14388

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การเปรียบเทียบวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองโดยมีระบบการเตรียมและให้สารละลายพืชโดยอัตโนมัติในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

Comparison of substrate on Marigolds growth with Automation Irrigation Control in Soiless Culture

โดย

นางสาว อดินุช ฉ.ิรจน์ประเสริฐ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

ปพ.
ป141ก
2537

ปพ.
ป141ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99842
วัน.เดือน.ปี.....

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทางอาจารย์ ผศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ปรึกษาวิชาความรู้ต่างๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองครั้งนี้ จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆกรุณาให้แนวความคิดให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ให้คำแนะนำในการทำการวิเคราะห์พืชครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณสำราญ ช้างน้อย ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่น'19 และ เพื่อนคณะอื่นๆที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

อดินุช · ฉ. โรจน์ประเสริฐ

มีนาคม 2537

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
ผลการทดลอง	18
สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	24

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	% น้ำในพืช	31
2.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF WATER IN STEM	31
3.	% น้ำในดอกพืช	32
4.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF WATER IN FLOWER	32
5.	% น้ำในพืชทั้งหมด	33
6.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF WATER IN PLANT	33
7.	% ไนโตรเจนในต้นพืช	34
8.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN STEM	34
9.	% ไนโตรเจนในดอกพืช	35
10.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN FLOWER	35
11.	UPTAKE NITROGEN IN STEM	36
12.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE NITROGEN IN STEM	36
13.	UPTAKE NITROGEN IN FLOWER	37
14.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE NITROGEN IN FLOWER	37
15.	TOTAL UPTAKE NITROGEN IN PLANT	38
16.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR TOTAL UPTAKE NITROGEN IN PLANT	38
17.	% ฟอสฟอรัสในต้นพืช	39
18.	ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN STEM	39
19.	% ฟอสฟอรัสในดอกพืช	40

สารบัญตาราง (ต่อ)

20. ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN FLOWER 40
21. UPTAKE PHOSPHORUS IN STEM 41
22. ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE PHOSPHORUS IN STEM 41
23. UPTAKE PHOSPHORUS IN FLOWER 42
24. ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE PHOSPHORUS IN FLOWER 42
25. TOTAL UPTAKE PHOSPHORUS IN PLANT 43
26. ANALYSIS OF VARIANCE FOR TOTAL UPTAKE PHOSPHORUS IN PLANT 43
27. แสดงค่าน้ำหนักสดของต้นพืช 44
28. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักสดของต้นพืช 44
29. แสดงค่าน้ำหนักสดของดอกพืช 45
30. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักสดของดอกพืช 45
31. แสดงค่าน้ำหนักแห้งของต้นพืช 46
32. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักแห้งของต้นพืช 46
33. แสดงค่าน้ำหนักแห้งของดอกพืช 47
34. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักแห้งของดอกพืช 47
35. แสดงข้อมูลการใช้น้ำของพืช 48
36. แสดงค่า pH และ EC ของสารละลายจากหัวน้ำหยด 49
37. แสดงค่าเฉลี่ยของ pH และ EC ในแต่ละวัสดุปลูก 50
38. แสดงอุณหภูมิของวัสดุปลูกและอุณหภูมิอากาศ 52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แผนผังการวางวัสดุปลูกในเรือนเพาะชำ	25
2.	แสดงการติดตั้งระบบการเตรียมและการให้สารละลายโดยอัตโนมัติ	26
3.	องค์ประกอบเครื่องให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก	27
4.	การใช้น้ำของพืช	28
5.	แสดงค่า pH และ EC ของสารละลายจากหัวน้ำหยดในแต่ละช่วงของระยะการปลูก	29
6.	แสดงอุณหภูมิของวัสดุปลูกและอากาศใน 1 วัน	30
7.	แสดงการปลูกต้นดาวเรืองโดยไม่ใช้ดินในเรือนเพาะชำ	53
8.	แสดงชุดอุปกรณ์การจ่ายน้ำ	54
9.	แสดงชุดอุปกรณ์การให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก	55
10.	แสดงอุปกรณ์ให้น้ำ Solenoid valve	56
11.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแท่ง rock wool	57
12.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแท่งฟองน้ำ	58
13.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในขุยมะพร้าว	59
14.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแกลบสด	60
15.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแกลบเผา	61
16.	แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกใน ขุยมะพร้าว+แกลบสด+แกลบเผา	62

คำนำ

ในปัจจุบันพื้นที่ทำการเกษตรในประเทศไทยมีน้อยลงอีกทั้งดินเสื่อมธรรมลงให้ผลผลิตต่ำ จึงทำให้มีผู้นำเอาเทคโนโลยีในการปลูกพืชไร้ดินมาทดลอง เพราะวิธีการนี้ทำให้ได้ผลผลิตสูงมีคุณภาพและปลอดภัยจากเชื้อโรคที่มาจากดิน สามารถปลูกในที่ที่ดินเสื่อมโทรม และพืชยังได้รับธาตุอาหารที่ครบถ้วนในปริมาณที่พอเหมาะ ซึ่งการปลูกพืชไร้ดินสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมต่างๆ หรือเศษเหลือจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น แกลบ แกลบเผา เปลือกถั่ว ขี้เลื่อย มาเป็นวัสดุปลูก ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป มีความเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาวัสดุที่เหมาะสมกับการปลูกดาวเรือง โดยมีการให้น้ำแก่พืชด้วยระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก เพื่อเป็นการป้องกันการขาดน้ำและธาตุอาหารพืช อีกทั้งยังช่วยประหยัดแรงงานในการรดน้ำและดูแลรักษา

อดินุช ฉ. ริจนันประเสริฐ

มีนาคม 2536

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุบลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองในการบลูกพืชไร้ดิน
2. เพื่อทดสอบระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบการเตรียมสารละลายโดยอัตโนมัติ

การตรวจเอกสาร

การปลูกพืชไร้ดิน (Soilless culture)

เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการในแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญงอกงามเต็มที่ ก็เพียงใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่างๆ เป็นการทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่เดิม ปัจจุบันนิยมปลูกพืชด้วยวิธีนี้กันมาก เพราะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต ลดปัญหาการใช้ยาฆ่าแมลง (ดวัลย์ 2534)

