมีความเข้มข้น 1 mS./cm.	78
9	แสดงการปลูกกล็อกซิเนียในสารละลายมีความเข้มข้น 2 mS./cm.	79
10	แสดงการปลูกกล็อกซิเนียในสารละลายมีความเข้มข้น 3 mS./cm.	80
11	แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย	71
12	แสดงการปลูกกล็อกซิเนียโดยระบบ Hydroponic	82
13	แสดงการปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ Hydroponic (โดยใช้หลอดไฟฟ้า)	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำนำ (Introduction)

เมื่อความรู้ทางสรีระวิทยาของพืชเจริญก้าวหน้ามาถึงปัจจุบัน ทำให้เราสามารถรู้ได้แน่ชัดว่า ดินเป็นแหล่งสำคัญในการจัดหาน้ำ แร่ธาตุ อากาศ (อ๊อกซิเจน) และเป็นวัตถุที่รากพืชใช้ยึดเพื่อให้ต้นพืชสามารถที่จะทรงตัวอยู่ได้ นอกจากนี้ดินยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญของแมลงและจุลินทรีย์ต่าง ๆ อีกมาก ดังนั้นดินจึงเป็นวัตถุจุนเจือที่สำคัญสำหรับการปลูกพืช แต่การปลูกพืชโดยอาศัยดินนั้น โดยทั่วไปเราไม่สามารถที่จะควบคุมปริมาณน้ำ แร่ธาตุ อากาศ และสภาพแวดล้อมให้ตรงตามความต้องการของพืชได้อย่างแท้จริง ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้ได้รับปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้ตรงกับความต้องการ อีกทั้งยังเป็นการหลีกเลี่ยงโรคและแมลงศัตรูพืชที่อยู่ในดิน หากสามารถจัดหาปัจจัยอื่นมาทดแทนสิ่งเหล่านี้ให้พืชได้ พืชก็จะสามารถเจริญเติบโตได้อย่างดี

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจัดเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้ปลูกพืชเพื่อลดปัญหาจากการปลูกพืชโดยใช้ดิน ปัจจุบันมีการศึกษาในเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอย่างกว้างขวางมีการแบ่งแยกระบบต่าง ๆ ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินออกเป็นหลายระบบ แต่ละระบบมีข้อแตกต่างและวิธีการแตกต่างกันออกไป

การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร (Hydroponics) เป็นระบบหนึ่งของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สามารถปลูกพืชได้ในภาชนะที่บรรจุสารละลายอาหารและมีการเติมอ๊อกซิเจนจากปั๊มลมลงไปเพื่อให้รากพืชได้รับอ๊อกซิเจนอย่างเพียงพอ ส่วนองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับที่ใช้ในแต่ละพืชมีความต้องการในปริมาณที่แตกต่างกัน และมีสูตรอาหารต่าง ๆ มากมายหลายสูตร

สำหรับประเทศไทย ระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารยังอยู่ในขั้นการศึกษาทดลอง ซึ่งมีปัจจัยต่าง ๆ อีกมากที่ต้องทำการศึกษาทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมกับพืช และความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ปลูกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีขึ้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับต่าง ๆ กันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล็อก-ซิเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนีย ที่ปลูกในระบบ Hydronic

2.2 เพื่อศึกษาค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช (Conductivity) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนียในระบบ Hydroponic

2.3 เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดจากการปลูกพืชในระบบ Hydroponic เพื่อเป็นแนวทางการหาวิธีแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตรวจเอกสาร (Review literature)

3.1 การปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture)

เป็นวิธีการปลูกพืชโดยที่ไม่ต้องพึ่งพาอาศัยดิน แต่ใช้วัสดุอื่น ๆ แทนดิน เช่น ปลูกในน้ำยา ทราย กรวด ขี้แกลบ ฯลฯ โดยให้สารละลายอาหารพืชที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตแก่รากโดยตรงโดยจะทำการผสมไปกับน้ำในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่พืชต้องอาศัยจากดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกพืชในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่น ในดินที่มีคุณภาพต่ำมาก มีสิ่งต่าง ๆ ขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช เช่น มีความเค็มสูง เป็นกรดจัด หรือมีโรคระบาดในดิน และน้ำขาดแคลนเป็นต้น นอกจากนี้ยังเพื่อควบคุมคุณภาพ ปริมาณ ระยะเวลาของผลผลิตเพื่อให้ได้ตามความต้องการของตลาด (มนตรี, 2531)

พรชัย และวิบูลย์ (2531) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยวิธี Hydroponic เป็นวิธีการปลูกพืชที่เก่าแก่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ดังจะเห็นได้จากการทำสวนลอย (Hanging gardens) ของชาวบาบิโลน สวนลอยของพวกชาวเอซเทคโนเม็กซิโก ชาวจีน และชาวตะวันออกไกล เป็นต้น นอกจากนี้จากหลักฐานการบันทึกทางประวัติศาสตร์ของชาวอียิปต์ก็ยังได้มีการกล่าวอ้างถึงการปลูกพืชในน้ำเมื่อประมาณหลายร้อยปีก่อนคริสตร์ศักราชอีกด้วย

" Hydroponic " มาจากภาษากรีก 2 คำคือ " Hydor " ซึ่งแปลว่า " น้ำ " และ " Ponos " ซึ่งแปลว่า " การทำงาน " ดังนั้นทั้ง 2 คำรวมกันจึงมีความหมายว่า " การทำงานด้วยน้ำ " นั่นเอง โดยมีนักวิทยาศาสตร์ 2 ท่านที่ทำการศึกษาในเรื่องนี้มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1859 คือ Sachs และ Knop

มนตรี (2531) ได้แบ่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture) ออกเป็น (ตามภาพที่ 1)

1. การปลูกให้รากพืชลอยในอากาศ ระบบนี้สารละลายธาตุอาหารพืชจะถูกพ่นให้โดยตรงแก่รากพืช ซึ่งเป็นระยะต่อเนื่องกันไปตามความชื้นในอากาศที่เหมาะสม และพรชัย และวิบูลย์ (2531) ยังได้กล่าวไว้อีกว่า ระบบนี้ควรจะต้องมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งเวลาที่เหมาะสมที่จะพ่นสารละลายธาตุอาหารเป็นละอองไปที่รากพืชเพื่อจะป้องกันไม่ให้รากพืชแห้ง มีการควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และผู้ปลูกจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในวิธีการเป็นอย่างดี

ระบบนี้ไม่นิยมทำในทางการค้า เนื่องจากเป็นวิธีการที่ยุ่งยาก เราไม่สามารถจะทำความสะอาดดูแลรักษาหัวฉีดพ่นสารละลายอาหารที่มีอยู่เป็นจำนวนมากได้อย่างทั่วถึง และระบบนี้ยังต้องการใช้ความดันที่สูงซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นการไม่สะดวกที่จะใช้ระบบนี้กับพืชที่มีขนาดใหญ่ เช่น แตง, มะเขือ อีกด้วย

2. ปลูกโดยให้รากยึดกับวัสดุปลูก (Media) ระบบนี้อาศัยวัสดุปลูกต่าง ๆ เป็นเครื่องช่วยให้รากยึดเพื่อค้ำจุนเมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้น โดยที่วัสดุปลูก (Substrate) ที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติที่เป็นกลาง ไม่มีสารอาหาร หรือดูดสารอาหารของพืช ระบบนี้นิยมให้สารละลายอาหารพืชพร้อมกับการให้น้ำแบบหยด โดยพยายามควบคุมการให้น้ำและสารละลายอาหารพืชให้พอดีกับที่พืชใช้เพื่อลดการสูญเสีย เพราะวิธีนี้จะไม่นำน้ำที่จ่ายเกินจากที่พืชใช้กลับคืนมาสู่ระบบอีก ระบบนี้นิยมใช้กับพืชที่ต้องพยุงต้นมาก ๆ

วัสดุปลูกที่ใช้ได้แก่ ทราย กรวด ขี้เลื่อย ใยสังเคราะห์ ขุยมะพร้าว Rockwool Vermiculite Perlite ฯลฯ

3. ปลูกโดยให้รากจมอยู่ในน้ำที่ผสมกับสารละลายธาตุอาหาร ระบบนี้จะนิยมมากกว่าแบบอื่น ๆ ซึ่งก็สามารถแยกออกได้อีกหลายวิธี เช่น

3.1 การปลูกพืชในน้ำที่ผสมสารละลายธาตุอาหารพืช โดยน้ำอยู่นิ่งไม่ไหลเวียน ระบบนี้จะใช้ภาชนะบรรจุน้ำผสมสารละลายธาตุอาหารพืช โดยมีปั๊มลมเพื่อจะช่วยเพิ่มปริมาณอ๊อกซิเจนให้แก่รากพืช และระดับของสารละลายอยู่ลึกประมาณ 10-20 ซม. ภาชนะที่ใช้อาจทำได้หลายอย่างตามความเหมาะสมของพืช ความคงทน ความสวยงาม แต่ทั้งหมดนี้ควรเป็นภาชนะทึบแสง เพราะรากไม่ต้องการแสง และเพื่อลดการเจริญเติบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โตของตะไคร่น้ำที่จะคอยแย่งอาหารกับรากพืช

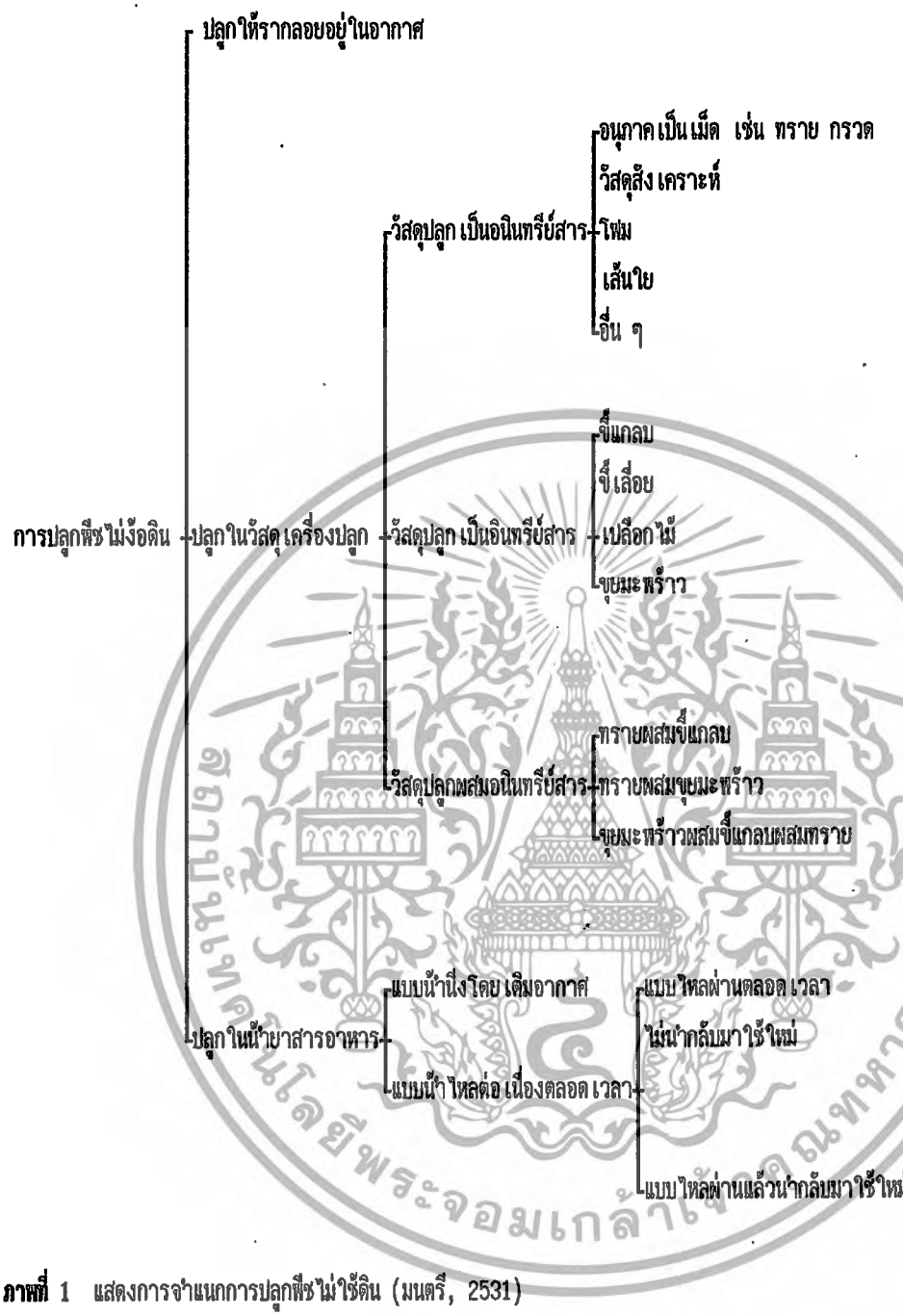
3.2 การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารที่มีการไหลเวียนตลอดเวลา โดยรากพืชจะเจริญเติบโตในภาชนะที่มีสารละลายไหลผ่านตลอดเวลา สามารถแบ่งได้เป็น

