1213

14381

เรื่อง

การสร้างและเปรียบเทียบระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Construction and Comparison of Automated Irrigation System in Soilless Culture

T099808

โดย

นางสาว ดาวรุ่ง สังข์ทอง

นางสาว ปริญญา จารุปริญญารัตน์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ)

ปพ.
ต144ก
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99808
วัน,เดือน,ปี.....

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 15 เดือน ...... พ.ศ. 35

ปพ.
ต 441ก
2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทางอาจารย์ ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ปรึกษาวิชาความรู้ต่างๆ ตลอดเวลาการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองครั้งนี้ จนกระทั่งปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ กรุณาให้แนวความคิด ให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ให้คำแนะนำในการทำวิเคราะห์พืชครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณสำราญ ช้างน้อย ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช รุ่น'17 ตลอดจนน้องๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัว ที่ให้ความห่วงใยและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ดาวรุ่ง สังข์ทอง
ปริญญา จารุปริญญารัตน์
มีนาคม 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร ท้องสมุด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การสร้างและเปรียบเทียบระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Construction and Comparison of Automated Irrigation System in Soilless Culture

บทคัดย่อ

ทำการสร้างและทดสอบเครื่องควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยใช้มะเขือเทศเป็นพืชทดสอบ ปลูกบนแท่ง Rock wool มีการให้น้ำแบบน้ำหยด เครื่องมือที่ใช้มี 3 ชนิด คือ 1. เครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งอาศัยการชั่งน้ำหนักของแท่ง Rock wool บนหมอนน้ำ (hydraulically weighed lysimeter) เมื่อพืชคายน้ำและน้ำหนักของแท่ง Rock wool ลดลงถึงระดับที่กำหนดไว้เครื่องมือจะเริ่มทำการให้น้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้จะถูกควบคุมด้วยเวลาที่ตั้งไว้ 2. Timer อาศัยเครื่องตั้งเวลาเป็นนาทีและเครื่องตั้งเวลาในรอบวัน เมื่อถึงเวลาที่กำหนดเครื่องมือจะเริ่มทำการให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ให้จะถูกควบคุมด้วยเวลาที่ตั้งไว้ 3. เครื่องวัดการระเหย อาศัยการระเหยของน้ำผ่านแท่ง porous เมื่อน้ำระเหยผ่านแท่ง porous ถึงระดับที่กำหนดไว้ เครื่องมือจะเริ่มทำการให้น้ำ ปริมาณน้ำที่ให้จะถูกควบคุมด้วยเวลาที่ตั้งไว้

จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, น้ำหนักผลผลิต, ความสูง, % N, และ uptake N, % P และ uptake P แต่พบว่าปริมาณการใช้น้ำเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้คือ Timer > เครื่องวัดการระเหย > เครื่องชั่งน้ำหนัก โดย Timer จะมีปริมาณการให้น้ำสูงสุดคือ 72.91 ลิตร/ต้น และรองลงมาคือเครื่องวัดการระเหย จะมีปริมาณการให้น้ำสูงสุด 58.03 ลิตร/ต้น และเครื่องชั่งน้ำหนักจะมีปริมาณการให้น้ำ 54.16 ลิตร/ต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
ผลการทดลอง	31
วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าวิเคราะห์พืชเฉลี่ย และ ความสูงของพืช ในช่วงวันที่ 29 พ.ย. 34 - 27 ธ.ค. 34	39
2	Analysis of variance for percent of water in plant (%)	40
3	Analysis of variance for % nitrogen in stem (%)	41
4	Analysis of variance for % nitrogen in fruit (%)	42
5	Analysis of variance for % nitrogen in leaf (%)	43
6	Analysis of variance for uptake nitrogen (g/plant)	44
7	Analysis of variance for % phosphorus in stem (%)	45
8	Analysis of variance for % phosphorus in fruit (%)	46
9	Analysis of variance for % phosphorus in leaf (%)	47
10	Analysis of variance for uptake phosphorus (g/plant)	48
11	Analysis of variance for height (cm.)	49
12	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักสด ส่วนของพืชเหนือดิน	50
13	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักแห้ง ส่วนของพืชเหนือดิน	51
14	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักผลผลิตสด	52
15	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักผลผลิตแห้ง	53
16	แสดงข้อมูลการใช้น้ำของพืช (มะเขือเทศ)	54
17	แสดงข้อมูลของอุณหภูมิ, เครื่องวัดการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech , เครื่องวัดการระเหยผ่านแท่ง porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)	56
18	แสดงค่าความสูงของน้ำและน้ำหนักของน้ำที่มีความสัมพันธ์กัน	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการติดตั้งเครื่องควบคุมการให้น้ำในการปลูกพืชในถุงโดยไม่ใช้ดิน	20
2	แสดงตำแหน่งของต้นมะเขือเทศที่เก็บมาวิเคราะห์	21
3	แสดงองค์ประกอบของเครื่องชั่งน้ำหนัก	22
4	แสดงองค์ประกอบของเครื่องตั้งเวลา	23
5	แสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดการระเหย	24
6	แสดงการใช้น้ำเฉลี่ยในรอบ 5 วัน ตั้งแต่พืชอายุ 37 วัน ถึงอายุ 93 วัน	25
7	แสดงการใช้น้ำสะสมในรอบ 5 วัน ตั้งแต่พืชอายุ 37 วัน ถึงอายุ 93 วัน	26
8	แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำออกของ T_1, T_2, T_3	27
9	Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการระเหยของน้ำผ่านแท่ง Porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)	28
10	Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของน้ำผ่านแท่ง Porus กับการใช้น้ำของพืช	29
11	Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการใช้น้ำของพืช	30
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของน้ำกับน้ำหนักของน้ำที่เพิ่มขึ้น	59
13	แสดงการปลูกมะเขือเทศโดยไม่ใช้ดินในเรือนเพาะชำ	60
14	แสดงการตั้งชุดเครื่องมือจ่ายน้ำ	61
15	แสดงมิเตอร์วัดปริมาณน้ำที่ให้ระบบ	62
16	แสดงการวางรางรับน้ำที่เหลือจากการใช้น้ำของพืช	63
17	แสดงชุดเครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก	64
18	แสดงชุดเครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดย Timer	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	แสดงชุดเครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติแบบเครื่องวัดการระเหย	66
20	แสดงต้นมะเขือเทศที่ได้จากการให้น้ำโดยควบคุมการให้น้ำแบบชั่งน้ำหนัก	67
21	แสดงต้นมะเขือเทศที่ได้จากการควบคุมการให้น้ำแบบ Timer	68
22	แสดงต้นมะเขือเทศที่ได้จากการให้น้ำแบบวัดการระเหย	69
23	แสดงผลผลิตของมะเขือเทศ	70
24	แสดงขนาดของผลมะเขือเทศ	71
25	แสดงรากที่เกิดจากการปลูกมะเขือเทศโดยวัสดุปลูก	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการปลูกพืชให้ได้ผลผลิตสูง และน้ำจะต้องไม่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช คือปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชจะต้องไม่มากหรือน้อยเกินไป จนพืชแสดงอาการขาดน้ำ โดยเฉพาะการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เนื่องจากการแพร่กระจายของรากพืชเพื่อหาน้ำและธาตุอาหารจะถูกจำกัดโดยปริมาตรของภาชนะและวัสดุที่ใช้ปลูก ทำให้พืชมีโอกาสกระทบกระเทือนต่อสภาพการขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่ายกว่าพืชที่ปลูกในดินทั่วๆ ไป และการตอบสนองของพืชจะรุนแรงซึ่งมีผลให้ผลผลิตที่ได้ลดลงอย่างมากมาย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบดังกล่าวนี้ระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติ นอกจากจะช่วยในการให้น้ำอย่างเพียงพอต่อความต้องการของพืชแล้ว ยังช่วยประหยัดแรงงานในการรดน้ำ ประหยัดเวลาในการดูแลรักษา อีกทั้งยังสามารถปรับใช้กับการปลูกพืชได้เช่นเดียวกัน

ดางรุ่ง สังข์ทอง
ปริญญา จารุปริญญารัตน์
มีนาคม 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
2. เพื่อทดสอบระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติแบบต่างๆ
3. เพื่อเปรียบเทียบระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติในแง่ของประสิทธิภาพของการทำงานของระบบและในแง่การตอบสนองของพืช ทั้งในด้านการใช้น้ำและผลผลิตที่ได้
4. เพื่อศึกษาถึงการดูดใช้และการสะสมธาตุอาหารของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

การปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture)

เป็นวิธีการปลูกพืชโดยที่ไม่ต้องพึ่งพาอาศัยดิน แต่ใช้วัสดุอื่นๆ แทนดิน เช่น ปลูกในน้ำยา ทราย กรวด ขี้แกลบ Rockwool ฯลฯ โดยให้สารละลายอาหารที่พืชจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตแก่รากโดยตรงจะทำการผสมไปกับน้ำในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่พืชต้องการอาศัยจากดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกพืชในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่น ในดินที่มีคุณภาพต่ำมาก มีสิ่งต่างๆขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความเค็มสูง เป็นกรดจัด หรือมีโรคระบาดในดิน และน้ำขาดแคลนเป็นต้น นอกจากนี้ยังเพื่อควบคุมคุณภาพ ปริมาณ ระยะเวลาของผลผลิตเพื่อให้ได้ตามความต้องการของตลาด (มนตรี, 2531)

พรชัยและวิบูลย์ (2531) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยวิธี Hydroponic เป็นวิธีการปลูกพืชที่เก่าแก่ มีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ดังจะเห็นได้จากการทำสวนลอย (Hanging gardens) ของชาวบาบิโลน สวนลอยของพวกชาวเอชเทคในเม็กซิโก ชาวจีน และชาวตะวันออกไกล เป็นต้น นอกจากนี้จากหลักฐานการบันทึกทางประวัติศาสตร์ของชาวอียิปต์ยังได้มีการกล่างอ้างถึงการปลูกพืชในน้ำเมื่อประมาณหลายร้อยปีก่อนคริสต์ศักราชอีกด้วย

"Hudroponic" มาจากภาษีกรีก 2 คำ คือ "Hydor" ซึ่งแปว่า "น้ำ" และ "Ponos" ซึ่งแปลว่า "การทำงาน" ดังนั้นทั้ง 2 คำรวมกันจึงมีความหมายว่า "การทำงานด้วยน้ำ" นั่นเอง โดยมีนักวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ที่ทำการศึกษาในเรื่องนี้มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1859 คือ Sachs และ Knop

มนตรี (2531) ได้แบ่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soiless culture) ออกเป็นประเภทดังต่อไปนี้

1. ปลูกโดยให้รากลอยอยู่ในอากาศ ระบบนี้สารละลายอาหารพืชจะถูกพ่นให้แก่รากของต้นพืชโดยตรง ซึ่งจังหวะการพ่นจะต่อเนื่องกันไปตามความชื้นในอากาศที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปลูกในวัสดุเครื่องปลูก ระบบนี้ต้องอาศัยวัสดุเครื่องปลูกต่างๆ เป็นที่รากยึดเพื่อค้ำจุนต้นเมื่อมีการเจริญเติบโตมากขึ้น และช่วยอุ้มน้ำบ้างเล็กน้อย แต่วัสดุปลูกพืชมักจะเป็นกลางไม่ดูดสารละลายอาหารพืช ระบบนี้นิยมให้สารละลายอาหารพืชพร้อมกับการให้น้ำแบบหยด โดยจะควบคุมการให้น้ำและสารละลายอาหารพืชให้พอดีกับที่พืชต้องการใช้ ระบบปลูกพืชในวัสดุปลูกนี้จะนิยมกันมากเพราะสะดวก ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพสารอาหารที่ให้ใหม่ วัสดุปลูกที่นิยมใช้ได้แก่ ทราย กรวด ขี้แกลบ ขุยมะพร้าว ใยสังเคราะห์

3. ปลูกโดยให้รากจมอยู่ในน้ำที่ผสมสารละลายธาตุอาหาร ระบบนี้นิยมมากกว่าแบบอื่นๆ ซึ่งสามารถแยกได้อีกหลายวิธี เช่น

3.1 การปลูกพืชในน้ำที่ผสมสารละลายธาตุอาหารพืช โดยน้ำอยู่นิ่งไม่ไหลเวียน ระบบนี้ต้องมีปั๊มลมเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่รากพืช

3.2 การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีการไหลเวียนตลอดเวลา โดยรากพืชจะเจริญเติบโตในภาชนะที่สารละลายไหลผ่าน ซึ่งมีทั้งระบบที่ปล่อยให้สารละลายทิ้งไปและระบบที่มีการนำสารละลายนั้นกลับมาใช้อีก ระบบนี้เป็นระบบที่นิยมนำมาทำเป็นการค้ามากที่สุด

ความจำเป็นในการปลูกพืชแบบไร้ดิน

ปิฏฐะ (2527) ให้ความเห็นว่า ความจำเป็นที่ต้องปลูกพืชในน้ำยานั้น เนื่องจากในสถานที่นั้นไม่สามารถปลูกพืชตามธรรมชาติบนดินได้ ทั้งนี้บางฤดูในรอบปีหนึ่งๆ มีอากาศร้อนหรือหนาวจัด สภาพดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเลย คุณสมบัติทางกายภาพของดินไม่ดีพอที่จะให้พืชเจริญเติบโตได้ พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารในดินในบริเวณนั้นไปใช้ได้ เนื่องจากคุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ทำให้คุณสมบัติและปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน จากความจำเป็นดังกล่าวมาแล้ว จึงเห็นได้ว่าการปลูกพืชในน้ำยานั้นมีประโยชน์เฉพาะสถานที่บางแห่งเท่านั้น