ยุกติ (2531) กล่าวว่าการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นเทคโนโลยีที่ได้วิวัฒนาการมานานแล้วในต่างประเทศ เพราะว่าเทคนิคดังกล่าวมีข้อดีอยู่หลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการศึกษาธาตุอาหารของพืชต่างๆ และการปลูกพืชภายใต้สิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมก็ใช้เทคนิคการปลูกพืชแบบนี้เป็นการทดแทน เพราะสามารถที่จะทำการควบคุมสภาพหรือปัจจัยต่างๆของสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนั้นเป็นการเพิ่มผลผลิตของพืชซึ่งดีกว่าการปลูกพืชโดยทั่วไป การควบคุมศัตรูต่างๆ ก็ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรสิทธิ์ (2531) ให้คำจำกัดความว่าเป็นการปลูกพืชที่เราต้องปลูกในสภาพที่ต้องใช้เครื่องปลูกที่ไม่ใช่ดิน และต้องแสวงหาปัจจัยต่างๆที่จำเป็นที่พืชต้องการนำมาทดแทนได้อย่างเหมาะสม และพืชเจริญงอกงามดี เครื่องปลูกอาจจะเป็นทราย เป็นน้ำหรืออากาศ แต่ส่วนที่ดินมีและสิ่งเหล่านี้ไม่มีเราก็ต้องจัดหาให้กับพืชด้วย เช่นอากาศไม่มีเราก็ต้องให้อากาศด้วยเครื่องให้อากาศ ธาตุอาหารในเครื่องปลูกไม่มีเราก็ให้ในรูปของปุ๋ยหรือสารเคมีหลายๆอย่างนำมารวมเข้าด้วยกันให้เหมาะสม ทั้งชนิดและปริมาณของธาตุ

การปลูกพืชไร้ดิน แบ่งออกเป็น

1. แบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ

โดยสร้างกล่องหรือตู้ที่มีหัวฉีด และให้โคนต้นยึดติดกับด้านบนส่วนรากอยู่ภายในแขวนห้อยกลางอากาศจากนั้นจึงเติมธาตุอาหารแก่รากพืชด้วยการใช้ปั๊มอัดผ่านหัวฉีดฉีดพ่นสารละลายให้เป็นฝอยละเอียดเป็นระยะตามช่วงเวลาที่กำหนด (ดวัลย์ 2534)

2. แบบปลูกในวัสดุปลูก

วัสดุปลูกเป็น inert substances เป็นที่ยึดเกาะของรากสำหรับพยุงลำต้น แล้วเติมสารละลายธาตุอาหารพืชลงในวัสดุปลูก (media) วัสดุปลูกนั้นมีหลายชนิด เช่น แกลบ ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว กรวด ทราย อิฐเผา ขี้เลื่อย rock wool, vermiculite , perite ฯลฯ ซึ่งการเลือกใช้ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ แต่หลักสำคัญ คือ วัสดุปลูกนั้นจะต้องเหมาะสมกับการเจริญของพืช ช่วยระบายอากาศได้ดี อุ้มน้ำได้ตามความต้องการของพืช ค้ำจุนพยุงรากและลำต้นได้ดี โดยวัสดุปลูกไม่จำเป็นต้องมีสารอาหารที่พืชต้องการ เพราะพืชสามารถใช้จากการที่เพิ่มธาตุอาหารในรูปสารละลายโดยตรง

3. แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

เป็นการปลูกพืชในสารละลายที่มีการไหลวนเพื่อเพิ่มอากาศให้กับรากพืช โดยต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมให้กับพืช จึงต้องมีเทคโนโลยีและอุปกรณ์หลายอย่าง เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ คือ ความชื้น แสง อุณหภูมิ คาร์บอนไดออกไซด์ pH ตลอดจนค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย เป็นต้น (สุชาดา 2531)

ความจำเป็นของการปลูกพืชไร้ดิน

ทัศนีย์,อนุพร,สุรเดช (2535) กล่าวว่าการปลูกพืชไร้ดินประสบผลสำเร็จในหลายๆประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน สหรัฐอเมริกา เป็นต้น เนื่องจากอากาศที่หนาวเย็นทำให้มีความจำเป็นที่ต้องปลูกพืชในเรือนกระจกที่มิดชิด โรคและแมลงมีน้อย ผลผลิตทางการเกษตรมีราคาสูงรวมทั้งที่ดินมีราคาแพง หายาก ทำให้การพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว

สภาพอากาศที่ร้อนจัดอย่างในประเทศไทยจะส่งเสริมให้เกิดโรคต่างๆมากกว่าสภาพอากาศที่เย็น ดังนั้นปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการผลิตทางการเกษตรไม่ว่าจะปลูกในดินหรือไม่ใช้ดินก็คือ โรคและแมลง ดังนั้นการปลูกโดยไม่ใช้ดินจะมีการรบกวนของโรคและแมลง จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีป้องกันกำจัด แต่การใช้สารเคมีที่เป็นพิษเราสามารถควบคุมและทำให้ปลอดภัยได้

Ikeda (1985) กล่าวว่าการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ต้นพืชจะเจริญเก็บเกี่ยวได้เร็ว และให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชโดยใช้ดิน ในปริมาณสารละลายธาตุอาหารเท่ากัน การปลูกพืชแบบไร้ดินสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าและผล

ผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอมากกว่าด้วย ความเข้มข้นและส่วนประกอบของธาตุอาหารที่ให้กับพืชสามารถปรับคุณสมบัติต่างๆของสารละลายได้ เช่น pH, ปริมาณของธาตุอาหารเป็นต้น

ในการปลูกพืชโดยทั่วไปจะใช้เวลานานในการเพาะกล้า แต่การปลูกโดยไม่ใช้ดินสามารถย่นระยะเวลาดังกล่าว ทำให้มีเวลาดูแลพืชได้มากยิ่งขึ้น โดยวิธีการปลูกนี้ทำให้ใบใช้ประโยชน์จากปัจจัยต่างๆในการเจริญเติบโตได้ง่าย และมีประสิทธิภาพมากกว่า และให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกพืชในดินบกติ

วัสดุปลูก

ทัศนีย์และสรสิทธิ์(2531) ได้แบ่งวัสดุปลูกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันดังนี้

1. ทราย ข้อดีของทรายก็คือ ราคาถูกและหาได้ง่าย ใช้ได้นาน แต่ขนาดของทรายก็มีความสำคัญถ้าละเอียดไปเมื่อมีความชื้นก็จะจับตัวแน่น ทำให้ระบายน้ำถ่ายเทอากาศได้ไม่ดี ถ้าขนาดใหญ่เท่ากรวดเล็กๆก็ไม่ดี เพราะไม่อุ้มน้ำ ดังนั้นการใช้ทรายควรมีทั้งขนาดใหญ่และเล็กผสมกัน ข้อเสียของทรายอีกอย่างคือ ในสภาพที่ร้อนผิวหน้าจะแห้งเร็ว ทำให้การเพาะกล้าและการตั้งตัวของกล้ามีปัญหา

2. กรวด ปัจจุบันการปลูกพืชระบบนี้ในเชิงการค้าก็ยังมีการใช้กรวดอยู่ขนาดกรวดที่ใช้กันประมาณ 10 มม. แต่ถ้าปลูกเพื่อเป็นงานอดิเรกการใช้กรวดก็จะไม่เหมาะสมเพราะกรวดไม่ดูดยึดน้ำ

3.ขี้เลื่อยและแกลบ ในการใช้ขี้เลื่อยต้องเปลี่ยนวัสดุปลูกหลังจากปลูกพืชได้ 1-2 ฤดู เพราะขี้เลื่อยจะอัดตัวกันแน่น และหลีกเลี่ยงโรคที่ติดมากับวัสดุปลูก ในญี่ปุ่นได้มีการใช้แกลบเป็นวัสดุปลูก

4. rock wool เป็นวัสดุที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำประกอบด้วย diabase 60% หินปูน 20% และถ่านหิน 20% หลอมที่อุณหภูมิ 1500-2000 องศาเซลเซียส มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีความหนาแน่นรวมต่ำ มีรูพรุนมาก ดูดยึดน้ำได้ดี ดังนั้นจึงเป็นวัสดุปลูกที่ดีมาก เพราะสะอาด ปลอดเชื้อโรค และได้ใช้กันมากใน ระบบ NFT

ในไทยมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมมากมาย วัสดุเหลือใช้บางชนิดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้ เช่น แกลบสด แกลบเผา ขุยมะพร้าว เปลือกถั่ว ฯลฯ เป็นต้น

ปัจจัยพื้นฐานสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

พืชสามารถใช้วัตถุดิบที่มีทั่วไปในธรรมชาติมาสร้างสารประกอบที่สลับซับซ้อนได้มากมาย วัตถุดิบเหล่านี้คือ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ แสงสว่าง และธาตุอาหารพืชซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ซึ่งจะต้องให้กับพืชให้ถูกต้องและเหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ พืชจะดูดธาตุอาหารต่างๆจากดิน ซึ่งได้จากการสลายตัวของแร่ธาตุและอินทรียวัตถุในดิน ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมี 16 ธาตุ คือ C,H,O,N,P,K,Ca,Mg,S,Fe,Mn,Cu,Zn,B,Mo,Cl โดย C,H,O ได้มาจากอากาศและน้ำในดิน N,P,K, เป็นธาตุอาหารหลักพืชต้องการในปริมาณมาก Ca,Mg,S เป็นธาตุอาหารรองพืชต้องการรองลงมา และที่เหลือเป็นจุลธาตุพืชต้องการน้อยมาก พืชจะเจริญเป็นปกติเมื่อได้รับธาตุดังกล่าวในปริมาณที่พอเพียงและสัดส่วนที่พอเหมาะ นอกจากนี้ humus หรืออินทรียวัตถุก็มีความสำคัญต่อสภาพทางพิสิกส์ของดิน ช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น มีการระบายถ่ายเทอากาศดี และยังปลดปล่อยธาตุอาหารโดยเฉพาะ N ให้แก่ดินด้วย (ทัศนีย์และสรสิทธิ์ 2531)

สารละลายธาตุอาหารพืช

1. ธาตุอาหารพืช : พืชจะได้ธาตุอาหารจากดิน 13 ธาตุด้วยกัน การปลูกพืชในดินที่เลวก็ยังมีธาตุอาหารนี้อยู่ การปลูกพืชโดยใช้น้ำยาจะต้องให้ธาตุอาหารแก่พืชครบทุกตัว ซึ่งธาตุบางตัวที่พืชต้องการในปริมาณน้อยอาจมาจากน้ำที่ใช้ หรือปนเปื้อนมากับธาตุอาหารอื่นๆ

2. ความเป็นกรด-ด่าง : เราใช้ค่า pH วัดระดับความเป็นกรด-ด่างซึ่งพืชสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับ pH ต่างกัน เช่น

pH	พืช
5.0-5.5	มันฝรั่ง สตรอเบอรี่ มะเขือเทศ
5.5-6.0	ถั่วต่างๆ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก
6.0-6.5	ข้าวโพดหวาน กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ไม้ดอก
6.7-7.0	ผักสลัด ผักกาดหัว หอม ไม้ดอก

จะเห็นได้ว่าพืชส่วนมากจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงกรดอ่อน ดังนั้น ในสารละลายธาตุอาหาร เรามักจะปรับให้มี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และโดยทั่วไปมักจะปรับระดับ pH ให้ใกล้เคียงกับ 6.0 ในการปรับ pH ให้ต่ำลง ใช้กรดกำมะถันหรือกรดเจือจาง ถ้าต้องการให้ pH สูงขึ้นให้ใช้ปูนขาวหรือ KOH