ก. สารละลายที่เมื่อไหลผ่านรากพืชแล้วถูกปล่อยไหลทิ้งไปเลย วิธีนี้จะมีการเตรียมสารละลายไว้ในภาชนะใหญ่ ๆ แล้วจึงปล่อยให้ไหลผ่านรากพืชไปโดยไม่นำกลับมาใช้อีกเลย

ข. สารละลายที่เมื่อไหลผ่านรากพืชแล้วจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่อย่างต่อเนื่อง วิธีนี้นิยมทำเป็นการค้ามากที่สุด สารละลายเมื่อไหลผ่านรากพืชแล้วจึงจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ วิธีนี้แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- แบบให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่เรานิยมเรียกกันว่า NFT (Nutrient Film Technique) เป็นระบบที่สารละลายธาตุอาหารจะไหลน้อยที่สุด ระบบ NFT นี้พืชจะถูกนำมาวางให้รากสัมผัสกับผิวของสารละลายธาตุอาหาร และขณะที่รากพืชกำลังเจริญเติบโตจะได้รับสารอาหารจากบริเวณล่างสุดที่เป็น Nutrient Film และรากที่อยู่บริเวณส่วนบนที่ไม่สัมผัสกับ Nutrient Film จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอ๊อกซิเจน ซึ่งบริเวณนี้จะเต็มไปด้วยรากขนอ่อน
- แบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง มีความลึกพอประมาณ แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงการจำแนกการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (มนตรี, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ชนิดของพืชและภาชนะที่ใช้ปลูก

ยุกติ (2531) รายงานว่า ในประเทศออสเตรเลียได้มีความสนใจและทำงานวิจัยทางด้าน Hydroponic อย่างมาก โดยได้กล่าวถึง Hydroponic 2 ระบบ คือ Float System ที่ไม่มี Media เรียกชื่อต่าง ๆ เช่น NFT, Spray Technique, Nutreint Flow Technique และ Media System โดยจะมี Meida แล้วใส่ธาตุลงไป เช่น ระบบ Tray System ที่ทำเป็นถุงใส่ Media ข้างในแล้วจึงหยดธาตุอาหารลงไปข้างบน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชไร้ดิน

พรชัย และวิบูลย์ (2531) กล่าวว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชไร้ดินประกอบด้วย

- ปัจจัยทางด้านพันธุ์กรรม กำหนดการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางด้านลำต้น ผลผลิต ความสามารถของพืชที่จะตอบสนองต่อธาตุอาหาร ดังนั้นควรมีการทดสอบก่อนที่จะทำการปลูก
- ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ อากาศ แสงแดด แร่ธาตุอาหาร อุณหภูมิ สิ่งเหล่านี้จำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

วัสดุปลูก

ทัศนีย์ และสรสิทธิ์ (2531) ได้กล่าวว่า การปลูกพืชไม่ใช้ดินมีวัสดุปลูกหลายชนิด ส่วนมากจะเป็นของแข็ง ซึ่งการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับว่าจะหาวัสดุได้ง่ายเพียงใด ราคาแพงมากน้อยเท่าไร และจะต้องพิจารณาถึงการถ่ายเทอากาศ การอุ้มน้ำ ความสามารถในการค้ำจุนรากและลำต้น วัสดุปลูกไม่จำเป็นต้องมีธาตุอาหารในตัวมันเอง ซึ่งจะสามารถเสริมแต่งให้ได้ด้วยการใส่ปุ๋ยหรือสารเคมีต่าง ๆ ได้ ฉะนั้นการทดลองส่วนใหญ่จะเน้นถึงการใช้วัสดุปลูกที่ดีและราคาถูกหาได้ง่ายในท้องถิ่น

สามารถจำแนกชนิดของวัสดุปลูกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Inorganic Media เป็นวัสดุที่ได้มาจากสารอนินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ รวมถึงสารสังเคราะห์ต่าง ๆ แบ่งเป็น

1.1 พวก Particle เช่น

- Sand Culture คือการใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่ำกว่า 3 มม. การให้สารละลายในระบบนี้จะนิยมให้แบบน้ำหยด
- Gravel Culture วัสดุปลูกแบบนี้จะมีทั้งที่เป็นรูพรุนและไม่เป็นรูพรุน เป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวง่าย เช่น กรวดต่าง ๆ หินภูเขาไฟ (Pumice) เป็นต้น มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 3 มม. จะมีการให้สารละลายธาตุอาหารไหลลงวัสดุปลูกเป็นระยะ ๆ
- Expand Clay Culture จะเป็นวิธีการนำเอา Artificial Clay มาทำเป็นวัสดุปลูก ซึ่งได้มาจากการที่เรานำดินเหนียวไปเผาใน Rotary Furnace ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซนเซียส จะทำให้ได้อนุภาคที่มีรูพรุนและมีขนาดแตกต่างกันไป วัสดุนี้มักใช้ในการปลูกไม้ดอก ไม้ประดับ

1.2 พวก Foam เป็นวัสดุสังเคราะห์ต่าง ๆ ได้แก่ PE, PF, UF Culture

1.3 พวก Fiber เช่น Rocwool Culture เป็นวัสดุที่มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ประกอบด้วย Diabase 60% หินปูน 20% และถ่านหิน 20% นำมาหลอมที่อุณหภูมิ 1500-2000 องศาเซนเซียส มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีความหนาแน่นรวมต่ำ มีรูพรุนมาก ดูดยึดน้ำได้ดี มีลักษณะเหมือนฟองน้ำ ดังนั้นจึงเป็นวัสดุที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ก้นมาก ปลอดเชื้อโรค นิยมใช้ร่วมกับระบบ NFT

2. Organic Media เป็นวัสดุที่ได้จากสารอินทรีย์

2.1 Peatmoss เป็นวัสดุอินทรีย์สาร อุ้มน้ำดี ใช้มากในตอนเหนือของประเทศแคนาดา อเมริกา

2.2 Sawdust Culture เป็นวิธีการนำเอาขี้เลื่อยมาใช้เป็นวัสดุปลูก ซึ่งขี้เลื่อยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามชนิดของต้นไม้นั้น ๆ บางชนิดอาจจะปล่อยสารที่เป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ จึงควรมีการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี

2.3 Rice Hull Culture เป็นการนำเอาแกลบมาใช้เป็นวัสดุปลูก มีมากในบริเวณโรงสีข้าว สามารถหาได้ง่ายราคาถูก ในประเทศญี่ปุ่นมีการนำมาใช้แทนเช่นกัน

ความจำเป็นในการปลูกพืชไร้ดิน

ปิฐฐะ (2519) กล่าวว่า ความจำเป็นในการปลูกพืชไร้ดินนั้นเนื่องมาจากสภาพดินไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืชลงในดิน เป็นผลมาจากแร่ธาตุอาหารและคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการชะล้างเอาธาตุอาหารออกไปเลย หรือพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารในดินบริเวณนั้นไปใช้ได้ เนื่องมาจากดินมีปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ตอบสนอง (Response) อาหารได้ นอกจากนี้การปลูกพืชในดินธรรมชาตินั้นจะควบคุมอาหารแร่ธาตุได้ลำบากเนื่องจากคุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ๆ ทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่มีมาตราฐานที่แน่นอน หรือความจำเป็นในการปลูกพืชบางอย่างที่ต้องการผลผลิตในระยะเวลาสั้น ถ้าปลูกในดินธรรมชาติแล้วจะต้องเตรียมดินทุกครั้งที่จะปลูกพืชรุ่นใหม่ ฉะนั้นการปลูกพืชในน้ำยาจะมีประโยชน์เฉพาะบางสถานที่และท้องที่เท่านั้นที่ไม่สามารถปลูกพืชได้ตามธรรมชาติ

วิโรจน์ (2529) กล่าวว่า การปลูกพืชในน้ำยาจะได้เปรียบกว่าการปลูกพืชบนดินธรรมดา เป็นต้นว่าใช้พื้นที่น้อยกว่า ใช้น้ำและปุ๋ยน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากว่าเราสามารถควบคุมการใช้จ่ายให้ประหยัดได้ สามารถควบคุมโรคและแมลงได้เป็นอย่างดีแต่ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงขึ้นเล็กน้อยในจุดเริ่มต้นของการปลูก แต่ถ้าหากในระยะยาวแล้วราคาจะถูกลงและสะดวกกว่าการปลูกพืชบนพื้นดินธรรมดา อาจทำเป็นงานอดิเรกหรือปลูกเป็นการค้าใหญ่ ๆ ก็ได้

Boyer (1983) รายงานว่า การปลูกพืชไร้ดินนั้นพืชจะเจริญเติบโตได้เร็วกว่า สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็ว และผลผลิตจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกพืชโดยใช้ดินในปริมาณสารละลายธาตุอาหารที่เท่ากัน การปลูกพืชแบบไร้ดินให้ผลผลิตสูงกว่าและผลผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอมากกว่าด้วย ความเข้มข้นและส่วนประกอบของธาตุอาหารที่ให้กับพืชสามารถที่จะปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารละลายได้ เช่น pH, ปริมาณธาตุอาหาร พืชที่มีการใช้วิธีปลูกแบบไร้ดิน เช่น มะเขือเทศ, มันฝรั่ง, ข้าว, ผักกาดหอม, และหัวบีท ซึ่งมีการปลูกในหลายสถานที่ สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกบนดินตามธรรมชาติอย่างเห็นได้ชัด ดังตารางที่ 1

Hewitt (1966) กล่าวว่า การปลูกพืชในน้ำยาเคมีเป็นวิธีหนึ่งในการทดลองศึกษาความต้องการธาตุอาหารพืชที่สามารถควบคุมปริมาณของธาตุต่าง ๆ ที่พืชต้องการได้ ข้อดีในการปลูกพืชในน้ำยานั้น คือสามารถลดการ Contamination ของธาตุที่ใช้ปริมาณน้อยได้เมื่อเทียบกับการปลูกพืชในทราย และยังง่ายเมื่อต้องการเปลี่ยนน้ำยาและสามารถล้างรากพืชได้บ่อย ๆ ข้อสำคัญคือ การปลูกพืชในน้ำยาสามารถควบคุมความเข้มข้นของธาตุที่ศึกษาตลอดจน pH ของน้ำยาได้

3.2 การปลูกพืชในระบบ Hydroponic

ระบบ Hydroponic นี้อาศัยหลักการของการละลายอ๊อกซิเจนในน้ำและอ๊อกซิเจนจะผ่านไปยังรากโดยการไหลเวียนของสารละลายธาตุอาหาร ในระบบนี้จะพบว่าไม่มีการเกาะกันของกลุ่มราก ดังนั้นการแลกเปลี่ยนอ๊อกซิเจนกับรากจะสะดวกมากขึ้น และถ้าหากระบบนี้มีการไหลเวียนของน้ำในแนวดิ่งด้วยแล้วการแลกเปลี่ยนอ๊อกซิเจนจะใกล้เคียง 100 % นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการถ่ายเทความร้อน, ความเย็น, สารอาหาร, การถ่ายเทของเสียและก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์จากรากได้เป็นอย่างดี และในระบบนี้รากของพืชทุกรากจะได้รับการสัมผัสและการถ่ายเทสารละลายได้อย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงผลผลิตของพืชที่ปลูกโดยใช้ Hydroponic และการปลูกโดยใช้ดิน

พืช	ผลผลิต		สถานที่
	ปลูกบนดิน	ปลูกไร้ดิน	
มะเขือเทศ (ปอนด์/ต้น)	12	16.2	อังกฤษ
	11	16.4	อเมริกา
	10	22.5	อินเดีย
มันฝรั่ง (ตัน/เอเคอร์)	30	65	อเมริกา
ถั่ว (ปอนด์/เอเคอร์)	900	5000	อินเดีย
	3000	9000	อิตาลี,ญี่ปุ่น
ข้าวโพด (เมล็ดปอนด์/เอเคอร์)	2000	6000	เบงกอล
ผักกาดหอม (ปอนด์/เอเคอร์)	9000	21000	อินเดีย
หัวบีท (ปอนด์/เอเคอร์)	9000	20000	อินเดีย