Resh (1978) รายงานว่า การปลูกพืชไร้ดินเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับไส้เดือนฝอยโรคพืชที่ติดมากับดิน รวมถึงโครงสร้างของดินที่มีลักษณะเลวลงด้วย ซึ่งในปัจจุบันการปลูกพืชในระบบที่สามารถทำกำไรเป็นจำนวนมากในจังหวัดบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา 80% ของเนอร์เซอรี่ทั้งหมดได้นำระบบการปลูกพืชไร้ดินมาใช้เพื่อผลิตผักและไม้ดอกโดยใช้ขี้เลื่อย หรือทรายเป็นวัสดุปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัศนีย์ (2531) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับข้อดีของการปลูกพืชไม่ใช้ดินว่า พืชที่ปลูกจะมีโรคและแมลงรบกวนน้อย เพราะการปลูกพืชแบบนี้ที่ทำในเชิงการค้าจะทำในเรือนกระจกมิดชิด ใช้อุปกรณ์ควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ควบคุม ดังนั้นผลผลิตที่ได้จึงถูกหลักอนามัยปลอดสารพิษ สามารถปลูกพืชได้ในสภาพไม่มีดินหรือสภาพดินมีปัญหาต่อการปลูก ซึ่งมักให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในดินเพราะสามารถควบคุมหรือให้ปัจจัยต่างๆ แก่พืชได้ดีกว่าการปลูกพืชในดิน ส่วนข้อเสียนั้นก็คือ ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการจัดซื้ออุปกรณ์อัตโนมัติต่างๆ และกรณีเกิดโรคที่รากของพืช เชื้อโรคจากเชื้อราต่างๆ จะระบาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะรากแช่อยู่ในน้ำยาเดียวกัน

ทวัน (2532) รายงานการปลูกพืชไร้ดินในประเทศรัสเซียว่า สามารถผลิตแตงกวาได้ประมาณครั้งละ 60-80 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และสามารถปลูกได้ 3 ครั้งต่อปี ผลผลิตมะเขือเทศได้ประมาณ 23-35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งปลูกได้ 6 ครั้งต่อปี

พรชัยและวิบูลย์ (2531) รายงานการปลูกพืชไร้ดินในญี่ปุ่น โดยบริษัท KYWA ได้พัฒนาการปลูกมะเขือเทศในน้ำยาซึ่งให้ผลผลิตสูงถึง 12,000 ผลต่อต้น

Boyer (1983) กล่าวว่าการปลูกพืชไร้ดิน พืชจะเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวได้เร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชโดยใช้ดิน ในปริมาณสารละลายธาตุอาหารที่เท่ากัน การปลูกพืชแบบไร้ดินให้ผลผลิตสูงกว่าและผลผลิตมีความสม่ำเสมอมากกว่า เพราะความเข้มข้นของสารละลายและส่วนประกอบของธาตุอาหารที่ให้กับพืช สามารถปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของสารละลายได้ เช่น pH ของสารละลาย ปริมาณธาตุอาหาร พืชที่มีการใช้วิธีปลูกแบบไร้ดิน เช่น มะเขือเทศ มันฝรั่ง ข้าว ผักกาดหอม หัวบีท ในหลายสถานที่สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกบนดินอย่างเห็นได้ชัด

วัสดุปลูก

medium หมายถึงตัวกลางที่ใช้ในการเพาะปลูกพันธุ์ไม้ อาจเป็นดิน กรวด หิน ทราย ขี้เถ้าแกลบ ขี้อ้อย อย่างหนึ่งอย่างใดที่พันธุ์ไม้ใช้ยึดเกาะ เพื่อทรงต้นอยู่ได้เท่านั้น ส่วน inert medium หมายถึง media หรือตัวกลางที่ไม่มีปฏิกิริยาหรือมีแต่เฉื่อยช้า ไม่รวดเร็วใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงรูปสมบัติและคุณสมบัติ (ปิฏฐิ, 2529)

ทัศนีย์และสรสิทธิ์ (2531) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับวัสดุปลูกว่า วัสดุปลูกต้องมีการระบายอากาศ ถ่ายเทดี อุ้มน้ำได้ดี และจะต้องค้ำจุนต้นและรากพืชได้ดี วัสดุปลูกไม่จำเป็นต้องมีธาตุอาหารอยู่อย่างเพียงพอในตัวมันเอง เพราะปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารพืชสามารถจะเสริมแต่งให้ได้ ด้วยการใช้สารเคมีหรือปุ๋ยต่างๆ ได้ ดังนั้นงานวิจัยในปัจจุบันจึงได้ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่ดี และราคาถูกและหาง่ายในท้องถิ่น วัสดุปลูกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

1. ทราย ข้อดีของทรายก็คือ ราคาถูก หาง่าย ใช้ได้นาน แต่ขนาดของทรายมีความสำคัญ ถ้าละเอียดไปถ้ามีความชื้นก็จะจับตัวกันแน่น ทำให้การระบายน้ำและอากาศไม่ดี ถ้าขนาดใหญ่กว่ากรวดเล็กๆ ก็ไม่ดีเหมือนกัน เพราะจะไม่อุ้มน้ำและจะต้องให้น้ำบ่อย ข้อเสียของทรายอีกอย่างหนึ่งคือ ในสภาพที่ร้อนผิวหน้าจะแห้งเร็ว ทำให้การเพาะกล้าและการตั้งตัวของกล้ามีปัญหา

2. กรวด ปัจจุบันการปลูกพืชระบบนี้ใช้เชิงการค้าก็ยังคงมีการใช้กรวดอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกา ขนาดของกรวดที่ใช้กันอยู่ก็คือ 3-10 มม.

3. ขี้เลื่อยและแกลบ ใช้กันมากในท้องถิ่นที่มีโรงเลื่อยและโรงสีข้าว แต่การใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุปลูกนั้นจะต้องมีการเปลี่ยนขี้เลื่อยหลังการปลูกไปได้ 1-2 ฤดู เพราะมันจะอัดตัวการแน่น แต่ถ้าไม่ได้ซื้อก็เป็นการดี เพราะการเปลี่ยนวัสดุปลูกใหม่ทุกครั้งก็จะเป็นการหลีกเลี่ยงโรคที่ติดมากับวัสดุปลูกได้

4. พวก Foam เป็นวัสดุปลูกได้แก่ polyurethane foam (PU)

5. rock wool เป็นวัสดุปลูกที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำ ประกอบด้วย diabase 60% หินปูน 20% และถ่านหิน 20% หลอมที่อุณหภูมิ 1500-2000 °c มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความหนาแน่นต่ำ มีรูพรุนมาก ดูดยึดน้ำได้ดี มีลักษณะเหมือนฟองน้ำ ดังนั้นจึงเป็นวัสดุปลูกที่ดีมากเพราะสะอาด ปราศจากเชื้อโรค และใช้กันมากในระบบ NFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mass and Adamson (1974) รายงานว่าในระหว่างปี ค.ศ.1950-1960 ผลผลิตมะเขือเทศจากการผลิตเพื่อการค้าในโรงเรือนที่เกาะ Vancouver ลดลง เนื่องจากดินเสื่อมคุณภาพ ดินเป็นแหล่งเกิดโรคและไส้เดือนฝอย จึงได้มีการเปลี่ยนระบบมากปลูกใช้ขี้เลื่อยหรือขี้เลื่อยผสมทราย ที่มีการให้สารละลายธาตุอาหาร โดยใช้สูตร Hoagland and Amon โดยดัดแปลงระบบมากจากระบบการปลูกพืชไร้ดินของมะเขือเทศในโรงเรือน ตามชายฝั่งทะเลของ British Columbia ซึ่งพบว่าระบบที่ดัดแปลงนี้ให้ผลผลิตมะเขือเทศที่ดี คุณภาพสูง

Maree (1984) รายงานว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาในภาชนะที่บรรจุด้วยเปลือกไม้ หรือขี้เลื่อย ที่มีการจัดการด้านการให้ธาตุอาหารและน้ำดี ผลผลิตต่อต้นและผลผลิตต่อตารางเมตรจะดีด้วย และยังได้กล่าวถึงประโยชน์ที่สำคัญของการใช้ภาชนะปลูกแยกในแต่ละต้น คือจะทำให้การควบคุมค่า EC และ pH ในธาตุอาหารมีความสมบูรณ์ และโรคที่รากพืชจะไม่สามารถแพร่กระจายได้

Benoit (1988) ได้รายงานว่า ผลผลิจของพืชที่ปลูกใน rock wool นั้นสูงกว่าพืชที่ปลูกโดยการจุ่มรากลงในสารละลายโดยตรง ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยของปริมาตรของรากที่ปลูกในสารละลายธาตอาหารโดยตรง และปริมาตรของอากาศที่บริเวณรากพืชที่ปลูกใน rock-wool จะมีปริมตรค่อนข้างคงที่ ในขณะที่รากของพืชที่ปลูกในสารละลายโดยตรงจะจมอยู่ในสารละลาย จึงมีผลทำให้เกิดการขาดออกซิเจนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิสูง

สารละลายธาตุอาหาร

ธาตุอาหารพืชที่จะต้องใส่ให้กับพืชให้ถูกต้องและเหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ พืชดูดเอาธาตุอาหารชนิดต่างๆ จากดิน ซึ่งได้จากการสลายตัวของแร่ธาตุและอินทรียวัตถุในดิน ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมี 16 ธาตุด้วยกันคือ C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl ซึ่งพืชจะได้ธาตุ C, H, O จากอากาศและน้ำในดิน ส่วนอีก 13 ธาตุนั้นมาจากดิน N, P, K คือธาตุอาหารหลักซึ่งพืชต้องการในปริมาณมาก Ca, Mg, S คือธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณรองลงมา ส่วนอีก 7 ธาตุที่เหลือเป็นจุลธาตุ หรือธาตุที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อยกว่า พืชจะเจริญเติบโตเป็นปกติได้ก็จะต้องได้รับธาตุอาหารทั้ง 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุ ดังกล่าว ในปริมาณที่พอเพียงและเป็นสัดส่วนที่พอเหมาะ

ทัศนีย์และสรสิทธิ์ (2531) รายงานว่าพืชส่วนมากจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงดินกรดอ่อน ดังนั้นในสารละลายธาตุอาหารเรามักจะปรับให้มี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 เช่น pH 5-5.5 เหมาะสำหรับการปลูกมันฝรั่ง สตรอเบอร์รี่ มะเขือเทศ pH 5.5-6.0 เหมาะสำหรับการปลูกถั่วต่างๆ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก pH 6.0-6.5 เหมาะสำหรับการปลูกข้าวโพด ไม้ดอก ซึ่งโดยทั่วๆ ไปมักจะปรับระดับ pH ให้ใกล้เคียงกับ 6.0 การปรับ pH ให้ต่ำลงอาจใช้กรด-กำมะถัน ถ้าต้องการให้ pH สูงขึ้นก็ใช้ปูนขาวหรือ KOH ความสำคัญของ pH นั้นรากพืชจะดูดธาตุอาหารได้ดีในช่วง pH 5-7 ถ้าปรับ pH ต่ำกว่า 5.0 การดูดธาตุอาหารจะถูกยับยั้ง และถ้า pH สูงกว่า 7 การดูดธาตุอาหารพวกประจุลบของรากพืชก็จะถูกยับยั้งมากกว่าประจุบวก รากจะปลดปล่อย H^+ เมื่อมีการดูดประจุบวกน้ำยาก็จะมี pH ลดลง หรือสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามรากจะปลดปล่อย HCO_3^- และ OH^- เมื่อมีการดูดประจุลบมาก pH ของน้ำยาก็จะมีค่าสูงขึ้น สำหรับความเข้มข้นของสารละลาย (conductivity) จะวัดในรูปของค่าการนำไฟฟ้า หน่วยเป็น milli Semen/centimeter (mS/cm) ซึ่งควรจะอยู่ในช่วง 2-4 mS/cm ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อพืช จะต้องแก้ไขโดยการเจือจางสารละลายด้วยน้ำ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่านี้ก็ต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย

ระบบน้ำหยดในการปลูกพืชแบบไร้ดิน

การใช้ระบบน้ำหยดเริ่มจากต่างประเทศมานานหลายปี ในประเทศเยอรมัน อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และอิสราเอล สำหรับที่ประเทศสหรัฐอเมริกา มีรายงานว่าเมื่อราวปี พ.ศ. 2503 จากความคิดที่ว่าน้ำที่หยดที่ละหยดต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาหลายๆ ชั่วโมง ทำให้ต้นไม้งอกงามได้ดี (ชูพงศ์)

พินัย (2530) กล่าวว่า วิศวกรอิสราเอลได้คิดค้นระบบการให้น้ำแก่พืชที่ผิวดินใกล้กับช่วงของรากพืช โดยให้จำนวนจำกัดทีละหยด ซึ่งวิธีดังกล่าวเรียกว่าการให้น้ำหยด การให้น้ำหยดสามารถลดปริมาณการใช้น้ำโดยผลผลิตคงที่ ปุ๋ยน้ำหลายๆ ชนิดและสารเคมีก็สามารถให้พร้อมกับการให้น้ำหยด ซึ่งจำทำให้สารเคมีและปุ๋ยกระจายอยู่ในบริเวณช่วงรากของต้นพืช ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การปลูกพืชไร้ดินในจำนวนไม่มากนัก สามารถใช้ระบบน้ำหยดแบบความดันต่ำได้ ในระบบนี้ มนตรี (2532) ได้รายงานว่าเป็นระบบที่ใช้ความดันของน้ำประมาณ 2-5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือความสูงของระดับน้ำในถังประมาณ 0.50 - 2.00 เมตร จากพื้นดินขึ้นอยู่กับจำนวนต้นที่ให้และหัวหยด ใช้ท่อขนาดจิ๋ว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8 - 1.9 มม. ยาวประมาณ 30 - 60 ซม. สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ด้วยการกำหนดความยาว และควรมีระบบกรองน้ำอย่างละเอียด ส่วนน้ำหยดที่ใช้ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบนี้ควรเป็นหัวน้ำหยดที่ปรับอัตราการไหลได้สม่ำเสมอและคงที่ มีอัตราการไหลอยู่ระหว่าง 1-10 ลิตรต่อชั่วโมง รูของน้ำไหลมีขนาด 0.3 - 1.0 มม. และมีราคาที่ไม่แพง

ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

อิทธิสุนทร (2534) กล่าวว่า ในการปลูกพืชในภาชนะ เช่นในกระถางหรือในถุงพลาสติก การแพร่กระจายของรากพืชที่ปลูกเพื่อหาน้ำ และอาหารจะถูกจำกัดโดยปริมาตรของภาชนะที่ใช้ปลูก ทำให้พืชมีโอกาสกระทบต่อสภาพการขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่ายกว่าพืชที่ปลูกในดินโดยทั่วไป และการตอบสนองของพืชจะแสดงออกอย่างรุนแรง อันมีผลให้ผลผลิตที่ได้ลดต่ำอย่างมาก เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบดังกล่าวเหล่านี้ ระบบการให้น้ำโดยอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการปลูกพืชในภาชนะปลูก โดยระบบจะต้องสามารถกำหนดเวลาและปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งได้ โดยปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งจะต้องสามารถชดเชยการใช้น้ำของพืช รวมกับน้ำส่วนเกินเพื่อใช้ในการชะล้างปุ๋ยหรือเกลือที่อาจสะสมอยู่ในภาชนะปลูกได้ น้ำที่ใช้ในการชะล้างปุ๋ยนี้ต้องสามารถควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่ไม่มากหรือน้อยจนเกิน เพราะถ้ามากเกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลืองปุ๋ยและน้ำ และอาจจะก่อให้เกิดสภาพน้ำขังในวัสดุปลูกได้ ในทางกลับกันถ้าน้อยเกินไปก็จะมีการสะสมปุ๋ยจนเป็นอันตรายต่อพืชได้ นอกจากนี้ความถี่ในการให้น้ำในแต่ละวันจะต้องมากพอที่จะสามารถรักษาระดับความชื้นในภาชนะปลูกให้อยู่ในช่วงพอเหมาะกับความต้องการของพืชได้ตลอดเวลา

ระบบการให้น้ำอัตโนมัติจะประกอบด้วยเครื่องวัด (sensors) ชนิดต่างๆ ที่จะวัดค่าทางฟิสิกส์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำของพืช เช่น น้ำหนัก, ปริมาณความชื้น, การระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำ, ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ และจากค่าที่วัดได้ ระบบจะทำการให้น้ำเองโดยอัตโนมัติเมื่อค่าที่วัดได้เหล่านี้ถึงค่าที่กำหนดให้ค่าหนึ่ง ตัวอย่างของเครื่องวัดเหล่านี้เช่น เครื่อง Radiometer ซึ่งวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบผิวโลก ซึ่งเป็นสัดส่วนกับปริมาณการใช้น้ำของพืช (Deeroix et Puech, 1984), ถาดวัดกรระเหยของน้ำอัตโนมัติ (Phene et al, 1975, James M. et. al., 1985) เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างละเอียดของส่วนของพืช เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางของผลหรือลำต้น ซึ่งจะแสดงสภาวะความต้องการน้ำของพืช (Huguet, 1984) เครื่องวัดอัตราการแพร่กระจายของความร้อนในวัสดุพรุน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับระดับความชื้นในวัสดุพรุนนั้น (Phene et al., 1984) Tensiometer ซึ่งวัดระดับความเครียดของน้ำในดิน (Van Der Venken et al., 1982) เครื่องชั่งน้ำหนัก แบบ Hydraulically Weighed lysimeter (Klocke et al., 1985) หรือเครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Triple beam balance (Kent, 1983)

การใช้น้ำของพืช (Consumptive Use of Water)

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณดังกล่าวประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน ทำให้ใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ เรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration)

2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ เรียกว่า การระเหย (Evoparation)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ

Common name	:	Tomato
Scientific name	:	Lycopersicon esculentum Mill
Family	:	Solanaceae

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วๆ ไป

เมล็ด : มีลักษณะคล้ายรูปไข่ แบน เปลือกที่หุ้มเมล็ดมีขนละเอียดสั้นๆ สีน้ำตาลอ่อนปกคลุมอยู่ทั่วไป ส่วนความยาวของเมล็ดมีตั้งแต่ 3-5 มิลลิเมตร และในแต่ละผลนั้นจะมีจำนวนเมล็ดมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของผล

ราก : เป็นระบบรากแก้ว ที่มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและแข็งแรง ในบางกรณีหากรากแก้วถูกทำลาย มะเขือเทศก็สร้างรากแขนงและรากขนอ่อนขึ้นทดแทนจำนวนมาก

ลำต้นและกิ่งก้าน : ในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต ลำต้นจะกลม อ่อนเปราะ แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตมากขึ้นก็จะแข็งแรงและเป็นเหลี่ยม ส่วนกิ่งก้านสาขาก็จะมีการแตกออกจากลำต้นเรื่อยๆ และอาจมีขนาดเท่ากับจำนวนลำต้นเดิมได้ ถ้าหากปล่อยให้ตาข้างที่อยู่ต่ำกว่าช่อดอกแรกมีการเจริญเติบโต ดังนั้นถ้าต้องการให้มะเขือเทศมีลำต้นเดี่ยวต้องเด็ดยอดของกิ่งข้างที่เกิดขึ้นทุกกิ่งทิ้ง โดยเหลือใบของกิ่งข้างไว้ 2 ใบ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้แสดงแดดส่องถูกผลโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากดอกจะเกิดตามข้อของลำต้น

ดอก : มีขนาดเล็กสีเหลืองสดใส ประกอบด้วยกลีบดอกชั้นใน 5 กลีบ และกลีบเลี้ยง 5 กลีบ ลักษณะการเกิดจะเกิดตามข้อของลำต้นเป็นช่อๆ โดยที่ช่อดอกหนึ่งๆ จะมีจำนวนดอกประมาณ 4-5 ดอก แต่ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผล : รูปร่างขนาดและสีของผลไม่แน่นอนสุดแต่พันธุ์ รูปร่างของทรงผลมีตั้งแต่ผลกลม ไปจนถึงผลรี สีของผลมีตั้งแต่เหลืองจนถึงเหลืองเข้ม ขนาดก็มีตั้งแต่เล็กไปจนถึงใหญ่

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกมะเขือเทศ : (สุรีย์, 2528) มะเขือเทศเป็นพืชที่โตเร็วมีอายุ 90-150 วัน เป็นพืชที่เป็นกลางต่อความยาวของชั่วโมงกลางวัน อุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของมะเขือเทศอยู่ระหว่าง 18 ° - 25 ° c ต้องการอุณหภูมิกลางคือระหว่าง 10 ° - 20 ° c อุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืน ถ้ายิ่งต่างกันมากจะทำให้ผลผลิตลดลง เป็นพืชที่ไวต่อความเย็นแข็งมาก ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 ° c มีความชื้นสูงและลมแรงผลผลิตก็จะลดลงเหมือนกัน อุณหภูมิกลางคืนที่สูงกว่า 20 ° c มีความชื้นสูง และแสงแดดกลางวันน้อย จะทำให้การเจริญเติบโตทางใบและลำต้นมากเกินไป และออกลูกน้อย นอกจากนี้ความชื้นที่สูงยังทำให้เกิดโรคและแมลงมากขึ้น ผลเน่ามากขึ้น ฉะนั้นอากาศแห้งจะเหมาะแก่การปลูกมะเขือเทศมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง (Materials and method)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Materials)

1. เครื่องควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งได้แก่
   - Electrical timer
   - เครื่องชั่งน้ำหนัก
   - เครื่องวัดการระเหย
2. ระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืช ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (รูปที่ 1)
   - ปั๊มน้ำต่อเชื่อมกันถังอัตความดันใช้บรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช
   - ถังน้ำพลาสติกขนาด 200 ลิตร
   - หม้อกรอง
   - ข้อต่อต่างๆ
   - มิเตอร์วัดน้ำ
   - วาล์วไฟฟ้า (Solenoid valve)
   - หัวก๊อกเปิดปิดน้ำ
   - สายไฟ
   - สายยาง
   - เครื่องปรับความดันน้ำ
   - ท่อ PVC และท่อ PE
   - สารน้ำหยด
   - หัวน้ำหยด
3. วัสดุปลูกใช้ Rock wool
4. พลาสติกดำ และพลาสติกขาว
5. Conductivity Meter
6. pH Meter
7. ตลับเมตร
8. สารเคมีตามสูตรสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ
10. เทอร์โมมิเตอร์
11. เครื่องวัดการระเหยของอากาศ
12. ลวด
13. เชือกพลาสติก
14. เทปกันน้ำ

วิธีการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2534 ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. การเตรียมระบบ

1.1 ตัด Rock wool เป็นแท่งขนาด 120 x 15 cm. จำนวน 18 แท่ง แล้วนำมาห่อด้วยพลาสติกสีดำ กรีดพลาสติกดำเป็นรอยทางกว้างประมาณ 1 นิ้ว ที่ข้างๆ ใต้แท่ง Rock wool โดย 1 แท่งจะมีประมาณ 8 รอย เพื่อให้มีการระบายน้ำ นำ Rock wool ที่เตรียมเสร็จนี้ไปวางในเรือนเพาะชำ ตามรูปแบบที่วางไว้ในผังภาพที่ 1

1.2 วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยทำ 3 Treatment 3 Replication โดยให้ : T_1 = เครื่องชั่งน้ำหนัก

T_2 = Timer

T_3 = เครื่องวัดการระเหย

จากนั้นทำการจับฉลากสุ่มแต่ละ Treatment ลงไปใน Block ที่วางไว้

1.3 วางท่อ PE ลงไป โดยให้แต่ละท่อเชื่อมโยงกับมิเตอร์ของแต่ละ Treatment วางท่อ PE ตามผังในรูปที่ 1 แล้วคุมแท่ง Rock wool ด้วยพลาสติกขาว เจาะท่อ PE ให้มีขนาดเท่ากับหัวหยด เพื่อวางหัวหยด ระวังอย่างให้เกิดการรั่วซึมของน้ำขึ้น

1.4 ต่อระบบให้น้ำ ซึ่งประกอบด้วย ถังน้ำใส่สารละลายธาตุอาหารพืช ปั๊มน้ำ หัวปรับความดัน หม้อกรองน้ำ Solenoid valve จะต่อเข้าด้วยกันดังผังภาพที่ 1 การต่อจะต้องระวังไม่ให้แต่ละจุดเกิดการรั่วซึมของน้ำได้

1.5 จากแต่ละ Treatment ให้สุ่มตัวแทนขึ้นมา 1 แท่ง Rock wool เพื่อต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการให้น้ำ และวางรางรับน้ำไว้เพื่อวัดปริมาณน้ำใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เดินสายไฟจากเครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดการระเหย Timer เข้ากับ Solinoid valve ของแต่ละตัวเพื่อต่อเข้ากับชุดจ่ายน้ำ

2. เพาะต้นกล้า โดย

2.1 เตรียมก้อน Rock wool ขนาด 2 x 2 นิ้ว ด้านข้างหุ้มด้วยแถบพลาสติกสีดำ

2.2 เพาะเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลงบนก้อน Rock wool ที่ชุ่มน้ำ แล้วไปวางไว้ในที่มืดเพื่อให้รากงอก หลังจากนั้นคอยรดน้ำถ้าก้อน Rock wool แห้ง

2.3 ประมาณ 3-4 วัน รากจะหยั่งลงไปยังก้อน Rock wool ลำต้นชูขึ้น ก็ให้เอาไปเลี้ยงไว้ในที่มีแดด

2.4 เมื่อมะเขือเทศที่เพาะไว้เริ่มแตกใบจริง ก็เริ่มให้สารละลายธาตุอาหารพืชได้ โดยที่ในระยะแรกๆ จะให้สารละลายที่มี conductivity ประมาณ 1.5 pH 5.8 เลี้ยงไปประมาณ 3-4 สัปดาห์

3. การปลูก

3.1 เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 3-4 สัปดาห์ ให้ย้ายไปเลี้ยงบนแท่ง Rock wool ที่เจาะรูพลาสติกเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาดเท่าก้อน Rock wool ไว้ โดยให้ 1 แท่ง มีรู 3 รู มีระยะห่างเท่าๆ กัน

3.2 ต้นมะเขือเทศจุถูกเลี้ยงอยู่ในระบบการให้น้ำอัตโนมัติ จากนั้นก็เริ่มจดบันทึกข้อมูลที่ต้องการ โดยสารละลายน้ำที่ใช้มีค่า conductivity ประมาณ 2.0-2.5 pH 5.0 - 6.5

3.3 เมื่อมะเขือเทศอายุประมาณ 1 1/2 - 2 เดือน ลำต้นเริ่มโตขึ้นใช้เชือกโยงมะเขือเทศเพื่อให้ลำต้นตั้งตรงไม่ล้ม

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 ข้อมูลระหว่างการปลูก

- ความสูง (cm.) วัดทุกสัปดาห์
- วัดปริมาณการใช้น้ำจากมิเตอร์ (cc.) *
- วัดประมาณน้ำจากรางรับน้ำ (cc.) *
- วัดการระเหยน้ำของอากาศ (cc.) *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัดการระเหยน้ำจากเครื่องวัดการระเหย (cc.) *
- วัดค่า conductivity และ pH ของน้ำที่ให้และน้ำที่ออก *

* วัดทุกวันจันทร์, พุธ, ศุกร์

4.2 ค่าวิเคราะห์

- % น้ำในพืช
- % ฟอสฟอรัสของต้น, ผล, ใบ และ uptake phosphorus
- % ไนโตรเจนของต้น, ผล, ใบ และ uptake nitrogen
- น้ำหนักสด
- น้ำหนักแห้ง
- น้ำหนักผลผลิตสด

5. การเตรียมสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารละลาย COIC - LESAINT