ความสำคัญของ pH รากพืชจะดูดธาตุอาหารได้ดีในช่วง pH 5-7 ถ้า pH ต่ำกว่า 5.0 การดูดธาตุอาหารพวกประจุบวก เช่น โพแทสเซียมจะถูกยับยั้งมากกว่าธาตุอาหารพวกประจุลบ เช่น ไนเตรทและถ้า pH สูงกว่า 7.0การดูดประจุลบของรากก็จะถูกยับยั้งมากกว่าประจุบวก รากจะปลดปล่อย H^+ เมื่อมีการดูดประจุบวกน้ำยาก็จะมี pH ลดลงหรือมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามรากจะปลดปล่อย HCO_3^+ และ OH^- เมื่อมีการดูดประจุลบ มากกว่าประจุบวก pH ของน้ำยาก็จะสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ขณะที่พืชยังเล็กอยู่ เช่น ในกรณีมะเขือเทศ พบว่าค่า pH ของน้ำยาจะลดลงหรือเป็นกรด ทั้งนี้เนื่องจากรากมะเขือเทศ ขณะมีอายุน้อย จะดึงดูด NH_4^+ ได้ดีกว่า NO_3^- ดังนั้นจึงปลดปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายการปรับสภาพความเป็นกรดของน้ำยาปกติก็จะใช้ KOH เข้มข้น 10% ใส่ลงไปเพื่อยกระดับ pHให้สูงขึ้น เมื่อมะเขือเทศมีอายุมากขึ้น รากจะดึงดูด NO_3^- เข้าไปมากขึ้นและมากกว่า NH_4^+ ทำให้มี HCO_3^- ถูกปลดปล่อยออกมาจำนวนมาก pH จะสูงขึ้นหรือเป็นด่าง การเปลี่ยนแปลง pH จะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของพวกจุลธาตุ กล่าวคือจะกระตุ้นให้รากดูดธาตุพวกจุลธาตุเข้าไปมากเกินพอที่ระดับ pH ต่ำกวา 5.5 ดังนั้งควรจะรักษาระดับของ pH ของน้ำยาให้อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 สำหรับพืชที่ปลูกทั่วๆไป

การที่พืชดูดธาตุอาหารเข้าไปในปริมาณที่ไม่เท่ากัน และเมื่อมีการระเหยของน้ำจึงทำให้ pH ของสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น การปรับระดับ pH อาจทำได้โดยการใส่กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริก หรือทั้ง 2 อย่างผสมกัน

3. ความเค็มของสารละลายธาตุอาหารพืช : วัดในรูปของค่าการนำไฟฟ้า หน่วยเป็นมิลลิโมลต่อ ซม. ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูกควรจะอยู่ในช่วง 2-4 มิลลิโมลต่อ ซม. ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อพืช จะต้องแก้ไขโดยการเจือจางสารละลายด้วยน้ำ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่านี้ก็จะต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย

ระบบน้ำหยดในการปลูกพืชแบบไร้ดิน

การใช้ระบบน้ำหยดในการปลูกพืชเริ่มใช้ในต่างประเทศมานานหลายปี อาทิในประเทศอังกฤษ สหรัฐอเมริกา อิสราเอล เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยกำลังเป็นที่สนใจและมีการพัฒนาใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ

ระบบการให้น้ำแบบหยดที่ใช้กันในปัจจุบัน เป็นการให้น้ำโดยตรงที่ผิวดิน ซึ่งประเทศอังกฤษได้เริ่มต้นนำมาใช้ในปีพ.ศ.2483 หัวปล่อยน้ำชนิดเริ่มแรก เป็นแบบ

ท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) พันรอบรูปทรงกระบอก เพื่อให้ได้ความยาวของท่อขนาดจิ๋วมากๆ เป็นการช่วยลดความดันของน้ำและทำให้ไม่เกะกะในการใช้งาน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางท่อประมาณ 0.8-1.2 มม. ซึ่งนับว่าใหญ่พอที่จะช่วยลดปัญหาการอุดตันได้ ซึ่งระบบนี้ในสมัยนั้นได้พัฒนาใช้กันแพร่หลายในโรงเรือนกระจก(Green house) โดยรวมเอาทั้งการให้น้ำและการให้ปุ๋ยอยู่ระบบเดียวกัน ซึ่งปัจจุบัน การให้น้ำผสมกับการให้ปุ๋ยก็กำลังเป็นที่นิยมกันมาก และด้วยสาเหตุของการพัฒนาวัสดุพลาสติกระหว่าง และหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา การให้น้ำแบบหยดก็เริ่มกลายเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและคุ้มค่าขึ้น เพราะอุปกรณ์ต่างๆ สามารถผลิตด้วยพลาสติกทั้งสิ้น

ในการปลูกพืชแบบไร้ดินโดยใช้วัสดุปลูก ระบบน้ำหยดจะใช้ความดันของน้ำต่ำประมาณ 2-5 บอนด์ต่อตารางนิ้วหรือเป็นความสูงของระดับน้ำประมาณ 1-3 เมตรจากพื้นดิน และหัวน้ำหยดจะใช้ท่อขนาดจิ๋ว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.2มม. ยาวประมาณ 30-60 ซม.ที่สามารถควบคุมปริมาณการไหลได้ด้วยการกำหนดความยาว และต้องมีระบบกรองน้ำอย่างละเอียด การผสมให้ปุ๋ย อาจมีที่ตั้งเวลาในการให้น้ำอัตโนมัติ หรือที่ตั้งความชื้นในวัสดุปลูก เพื่อควบคุมการให้น้ำก็ได้ (มนตรี 2532)

ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

อิทธิสุนทร (2534) กล่าวว่าในการปลูกพืชในภาชนะ เช่นในกระถางหรือถุงพลาสติก การแพร่กระจายของรากพืชที่ปลูกเพื่อหาน้ำและอาหาร จะถูกจำกัดโดยปริมาตรของภาชนะที่ใช้ปลูก ทำให้พืชมีโอกาสกระทบต่อสภาพการขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่ายกว่าพืชที่ปลูกในดินทั่วไป เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงผลกระทบดังกล่าว ระบบการให้น้ำอัตโนมัติจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการปลูกพืชในภาชนะปลูก โดยระบบจะต้องสามารถกำหนดเวลาและปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งได้ โดยปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งจะต้องสามารถชดเชยการใช้น้ำของพืช รวมกับน้ำส่วนเกินเพื่อใช้ในการชะล้างปุ๋ยหรือเกลือที่อาจสะสมอยู่ในภาชนะปลูกได้ น้ำที่ใช้ในการชะล้างปุ๋ยนี้ต้องสามารถควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เพราะถ้ามากก็จะเป็นการสิ้นเปลืองปุ๋ยและน้ำ และอาจก่อให้เกิดสภาพน้ำขังในวัสดุปลูก ในทางกลับกันถ้าน้อยเกินไปก็จะมีการสะสมปุ๋ยจนเป็นอันตรายต่อพืช นอกจากนี้ความถี่ในการให้น้ำในแต่ละวันจะต้องมากพอที่จะสามารถรักษาระดับความชื้นในวัสดุปลูกให้อยู่ในช่วงพอเหมาะกับความต้องการของพืชได้ตลอดเวลา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดาวเรือง

Common name	:	Marigolds
Scientific name	:	Tagetes spp.
Family	:	Compositae
Native	:	Mexico

จุฑามาศ(2534) กล่าวว่าในปัจจุบันการปลูกเป็นที่นิยมกันทั่วไป เนื่องจากดอกมีรูปทรงสวย สีสันสดใส และบานทนได้หลายวัน ดาวเรืองมีอายุประมาณ 60-70 วัน พันธุ์ที่มีดอกขนาดใหญ่มีขนาด 10 cm. มีสีเหลืองสด ดอกกลม กลีบดอกเรียงเป็นระเบียบและงุ้มเข้าหาใจกลางดอกเล็กน้อย ก้านดอกยาวประมาณ 50-60 cm.

บัญชะ(2529) กล่าวว่าดาวเรืองมี 2 ชนิดคือ ดาวเรืองชนิดต้นสูง และชนิดต้นเตี้ย ดังนั้นการแยกประเภทตามความสูงของพุ่มต้น เพื่อประโยชน์ใช้สอยและใช้ตกแต่งเป็นสำคัญ ดังเช่นในแคตตาล็อกของบริษัท Geo.J.Ball ปี 1975 ได้จัดแบ่งประเภทดาวเรืองออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. French marigolds ดาวเรืองชนิดต้นเตี้ย

1.1 Double varieties มีพุ่มต้นสูงประมาณ 6-8 นิ้ว ขนาดดอกเล็กที่สุด มีเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 1-1.5 นิ้ว เช่นพันธุ์ในชุด Petite Series มี Petite Gold,Petite Harmony ฯส่วน Sparky Series มี Red Brocede, Bolero , Matador ฯ

1.2 Super french type มีพุ่มต้นสูงประมาณ 19-24 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 1-2 นิ้ว ดอกบานช้ากว่า Double varieties ประมาณ 7-10 วัน เช่นพันธุ์ Yellow Boy , King Tut ฯ

1.3 Single varieties พุ่มต้นสูง 12-16 นิ้ว ดอกชั้นเดียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 1-1.5 นิ้ว เช่นพันธุ์ Dainty Marietta , Cinnabar

2. American marigolds ดาวเรืองชนิดต้นสูง

2.1 Tall varieties พุ่มต้นสูง 2.5-3 ฟุต ดอกมีขนาดใหญ่มาก มีเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 3.5-4 นิ้ว

2.2 Medium varieties พุ่มต้นสูง 16-20 ฟุต พุ่มต้นกระทัดรัด ขนาดดอกใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-3.5 นิ้ว

2.3 Dwarf varieties พุ่มต้นสูง 10-14 นิ้ว ดอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 3.5-4 นิ้ว เป็นที่นิยมปลูกมาก มักปลูกเป็นไม้กระถาง

3. Triploid marigolds พุ่มต้นสูง 12-16 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2-2.5 นิ้ว ดอกดก สีสด บานทนแม้อากาศจะร้อน

ในระยะที่ผ่านมาได้มีพันธุ์ดาวเรืองใหม่ที่นิยมปลูกในต่างประเทศ และเป็นที่น่าสังเกตุว่า ดาวเรืองต้นเตี้ย(French Marigolds)ปลูกได้ดีอย่างยิ่งเฉพาะในฤดูหนาวเท่านั้น ส่วนในฤดูอื่นโดยเฉพาะเดือนเมษายนดาวเรืองชนิดนี้จะเจริญเติบโตทางต้น มีพุ่มต้นสูงใบดก ออกดอกเพียง 2-3 ดอก แต่เมื่อปลูกในเดือนพฤศจิกายนปรากฏว่าพุ่มเตี้ยลง ออกดอกนับร้อยดอก พันธุ์ดังกล่าวได้แก่

- Panther
- Red Brocade
- Rusty Red
- Midas Touch
- Matador
- Petite Gold

ดาวเรืองต้นสูง (American Marigolds) ปลูกในฤดูร้อนจะได้พุ่มสูงในฤดูหนาวแต่การออกดอกเหมือนกันทุกฤดู โดยในฤดูร้อนมีแนวโน้มของการออกดอกช้าลง 7-10วัน

แต่เป็นที่น่าสังเกตุว่าใบและกิ่งก้านมีกลิ่นเหม็นมาก ดาวเรืองพันธุ์ใหม่มักจะไม่มีกลิ่นเหม็นของใบอีกเลย เรียกว่า leaf odorless ซึ่งได้จากการปรับปรุงและผสมพันธุ์จาก Tagetes lucida

ในปัจจุบันประเทศไทยนิยมปลูกดาวเรืองมาก เนื่องจากเป็นไม้ดอกที่ปลูกง่ายเลี้ยงง่าย ในภาคเหนือจะเรียกว่า ดอกคำพู่จู้ ซึ่ง"คำ" แปลว่า ทอง และ "พู่จู้" แปลว่า กระจุกแน่น ซึ่งเรียกตามลักษณะของดอกดาวเรือง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Materials)