★ ความแตกต่างของผลผลิตในแต่ละพืช เป็นผลจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ธาตุอาหาร และการดูแลรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกด้วย

มนตรี (2531) กล่าวว่า วิธีการปลูกพืชในน้ำยาจริง ๆ คือ น้ำนิ่ง ๆ ใส่ในกระป๋องหรือใส่อะไรก็ได้ให้น้ำนิ่ง ให้อ๊อกซิเจนเติมลงไป ถ้าต้นเล็ก ๆ ใช้หลอดเป่าเพื่อเติมอ๊อกซิเจนก็ได้ ถ้าปลูกมากก็ควรต้องมีอุปกรณ์ใหญ่มาก ๆ เป็นพวกปั๊มลม รถจักรยานยนต์ ส่วนโครงสร้างต่าง ๆ เราสามารถที่จะออกแบบเองได้

รากพืชต้องได้รับอ๊อกซิเจนให้เพียงพอ มิฉะนั้นจะทำให้รากพืชเน่าได้ (พรชัย และวิบูลย์, 2531)

การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และอื่น ๆ สำหรับปลูกพืชแบบระบบ Hydropooic

1. ภาชนะปลูก ประกอบด้วย ส่วนที่เก็บน้ำสำหรับให้พืชดูดไปสร้างความเจริญเติบโต และฝาปิดภาชนะซึ่งเป็นส่วนกั้นระหว่างน้ำยากับอากาศ เป็นส่วนสำหรับให้ส่วนบนของพืชเจริญเติบโต โดยจะช่วยให้ส่วนของรากอยู่ในที่มืด เจาะรูขนาดประมาณ 1-3 ซม. สำหรับใส่กล้าพืช ภาชนะปลูกจะต้องมีขนาดเหมาะกับพืชที่ปลูก กองเกษตรเคมีได้เคยใช้ถังพลาสติคทำภาชนะปลูกแต่ก็พบว่าถังพลาสติคจะดูดความร้อนมาให้น้ำยามาก พร้อมทั้งเกิดตะไคร่สีเขียวเพราะว่ามีแสงสว่างส่องเข้าไปถึง จึงต้องใช้กระดาษหุ้มรอบถังเพื่อบรรเทาความร้อน ปัจจุบันมีการใช้แผ่นโฟมมาทำเป็นโครงร่างแล้วรองด้วยพลาสติคเพื่อกั้นไม่ให้น้ำซึมออก วิธีการนี้จะทำให้ประหยัดเงินค่าภาชนะปลูกได้มาก และยังสามารถทำให้รากอยู่ในสภาพที่เย็นกว่าส่วนต้น ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพจริงในธรรมชาติมากกว่าแบบแรก อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณตะไคร่ที่รากได้ด้วย

2. ระบบการให้อ๊อกซิเจน ประกอบด้วย ปั๊มอากาศที่ให้อ๊อก-ซิเจนลูกกระจายอากาศ และสายยาง ควรพยายามให้น้ำยาได้รับอ๊อกซิเจนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะทำให้รากพืชมีโอกาสดูดธาตุอาหารเข้าไปมากกว่าน้ำนิ่ง แต่อากาศที่ให้นั้นไม่ควรจะแรงมากเกินกว่า 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

3.3 สารละลายธาตุอาหาร (Nutrient Solution)

สารละลายธาตุอาหารจะประกอบไปด้วยน้ำผสมกับธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ ซึ่งจะไม่มีหลักการใดที่จะดีที่สุดที่จะแนะนำส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ วิธีรวมที่ดีที่สุดและอัตราการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นพืช, สถานที่ของการเจริญเติบโต, ชนิดของน้ำ, ฤดูกาล, และภูมิอากาศ ความแตกต่างของสูตรสารละลายนี้จะพยายามทำให้มีประโยชน์ต่อพืชในสัดส่วนที่หลีกเลี่ยงข้อบกพร่อง หรือมีพิษของสารละลายธาตุอาหารพืช แต่ละชนิดของพืชจะมีความต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่แล้วก็พบว่า พืชหลายชนิดสามารถจะเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีองค์ประกอบและความเข้มข้นระดับเดียวกันสำหรับทุกสูตรของสารละลายที่มีใช้กันมาก เช่น Hoagland เบอร์ 2 ตามตารางที่ 2 และ 3

จากตารางที่ 2 จะพบว่า ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณน้อยมาก (Microesseential elements) จะมี Fe เพียงธาตุเดียวเท่านั้นที่เติมลงในสารละลายที่ใช้ปลูกพืช ส่วนจุลธาตุอื่น ๆ อีก 6 ธาตุ (Mu, Zn, Cu, B, Mo, Cl) นั้นควรมีในปริมาณที่เพียงพอกับพืช โดยจะได้มาจากน้ำประปาที่เตรียมสารละลาย หรือได้มาจากการที่มีธาตุทั้ง 6 นี้ปะปนอยู่ในสารเคมีที่ใช้ ซึ่งเป็นพวกเกรดต่ำ (Commercial grade) ซึ่งสารเคมีพวกนี้จะมีราคาถูกกว่าสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป (Analytical grade) นอกจากนี้แล้วสารเคมีดังกล่าวในตารางที่ 2 ก็มีบางตัวสามารถหาซื้อได้ในรูปของปุ๋ยที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีการปะปนของธาตุอาหารในเกณฑ์ที่เพียงพอกับความต้องการของพืช อย่างไรก็ตาม หากเราคิดว่าพืชจะได้รับจุลธาตุไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ก็สามารถเติมสารละลายจุลธาตุลงไปได้ในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งการเตรียมสารละลายจุลธาตุอาหาร (Stock Solution) แสดงในตารางที่ 3 จะใช้ในอัตรา 1 ml. ต่อสารละลายของ Hoagland เบอร์ 2 จำนวน 1 ลิตร

Dr. Cooper (1976) ได้มีการแนะนำการใช้สารละลายในช่วงแรกของการปลูกมะเขือเทศ (ตารางที่ 37) และลดความเข้มข้นลงในช่วงหลังของการปลูก (ตารางที่ 38)

3.4 ปัญหาบางประการที่เกี่ยวข้องกับสารละลายธาตุอาหาร

1. ความเข้มข้นของสารละลาย (Conductivity) หรือความเค็มของธาตุอาหาร จะวัดในรูปของการนำไฟฟ้า โดยจะบอกถึงค่าของผลรวมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงสูตร Hoagland เบอร์ 2 (Asher & Edwards, 1976)

ชื่อสารเคมี	สูตร	น้ำหนัก (กรัม/100 ลิตร)
Monobasic ammonium phosphate	$NH_4H_2PO_4$	14
Potassium nitrate	KNO_3	70
Calcium nitrate	$Ca(NO_3).4H_2O$	70
Magnesium Sulphate	$MgSO_4.7H_2O$	42
Iron Segnestrate 138*	NaFe-EDDHA	4

* สูตรดั้งเดิมของ Hoagland ใช้ Iron tratrate

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในสารละลายธาตุอาหาร

ชื่อสารเคมี	สูตร	น้ำหนัก (กรัม/ลิตร)
Boric accid	H_3BO_3	2.86
Managanese choride	$MnCl_2.7H_2O$	1.81
Zince sulphate	$ZnSO_4.7H_2O$	0.22
Copper Sulphate	$CuSO_4.5H_2O$	0.08
Molybdic Acid	$H_2MoO_4.H_2O$	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งในสารละลายธาตุอาหารโดยมีหน่วยเป็น mS./cm. อย่างไรก็ดียังไม่มีตัวบ่งชี้ถึงส่วนประกอบของของแข็งที่มีขึ้นในสารละลาย การใช้ค่านี้บ่งบอกถึงสภาพการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสิ่งที่จะปฏิบัติให้ชัดเจนได้อย่างยากยิ่ง เพราะไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจนตายตัวที่ปรับใช้ได้กับพืชทุกชนิด

พืชสามารถที่จะเจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหารโดยการดูดซับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างปฏิกิริยาของสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายอาจจะมีการรวมกัน 1 หรือมากกว่า 1 ธาตุอาหาร และในที่สุดสารละลายอาจจะมีพิษในระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ให้เป็นประโยชน์ การเปลี่ยนแปลงระดับของของเหลวอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหน้าของสารละลายในรูปของการระเหย จะสามารถดูได้ง่ายโดยดูจากก้นของภาชนะที่ใส่ปลูกพืชจะมีระดับสเกลบอกของ Syringe

ทัศนีย์ และสุรสิทธิ์ (2531) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายาตุอาหารอยู่ในช่วง 2-4 มิลลิโมลต่อซั่วโมง ถ้าหากค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อพืช จะต้องแก้ไขโดยการเจือจางสารละลายด้วยน้ำ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่านี้จะต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย

โดยปกติแล้วความเข้มข้นของสารละลายจะต้องรักษาให้อยู่ในระดับ 2 mS./cm. สำหรับการปลูกมะเขือเทศและแตงกวา ถ้าเป็นผักกาดหอมจะใช้ค่า Conductivity เท่ากับ 1.5 mS./cm เมื่อเราปลูกพืชไปได้สักระยะหนึ่งแล้วค่า Conductivity อาจจะลดลง เราสามารถที่จะแก้ไขได้โดยการเติมสารละลายจาก Stock Solution ลงไปในสารละลายของตัวระบบนั้นจนกระทั่งได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (Benoit and Ceustermans, 1985)

Benoit and Ceustermans (1986) ได้เปรียบเทียบการใช้ค่า EC 2, 3, และ 4 mS./cm. ของสารละลายกับมะเขือเทศ จึงพบว่า การใช้ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm. จะทำให้ผลผลิตรวมสูงที่สุด และใช้ค่า EC 3, 4, และ 5 mS./cm. กับ Melon พบว่าค่า Conductivity เท่ากับ 4mS./cm. จะทำให้การเก็บเกี่ยวช้าลง แต่ผลผลิตเพิ่มขึ้น 0.05 ผลต่อต้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้นกว่าการใช้ EC 3 และ 5 mS./cm. และเมื่อปี ค.ศ.1982 ได้เปรียบเทียบการใช้ค่า EC 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 3 mS./cm. กับ Butterhead lettuce พบว่าน้ำหนักหัวที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า EC สูงขึ้น แต่มักจะพบกับปัญหายอดเน่า (Tiphurn)

Schwarz (1968) กล่าวว่าควรจะมีการวัดค่าการนำไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ การวิเคราะห์สารละลายมีความยากและราคาแพง, ต้องมีความรู้ความชำนาญ, ความเข้าใจการใช้เครื่องวัดความเค็ม (Conductivity meter)

การนำไฟฟ้าในสารละลายเป็นผลรวมของการนำไฟฟ้าของอิออนทุกชนิดในสารละลายนั้น แต่อิออนแต่ละชนิดมีความสามารถในการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน USDA salinity handbook ได้ให้ค่า Conductivity ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชไว้ ดังนี้

0-2 mmho./cm. ความเค็มขนาดนี้ไม่มีผลเสียหาย หรือมีก็น้อยมาก

2-4 mmho./cm. เฉพาะพืช Sentitive มากเท่านั้นที่จะมีปัญหา เช่น ส้ม, ถั่ว,

4-8 mmho./cm. จะมีผลเสียต่อพืชหลายชนิด

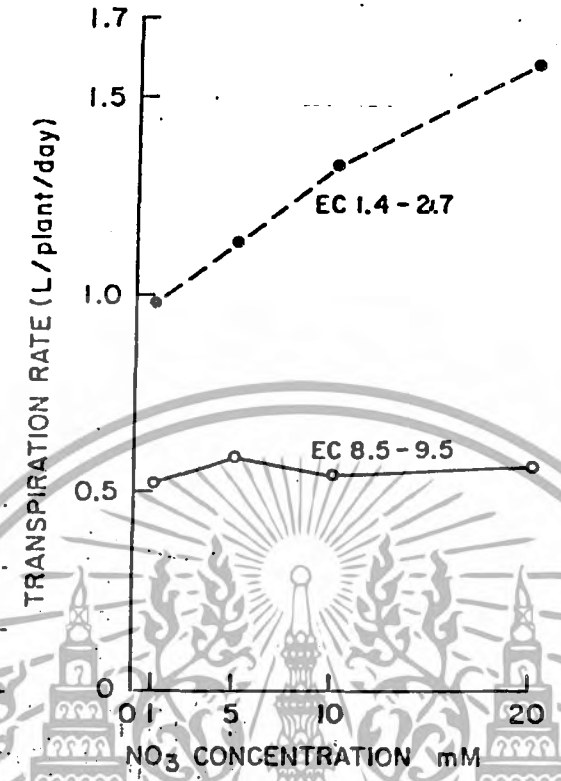
8-16 mmho./cm. เฉพาะพืชที่ทนเค็มเท่านั้นที่จะขึ้นได้ เช่น ข้าวสาลี, องุ่น, มะกอก