STOCK SOLUTION

เตรียมสารละลาย 25 ลิตร

SOLUTION A ใส่ตามลำดับดังนี้

1. ใส่น้ำ	10.0	ลิตร
2. ใส่กรด HNO_3	1733.0	$cm.^3$
3. ใส่กรด H_3PO_4	456.5	$cm.^3$
4. ใส่ KNO_3 (ละลายในน้ำ 10 ลิตร ก่อน)	2333.0	g.
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 Maganess Sulfate $MnSO_4.4H_2O$ (24% Mn)	17.0	g.
9. ใส่ Zinc Sulfate $ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn)	5.0	g.
10. ใส่ Copper Sulfate $CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	1.25	g.
11. ใส่น้ำให้ครบ	25	ลิตร

* รายการที่ 5 ถึง 9 ให้สารละลายในน้ำก่อน 5 ลิตร คนให้ละลาย

pH ใน SOLUTION A ต้อง < 2.0

SOLUTION B ใส่ตามลำดับต่อไปนี้

1. ใส่น้ำ	10	ลิตร
2. ใส่กรด HNO_3	8.7	$cm.^3$
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2$	2146.0	g.
4. ใส่ Fe-EDTA (6% Fe) โดยละลายน้ำก่อน 6 ลิตร	100.0	g.
หรือ Fe-DTPA (4.6% Fe) โดยละลายในน้ำก่อน 3 ลิตร	133.0	g.
หรือ Fe-EDTA (KMITL)	800.0	$cm.^3$
5. ใส่น้ำให้ครบ	25	ลิตร

เมื่อนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1:200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การเก็บผลผลิตเพื่อวิเคราะห์

โดยจะเก็บผลผลิตดังผังภาพที่ 2 ส่วนผลผลิตที่อยู่รอบนอกไม่เก็บทั้งนี้เพื่อป้องกันความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก

7. สถานที่ทำการทดลอง

ที่เรือนเพาะชำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร (ตึกใหม่) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

และที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร (ตึกใหม่) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

8. ระยะเวลาทำการทดลอง

21 ตุลาคม 2534 - 24 มกราคม 2535

9. การวางแผนการทดลอง

การทดลองปลูกมะเขือเทศในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ media culture โดยใช้ rock wool เป็นวัสดุปลูก โดยให้น้ำแบบหยด มีการวางแผนการทดลองแบบ RCBD (RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN) โดยใช้ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ 3 วิธีเป็น TREATMENT ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

T_1 = เครื่องชั่งน้ำหนัก

T_2 = Timer

T_3 = เครื่องวัดการระเหย

10. หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ

1. <u>เครื่องชั่งน้ำหนัก</u> (ดูภาพที่ 3 ประกอบด้วย)

แท่ง Rock wool ที่ปลูกต้นไม้จะตั้งอยู่บนหมอนน้ำ (A) ซึ่งต่อกับเครื่องวัดระดับ (C) โดยสายยาง (B) ท่อวัดระดับจะอยู่เหนือระดับหมอนน้ำ 45 ซม. การวัดน้ำหนักที่ลดลงของแท่ง Rock wool ที่ปลูกต้นไม้ เนื่องจากการคายน้ำจะดูจากระดับน้ำในท่อ (C) เพื่อพืชคายน้ำ น้ำหนักของแท่ง Rock wool ลดลง แรงกดบนหมอนยางจะลดลงด้วย มีผลให้ระดับน้ำในท่อ (C) ลดลง ต่ำกว่าก้านจับระดับ (D) ทำให้เครื่องจับระดับน้ำ (E) ทำงานโดยจะสั่งงานให้ปั๊มน้ำหรือวาล์วปิดเปิดน้ำ (G) และเครื่องตั้งเวลา (F) ทำงาน นั่นคือจะเริ่มมีการให้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99808

เมื่อเวลาที่ตั้งไว้ที่เครื่องตั้งเวลา (F) ถึงกำหนด การให้น้ำก็จะหยุด ในขณะที่มีการให้น้ำ น้ำจากท่อส่งน้ำจะถูกเติมลงในท่อระดับ (C) โดยท่อ (H) ดังนั้นเมื่อหยุดการให้น้ำ ระดับน้ำในท่อวัดระดับจะอยู่ที่ขอบบนของท่อเสมอ น้ำส่วนเกินที่ล้นจากท่อวัดระดับจะถูกนำกลับมาใช้รดต้นไม้โดยท่อ (J) และสายยาง (I) การทำงานของระบบก็จะกลับมาเริ่มใหม่คือพืชคายน้ำ น้ำหนักกดลงบนหมอนน้ำลดลง ... ฯลฯ เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ไป โดยจะเป็นการให้น้ำโดยอัตโนมัติ

2. Timer (ดูภาพที่ 4 ประกอบด้วย)

เครื่องตั้งเวลาระบบที่เป็นนาที (A) ซึ่งต่ออยู่กับเครื่องตั้งเวลาที่ตั้งได้ในรอบวัน (B) หรือ 24 ชม. ในการกำหนดการตั้งเวลาให้น้ำแก่พืช จะตั้งที่เครื่องตั้งเวลาในรอบ 24 ชม. ว่าจะให้ในชม.ที่เท่าไหร่ และให้วันละกี่ครั้ง และการกำหนดว่าในแต่ละครั้งจะให้กี่นาที ก็จะมาตั้งเครื่องตั้งเวลาเป็นนาทีที่เครื่องตั้งเวลา (A) อีกทีหนึ่ง

เมื่อถึงเวลาในการให้น้ำที่ให้ในรอบวัน เครื่องตั้งเวลา (B) นี้ก็จะสั่งงานให้ปั๊มน้ำ (C) หรือหลังปิดเปิดน้ำ และเครื่องตั้งเวลาเป็นนาที (A) ทำงาน นั่นคือจะเริ่มมีการให้น้ำ เมื่อเวลาที่ตั้งไว้ที่เครื่องตั้งเวลา (A) ถึงกำหนด การให้น้ำก็จะหยุด การทำงานของระบบก็จะกลับมาเริ่มใหม่ คือเมื่อถึงเวลาให้น้ำในรอบวันของพืช .... ฯลฯ เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ไป โดยจะเป็นการให้น้ำโดยอัตโนมัติ

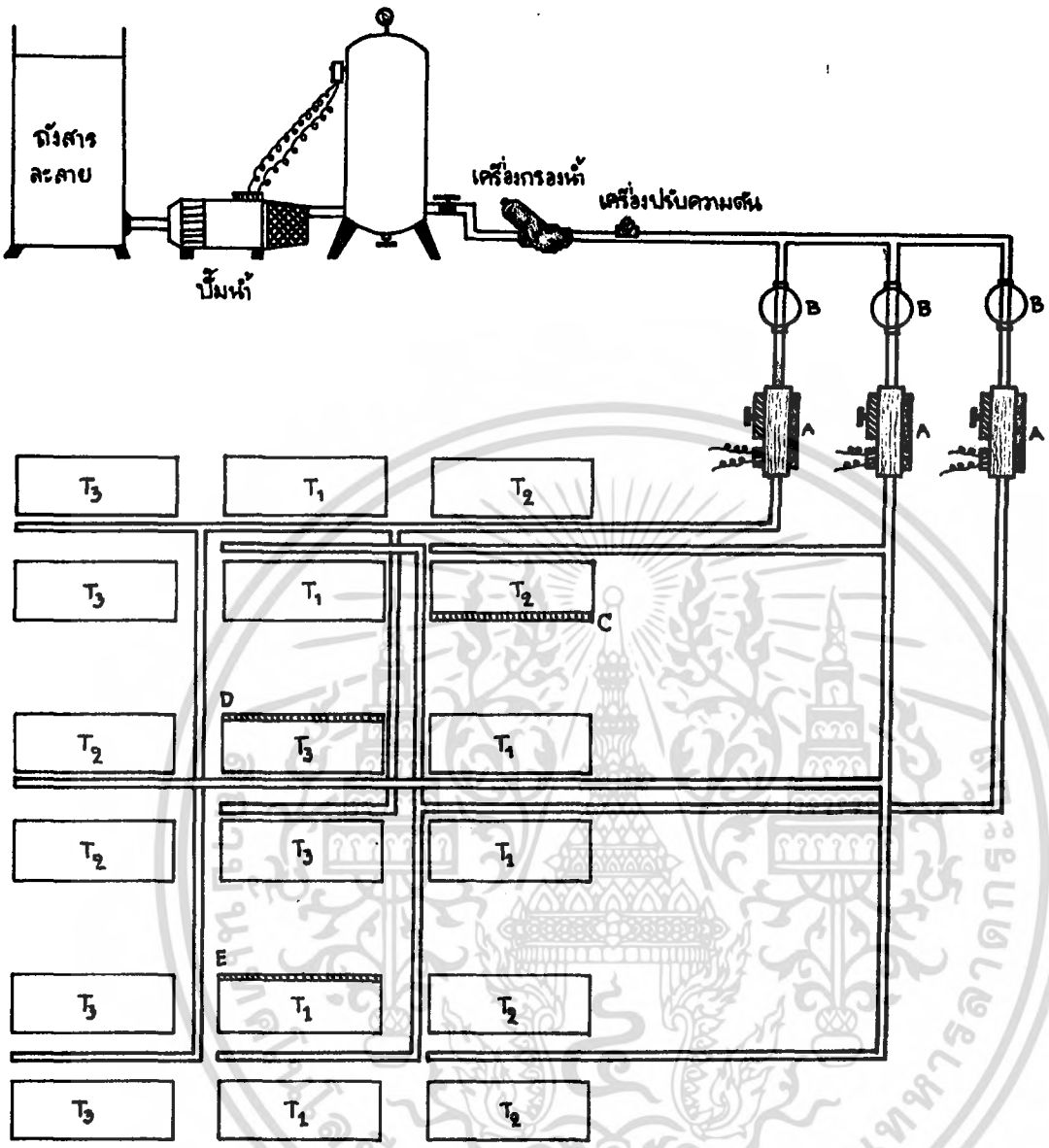
3. เครื่องวัดการระเหยของอากาศ (ดูภาพที่ 5 ประกอบด้วย)

แท่ง porous (A) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กโดยทำจากดินเหนียวเผา จะดูดน้ำในขวด (B) ที่มีก้านจับระดับของน้ำ (C,D) อยู่ เมื่อน้ำระเหยผ่านแท่ง porous (A) ไปในอากาศเรื่อยๆ โดยแท่ง porous (A) จะดูดน้ำจากขวด (B) ไปเรื่อยๆ เช่นเดียวกัน และเมื่อน้ำในขวดลดลงไปจนถึงก้านจับระดับที่อยู่ต่ำสุด (C) เครื่องตรวจจับระดับ (I) จะสั่งให้วาล์วปิดเปิดน้ำ (E) ที่ต่อกับท่อบิวเรต (F) ทำงาน โดยน้ำจะไหลจากท่อบิวเรต (F) เข้าไปในขวด (B) และเมื่อน้ำที่ไหลจากท่อบิวเรตไปในขวดจนถึงก้านจับระดับ (D) หรือก้านจับระดับสูงสุด เครื่องก็จะหยุดทำงาน ขณะที่ช่วงที่เครื่องสั่งให้เติมน้ำในขวดนั้นก็สั่งงานให้ปั๊มน้ำหรือวาล์วปิดเปิดน้ำ (G) และเครื่องตั้งเวลา (H) ทำงานนั่นคือจะเริ่มมีการให้น้ำ เมื่อเวลาที่ตั้งไว้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตั้งเวลาถึงกำหนด การให้น้ำก็จะหยุด การทำงานของระบบก็จะกลับมาเริ่มใหม่ คือ น้ำระเหยผ่านแท่ง porous จนระดับน้ำในขวดที่มีก้านจับระดับลดถึงระดับต่ำสุด (C) .... ฯลฯ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยจะเป็นการให้น้ำโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A = วาล์วไฟฟ้า B = มาตรวัดน้ำ T_1 = ชั่งน้ำหนัก

C = เครื่องควบคุมการให้น้ำแบบ Timer T_2 = Timer

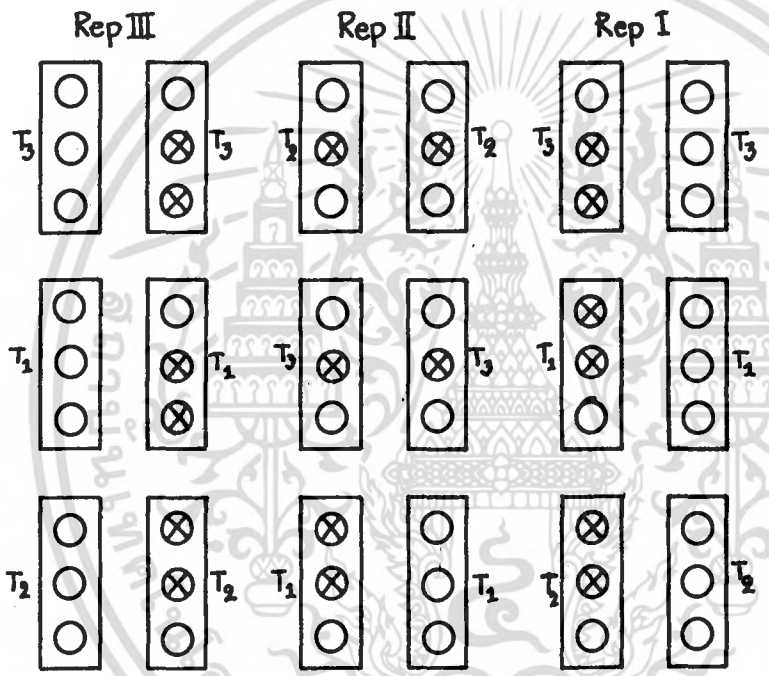
D = เครื่องควบคุมการให้น้ำแบบวัดการระเหยของอากาศ T_3 = วัดการระเหย

E = เครื่องควบคุมการให้น้ำแบบชั่งน้ำหนัก

ภาพที่ 1 แสดงการติดตั้งเครื่องควบคุมการให้น้ำในการปลูกพืชในถุงโดยไม่ใช้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14381