1. เครื่องควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ แบบเครื่องชั่งน้ำหนัก (ภาพที่ 3)
2. ระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืช มีส่วนประกอบดังนี้ (ภาพที่ 2) (อิทธิสุนทร 2534)
   - ปั๊มน้ำ
   - ถังความดัน
   - ปั๊มดูดสารละลาย 2 เครื่อง
   - ถังน้ำพลาสติก 200 ลิตร
   - ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช
   - มิเตอร์วัดน้ำ
   - วาล์วไฟฟ้า (Solenoid valve)
   - หัวก๊อกเปิด-ปิดน้ำ
   - เครื่องกรองสารละลาย
   - สายยาง
   - สายไฟ
   - ท่อ PVC และท่อ PE
   - ท่อน้ำหยด
   - หัวน้ำหยด
3. วัสดุปลูก
   - rock wool
   - ฟองน้ำ
   - ขุยมะพร้าว
   - แกลบสด
   - แกลบเผา
   - ขุยมะพร้าว + แกลบสด + แกลบเผา
4. พลาสติกดำ พลาสติกขาว
5. Conductivity Meter
6. pH Meter

7. เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง
8. เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ
9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช
10. สารเคมีตามสูตรสารละลายธาตุอาหารพืช

วิธีการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง วันที่ 24 กันยายน 2536 ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. การเตรียมระบบ

1.1 นำพลาสติกสีดำมาตัดและทำเป็นถุงขนาด 90*30 cm. จำนวน 16 ถุงแล้วนำมาบรรจุวัสดุที่จะทำการปลูกดังนี้

- ขุยมะพร้าว 4 ใบ
- แกลบสด 4 ใบ
- แกลบเผา 4 ใบ
- ขุยมะพร้าว + แกลบสด + แกลบเผา 4 ใบ

และนำแท่ง rock wool และฟองน้ำ อีกอย่างละ 4 แท่ง แล้วนำวัสดุปลูกทั้งหมดมาหุ้มด้วยพลาสติกสีขาว การตัดถุงวัสดุให้เป็นรอยทางยาวประมาณ 2 นิ้ว 2 รอยที่ข้างๆใต้วัสดุปลูกเพื่อให้มีการระบายน้ำ นำวัสดุที่เตรียมไว้วางในเรือนเพาะชำตามรูปแบบที่วางไว้ในผังภาพที่ 1

1.2 วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำทั้งหมด 6 Treatment 4 Replication โดยให้ T_1 = rock wool

T_2 = ฟองน้ำ

T_3 = ขุยมะพร้าว

T_4 = แกลบสด

T_5 = แกลบเผา

T_6 = ขุยมะพร้าว + แกลบสด + แกลบเผา

จากนั้นทำการจับฉลากสุ่มแต่ละ Treatment ลงไปใน Block ที่วางไว้

1.3 วางท่อ PE ลงไป โดยให้ท่ออยู่ระหว่างแถวของวัสดุปลูก 2 แถวต่อ 1 สายท่อ PE ตามผังในรูปที่ 2 เจาะท่อ PE ให้มีขนาดเท่ากับหัวหยด เพื่อวางหัวหยด โดยหัวน้ำหยดที่ใช้มีอัตราการหยด 4 ลิตร/ชั่วโมง ระวังอย่าให้เกิดการรั่วซึม

ของน้ำ

1.4 ต่อระบบให้น้ำ ซึ่งประกอบด้วย ถังน้ำ ปั๊มน้ำ ถังปรับความดัน มิเตอร์วัดน้ำ Solenoid valve ปั๊มดูดสารละลาย ถังใส่สารละลายอาหารพืช เครื่องกรองสารละลาย

1.5 สุ่มตัวแทนทั้งหมดขึ้นมา 1 ตัวอย่าง เพื่อต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ rock wool เป็นตัวแทน วางขวดรับสารละลายเพื่อวัดปริมาณสารละลายที่ใช้

1.6 เดินสายไฟจากเครื่องควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก เข้ากับ Solenoid valve เพื่อต่อเข้ากับชุดจ่ายน้ำ

2. การเพาะต้นกล้าและการปลูก

2.1 เตรียมถุงพลาสติกขนาดเล็กที่บรรจุด้วยแกลบเผา 24 ถุง และเจาะก้นถุงให้เป็นรูเล็กๆ

2.2 เพาะเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง French marigolds ลงในถุงแกลบเผา รดน้ำอย่าให้แกลบเผาแห้ง

2.3 ประมาณ 5-6 วัน ต้นอ่อนจะงอก กระทั่งต้นอ่อนมีใบ 2 ใบ จึงทำการย้ายต้นอ่อนโดยนำออกจากถุงพลาสติก แล้วนำไปวางบนวัสดุปลูกที่เตรียมไว้ในเรือนเพาะชำ โดยเจาะช่องสี่เหลี่ยมที่วัสดุปลูกขนาดประมาณ 2*2 นิ้ว โดยให้ 1 วัสดุปลูกมี 3 ช่อง มีระยะห่างเท่ากัน

2.4 ต้นดาวเรืองจะถูกเลี้ยงอยู่ในระบบการให้น้ำอัตโนมัติ เริ่มบันทึกข้อมูลที่ต้องการ

2.5 สารละลายอาหารพืชที่ใช้มีค่า Conductivity ประมาณ 2.0 และมีpH ประมาณ 5.8-6.0

3. การบันทึกข้อมูล และค่าวิเคราะห์

ข้อมูลระหว่างการปลูก

- วัดปริมาณการใช้น้ำจากมิเตอร์น้ำเข้าและมิเตอร์น้ำออก (cc)
- วัดปริมาณสารละลายที่ให้แก่พืชในแต่ละวันจากขวดรับน้ำ (cc)
- วัดค่า Conductivity และ pH ของสารละลายที่ให้ โดยวัด วันจันทร์ พุธ และ ศุกร์
- วัดอุณหภูมิของวัสดุปลูกและอากาศ โดยต่อ Thermometer แบบ RTD ต่อเข้ากับเครื่อง Recorder YOKOGAWA

ค่าวิเคราะห์

- หาน้ำหนักสดพืช
- หาน้ำหนักแห้งพืช
- หา % น้ำในต้น , ดอก และ % น้ำทั้งหมดในพืช
- หา % ไนโตรเจน ต้นและดอก , uptake nitrogen ในต้นและในดอก , Total uptake nitrogen
- หา % ฟอสฟอรัส ต้นและดอก , uptake phosphorus ในต้นและดอก , Total uptake phosphorus