>16 mmho./cm. เฉพาะพืชที่ทนเค็มมากบางชนิดที่จะขึ้นได้ เช่น อินทผาลัม, ข้าวบาเล่ย์, Sugar beet

2. pH ของสารละลายธาตุอาหาร

ทัศนีย์ และสรสิทธิ์ (2531) กล่าวไว้ว่า พืชส่วนมากจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงกรดอ่อน ดังนั้นในสารละลายธาตุอาหารเรามักจะปรับให้มีระดับ pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และโดยทั่ว ๆ ไปมักจะมักจะปรับ pH ให้ใกล้เคียง 6.0 ในการที่จะปรับระดับ pH ให้ต่ำลงใช้กรดกำมะถันหรือกรดไนตริก ถ้าต้องการให้ pH สูงขึ้นก็ใช้ KOH หรือ NaOH

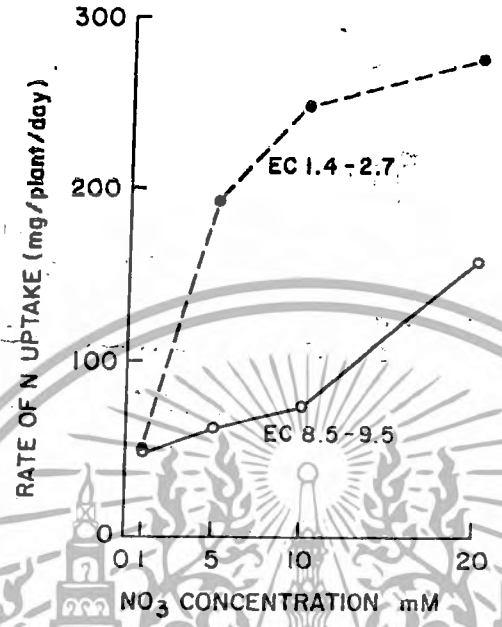
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กราฟแสดงผลกระทบของความเค็มและระดับ NO_3 ในการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเนื่องจากปฏิกิริยาการคายน้ำของ Melon ในระหว่าง 1 สัปดาห์ ในเดือนเมษายน 1983.
[ความเค็มต่ำ: EC 1.4-2.7 dS./cm.
;ความเค็มสูง: EC 8.5-9.5 dS./cm.] (Steiner, 1979)

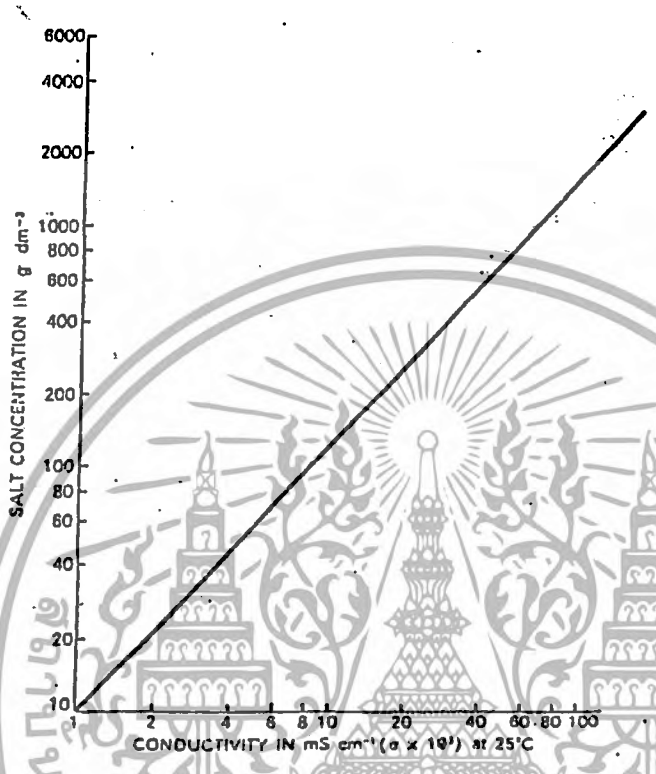
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99591



ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลกระทบของความเค็มและระดับ NO_3 ในการเปลี่ยนแปลงของสารละลายของปฏิกิริยาของ N โดย Melon ในระหว่าง 1 สัปดาห์ ในเดือนเมษายน 1983.
[ความเค็มต่ำ: EC 1.4-2.7 dS./cm.
;ความเค็มสูง: EC 8.5-9.5 dS./cm.] (Steiner, 1979.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณเกลือในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำคัญของ pH รากพืชจะดูดอาหารได้ดีในช่วงของ pH 5-7 ถ้า pH ต่ำกว่า 5 การดูดธาตุอาหารพวกประจุบวก เช่น โพแทสเซียมจะถูกยับยั้งมากกว่าธาตุอาหารพวกประจุลบ เช่น ไนเทรต และ pH สูงกว่า 7 การดูดประจุลบของรากก็จะถูกยับยั้งมากกว่าประจุบวก รากจะปลดปล่อย H^+ เมื่อมีการดูดประจุบวก น้ำยาก็จะมี pH ลดลงหรือมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ในทางตรงข้ามรากจะปลดปล่อย HCO^-_3 และ OH^- เมื่อมีการดูดประจุลบมากกว่าประจุบวก pH ของน้ำยาก็จะมีค่าสูงขึ้น

Cooper (1976) กล่าวว่า pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นมากกว่า 7 จะต้องมีการเติม Phosphoric acid ลงในตัวสารละลายธาตุอาหารเพื่อรักษาให้มีค่า อยู่ระหว่าง 5.5-6.5

Anonymus (1978) ในเรือนเพาะชำของ Sussex ได้มีการใช้สารละลายที่มี 75% Nitric acid และ 25% Phosphoric acid พบว่าการใช้ Nitric acid เพียงอย่างเดียวจะเป็นการง่ายต่อการรักษาค่า pH แต่จะทำให้ค่า Conductivity เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ส่วนประกอบของสารละลายอาหารนั้นเสียไป และการใช้ Phosphoric acid มากเกินไปจะกระตุ้นให้เกิด Phosphoric สูงด้วย โดยทั่ว ๆ ไป การใช้ปริมาณกรด $CaNO_3$ จะต้องถูกทำให้ลดลง สำหรับการเพิ่มค่า pH 0.1 หน่วยจะต้องใช้ KOH 1 g ต่อสารละลายธาตุอาหาร 250 ลิตร

3. อุณหภูมิของสารละลาย (Temperature)

ในเขตร้อน Lim (1985) พบว่าจะมีการสะสมความร้อนในรางของระบบ NFT เมื่อสภาพความเข้มของแสงอาทิตย์มาก ฉะนั้นจึงได้มีการศึกษาการใช้โฟม Polystyrene แทนในการทำรางเพื่อลดการสะสมความร้อนในราง

ในประเทศอังกฤษ Anonymus (1978) ได้แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมสูงกว่า 22 องศาเซนเซียส รากจะมีสีขาวและขนาดเล็ก จำนวนรากขนอ่อนมากเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิของสารละลายที่ 28 องศาเซนเซียส จะมีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นมากกว่าที่ 18 องศาเซนเซียส ถึง 70% และที่ 14 องศาเซนเซียส ถึง 100%

จากการศึกษาของ Pack Chong Chong และ Tadashi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14155

Ito, (1982) ได้ทดลองปลูกมะเขือเทศในสารละลายที่อุณหภูมิ 15-30 องศาเซนเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นการดูดใช้ธาตุอาหารและอัตราการเจริญทางลำต้นและรากของมะเขือเทศ แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้มีผลน้อยมากต่อผลผลิตรวม และแนวโน้มของผลไม้ที่เป็นที่นิยมในท้องตลาดดูจะเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิของสารละลายลง จะพบว่าสารละลายที่อุณหภูมิ 20 องศาเซนเซียส จะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด

4. ชนิดของน้ำ

น้ำที่เหมาะสมที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายคือน้ำดื่ม ความเค็มของน้ำอาจหลีกเลี่ยงได้ น้ำจะต้องมีอย่างน้อย 500-700 ppm. ของผลรวมความเค็มจะทำให้ปลอดภัยที่จะนำไปทำสารละลายธาตุอาหาร การผสมปุ๋ยกับน้ำทำเป็นสารละลายธาตุอาหารจะต้องน้อยกว่า 50 g. ของปุ๋ยที่จะผสมใน 50 ลิตรของน้ำ มีจำนวนเท่ากับ 1000 ppm. ของผลรวมของเกลือทั้งหมด (Sholto, 1972)

3.5 วัสดุที่ใช้ในระบบ Hydroponic

Poly-Uretane (PU))

Benoit และ Ceustermans (1988) กล่าวว่า การใช้ PU เป็นวัสดุปลูกจะไม่มีปัญหาเกิดขึ้น และการใช้ PU เป็นวัสดุปลูกนั้นจะสามารถใช้ได้นานหลายปี (อย่างน้อย 5 ปี) หรือมากกว่านั้น วัสดุนี้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่

คุณสมบัติทางเคมีของ PU

เป็น innert substate มีความชื้นต่ำ แต่ความจุอากาศสูง ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้เปรียบในแง่การพัฒนาที่สมดุลย์ของราก

คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

จากกราฟในภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึง pF curve ของ PU 80 ที่ความสูง 5 cm. จะมี MV (Mosisture Volum) เท่ากับ 40% แต่การใช้ในงานจริง ๆ แล้ว PU ก็จะให้ผลผลิตเทียบเท่าหรืออาจสูงกว่าการใช้ Rockwool (MV เท่ากับ 70%) เนื่องจากปริมาณความจุในอากาศของแผ่น PU ที่ใช้แล้ว พบว่าสูงเป็น 4 เท่า ของแผ่น PU ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

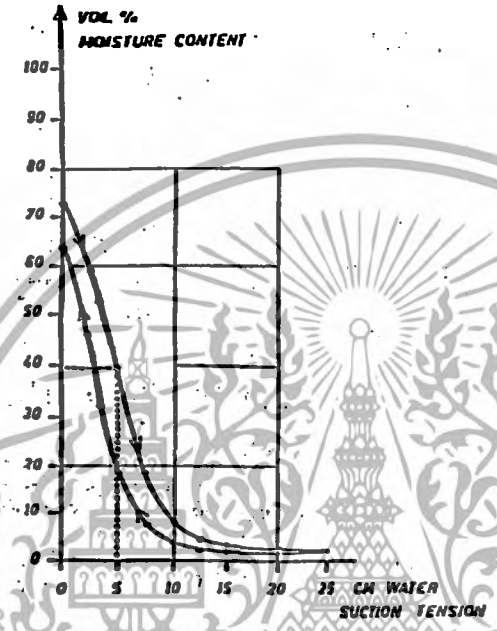
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของ PU 80 ในหน่วย ppm. ของน้ำหนักแห้ง

P	0	Mn	0.58	Cr	0.96
K	26.5	Fe	24.3	Cd	0.31
Ca	270	Cu	1.25	Co	1.82
Mg	11.4	Zn	5.30	Hg	0.71
Na	70.8	Pb	2.28	Sn	100
		Ni	1.65		
Dry substance: 90% pH (H_2O) 6 ; EC : 33 uS./cm.					

(Colum 1, Verdonck, 1986; Colum 2, 3 Verloo, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 กราฟแสดง pF curves ของ Aggrofoam 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นอากาศในวัสดุปลูกก็มีส่วนสำคัญ เนื่องจากการมีอากาศให้กับรากมากจะส่งผลให้ผลผลิตดีขึ้น ปริมาณอากาศในแผ่น PU ที่สูงขึ้นนั้นมีผลในด้านการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ด้วย และจากเหตุผลนี้เป็นเหตุให้สามารถใช้ PU ในการปลูกพืชที่อุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซนเซียส เพื่อป้องกันค่าความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่น้ำระเหยไปและปริมาณอ๊อกซิเจนที่ลดลงด้วย

Benoit และ Ceustermans (1988) กล่าวว่าการนำเอา PU มาใช้ในการปลูกพืชในระบบ NFT ได้ประสบความสำเร็จซึ่งสามารถใช้ได้หลายระบบ คือ จะทำเป็น Block (20x15x5 cm.) สำหรับพืชจำพวกมะเขือเทศ , แตง ฯลฯ หรือเป็นแผ่น (Irrigation mat) (5-10x0.5x4 cm.) สำหรับพืชจำพวก Lettuce และสตอเบอรี่ นอกจากนี้อาจปลูกในลักษณะ Mat Only (110x15x15 cm.)