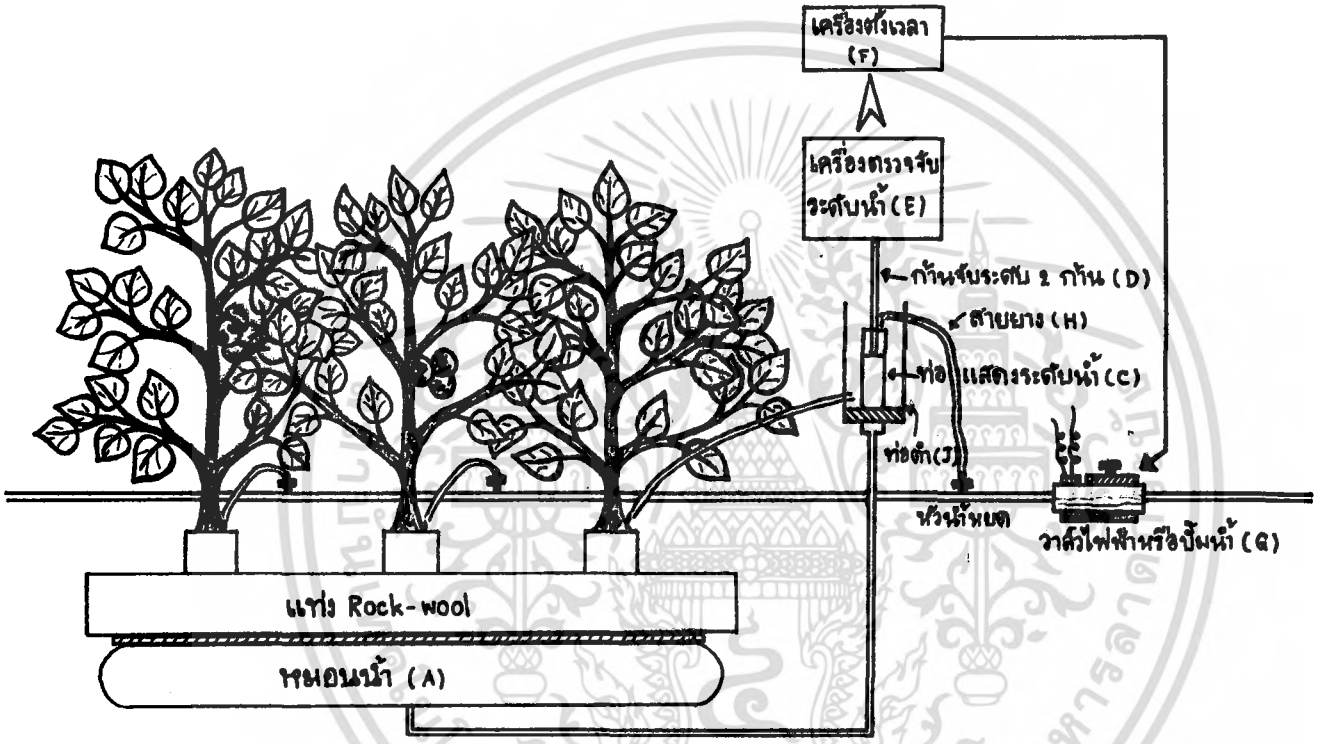


⊗ = ตัวอย่างที่เก็บเพื่อนำไปวิเคราะห์

○ = ไม่เก็บไปวิเคราะห์

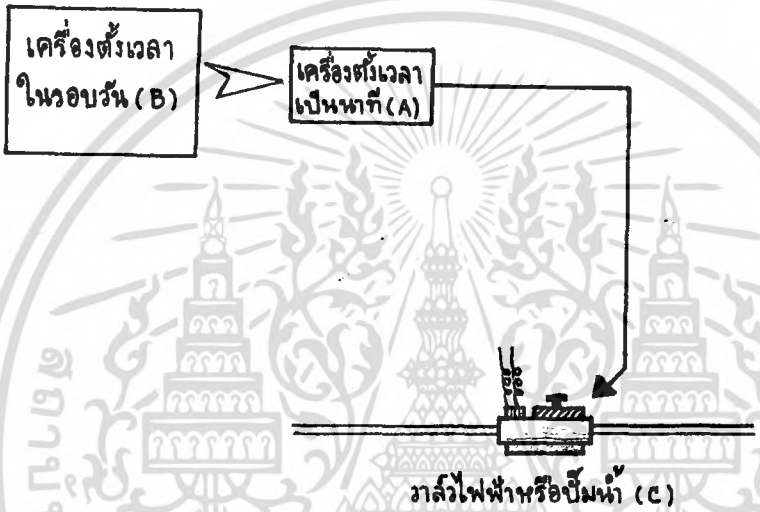
ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งของต้นมะเขือเทศที่เก็บมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



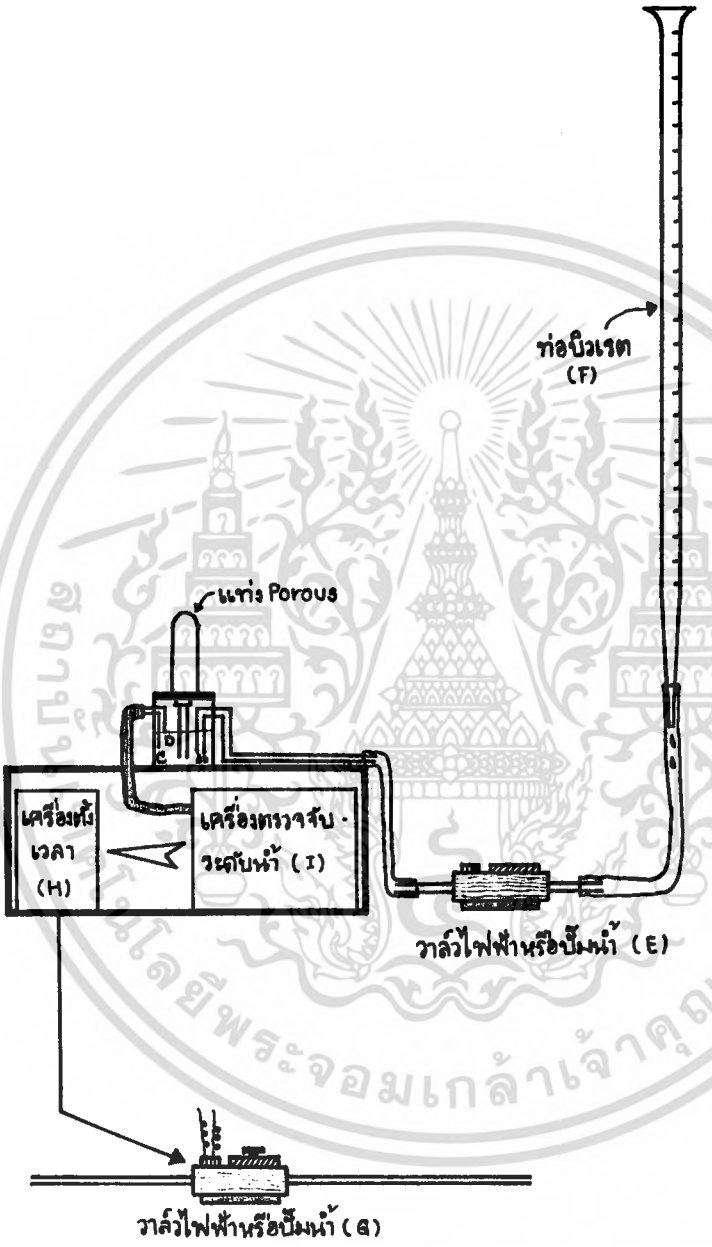
ภาพที่ 3 องค์ประกอบของเครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



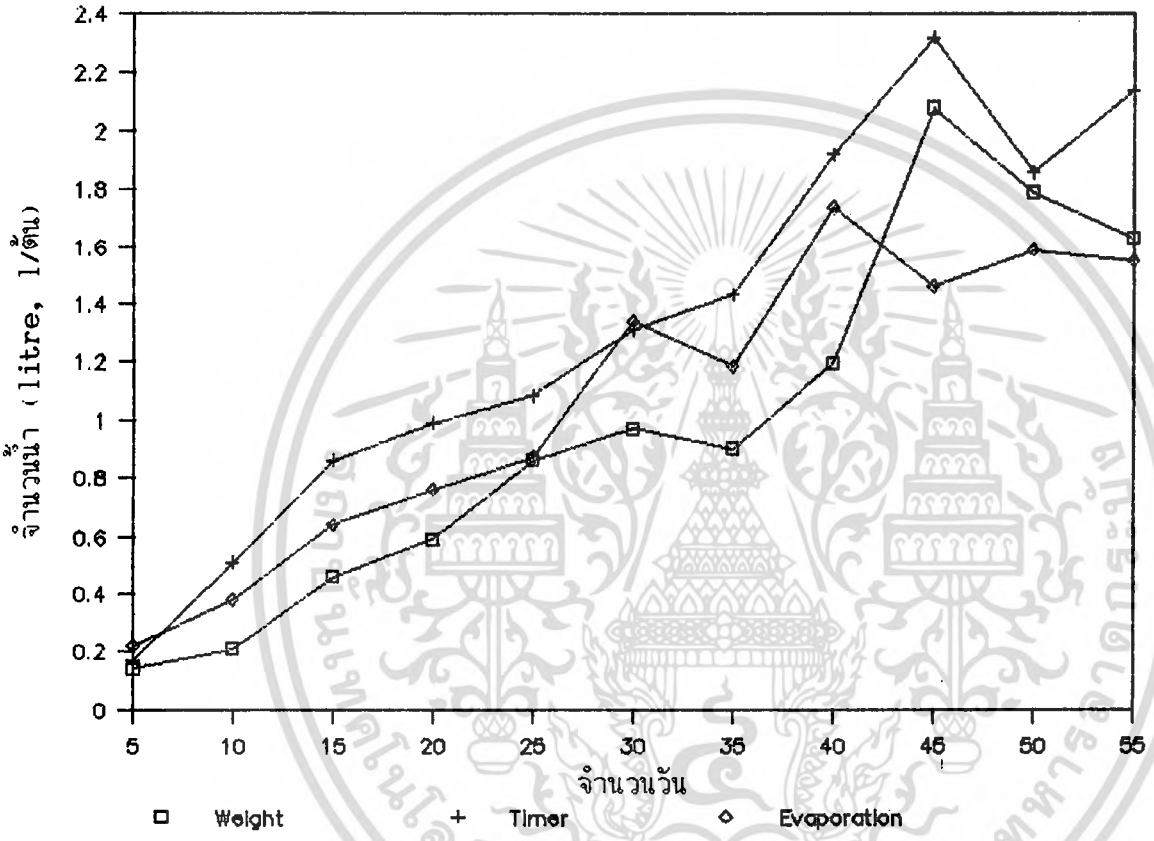
ภาพที่ 4 องค์ประกอบของเครื่องตั้งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



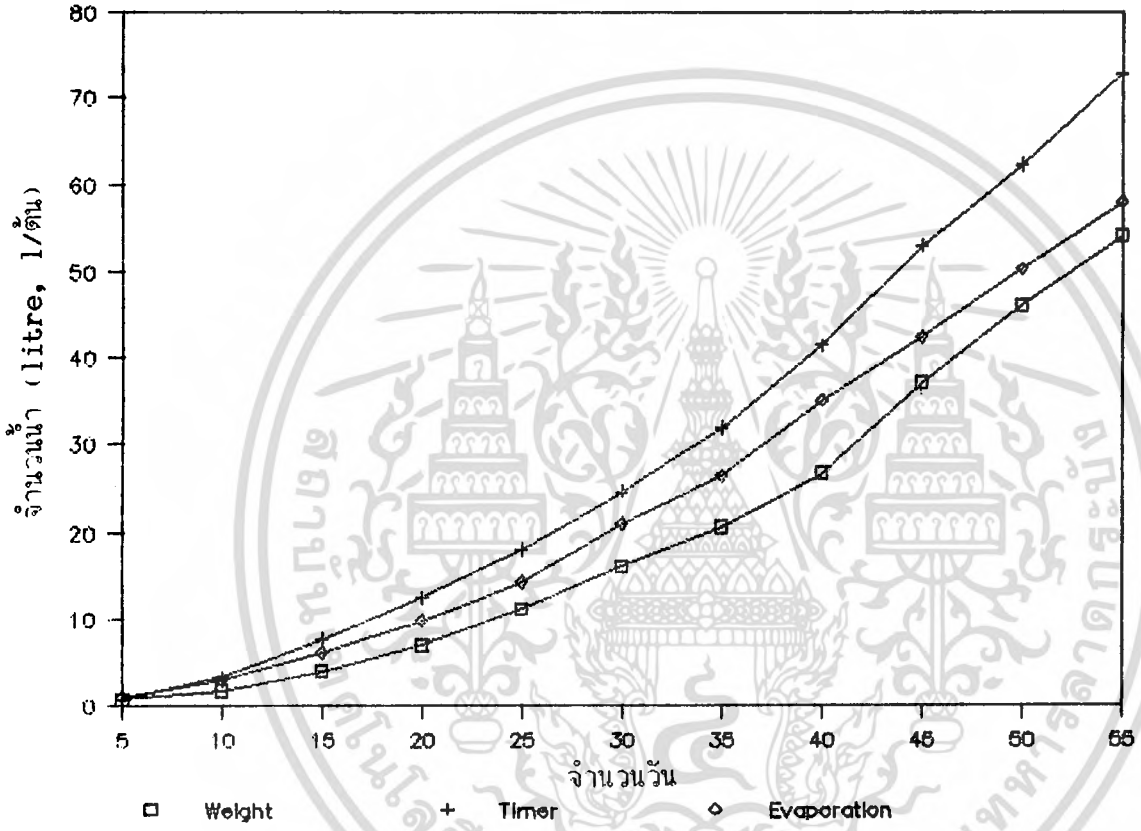
ภาพที่ 5 องค์ประกอบของเครื่องวัดการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