3.6 กฎขั้นพื้นฐานสำหรับการทำ Hydropronic

1. พืชที่จะปลูกต้องง่ายที่จะวางติดหรือถอดบนวัสดุ โดยไม่ทำให้พืชได้รับอันตราย

2. ต้องมีการระบายอากาศที่ดีระหว่างผิวน้ำ และบริเวณลำต้นต้องถูกป้องกันไม่ให้สัมผัสกับการทำลายของเชื้อรา

3. มีระบบทำความสะอาดที่ดี

4. ต้องมีระบบไหลเวียนของของเหลวที่ดีบริเวณรากพืช เพื่อให้สามารถระบายของเสียได้ดี

5. ความร้อนและความเย็นบริเวณรากพืชต้องสามารถปรับให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้

6. มีการไหลเวียนของอ๊อกซิเจนให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

7. สามารถที่จะควบคุมอัตราการไหลเวียนของอ๊อกซิเจนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของราก

8. ในส่วนของรากต้องไม่ให้แสงสว่างส่องถึงเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ค่าความเป็นกรด-ด่างต้องเหมาะสม และธาตุอาหารต้องมีความเข้มข้นพอสมควร

10. สะดวกในการขนย้ายพืชจากระบบ

12. มีน้ำเพียงพอที่จะระบายความร้อนและใช้เป็น Buffer

3.7 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล็อกซิเนีย

Common name: Gloxinia or Sinningia

Scientific name: *Sinning speciosa*

Family: Gesneriaceae

Native: Brazil

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

กล็อกซิเนียเป็นไม้เนื้ออ่อนล้มลุก พุ่มต้นสูงประมาณ 15 cm. ดอกมีลักษณะเป็นรูประฆัง (Bell shaped) มีเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 3-5 นิ้ว แล้วแต่พันธุ์ ก้านดอกที่บานคราวหนึ่ง ๆ อาจมีตั้งแต่ 1 ดอกไปจนถึง 12 ดอกหรือมากกว่า ทั้งนี้แล้วแต่พันธุ์และการดูแลรักษา ตลอดจนสมบูรณ์ของต้น ใบจะมีสีเขียวเข้มแผ่นใบจะอวบน้ำ หนาและกว้าง แต่เป็นใบที่นุ่มมีขนเล็ก ๆ คล้ายกำมะหยี่ เส้นกลางใบและเส้นใบแยกเป็นกระดูกเห็นได้อย่างชัดเจน หลังจะดูเป็นริ้ว ท้องใบโปนเด่น

สมพร (2522) กล่าวไว้ว่า กล็อกซิเนียเป็นไม้ดอกประเภท House Plant คือต้องการแสงสว่างไม่มากนัก ความเข้มของแสงประมาณ 2000 ฟุตแคนเดิลเท่านั้น ถ้าแสงมากกว่านี้จะต้องมีอุณหภูมิต่ำนิดหน่อยและความชื้นควรจะสูงขึ้นด้วย มิฉะนั้นใบกล็อกซิเนียจะไหม้ การเจริญเติบโตจะไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นเราจึงสามารถที่จะปลูกกล็อกซิเนียในบ้านเรือนโดยใช้แสงจากดวงไฟฟ้า (Artifical light) ซึ่งจะเป็นหลอดธรรมดา (Incandescent) หรือหลอดเรืองแสง (Fluorescent) ก็ได้ดังเช่นที่ใช้ปลูกเลี้ยงอัฟริก้นไวโอเล็ต กล็อกซิเนียเป็นพืชที่ไม่ต้องการแสงแดดโดยตรง (Direct sun) ในประเทศไทยจึงปลูกกล็อกซิเนียตามชายคาบ้านได้อย่างสบาย แต่ไม่ควรจะเป็นด้านทิศตะวันตก เพราะแสงแดดที่ได้รับค่อนข้างแรงมากไป ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้อาจจะต้องพรางแสงช่วยบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่สำคัญในการปลูกกล็อกซิเนีย

นันทิยา (2526) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญในการปลูกกล็อกซิ-เนียไว้ดังต่อไปนี้

1. แสง ถ้าแสงมากเกินไปปลายใบจะแห้งหรือไหม้ ถ้าจับดูใบจะสาก แห้ง สีใบออกเหลือง ต้นให้ดอกเร็วผิดปกติ และได้ดอกเล็กไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ถ้าแสงน้อยเกินไปใบจะมีสีเขียวคล้ำ เนื้อใบอ่อนนิ่ม ขอบใบจะลู่ลงดูไม่แข็งแรง ถ้าจัดแสงได้ถูกต้องใบจะมีสีเขียวสด ใบเต่งดูแข็งแรง กางออกปรกขอบกระถาง

2. เครื่องปลูก ถ้าเครื่องปลูกแฉะและแน่น มีผลให้ต้นโตช้ากว่า โดยเฉพาะตรงยอดมีสีคล้ำ การที่ต้นโตช้าทำให้ออกดอกช้าด้วย กล็อกซิเนียต้องการความชื้นในเครื่องปลูกสูงมาก ผิวหน้าของเครื่องปลูกควรชื้นอยู่เสมอ ถ้าปล่อยให้เครื่องปลูกแห้งขอบใบจะเหี่ยว ใบตก ดูไม่สดใส ถ้ามีดอกก้านดอกจะอ่อน ดอกเหี่ยวเร็วมาก

3. อุณหภูมิ กล็อกซิเนียปลูกได้ทุกฤดูกาล แต่ถ้าจะให้ผลดีควรปลูกโดยกะให้ออกดอกในฤดูหนาว ดอกที่จะได้จะมีสีสด ขนาดใหญ่กว่าที่ปลูกในฤดูอื่นและบานได้นานวัน ลักษณะของดอกจะงามกว่าฤดูอื่น ถ้าดอกบานในฤดูร้อน ดอกจะมีสีอ่อนกว่า ขนาดดอกเล็กและเหี่ยวเร็วมากช่วงการบานสั้น ทั้งต้นและดอกงามไม่เท่าที่ควร

การขยายพันธุ์

กล็อกซิเนียขยายพันธุ์ได้ง่ายมาก คือ แทบทุกส่วนของต้นจะสามารถนำไปขยายพันธุ์ได้หมด เช่น เมล็ด ยอด (Terminal Shoot) ใบ หน่อ และหัว

พันธุ์ที่ใช้ปลูก

สมเพียร (2522) ได้กล่าวถึงพันธุ์กล็อกซิเนียที่ใช้ปลูกว่า ในขณะนี้มีการปรับปรุงพันธุ์กล็อกซิเนียได้ลูกผสมใหม่ ๆ ที่มีดอกสีสวย ออกดอกพร้อมกันที่ละหลาย ๆ ดอก มีทั้งดอกชั้นเดียวและดอกซ้อน และที่สำคัญคือ พันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้ขายในรูปเมล็ดพันธุ์ทั้งสิ้น จึงสะดวกและถูก ทำให้ได้ต้นเป็นจำนวนมาก ในต่างประเทศมักนิยมดอกสีแดง เพราะสวย สะดุดตากว่าดอกสีอื่น ๆ และพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง คือ พันธุ์ Menning Red จะมีดอกชั้นเดียว มีสีแดงเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบในการเลี้ยงดู

สมเพียร (2526) ได้กล่าวถึงปัญหาที่พบในการปลูกกล็อกซิ-เนียไว้ดังนี้

1. โรคดอกเน่า เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* เกิดในขณะที่อากาศมีความชื้นสูง อากาศเย็น ป้องกันโดยพ่นด้วยไซแนบ (Zineb 75 % wp.) และปลิดส่วนที่เป็นโรค ทำลายให้สิ้นซาก

2. โรคโคนเน่า เกิดจากเชื้อ *Phytophthora spp.* เกิดในขณะที่อากาศมีความชื้นสูงและเครื่องปลูกแฉะ ป้องกันโดยการรดด้วยเด็กซอน (Dexon 35% wp.) และหลีกเลี่ยงการรดน้ำมากเกินไป

ลักษณะของกล็อกซิเนียที่ดี

1. การจัดเรียงของใบมีระเบียบ มีปล้องสั้น ทำให้ได้ต้นกระทัดรัด ปกติกล็อกซิเนียจะออกใบเป็นคู่ขวางกันไปเรื่อย ๆ

2. ใบต้องแข็งแรง สด สะอาด ไม่มีรอยถูกทำลายด้วยโรค แมลง หรือแสงแดดจัด

3. ดอกต้องมีก้านยาว ตรง แข็งแรง ชูขึ้นเหนือกลุ่มใบ

4. การจัดเรียงของดอกต้องเป็นกลุ่มสวยงาม เหมาะเจาะกับกระถาง

5. ดอกต้องมีสีสด และเนื้อกลีบเป็นกำมะหยี่

6. การที่ปลายกลีบพลิ้วเป็นคลื่นถี่ ๆ จะทำให้ดูสวยงามกว่าดอกที่มีปลายกลีบเรียบ

7. จำนวนดอกที่บานแต่ละครั้งควรมีไม่น้อยกว่า 5 ดอก และดอกต้องบานได้นานวัน

ไพฑูรย์ (2529) กล่าวไว้ว่า ต้นกล็อกซิเนียนิยมให้เป็นของกำนัล เนื่องจากสามารถออกดอกตลอดทั้งปี

คีกฤทธิ์ (2520) กล่าวไว้ว่า การเลี้ยงดูต้นไม้ปุ๋ยที่ให้ก็คือ เวลา และความรัก วันหนึ่ง ๆ ให้เงาของเจ้าของทับต้นไม้ให้บ่อยครั้งที่สุด ต้นไม้จะงามมาก เพราะต้นไม้เป็นอะไรไปเจ้าของก็จะรู้ทันและแก้ไขได้ทัน นอกจากนั้นก็อย่าโลภ คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนหนึ่งไม่ควรเลี้ยงเกิน 50 ต้น เพราะการมีต้นไม้เป็นร้อยเป็นพันต้นแล้วจะดูแลไม่ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง (Materials and methods)

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Materials)

1. แผ่นโฟม
2. เหล็กฉาก
3. หลอดเรืองแสง (Fluorescent) ชนิด Gro-lux ขนาด 40 วัตต์
4. ผ้าพลาสติคสีดำขนาดกว้าง 1 เมตร หนา 0.2 มม.
5. สายยางให้อากาศ
6. ปลั๊กไฟ
7. ปั๊มลม
8. แก้วพลาสติค
9. ไม้อัด
10. กาวลาเท็กซ์
11. Timer
12. เครื่องวัดแสง
13. ลูกกระจายอากาศ
14. Polyurethane (PU)
15. pH Meter
16. Conductivity Meter
17. เครื่องชั่งสารเคมีละเอียด
18. สารเคมีตามสูตรสารละลายธาตุอาหาร
19. ต้นกล้ากล็อกซิเนีย พันธุ์ Menning Red

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ทำในห้องปฏิบัติการ Hydroponic ชั้น 2 ตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ วิธีการทดลองมีขั้นตอนเป็นไปตามลำดับดังนี้