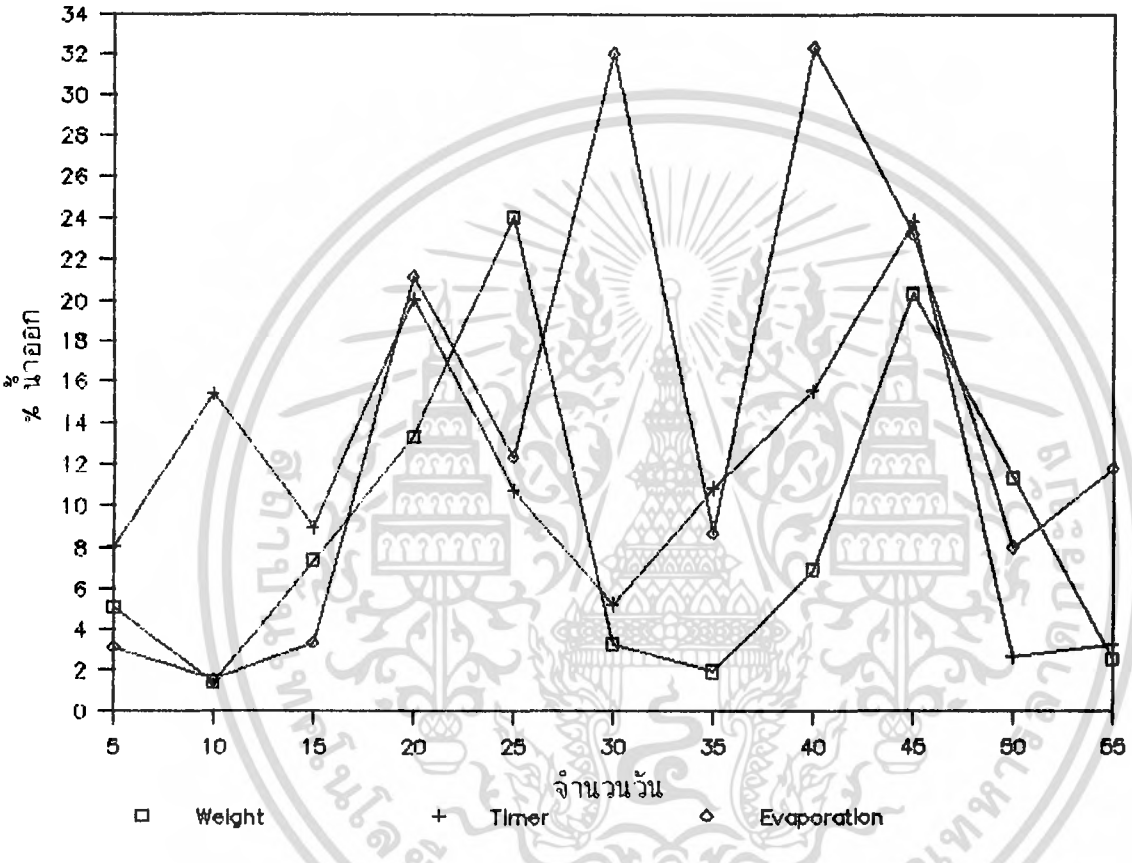
ภาพที่ 6 แสดงการใช้น้ำเฉลี่ยในรอบ 5 วัน ตั้งแต่พืชอายุ 37 วัน ถึงอายุ 93 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



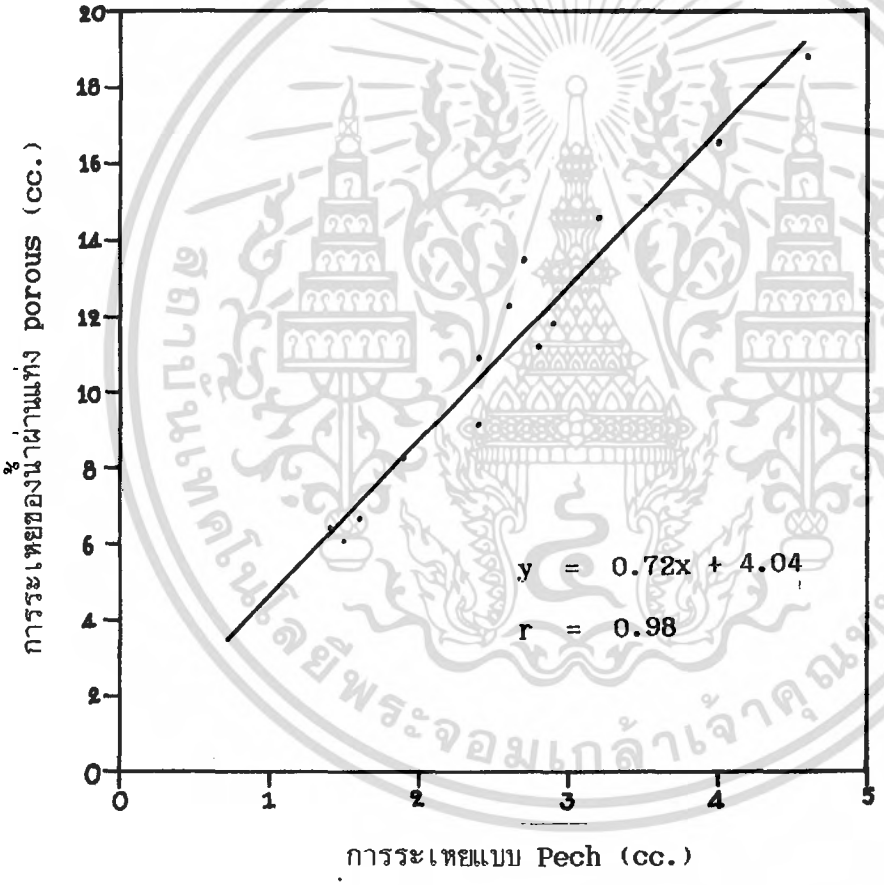
ภาพที่ 7 แสดงการใช้น้ำสะสมในรอบ 5 วัน ตั้งแต่พืชอายุ 37 วัน ถึงอายุ 93 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



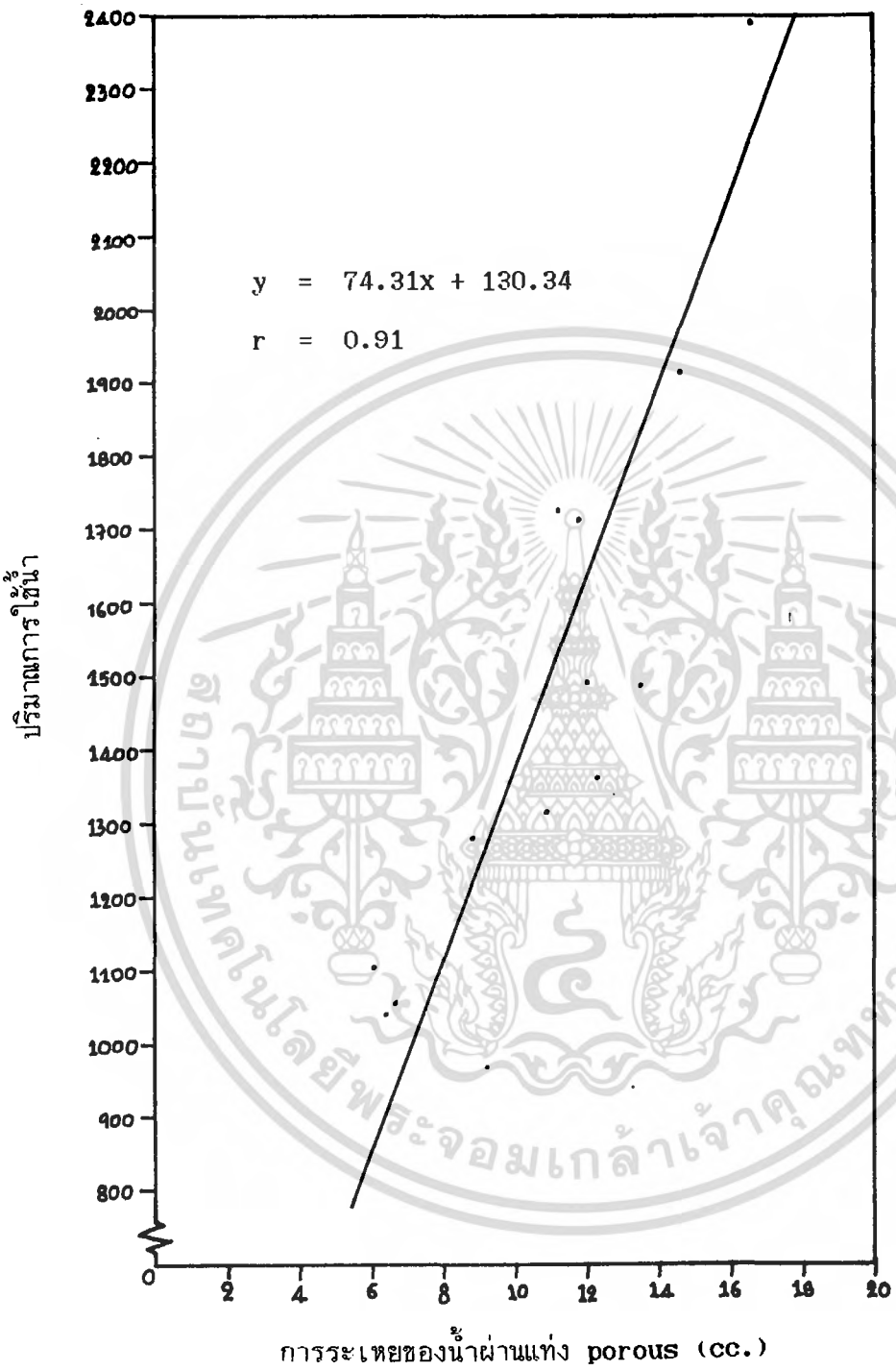
ภาพที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำออกของ T_1, T_2, T_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



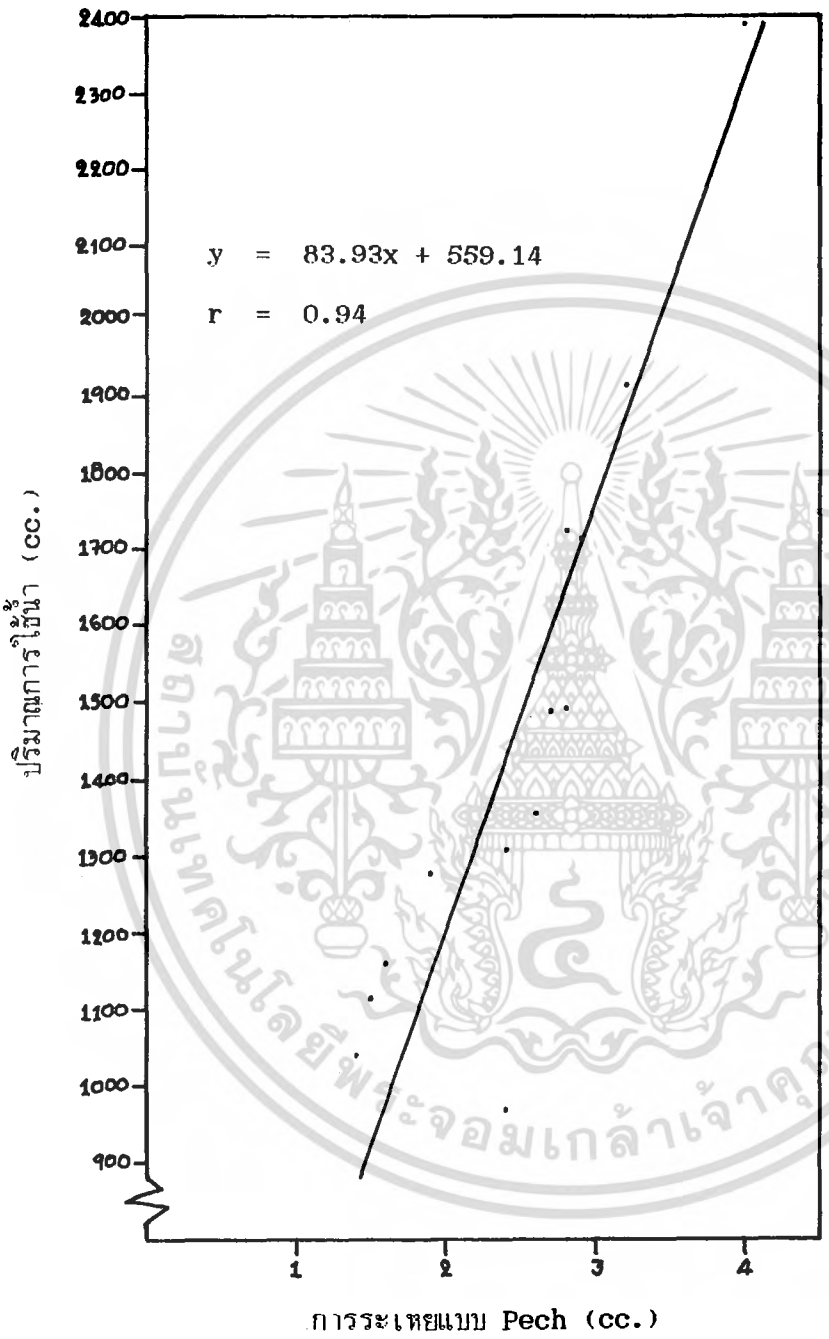
ภาพที่ 9 Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการระเหยน้ำผ่านแท่ง Porus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของน้ำผ่านแท่ง Porus (เครื่องมือที่สร้างขึ้น) กับการใช้น้ำของพืชใน treatment ควบคุม (T_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 Correlation แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการใช้น้ำของพืช ใน treatment ควบคุม (T_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การใช้น้ำ

เริ่มทำการวัดเมื่อต้นมะเขือเทศอายุได้ 37 วัน และทำการวัดไปจนถึงมะเขือเทศอายุได้ 93 วัน ระยะเวลาที่ทำการวัดอยู่ในช่วง 55 วัน