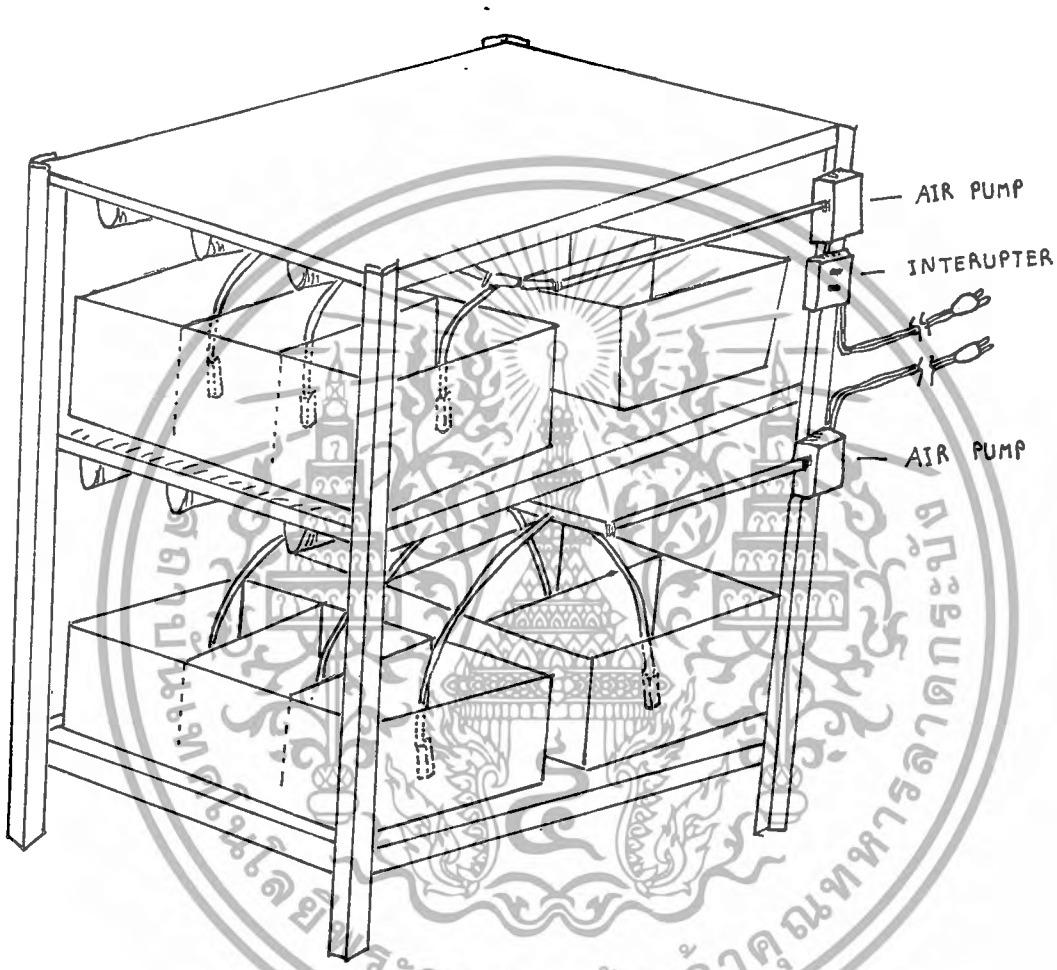
1. การเตรียมระบบปลูก

นำเหล็กฉากมาประกอบเป็น 2 ชั้น มีความสูง 150 cm. กว้าง 151 cm. และยาว 151 cm. พร้อมติดตั้งหลอดไฟ Fluorescent ชนิด Grolux มี Timer เปิดไฟเวลา 6.00 น. และปิดในเวลา 18.00 น. หลอดไฟห่างจากต้นประมาณ 30 cm. ดังในภาพที่ 13 จากนั้นทำการสร้างถาดใส่สารละลายโดยใช้โฟมประกอบด้วยกาวลาเท็กซ์ ทำเป็นช่องสำหรับปลูกพืชทำ 4 Block Block ละ 3 ช่อง แต่ละช่องมีความสูง 25 cm. กว้าง 43 cm. และยาว 60 cm. ใน 1 ช่อง จะปลูก 1 ต้น หลังจากนั้นปูภายในด้วยพลาสติคดำ 2 ชั้นเพื่อเป็นการรองรับสารละลายและป้องกันแสงไม่ให้เกิดสาหร่าย ส่วนด้านบนของช่องปิดทับด้วยแผ่นโฟมซึ่งเจาะรูตามขนาดความกว้างของแก้วพลาสติคเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 cm. หลังจากนั้นนำไปวางบนชั้นที่เตรียมไว้ ส่วนการให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืชโดยวิธีนี้จะให้แบบน้ำนิ่งตลอดเวลาความลึกของน้ำประมาณ 13 cm. และเติมอากาศโดยใช้ปั๊มลมต่อเข้ากับลูกกระจายอากาศ

2. วิธีการปลูก

นำต้นกล้ากล็อกซิเนียพันธุ์ Menning Red จาก Tissue Culture ของห้องปฏิบัติการ Tissue Culture คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง และนำมาปลูกโดยใช้แท่ง Polyurethane (PU) ทำเป็นวัสดุปลูก มีขนาดเท่าแก้วพลาสติค เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 9 cm. เนื่องจากต้นกล้านำมาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ในขวดสูง เมื่อนำมาปลูกที่บรรยากาศภายนอกจึงต้องใช้ถุงพลาสติคใสครอบต้นกล้าไว้ก่อนประมาณ 3 วัน เพื่อให้ต้นกล้าตั้งตัวได้ไม่เหี่ยว การทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งออกเป็น 3 Treatment และแต่ละ Treatment มี 4 Replication 1 ต้นต่อ 1 Replication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แสดงระบบ Hydroponic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Treatment ที่ 1 ย้ายกล้าลงปลูกที่ค่า Conductivity เท่ากับ 1 mS./cm..

Treatment ที่ 2 ย้ายกล้าลงปลูกที่ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.

Treatment ที่ 3 ย้ายกล้าลงปลูกที่ค่า Conductivity เท่ากับ 3 mS./cm.

[ทุก ๆ Treatment จะใช้สารละลายธาตุอาหารเดียวกัน]

3. การเตรียมน้ำยา

ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อเป็นการค้า จำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำในท้องถิ่นที่ผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยต่าง ๆ ออกไปแล้ว น้ำเหล่านี้จะมีแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่ไม่มากก็น้อย วิธีการคำนวณและเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามวิธีของ "Coic-Lesaint" ซึ่งวิธีนี้จะต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังนี้

1. ค่า pH และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่เราต้องการ
2. ค่า pH และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารดั้งเดิมในน้ำที่เราจะใช้เตรียม (ค่าวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ)
3. ชนิดของกรดและธาตุอาหารที่ใช้เตรียม (คำนึงถึงราคาและความยากง่ายในการจัดหาและเก็บรักษา)

วิธีการคำนวณจะยึดหลักโดยให้ค่าความเข้มข้นของ NO_3, NH_4, และ HPO_4 คงที่ คือ 12.2, 2.2, และ 2.2 meq./l. ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง แต่อัตราส่วนร้อยละของ K: Ca: Mg จะต้องคงที่คือ 39.6: 47.6: 12.8

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกกล็อกซิเนีย

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามวิธีของ Coic-Leasint โดยใช้น้ำบาดาลที่ สจล. โดยเตรียมสารละลายทั้งหมด 5000 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stock Solution

เตรียมสารละลาย 25 ลิตร

Solution A ใส่ตามลำดับดังนี้	
1. ใส่น้ำ	10 l.
2. ใส่กรด HNO_3	1733 $cm.^3$
3. ใส่กรด H_3PO_4	456 $cm.^3$
4. ใส่ KNO_3	2333 $cm.^3$
5. ใส่ $MgSO_4$	571.9 g.
6. ใส่ Ammonium molybdate $(NH_4)\ MoO_4$ (45% Mo)	0.25 g.
7. ใส่ Boric acid H_3BO_3 (17% B)	7.5 g.
8. ใส่ Manganess sulphate $MnSO_4.7H_2O$ (24% Mn)	10 g.
9. ใส่ Zinc Sulfate $ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn)	5 g.
10. ใส่ Copper sulfate $CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	1.25 g.
11. ใส่น้ำให้ครบ	25 l.
* รายการที่ 5 ถึง 9 ให้ละลายในน้ำก่อน 5 ลิตร คนให้ละลาย	
Solution B ใส่ตามลำดับดังนี้	
1. ใส่น้ำ	10 l.
2. ใส่กรด	8.7 l.
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2$	2146 g.
4. ใส่ Fe-EDTA (6% Fe) โดยละลายในน้ำ 6 ลิตรก่อน	187 g.
หรือ Fe-EDTA (4.5% Fe) โดยละลายในน้ำ 3 ลิตรก่อน	250 g.

เมื่อจะนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1 : 200

แล้วเอา Solution A และ B มาปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conductivity 1 mS./cm. ใช้ Solution A และ B มาอย่างละ 70 cc. เติมน้ำให้ครบ 100 ลิตร

Conductivity 2 mS./cm. ใช้ Solution A และ B มาอย่างละ 540 cc. เติมน้ำให้ครบ 100 ลิตร

Conductivity 3 mS./cm. ใช้ SOlution A และ B มาอย่างละ 800 cc. เติมน้ำให้ครบ 100 ลิตร

แล้วทำการปรับค่า pH ให้ได้ 5.8-6.0

[น้ำที่ใช้นี้เป็นน้ำบาดาลมีค่า Conductivity เท่ากับ 0.87 mS./cm. และค่า pH เท่ากับ 7.5]

4. วิธีการให้สารละลาย

ในการทดลองนี้จะให้สารละลายธาตุอาหารนิ่งตลอดเวลา โดยมีปั๊มลมให้อากาศอยู่ภายในสารละลายธาตุอาหาร สารละลายจะใส่ช่องละ 20 ลิตร แล้วจะวัด pH และ Conductivity ของสารละลายสัปดาห์ละครั้ง เมื่อ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นจะเติมกรด HNO_3 ลงไป ปรับ pH ให้ได้ 5.8-6.0 และปรับค่า Conductivity ตามค่าที่กำหนดไว้แต่ละช่อง โดยการเติมสารละลายเข้มข้นหรือเติมน้ำ ถ้ามีค่า Conductivity ต่ำและสูงกว่าที่กำหนดตามลำดับ และจะเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่ประมาณ 1 ครั้ง / 45 วัน

5. การให้แสง

เนื่องจากกล็อกซิเนียเป็นไม้ร่ม แสงมีความเข้มสูงเกินไปจะเป็นอันตราย ในการทดลองใช้เครื่องวัดแสง วัด ณ. ที่ตำแหน่งต้นไม้จะมีค่าประมาณ 1750 Lux

6. การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

เนื่องจากทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจึงทำให้ไม่มีโรคและแมลงรบกวนจนก่อให้เกิดปัญหา

7. การบันทึกข้อมูล

- ความสูงของต้น (ซม. ทุกสัปดาห์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความกว้างของใบ (ซม.)
- ความยาวของใบ (ซม.)
- จำนวนการแตกกิ่ง
- จำนวนใบ
- จำนวนการออกดอก
- การให้คะแนนการเจริญเติบโต
- ค่า Conductivity และ pH ทุกสัปดาห์

8. สถานที่ทำการทดลอง

ณ. ห้องปฏิบัติการ Hydroponic คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลการทดลอง

จากศึกษาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ Hydroponic โดยใช้ค่า Conductivity เท่ากับ 1, 2, 3 mS./cm. ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล็อกซิ-เนีย

1. จำนวนดอกของกล็อกซิเนีย

จากตารางที่ 5 จะพบว่าจำนวนดอกเฉลี่ยของกล็อกซิเนียที่มากที่สุด คือ ใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.) มี 9 ดอก และ Treatment ที่ให้ค่าจำนวนดอกเฉลี่ยรองลงมาตามลำดับคือ Treatment ที่ 3 (ค่า Conductivity เท่ากับ 3 mS./cm.) มี 6.25 ดอก และ Treatment ที่ 1 (ค่า Conductivity เท่ากับ 1 mS./cm.) มี 4.5 ดอก จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าจำนวนดอกเฉลี่ยของกล็อกซิเนียเมื่ออายุหลังจากย้ายปลูก 48, 76, และ 91 วัน จะมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่ออายุได้ 62 วัน จะมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. ความสูงของกล็อกซิเนีย

จากตารางที่ 6 จะพบว่าความสูงเฉลี่ยของกล็อกซิเนียที่มากที่สุดคือใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm) สูง 7 cm. มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3. จำนวนใบของกล็อกซิเนีย

จากตารางที่ 6 จะพบว่าจำนวนใบเฉลี่ยของกล็อกซิเนียที่มากที่สุดคือใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.) มี 33.5 ใบ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ความยาวของใบ

จากตารางที่ 6 จะพบว่าความยาวของใบกล็อกซิเนียที่มากที่สุดคือใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.) โดยยาว 12.25 cm. มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

5. ความกว้างของใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 6 จะพบว่าความกว้างของใบกล็อกซิเนียที่มากที่สุดคือใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.) กว้าง 9.125 cm. มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

6. การแตกกิ่งของกล็อกซิเนีย

จากตารางที่ 6 จะพบว่าการแตกกิ่งของกล็อกซิเนียที่มากที่สุดคือใน Treatment ที่ 2 (ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm.) มี 3 กิ่ง และจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

7. การให้คะแนนการเจริญเติบโต

จากตารางที่ 7 จะพบว่าคะแนนเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียที่สูงที่สุดเมื่ออายุได้ 51 วัน คือ Treatment ที่ 2 (ค่า EC.= 2 mS./cm.) เท่ากับ 4.2 คะแนนรองลงมาตามลำดับ คือ Treatment ที่ 1 (ค่า EC. = 1 mS./cm.) เท่ากับ 2.7 และ Treatment ที่ 3 (ค่า EC. = 3 mS./cm.) เท่ากับ 2.05 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของการเจริญเติบโตที่สูงที่สุดเมื่ออายุได้ 76 วัน คือ Treatment ที่ 2 (ค่า EC. = 2 mS./cm.) เท่ากับ 4.4 คะแนนรองลงมาตามลำดับ คือ Treatment ที่ 1 (ค่า EC. = 1mS./cm.) เท่ากับ 3.15 และ Treatment ที่ 3 (ค่า EC. = 3 mS./cm.) และคะแนนเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียที่สูงสุดเมื่ออายุได้ 91 วัน คือ Treatment ที่ 2 (ค่า EC. = 2 mS./cm.) เท่ากับ 4.7 คะแนนรองลงมาตามลำดับ คือ Treatment ที่ 1 (ค่า EC = 1 mS./cm.) เท่ากับ 3.25 และสุดท้ายคือ Treatment ที่ 3 (ค่า EC. = 3 mS./cm.) เท่ากับ 2.8 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคะแนนเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุหลังย้ายปลูก 51, 76, และ 91 วัน จะมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของกล็อกซิเนีย ที่ปลูกในระบบ Hydroponic เมื่ออายุ 48, 62, 76, 91 วัน

Treatment	ระยะการเจริญเติบโต (วัน)			
	48*	62**	76*	91*
Treatment ที่ 1	0.5^{ab}	2.5^{ab}	3.75^{ab}	4.5^{b}
Treatment ที่ 2	1.5^{a}	4.75^{a}	7.25^{a}	9^{a}
Treatment ที่ 3	0^{b}	0^{b}	2.75^{b}	6.25^{ab}

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของความสูง (cm.), จำนวนใบ, ความยาวและความกว้างใบ (cm.), และการแตกกิ่งของต้นกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน

Treatment	ความสูง** (cm.)	จำนวนใบ*	ความยาวใบ** (cm.)	ความกว้างใบ* (cm.)	การแตกกิ่ง^{NS}
T_1	5.875^{b}	20.75^{b}	10.625^{b}	7.375^{b}	1.5
T_2	7^{a}	33.5^{a}	12.25^{a}	9.125^{b}	3
T_3	6.75^{ab}	22.75^{ab}	10.5^{b}	7.75^{a}	1.75

NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) ของการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 51, 76, 91 วัน

Treatment	ระยะเจริญเติบโต (วัน)		
	51**	76**	91**
Treatment ที่ 1	2.7^{ab}	3.15^{b}	3.25^{b}
Treatment ที่ 2	4.2^{a}	4.4^{a}	4.7^{a}
Treatment ที่ 3	2.05^{b}	2.5^{b}	2.8^{b}

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

หมายเหตุ: การกำหนดการให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย (ดูจากจำนวนดอก ลักษณะทรงพุ่ม จำนวนใบ ความอุดมสมบูรณ์ของต้น)

คะแนน 5 การเจริญเติบโตดีมาก

คะแนน 4 การเจริญเติบโตดี

คะแนน 3 การเจริญเติบโตปานกลาง

คะแนน 2 การเจริญเติบโตน้อย

คะแนน 1 การเจริญเติบโตน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ Hydroponic โดยการย้ายกล้าจากขวดเพาะเลี้ยงเยื่อโดยตรง เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมมากในการย้ายต้นกล้าออกจากขวดเพาะเลี้ยง โดยทั่ว ๆ ไปการย้ายกล้าจากขวดเพาะเลี้ยงจะย้ายลงในดินหรือวัสดุปลูกที่เป็นของแข็งโดยตรง ซึ่งกล้าเมื่อย้ายใหม่ ๆ จะมีความอ่อนแอมาก ยิ่งเมื่อรากได้รับการกระทบกระเทือนจากการกลบด้วยวัสดุปลูกหรือดิน ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำมาก แต่การย้ายปลูกในระบบ Hydroponic รากพืชจะกระทบกระเทือนน้อยมาก เพราะว่ารากจะแช่อยู่ในน้ำยาโดยตรงทำให้การย้ายปลูกต้นกล็อกซิเนียมีอัตราการรอดตายสูงถึง 100%

ในการทดลองนี้ปลูกโดยอาศัยหลอดไฟฟ้าแทนแสงอาทิตย์โดยจัดให้มีความเข้มของแสงเหมาะสมกับความต้องการแสงของกล็อกซิเนีย

จากการทดลองโดยวัดจากความสมบูรณ์ของต้นกล็อกซิเนียพบว่า ค่า EC. ที่เหมาะสมเท่ากับ 2 mS./cm. ส่วนค่า EC. เท่ากับ 1 mS./cm. เมื่อปลูกไปได้ประมาณ 1 เดือน พืชจะแสดงอาการใบด่างเนื่องจากการขาดธาตุอาหารพืชอย่างเด่นชัด แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายน้อยเกินไป ส่วนค่า EC. เท่ากับ 3 ms./cm. พืชจะแสดงอาการใบมีสีเขียวเข้มจัด และใบเล็ก ซึ่งคงเป็นผลเนื่องมาจากความเค็มของสารละลายมากเกินไป (ความเข้มข้นมากเกินไป) ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย ส่วนที่ระดับ EC. เท่ากับ 2 mS./cm. เป็นระดับที่กล็อกซิเนียเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพอดีจึงมีผลให้จำนวนดอกมาก ส่วน EC. เท่ากับ 1, 3 mS./cm. มีจำนวนดอกน้อย ความคงทนของดอก EC. 2 และ 3 mS./cm. สามารถอยู่ได้นานกว่าค่า EC. เท่ากับ 1 mS./cm. ซึ่งมีกลีบดอกบาง ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากมีแร่ธาตุอาหารอยู่มากกว่าก็เป็นได้

ส่วนเรื่องวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองควรมีการปรับปรุงให้ภาชนะที่ใส่มีความคงทนมากกว่านี้ เนื่องจากการทดลองนี้ใช้โฟมตัดและประกอบเป็นรูปทรงด้วยกาวลาเท็กซ์ นอกจากนี้ในเรื่องของพลาสติคดำที่ใช้ในการคลุมภาชนะและรองรับสารละลายธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร มีความบางมากจึงทำให้เกิดการรั่วซึมได้ ดังนั้นจึงควรใช้พลาสติคดำที่หนาและมีความยืดหยุ่นบ้าง

ในการทดลองนี้จะมีตะไคร่ขึ้นอยู่บนผิวโฟมเป็นจำนวนมาก เนื่องมาจากขณะที่ให้อากาศจะมีฟองของสารละลายธาตุอาหารกระเด็นขึ้นไปทางด้านบนของแผ่นโฟมซึ่งจะถูกแสงจากหลอดไฟ ทำให้พวกตะไคร่ต่าง ๆ เจริญเติบโตได้ ซึ่งอาจจะแก้ไขได้โดยตัดแผ่นโฟมให้ปิดสายต่าง ๆ ได้พอดีไม่ให้เกิดช่องว่าง

ปกติกล็อกซิเนียเป็นพืชหัว แต่ในการทดลองปลูกแบบไม่ใช้ดินจะไม่เกิดหัวขึ้นเลย ดังนั้นในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในระบบ Hydroponic ควรจะทำการปรับปรุงบางอย่างให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สรุปผลการทดลอง

การปลูกพืชในระบบ Hydroponic เป็นการปลูกพืชในน้ำที่ผสมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยน้ำอยู่นิ่งไม่ไหลเวียน ระบบนี้จะใช้ภาชนะบรรจุน้ำผสมสารละลายธาตุอาหารพืช โดยมีปั๊มลมเพื่อเพิ่มอ๊อกซิเจนให้แก่รากพืช ในการทดลองปลูกกล็อกซิเนียนี้เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตเบื้องต้น ซึ่งพบว่าระบบนี้มีความเป็นไปได้ในประเทศไทย ซึ่งสามารถปลูกโดยใช้ค่า Conductivity ของสารละลายธาตุอาหารพืช 1-3 mS./cm. พืชสามารถเจริญเติบโตจนถึงออกดอกได้ แต่การปลูกโดยใช้ค่า Conductivity เท่ากับ 2 mS./cm. ทำให้มีการเจริญของกล็อกซิเนียดีที่สุด โดยมีจำนวนใบ ,จำนวนดอก, การแตกกิ่ง, ความกว้างของใบ, ความยาวของใบ, การจัดเรียงของใบมีระเบียบได้ดีกว่าค่า Conductivity เท่ากับ 1 และ 3 mS./cm. มาก

ข้อเสนอแนะบางประการในการปลูกกล็อกซิเนียในระบบ Hydroponic

1. ภาชนะบรรจุที่ใช้นี้อาจทำได้หลายอย่างตามความเหมาะสมของพืช ความคงทน ความสวยงาม แต่ควรเป็นภาชนะทึบแสง

2. โรงเรือน การปลูกพืชไม่ใช้ดินควรจะใช้โรงเรือนที่ได้มาตรฐาน

3. ควรใช้ระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อที่จะควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับพืช เช่น การปรับ pH, Conductivity, การให้สารละลายธาตุอาหาร, แสง, อุณหภูมิ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คึกฤทธิ์ ปราโมช. 2520. คึกฤทธิ์กับดอกไม้. สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 21 วันอาทิตย์ ที่ 20 พฤศจิกายน 2520.

ถวิล ครุฑกุล. 2530. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี (Soil and Plant Chemical Analysis). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และสรสีทธิ์ วัชโรทยาน. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย 10(1); 59-66.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, สุรเดช จินตกานนท์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (Soil and Plant Analysis). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มิถุนายน 2532.

นันทิยา สมานนท์. 2526. คู่มือการปลูกไม้ดอก. พิมพ์ครั้งที่ 2. ธันวาคม 2526. หน้า 141-152

ปิฏฐะ บุคนาค. 2529. ไม้ดอกไม้ประดับ. บรรณกิจ, กรุงเทพฯ. 305-308

พรชัย จุฑามาศ และวิบูลย์ บุณส่งศรี. 2531. การปลูกพืชปราศจากดิน. วารสารดินและปุ๋ย 10(2); 92-96.

มนตรี ค้ำชู. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการดินและปุ๋ยครั้งที่ 6 วันที่ 20 พฤษภาคม 2531 ณ. ห้องประชุมชั้น 2 ตึกดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

ยุกติ สาริกะภูติ. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย 10(4); 284-291.

ลัดดา ปกินนกะ. เทคนิคการปลูกพืชด้วยน้ำยาธาตุเคมี. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2529. การปลูกพืชในน้ำยา: ความหวังใหม่เพื่อการผลิตอาหาร. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ปีที่ 29 ฉบับที่ 10288 วันที่ 2 เมษายน 2529. หน้า 8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมเนียร เกษมทรัพย์. 2522. การปลูกไม้ดอก (Introduction to Floriculture) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สิงหาคม 2522.

สมเนียร เกษมทรัพย์. 2526. ไม้ดอกกระถาง (Flowering Pot Plants). พิมพ์ครั้งที่ 2. สิงหาคม 2526. หน้า 151-164.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. วารสารพระจอมเกล้าฯ ปีที่ 8 ฉบับที่1. วิธีการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. หน้า 29-39.

Asher, C.J. and D.G, Edwards. 1976. Hydroponics for biginner. Dept. of Agric, Univ., of Qld., Australia.

Anonymus, 1979. Comercial Applications of NFT. Grower books, London, 98 p.

Benoit, F. and N, Ceustermans. 1985. Basic Principles of Nutrient Film Technique (NFT) For Grasshouse Vegetable, 13 p.

Benoit, F. and N, Ceustermans. 1988. Poly - Urethane ether foam (PU) as and ecologycally sound growing substrate. Soilless culture, 4(1): 3-17.

Broyer, C. Theodore. 1983. Hydroponics. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technolog. New York. 762-765 p.

Cooper, A. 1982. Nutrient Film Technique. Grower Book, London. 93 p.

Hewitt, E.J. 1966. Sand and Water culture methods uses in the study of plant nutrient. Common-wealth Bureau Hort. and plantation Crop Tech. Communication No.22 (Reviswd) Common-wealth Agric. Bureau, East Malling, Kent. U.K.

Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Experimente Station Circular 347. Berkely.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lim, E.S. 1985. Development of a NFT system of soilless culture for the tropics. Pertanika 8, 135-144.