ปริมาณการใช้น้ำของมะเขือเทศเฉลี่ยในรอบ 5 วัน ทั้ง 3 treatment ดังภาพที่ 6

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นว่า การใช้น้ำเฉลี่ยในรอบ 5 วัน มีค่าใกล้เคียงกัน เพราะว่าเส้นกราฟไม่แตกต่างกันมากนัก คือ ค่าการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ปริมาณการใช้น้ำสะสม

T_1 (เครื่องชั่งน้ำหนัก) มีปริมาณการใช้น้ำสะสม 54.16 ลิตร/ต้น

T_2 (Timer) มีปริมาณการใช้น้ำสะสม 72.91 ลิตร/ต้น

T_3 (เครื่องวัดการระเหย) มีปริมาณการใช้น้ำสะสม 58.03 ลิตร/ต้น

ดังนั้นทั้ง 3 Treatment มีปริมาณการใช้น้ำเรียงลำดับมากไปหาน้อยดังนี้ $T_2 > T_3 > T_1$

ค่า correlation

เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง :

1. การระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการระเหยของน้ำผ่านแท่ง porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก มีค่า r = 0.98 โดยพิจารณาจากภาพที่ 9

2. การระเหยของน้ำผ่านแท่ง porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น) กับการใช้น้ำของพืช ใน Treatment ควบคุม (T_3) มีความสัมพันธ์กันในทางบวก มีค่า r = 0.91 โดยพิจารณาจากภาพที่ 10

3. การระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการใช้น้ำของพืชใน treatment ควบคุม (T_3) มีความสัมพันธ์กันในทางบวก มีค่า r = 0.94 โดยพิจารณาจากภาพที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. % น้ำในพืช

จากการวิเคราะห์หา % น้ำในต้นมะเขือเทศ พบว่า % น้ำในพืชจากแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย ซึ่ง % น้ำจากทั้ง 3 treatment โดยเฉลี่ยประมาณ 89-90%

3. % Nitrogen ในพืช

จากการวิเคราะห์หา % Nitrogen ในต้น ผล ใบ พบว่าแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย % Nitrogen ในใบจะมีประมาณ 2.8-3.4% ในผลมีประมาณ 2.0-2.7% ในต้นมี 1.5-1.7% และ uptake Nitrogen จะมีโดยเฉลี่ยประมาณ 2.9-3.8 % (g/plant)

4. % Phosphorus ในพืช

จากการวิเคราะห์หาค่า % Phosphorus ในต้น ผล ใบ พบว่าแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย % Phosphorus ในต้นมีประมาณ 0.7-0.8% ในผลมีประมาณ 0.4-0.5 % ในใบมีประมาณ 0.6-0.7% และ uptake phosphorus จะมีโดยเฉลี่ยประมาณ 0.8-1.2% (g/plant)

5. ความสูง

จากการเปรียบเทียบความสูงของต้นมะเขือเทศทั้ง 3 treatment พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย นั่นคือต้นมะเขือเทศมีการเจริญเติบโตพอๆกัน จากการให้น้ำทั้ง 3 แบบ

6. น้ำหนักสดของพืช

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักสด จะพบว่าทั้ง 3 treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดประมาณ 1200-1400 กรัม/ต้น (ลำต้นเหนือดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. น้ำหนักแห้งหลังอบของพืช

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักแห้งจะพบว่าทั้ง 3 treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งประมาณ 130-190 กรัม/ต้น

8. น้ำหนักผลผลิตสด

จากการนำผลผลิตมะเขือเทศสดมาวิเคราะห์ จะพบว่าแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย โดยจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 500-800 กรัม/ต้น

9. น้ำหนักแห้ง

จากการนำผลผลิตแห้งของมะเขือเทศมาวิเคราะห์ จะพบว่าแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย โดยจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40-60 กรัม/ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศจากเครื่องควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ พบว่า Treatment ที่ควบคุมด้วย Timer มะเขือเทศจะมีการใช้น้ำมากกว่า Treatment ที่ควบคุมด้วยเครื่องวัดการระเหย และเครื่องชั่งน้ำหนักตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการตั้งเวลาการให้น้ำจะต้องตั้งให้ในปริมาณที่มากไว้ก่อน เนื่องจากเครื่องมือไม่สามารถเปลี่ยนปริมาณการให้น้ำตามสภาพอากาศได้ ดังนั้น จะมีการใช้น้ำมากกว่า Treatment อื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบค่า r ของเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการระเหยของอากาศจากแท่ง porous, การระเหยของอากาศจากแท่ง porous กับการใช้น้ำของพืช, การระเหยของเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech กับการใช้น้ำของพืช พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก นั่นคือ เมื่อมีการระเหยของอากาศมาก ค่าการใช้น้ำของพืชจะเพิ่มมากขึ้นด้วย แสดงให้เป็นว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ใช้วัดการระเหยน้ำที่ใช้กันอยู่ทั่วๆ ไปได้ และยังสามารถนำไปใช้ในการควบคุมการให้น้ำแก่พืชได้ด้วย

จากการนำพืชไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, % น้ำในพืช, % N ในพืช, % P ในพืช พบว่าผลจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 Treatment ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย นั่นคือพืชมีการดูดใช้และสะสมธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตพอๆ กัน จากเครื่องมือควบคุมการให้น้ำทั้ง 3 แบบ

เมื่อพิจารณาถึง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ในส่วนต้น ผล ใบ และน้ำหนักผล จะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย

จากผลข้างต้นอาจจะกล่าวได้ว่าทั้ง 3 Treatment ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก นั่นคือเราสามารถเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงานได้ เช่น เครื่องชั่งน้ำหนักเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในเรือนเพาะชำ เครื่องวัดการระเหยเหมาะที่จะใช้ในสภาพแปลงปลูกใหญ่ๆ ได้ Timer เวลาใช้ต้องปรับเวลาให้น้ำเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองอาจมีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือที่ใช้ควบคุมในแต่ละ Treatment ทั้งนี้เพราะว่าเพิ่งได้มีการทำการทดลองแบบนี้ขึ้นเป็นครั้งแรก

ปัญหาที่เกิดกับเครื่องชั่งน้ำหนักคือ เครื่องยังไม่ sensitive พอ และเมื่อทดลองไปนานๆ หมอนน้ำจะรั่วได้

ปัญหาที่เกิดกับเครื่องวัดการระเหย ก็คือ ท่อบิวเรตเป็นท่อแก้วใส ทำให้มีตะไคร่เกาะที่หลอดแก้ว เครื่องตรวจจับระดับน้ำเสียในบางครั้ง ทำให้การจดบันทึกข้อมูลเกิดข้อผิดพลาดได้

บางครั้งน้ำที่เหลือจากการใช้ของพืชไหลล้นกระบอกรองรับ ทำให้ได้ค่าการใช้น้ำคลาดเคลื่อนได้ รวมถึงปัญหาท่อแตก, น้ำหยุดไหล ทำให้การวัดค่าการใช้น้ำได้ไม่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2528. มะเขือเทศผักอุตสาหกรรม. สวนผักชุดที่ 4. กรุงเทพฯ : 5-6.

ชูพงษ์ สุกุมลนันทน์. 2533. การใช้น้ำหยด. เอกสารประกอบการเรียน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง (โรเนียว).

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และสรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2531. อนาคตของการปลูกพืชไร้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 10(1) : 59-66.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, สุรเดช จินตกานนท์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิฎฐะ บุนนาค. 2529. ไม้ดอกไม้ประดับ. บรรณกิจ, กรุงเทพฯ : 305-308.

พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์. 2530. ข้อพิจารณาในการเลือกใช้ระบบน้ำหยด. กสิกร. 60(3) : 271-273.

พรชัย จุฑามาศ และ วิบูลย์ บุณส่งศรี. 2531. การปลูกพืชปราศจากดิน. วารสารดินและปุ๋ย 10(2) : 92-96.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พรานนกการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

สุรีย์ สอนสมบูรณ์. 2528. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศ. สายชล irrigation management ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2528 : 19-20.

มนตรี ค้ำชู. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 6 วันที่ 20 พฤษภาคม 2531 ณ ห้องประชุมชั้น 2 ตึกดาวเทียมสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.

มนตรี ค้ำชู. 2532. หลักการชลประทานแบบหยด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2534. เครื่องมือควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติในการปลูกพืชในภาชนะปลูก. เอกสารวิชาการ ภาคปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

Benoit, F. and N. Ceustermans. 1988. Survey of adecade of Research (1974-1984) with NFT on Glasshouse Vegetable. 2(1) : 5-17.

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

Decroix, M. and Peuch, J. 1984. Le Pilotage de I' irrigation a la parcelle. Rapport de la conference internationale de Pan's sur les besoins en eau des cultures. CIID. pp.693-724.

Huguet. 1984. L'irrigation bioprogamme. Station d'agronomic, Avignon INRA. Fevrier.

James, M.M. and Anthony, T. 1985. Automation of a Class A Evaporation Pan. Trans. of the ASAE. 28:169-191.

Kent, 1983. A method for maintaining constant soil moisture availability for potted plants. Soil Sci.Soc.Am.J. 47:608-610.

Phene, C.J. and Campbelle, R.B. 1975. Automating par evaporation mesurements for irrigation control. Agric.Meteorol., 15:181-191.

Phene, C.J., Howell, T.A. 1984. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems. Trans of the ASAE., 27:392-396.

Resh, M. Harward. 1978. Hydroponic food Production wood Bride Press Publishing Company. 355p.

Van der Veken, L. Michels. P., Feyen, J. and Benoit, F. 1982. Optimization of the water appliction in greenhouse tomatoes by introducing a tensiometer-controlled drip-irrigation system. Scientia Horticultural 18:9-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าวิเคราะห์พืชเฉลี่ย และความสูงของพืชในช่วงวันที่ 22 พ.ย.34-27ธ.ค.34

ค่าวิเคราะห์	Treatment (T)		
	T_1	T_2	T_3
% น้ำในพืช	89.68	89.2	89.39
% N ในต้น	1.70	1.58	1.73
% N ในผล	2.02	2.79	2.16
% N ในใบ	2.89	2.87	3.42
Up take N	3.00	3.81	3.50
% P ในต้น	0.71	0.82	0.72
% P ในผล	0.54	0.50	0.50
% P ในใบ	0.73	0.79	0.74
Up take P	0.85	1.29	0.85
ความสูง (cm.)	70.01	69.67	69.71
น้ำหนักสด (g)	1281.10	1318.15	1318.49
น้ำหนักแห้ง (g)	132.73	180.60	136.24
น้ำหนักผลผลิตสด (g)	568.29	737.29	588.15
น้ำหนักผลผลิตแห้ง (g)	46.82	59.07	46.84

T_1 = Weight (เครื่องชั่งน้ำหนัก)

T_2 = Timer

T_3 = Evaporation (เครื่องวัดการระเหย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF WATER IN PLANT (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.73	0.36	0.35^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.28	0.14	0.14^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	4.07	1.02	-	-	-
TOTAL	8	5.08	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 1.13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN STEM (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.02	0.01	0.17^{ns}	6.91	18.00
TREATMENT (T)	2	0.04	0.02	0.33^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	0.24	0.06	-	-	-
TOTAL	8	0.30	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 14.68%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN FRUIT (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.66	0.33	0.39^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	1.01	0.51	0.61^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	3.37	0.84	-	-	-
TOTAL	8	-	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 39.46%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN LEAF (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.009	0.004	0.034^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.584	0.294	2.45^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	0.477	0.119	-	-	-
TOTAL	8	1.070	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 11.27%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE NITROGEN (g/plant)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.13	0.07	0.39 ns	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.99	0.50	2.78 ns	6.94	18.00
ERROR	4	0.74	0.18	-	-	-
TOTAL	8	1.87	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 12.39%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN STEM (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.007	0.003	0.30 ns	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.024	0.012	1.20 ns	6.94	18.00
ERROR	4	0.041	0.010	-	-	-
TOTAL	8	0.071	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 13.37%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN FRUIT (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.0018	0.00090	0.72 ns	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.0032	0.00160	1.28 ns	6.94	18.00
ERROR	4	0.0050	0.00125	-	-	-
TOTAL	8	0.0100	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 13.51%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN LEAF (%)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.021	0.011	0.50^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.180	0.009	0.41^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	0.089	0.022	-	-	-
TOTAL	8	0.128	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 20.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE PHOSPHORUS (g/plant)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.016	0.008	0.163^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.378	0.189	0.386^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	0.194	0.049	-	-	-
TOTAL	8	-	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 22.2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ANALYSIS OF VARIANCE FOR HIGHT (cm.)