Pak Chong chong and Tadashi Ito. 1982. Growth, Fruit Yield and Nutrient Absorption of Tomato Plant as Influenced by Solution Temperature in NFT. J. Japan. Sci. 51(1): 44-50. 1982.

Resh M. Harward. 1978. Hydroponic Food Production. Wood bride press publishing Company. 355 p.

Schwarz, M. 1968. Guide to commercial hydroponic (Israel University).

Sholto Douglas, I. 1972. Beginners Guide to hydroponics (Pelham Books)

Steiner, A.A. 1979. The development of soilless culture and introduction to the Congress. Proc. Fourth Int. Congr. on soilless culture, pp. 21-39. The Secretariat of ISOCC. Wageningen, The Netherlands.

Verdonck, O, 1986. Research on the usability of Poly - Urethane blocks. Tuinbouwmagazine, 4(7): 49-50.

Verloo, M.1985. Analyseverslag 25-11-1985. State Univ. Gent, Fac. Agr. Sci., Lab. Anal. and Agr. Chem., pp 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 48 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	0	0	0	2	0.5
2	0	2	2	2	1.5
3	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 48 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	4.66	2.33	3.5*	3.20	4.60
Error	9	6	0.66			
Total	11	11.66				

CV = 122.47%

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$LSD_{0.05}$ = 1.305

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นกล็อกซิเนีย หลังย้ายปลูกอายุ 48 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	1.5	0.5	0

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 62 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	0	1	4	5	2.5
2	1	7	5	6	4.5
3	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 62 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	45.16	2.33	5.38**	3.20	4.60
Error	9	37.75	0.66			
Total	11	82.91				

CV = 84.74%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 3.275

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นกล็อกซิเนีย หลังย้ายปลูกอายุ 62 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	4.75	2.5	0

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 76 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	2	4	5	4	3.75
2	3	12	7	7	7.25
3	3	2	4	2	2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 76 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	47.66	22.33	4.16*	3.20	4.60
Error	9	48.25	5.36			
Total	11	92.91				

CV = 50.51%

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$LSD_{0.05}$ = 3.703

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นกล็อกซิเนีย หลังย้ายปลูกอายุ 76 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	7.25	3.75	2.75

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงความสูงของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน (cm.)

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	6	6.5	5.5	5.5	5.875
2	7.5	6.5	6.5	7.5	7
3	6.5	6.5	7	7	6.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 Analysis of Variance แสดงความสูงหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	2.79	1.39	6.48**	3.20	4.60
Error	9	1.93	0.21			
Total	11	4.72				

CV = 7.09%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 0.741

$LSD_{0.01}$ = 1.065

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล็อกซิเนียที่อายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	7	6.75	5.875

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนใบของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	20	24	12	27	20.75
2	34	22	44	34	33.5
3	30	20	24	17	22.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 Analysis of Variance แสดงจำนวนใบหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	376.16	188.08	3.64*	3.20	4.60
Error	9	464.5	51.61			
Total	11	840.66				

CV = 27.98%

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$LSD_{0.05}$ = 11.49

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นกล็อกซิเนียที่อายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	33.5	22.75	20.75

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงจำนวนดอกของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	6	5	5	2	4.5
2	12	11	5	8	9
3	4	8	7	6	6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 Analysis of Variance แสดงจำนวนดอกหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	41.16	20.58	3.87*	3.20	4.60
Error	9	47.45	5.30			
Total	11	88.91				

CV = 34.98%

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$LSD_{0.05}$ = 3.684

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	9	6.25	4.5

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงการแตกกิ่งของกล็อกซิเนียหลังจากย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	1	2	0	3	1.5
2	3	1	5	3	3
3	3	1	3	0	1.75

ตารางที่ 21 Analysis of Variance แสดงการแตกกิ่งหลังย้ายปลูกเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	5.16	2.58	1.77^{NS}	3.20	4.60
Error	9	16.75	2.19			
Total	11	24.91				

CV = 71.10%

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 51 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	2.6	2.8	2.6	2.8	2.7
2	3.2	5	4.2	4.4	4.2
3	2.4	1.8	2.6	1.4	2.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	9.72	4.86	16.64**	3.20	4.60
Error	9	2.63	0.29			
Total	11	12.35				

CV = 18.11%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 0.864

$LSD_{0.01}$ = 1.241

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าฉลี่ยการให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 51 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	4.2	2.7	2.05

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 76 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	2.6	3	3.2	3.8	3.15
2	3.8	5	4.6	4.2	4.4
3	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 76 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	7.46	3.73	21.11	3.20	4.60
Error	9	1.58	0.17			
Total	11	9.04				

CV = 12.54%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 0.671

$LSD_{0.01}$ = 0.964

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนการเจริญเติบโตกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 76 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	4.4	3.15	2.5

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 แสดงการให้คะแนน (เฉลี่ย) การเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 76 วัน

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	2.6	3.6	3.6	3.2	3.25
2	4	5	4.8	5	4.7
3	3	2.8	2.8	2.6	2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27 Analysis of Variance การให้คะแนนการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	7.88	3.94	24.81**	3.20	4.60
Error	9	1.42	0.15			
Total	11	9.30				

CV = 11.12%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 0.635

$LSD_{0.01}$ = 0.913

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนการเจริญเติบโตกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	4.7	3.25	2.8

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 แสดงความกว้างใบของต้นกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน (cm.)

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	7.5	7	7.5	7.5	7.375
2	9	9.5	9	9	9.125
3	6.5	8.5	8	8	7.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 Analysis of Variance แสดงความกว้างใบกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	6.79	3.39	11.64**	3.20	4.60
Error	9	2.62	0.29			
Total	11	9.41				

CV = 6.68%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 0.862

$LSD_{0.01}$ = 1.239

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างใบกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	9.125	7.75	7.375

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 30 แสดงความยาวใบของต้นกล็อกซิเนีย เมื่ออายุ 91 วัน (cm.)

Treatement	Replication				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	10.5	11	10.5	10.5	10.625
2	12.5	12	12	12.5	12.25
3	9	11.5	11	10.5	10.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 31 Analysis of Variance แสดงความยาวใบกล็อกซิเนียเมื่ออายุ 91 วัน

Source	df	SS	Ms	Fo	F.test	
					5%	1%
Treatment	2	7.62	3.81	8.71**	3.20	4.60
Error	9	3.93	0.43			
Total	11	11.55				

CV = 5.94%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$LSD_{0.05}$ = 1.057

$LSD_{0.01}$ = 1.519

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความยาวใบของกล็อกซิเนียที่อายุ 91 วัน

Treatment	2	1	3
ค่าเฉลี่ย (x)	12.25	10.625	10.5

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ไม่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32 แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายสัปดาห์ที่ 1 (4 ธันวาคม 2533)

Treatment	Replication									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH
1	1.09	7.80	1.09	7.70	1.09	7.92	1.13	7.76	1.10	7.81
2	1.95	6.75	1.90	6.68	1.96	6.73	1.95	6.63	1.94	6.58
3	2.82	6.55	2.75	6.40	2.86	6.12	2.75	6.38	2.79	6.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 33 แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายสัปดาห์ที่ 4 (25 ธันวาคม 2533)

Treatment	Replication									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH
1	1.37	6.98	1.25	7.28	1.37	7.64	1.34	6.86	1.33	7.19
2	2.26	5.14	2.17	5.50	2.22	5.87	2.23	5.77	2.22	5.57
3	3.16	4.51	3.17	5.87	3.52	5.63	3.24	4.45	3.27	5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 34 แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายสัปดาห์ที่ 7 (15 มกราคม 2534)

Treatment	Replication									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH
1	1.49	7.90	1.28	7.85	1.44	8.01	1.46	7.83	1.41	7.89
2	2.45	6.19	2.29	6.21	2.36	6.21	2.49	6.34	2.39	6.23
3	3.49	5.21	3.56	5.81	3.83	6.24	3.94	5.56	3.70	5.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 35 แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายสัปดาห์ที่ 10 (10 กุมภาพันธ์ 2534)

Treatment	Replication									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH
1	1.17	8.13	1.21	8.07	1.13	8.15	1.18	7.88	1.17	8.05
2	2.14	6.45	2.11	6.63	2.10	6.56	2.17	6.58	2.13	6.55
3	2.91	5.02	2.86	5.85	2.80	6.08	2.83	5.88	2.84	5.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 36 แสดงค่า Conductivity และ pH ของสารละลายสัปดาห์ที่ 13 (26 กุมภาพันธ์ 2534)

Treatment	Replication									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH	EC.	pH
1	1.46	7.01	1.28	6.91	1.21	7.32	1.25	7.00	1.3	7.06
2	2.32	6.92	2.33	7.00	2.32	6.60	2.36	6.61	2.33	6.78
3	3.12	5.39	3.19	5.68	2.95	6.40	3.05	6.12	3.07	5.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 37 แสดงส่วนประกอบของสารละลายเริ่มต้น : ต่อปริมาตร 10 ลิตร สำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร 1000 ลิตร

SALT	TOMATO/BUTTERHEAD LETTUCE (Cooper, 1979)		CUCUMBER (ANONYMUS, 1977)	
	g.	ppm.	g.	ppm.
SOLUTION A				
Calcium nitrate : $Ca(NO_3)_2.4H_2O$	988	168 Ca 117 N	637	108 Ca 76 N
Potassium nitrate : KNO_3	658,1	254 K 91 N	256	97 K 35 N
Ammonium nitrate : NH_4NO_3			40	14 N
Sequestrene 138-Fe (50% Fe-EDDHA)	84	5,3 Fe	5,6	0,4 Fe
SOLUTION B				
Potassium phosphate KH_2PO_4	272	78 K 62 P	125	36 K 28 P
Potassium sulphate K_2SO_4			261	117 K
Magnesium sulphate $MgSO_4.7H_2O$	496,6	49 Mg	128	13 Mg
Manganese sulphate $MnSO_4.5H_2O$	6,154	2 Mn	1,6	0,5 Mn
Copper sulphate $CuSO_4.5H_2O$	0,275	0,07 Cu	0,12	0,03 Cu
Zinc sulphate $ZnSO_4.7H_2O$	0,308	0,07 Zn	1,1	0,25 Zn
Ammonium molybdate $(NH_4)6Mo7O_{24}.4H_2O$	0,092	0,05 Mo		
Sodium molybdate $Na2_{MoO}4.2H^2O$			0,12	0,047 Mo
Boric acid H_3BO_3	1,714	0,3 B	1,7	0,3 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SALT	TOMATO		CUCUMBER	
	g.	ppm.	g.	ppm.
SOLUTION A				
Calcium nitrate : $Ca(NO_3)_2.4H2_0$	395,5	67 Ca 47 N	787	113 Ca 93 N
Potassium nitrate : KNO_3	360	147 K 51 N	360	147 K 51 N
Sequestrene 138-Fe (50% Fe-EDDHA)	23,774	1,5 Fe	47,547	3 F
SOLUTION B				
Potassium Phosphate : KH_2PO_4	-	-	-	-
Magnesium sulphate : $MgSO_4.7H_2O$	329	32 Mg	329	32 Mg
Manganese sulphate : $MnSO.H_2O$	1,539	0,5 Mn	3,078	1 Mn
Copper sulphate : $CuSO_4.5H_2O$	0,275	0,07 Cu	0,275	0,07 Cu
Zinc sulphate : $ZnSO_4.7H_2O$ (1)	0,308	0,07 Zn	0,308	0,07 Zn
Ammonium Molybdate : $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$ (2)	0,092	0,05 Mo	0,092	0,05 Mo
Boric acid : H_3BO_3	1,714	0,3 B	1,714	0,3 B

(1) $ZnSO_4.7H_2O$ is not longer mentioned in Commercial Applications of NFT. Grower Books 1978.

(2) 0,12 g. $Na_2MoO_4.2H_2O$ per 1000 l. nutrient solution gives 0,047 ppm. Mo

ตารางที่ 38 แสดงส่วนประกอบที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารปริมาตร 1000 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงการปลูกโดยย้ายกล้าก็อกซิเนียลงปลูกในแท่ง Poly-Urethane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 แสดงการปลูกคล็อกซิเนียในสารละลายมีความเข้มข้น 1 mS./cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงการปลูกกล็อกซิเนียในสารละมีความเข้มข้น 2mS./cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 แสดงการปลูกกล็อกซีเนียในสารละลายมีความเข้มข้น 3 mS./cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 แสดงการปลูกกล็อกซิเนียโดยระบบ Hydroponic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงการปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ Hydroponic (โดยใช้หลอดไฟฟ้า)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้