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	0.027	0.014	0.028^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	0.211	0.106	0.216^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	0.982	0.491	-	-	-
TOTAL	8	1.22	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 1.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักสด ส่วนของพืชเหนือดิน

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	2755148.12	1388574.06	11.98*	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	2771.58	1385.79	0.012ns	6.94	18.00
ERROR	4	459952.7	114988.17	-	-	-
TOTAL	8	3217872.40	-	-	-	-

ns = not significant

* = significant at 5% level

CV = 25.96%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักแห้ง ส่วนของพืชเหนือดิน

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	4270.98	2135.49	1.59^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	327.15	163.57	0.12^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	5366.03	1341.50	-	-	-
TOTAL	8	9964.16	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 24.44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักผลผลิตสด

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	19435.09	9717.50	0.19^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	51246.85	25623.40	0.50^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	204766.66	51191.66	-	-	-
TOTAL	8	275448.60	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 35.84%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของน้ำหนักผลผลิตแห้ง

SOV	df	SS	MS	F-RATIO	F-TABLE 5%	F-TABLE 1%
REPLICATION (R)	2	190.14	95.07	0.29^{ns}	6.94	18.00
TREATMENT (T)	2	299.56	149.78	0.46^{ns}	6.94	18.00
ERROR	4	1306.61	326.65	-	-	-
TOTAL	8	1796.31	-	-	-	-

ns = not significant

CV = 35.50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลการใช้น้ำของพืช (มะเขือเทศ)

Treatment	วันที่	ช่วงวัน	ปริมาณน้ำใช้ (litre, l)	ปริมาณน้ำใช้สะสม(litre,l)	%น้ำออก
T_1	1ธค.34- 5ธค.34	5	0.14	1.70	5.118
	6ธค.34-10ธค.34	10	0.21	1.77	1.396
	11ธค.34-15ธค.34	15	0.46	4.06	7.692
	16ธค.34-20ธค.34	20	0.59	7.04	13.342
	21ธค.34-25ธค.34	25	0.86	11.32	24.052
	26ธค.34-30ธค.34	30	0.97	16.16	3.264
	31ธค.34- 4มค.34	35	0.90	20.68	1.910
	5มค.34- 9มค.34	40	1.19	26.64	6.906
	10มค.34-14มค.34	45	2.08	37.04	20.366
	15มค.34-19มค.34	50	1.79	46.03	11.368
	20มค.34-24มค.34	55	1.63	54.16	2.53
T_2	1ธค.34- 5ธค.34	5	0.17	0.84	8.1
	6ธค.34-10ธค.34	10	0.51	3.37	15.374
	11ธค.34-15ธค.34	15	0.86	7.69	8.988
	16ธค.34-20ธค.34	20	0.99	12.64	20.054
	21ธค.34-25ธค.34	25	1.08	18.05	10.72
	26ธค.34-30ธค.34	30	1.31	24.59	5.24
	31ธค.34- 4มค.34	35	1.43	31.77	10.828
	5มค.34- 9มค.34	40	1.92	41.38	15.534
	10มค.34-14มค.34	45	2.32	52.48	23.868
	15มค.34-19มค.34	50	1.86	62.23	2.592
	20มค.34-24มค.34	55	2.14	72.91	3.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ)แสดงข้อมูลการใช้น้ำของพืช (มะเขือเทศ)

Treatment	วันที่	ช่วงวัน	ปริมาณน้ำใช้ (litre, l)	ปริมาณน้ำใช้สะสม(litre,l)	%น้ำออก
T_3	1ธค.34- 5ธค.34	5	0.22	1.09	3.14
	6ธค.34-10ธค.34	10	0.38	2.98	1.49
	11ธค.34-15ธค.34	15	0.64	6.20	3.358
	16ธค.34-20ธค.34	20	0.76	9.99	21.192
	21ธค.34-25ธค.34	25	0.87	14.32	12.362
	26ธค.34-30ธค.34	30	1.34	21.03	32.08
	31ธค.34- 4มค.34	35	1.18	26.34	8.73
	5มค.34- 9มค.34	40	1.74	35.03	32.36
	10มค.34-14มค.34	45	1.46	42.33	23.244
	15มค.34-19มค.34	50	1.59	50.29	7.984
	20มค.34-24มค.34	55	1.55	58.03	11.802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลของอุณหภูมิ, เครื่องวัดการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech, เครื่องวัดการระเหยผ่านแท่ง porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)

วันที่	อุณหภูมิ (T) (°c)	เครื่องวัดการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech (cc.)	เครื่องวัดการระเหยผ่านแท่งporous(cc.) (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)
29 พ.ย. 34	34	0	0
2 ธ.ค. 34	34	0	0
4 ธ.ค. 34	32	6.8	2.8
6 ธ.ค. 34	31	6.8	28.1
9 ธ.ค. 34	27	10.2	44.4
11 ธ.ค. 34	32	8.9	35.2
13 ธ.ค. 34	31	8	26.0
16 ธ.ค. 34	31	12.15	38
17 ธ.ค. 34	27	1.8	6.1
18 ธ.ค. 34	26	7.9	18.7
19 ธ.ค. 34	25	3.3	-*
20 ธ.ค. 34	24	11.00	-*
23 ธ.ค. 34	24	12.8	11.5
24 ธ.ค. 34	26	3.4	11.1
25 ธ.ค. 34	27	3.3	9.3
27 ธ.ค. 34	29	6.2	24.9
30 ธ.ค. 34	30	7.95	-*
2 ม.ค. 35	33	8.1	-*
3 ม.ค. 35	33	2.8	-*
6 ม.ค. 35	32	5.2	-*
7 ม.ค. 35	30	5.1	-*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 (ต่อ) แสดงข้อมูลของอุณหภูมิ, เครื่องวัดการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech, เครื่องวัดการระเหยผ่านแท่ง porous (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)

วันที่	อุณหภูมิ (T) (°c)	เครื่องวัดการระเหยจากเครื่องวัดการระเหยแบบ Pech (cc.)	เครื่องวัดการระเหยผ่านแท่งporous(cc.) (เครื่องมือที่สร้างขึ้น)
8 ม.ค. 35	32	3.0	-*
9 ม.ค. 35	33	2.4	10.9
10 ม.ค. 35	28	1.6	6.7
13 ม.ค. 35	29	1.9	8.8
14 ม.ค. 35	32	4.0	16.6
15 ม.ค. 35	27	1.4	6.4
16 ม.ค. 35	30	2.8	11.2
17 ม.ค. 35	31	2.4	9.2
18 ม.ค. 35	33	4.6	18.8
19 ม.ค. 35	29	2.6	12.3
20 ม.ค. 35	28	2.7	13.5
21 ม.ค. 35	30	2.9	11.8
22 ม.ค. 35	29	3.2	14.6
23 ม.ค. 35	27	1.5	6.1
24 ม.ค. 35	29	2.8	12.0

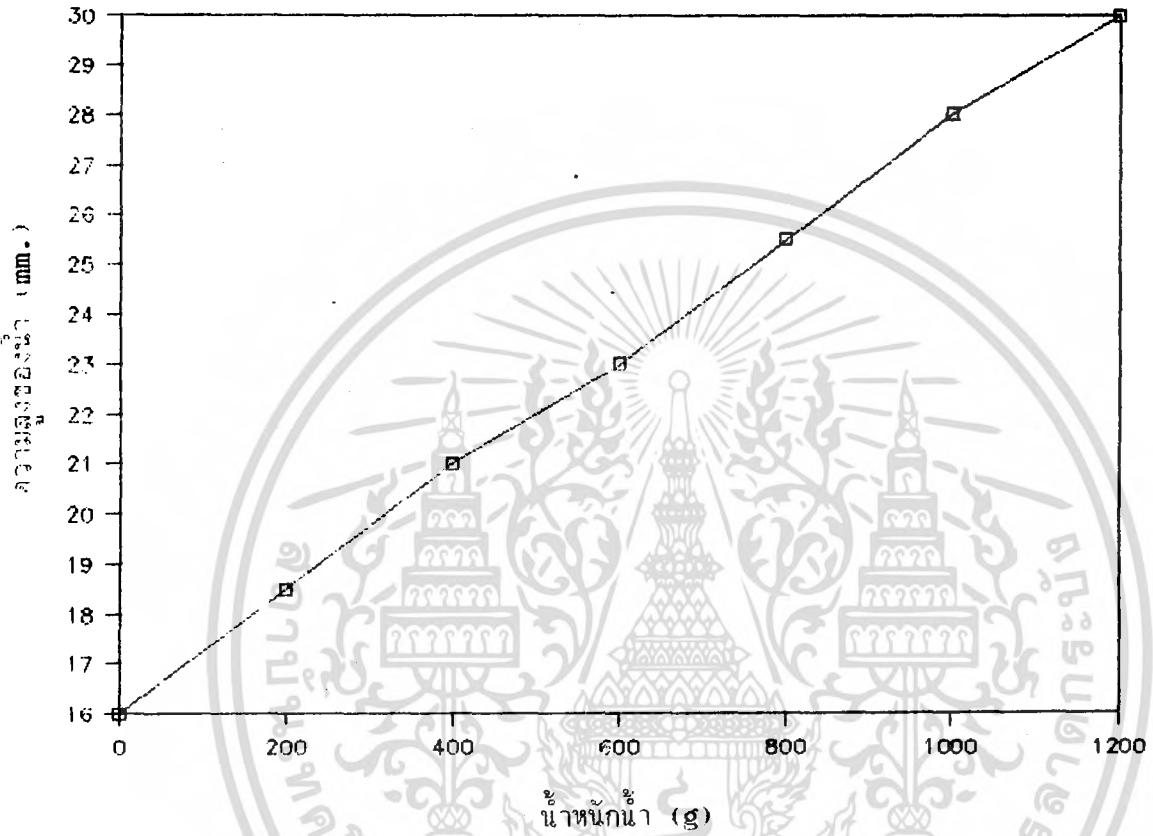
-* เครื่องเสียไม่สามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงค่าความสูงของน้ำและน้ำหนักของน้ำที่มีความสัมพันธ์กัน

น้ำหนักของน้ำ (g)	ความสูงของน้ำ (mm.)
0	16.0
200	18.50
400	21.00
600	23.00
800	25.50
1000	28.00
1200	30.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของน้ำกับน้ำหนักของน้ำที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงการปลูกมะเขือเทศโดยไม่ใช้ดินในเรือนเพาะชำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 แสดงมิเตอร์วัดปริมาณน้ำที่ให้ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 16 แสดงการวางรางรับน้ำที่เหลือจากการใช้น้ำของพืช

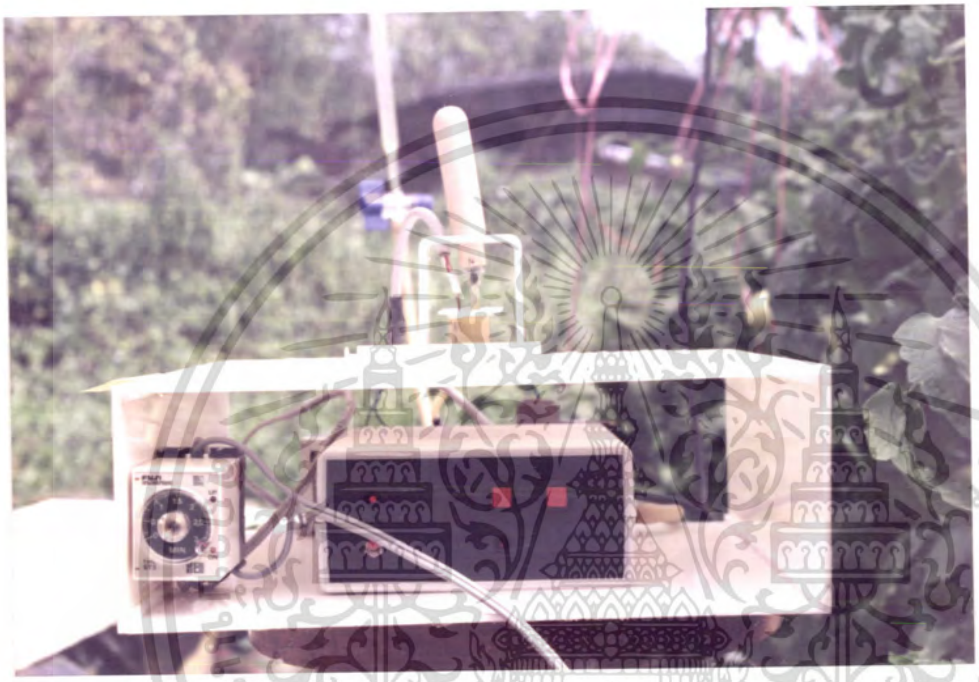
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 แสดงอุปกรณ์เครื่องให้น้ำอัตโนมัติแบบจ่ายน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18 แสดงชุดเครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดย Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงชุดเครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติแบบเครื่องวัดการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 20 แสดงต้นกระเบื๊อเทศที่ได้จากการให้น้ำโดยควบคุมให้น้ำแบบชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 21 แสดงต้นมะเขือเทศที่ใช้การควบคุมการให้น้ำแบบ Timer

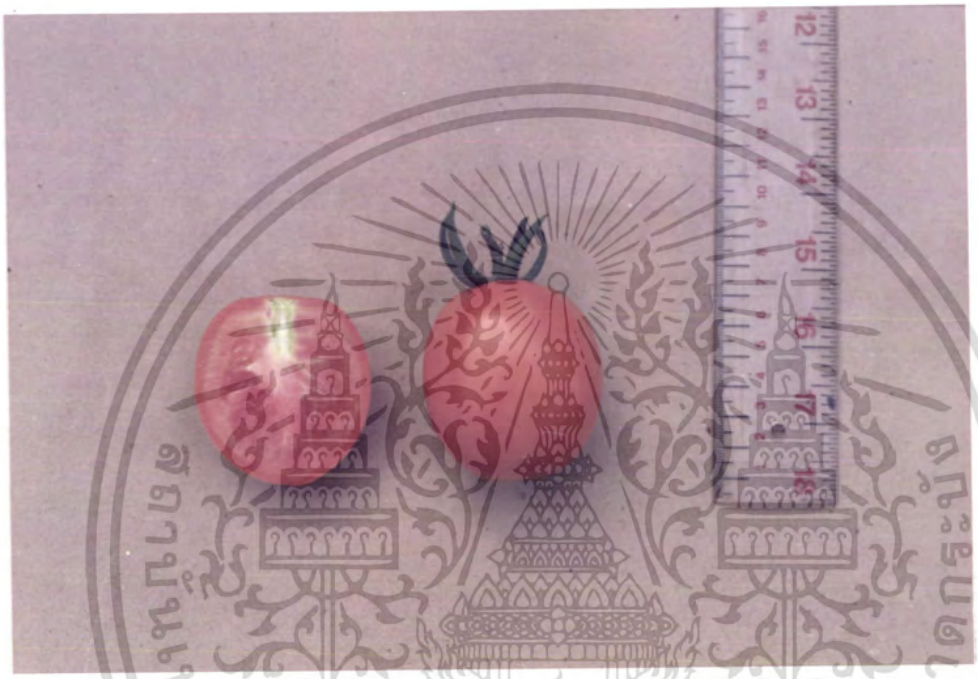
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 22 แสดงต้นมะเขือเทศที่ได้จากการให้น้ำแบบวัดการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 23 แสดงผลผลิตของมะเขือเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 24 แสดงเชื้อผสมเชื้อเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 25 แสดงรากที่เกิดจากการปลูกพืชเนื้อเยื่อโดยวัสดุปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้