4. การเตรียมสารละลาย

4. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

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 (ละลายในน้ำก่อน 10 ลิตร)	2333.0	กรัม
5. ใส่ $MgSO_4$	571.9	กรัม
6. ใส่ Ammonium molybdate $(NH_4)MOO_4$ (45%Mo)	0.25	กรัม
7. ใส่ Boric acid H_3PO_3 (17% B)	7.5	กรัม
8. ใส่ Maganess Sulfate $MnSO_4.4H_2O$ (24%Mn)	17.0	กรัม
9. ใส่ Zinc sulfate $ZnSO_4.7H_2O$ (22%Zn)	5.0	กรัม
10. ใส่ Copper Sulfate $CuSO_4.5H_2O$ (25%Cu)	12.5	กรัม
11. ใส่น้ำให้ครบ	25.0	ลิตร

* รายการที่ 5 ถึง 9 ให้สารละลายในน้ำก่อน 5 ลิตร คนให้ละลาย pH ใน Solution A ต้องน้อยกว่า 2.0

SOLUTION B ใส่ตามลำดับดังนี้

1. ใส่น้ำ	10.0	ลิตร
2. ใส่กรด	8.7	cm^3
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2$	2146.0	กรัม
4. ใส่ Fe-EDTA (6%Fe)	100.0	กรัม
หรือ Fe-DTPA (4.6%Fe)	133.0	กรัม
หรือ Fe-EDTA (KMITL)	8000.0	cm^3
5. ใส่น้ำให้ครบ	25.0	ลิตร

เมื่อนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1:200

5. การเก็บผลผลิตเพื่อการวิเคราะห์

เก็บผลผลิตทุกต้ารับการทดลองโดยให้ถือว่า 1 วัสดุปลูกเป็น 1 ต้ารับการทดลอง

6. สถานที่ท้าการทดลอง

เรือนเพาะช้า คณะเทคโนโลยีการเกษต์ร (ดีกใหม่) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

7. ระยะเวลาท้าการทดลอง

24 กันยายน 2536 ถึง 30 พฤศจิกายน 2536

8. การวางแผนการทดลอง

การทดลองปลูกต้นต้าเรืองในระบบการบลูกพืชไร้ดินแบบ media culture โดยใช้

T_1 = rock wool

T_2 = ฟองน้ำ

T_3 = ขุยมะพร้าว

T_4 = แกลบสด

T_5 = แกลบเผา

T_6 = ขุมะพร้าว +แกลบสด +แกลบเผา

เป็นวัสดุปลูก โดยให้น้ำแบบหยด มีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Random Design (C.R.D.) โดยใช้ระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก ท้าการทดลองแบ่งออกเป็น 6 Treatment และในแต่ละ Treatment แบ่งออกเป็น 4 Replication

9. หลักการท้างานของเครื่องควบคุมการเตรียมและการให้น้ำอัตโนมัติ

น้ำจะไหลผ่านมิเตอร์วัดน้ำเข้าสู่ Solenoid valve ซึ่งเป็นตัวควบคุมการให้น้ำ และเมื่อมีน้ำไหลผ่านมิเตอร์วัดน้ำเข้า จะท้าให้ปั๊มดูดสารละลาย A และ B เริ่มท้าการดูดสารละลายในอัตราที่ก้าหนด เพื่อให้ได้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มี pH และ EC ที่ต้องการ ในการทดลองครั้งนี้ได้ต่อท่อเพื่อลดปริมาณน้ำที่จะผสมกับสารละลายธาตุอาหาร โดยมีมิเตอร์วัดปริมาณน้ำออก ท้าให้สารละลายธาตุอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้นเพื่อให้ได้ pH และ EC ที่ก้าหนด สารละลายจะไหลสู่เครื่องกรองสารละลาย และให้แก่ต้นพืช โดยในการทดลองนี้ให้แท่ง rock wool เป็นตัวแทนของวัสดุปลูกทั้งหมดในการวัดปริมาณการให้น้ำของระบบ แท่ง rock wool จะตั้งอยู่บนหมอนน้ำซึ่งต่อเข้ากับท่อแสดงระดับน้ำ(A) โดยสายยาง(B) ท่อแสดงระดับ

น้ำจะอยู่เหนือระดับหมอนน้ำ 45 cm. การวัดน้ำหนักที่ลดลงของแท่ง rock wool ที่เกิดจากการคายน้ำสามารถดูได้จากระดับน้ำในท่อแสดงระดับน้ำ(A) เมื่อพืชมีการคายน้ำ น้ำหนักของแท่ง rock wool ลดลง แรงกดลงบนหมอนยางจึงลดลง มีผลให้ระดับน้ำในท่อ A ลดลงต่ำกว่าก้านจับระดับ(C)ทำให้เครื่องตรวจจับระดับน้ำ(D)ทำงาน โดยจะสั่งงานให้วาล์วปิด-เปิดน้ำ (Solenoid valve) และเครื่องตั้งเวลาทำงาน นั่นคือจะมีการให้น้ำเมื่อเวลาที่ตั้งไว้ที่เครื่องตั้งเวลาถึงกำหนด การให้น้ำจะหยุด ในขณะที่มีการให้น้ำแก่พืชน้ำจากท่อส่งน้ำจะเติมลงในท่อแสดงระดับน้ำ(A)โดยท่อ(E) ดังนั้นเมื่อหยุดการให้น้ำระดับน้ำในท่อ A จะอยู่ที่ขอบบนของท่อเสมอ โดยน้ำส่วนเกินจะล้นออกจากท่อ A และถูกนำกลับมาใช้รดต้นพืชโดยท่อ(F)และสายยาง(G) การทำงานของระบบจะกลับมาเริ่มต้นใหม่ไปเรื่อยๆ (ภาพที่ 3)

99842

1. การใช้น้ำ

เริ่มทำการวัดเมื่อต้นดาวเรืองมีอายุได้ 29 วัน และทำการวัดไปจนกระทั่งต้นดาวเรืองมีอายุได้ 57 วัน ระยะเวลาที่ทำการวัด 30 วัน

ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของดาวเรือง 1.805 ลิตร/ต้น/วัน หรือ 7.22 ลิตร/ตารางเมตร/วัน โดยในพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีต้นดาวเรืองอยู่ 4.6 ต้น (ภาพที่ 4 และ ตารางที่ 34)

2. pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารพืช

จากการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยใช้ปั๊มดูดสารละลายอัตโนมัติสารละลายที่ได้ วัดค่า pH และ EC จากหัวหยดมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่า pH เฉลี่ย 5.939 และมี EC เฉลี่ย 2.149 (ภาพที่ 5 และ ตารางที่ 38)

3. อุณหภูมิ

ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยต่อ Thermometer แบบ RTD เข้ากับเครื่อง Recorder YOKOGAWA ในเวลา 1 วัน พบว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยใน rock wool พองน้ำ แกลบเผา มีค่าใกล้เคียงกัน เพราะเส้นกราฟไม่แตกต่างกันมากนัก โดยใน rock wool มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 26.924 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ พองน้ำ 26.651 องศาเซลเซียส และต่ำที่สุดคือใน แกลบเผา 26.368 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 6 และ ตารางที่ 39)

4. % น้ำในพืช

จากการวิเคราะห์หา % น้ำในต้นดาวเรือง พบว่า % น้ำในต้นในแต่ละ Treatment ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าประมาณ 89.89-90.16 % และ % น้ำในดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ในแกลบสดมี % น้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดประมาณ 79.62 % และพบว่า %น้ำทั้งหมดในพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 89.39-90.59 % (ตารางที่ 1-6)

5. % Nitrogen ในพืช

จากการวิเคราะห์หา % Nitrogen ในพืช พบว่า % Nitrogen ในต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยต้นที่ปลูกในแกลบสด

และ rock wool มี % Nitrogen สูงสุดประมาณ 1.19 % และในขุยมะพร้าวมี % Nitrogen น้อยที่สุดประมาณ 0.79 % และ % Nitrogen ในดอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 0.48-0.56 % (ตารางที่ 7-10)

6. Uptake N ในพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า Uptake N ในต้น Uptake N ในดอก และ Total Uptake N ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกในแกลบเผามีค่า Uptake N มากที่สุด และในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุด โดย Uptake N มีค่าอยู่ในช่วง 0.30-0.52 , Uptake N มีค่า 0.022-0.055 และ Total Uptake N มีค่า 0.40-0.57 (ตารางที่ 11-16)

7. % Phosphorus ในพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า %Phosphorus ในต้นและดอกพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต้นที่ปลูกในแกลบเผามี % P มากที่สุด โดยในต้นมี 0.46 % ในดอกมี 0.08 % และพบว่าต้นที่ปลูกในแกลบสดมี % P น้อยที่สุด โดยในต้นมี 0.29 ในดอกมี 0.03 % (ตารางที่ 17-20)

8. Uptake P

จากการวิเคราะห์พบว่า Uptake P ในต้น Uptake P ในดอก Total Uptake P ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.29-0.46 , 0.03-0.08 และ 0.33-0.55 ตามลำดับ ซึ่งต้นที่ปลูกในแกลบเผาจะมีค่า Uptake P มากที่สุดและต้นที่ปลูกในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 21-26)

9. น้ำหนักสดต้นพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักสดของต้นพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกใน rock wool มีน้ำหนักต้นมากที่สุด ประมาณ 534.37 g รองลงมาคือ แกลบเผา 530.89 g และ ในแกลบสดมีน้ำหนักน้อยที่สุด ประมาณ 310.44 g (ตารางที่ 27-28)

10. น้ำหนักสดดอกพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักดอกสด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 65.297 g ต้นที่ปลูกใน พองน้ำมีน้ำหนักมากที่

สุดเฉลี่ยประมาณ 80.23 g รองลงมาคือ rock wool 71.10 g และต้นที่ปลูกในแกลบสดมีน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 32.30 g (ตารางที่ 29-30)

11. น้ำหนักแห้งต้นพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักแห้งของต้นพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกใน rock wool มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 53.42 g รองลงมาคือ แกลบเผา ประมาณ 53.33 g และในขุยมะพร้าว +แกลบสด +แกลบเผา มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดประมาณ 37.82 g (ตารางที่ 31-32)

12. น้ำหนักแห้งของดอกพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักแห้งดอกพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยประมาณ 1.79 g ต้นที่ปลูกใน แกลบเผามีน้ำหนักมากที่สุดประมาณ 10.14 g รองลงมาคือ พองน้ำ 8.63 g และ ในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุดคือ 4.16 g (ตารางที่ 33-34)

และ rock wool มี % Nitrogen สูงสุดประมาณ 1.19 % และในขุยมะพร้าวมี % Nitrogen น้อยที่สุดประมาณ 0.79 % และ % Nitrogen ในดอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 0.48-0.56 %

6. Uptake N ในพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า Uptake N ในต้น Uptake N ในดอก และ Total Uptake N ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกในแกลบเผามีค่า Uptake N มากที่สุด และในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุด โดย Uptake N มีค่าอยู่ในช่วง 0.30-0.52 , Uptake N มีค่า 0.022-0.055 และ Total Uptake N มีค่า 0.40-0.57

7. % Phosphorus ในพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า %Phosphorus ในต้นและดอกพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต้นที่ปลูกในแกลบเผามี % P มากที่สุด โดยในต้นมี 0.46 % ในดอกมี 0.08 % และพบว่าต้นที่ปลูกในแกลบสดมี % P น้อยที่สุด โดยในต้นมี 0.29 ในดอกมี 0.03 %

8. Uptake P

จากการวิเคราะห์พบว่า Uptake P ในต้น Uptake P ในดอก Total Uptake P ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.29-0.46 , 0.03-0.08 และ 0.33-0.55 ตามลำดับ ซึ่งต้นที่ปลูกในแกลบเผาจะมีค่า Uptake P มากที่สุดและต้นที่ปลูกในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุด

9. น้ำหนักสดต้นพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักสดของต้นพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกใน rock wool มีน้ำหนักต้นมากที่สุด ประมาณ 534.37 g รองลงมาคือ แกลบเผา 530.89 g และ ในแกลบสดมีน้ำหนักน้อยที่สุด ประมาณ 310.44 g

10. น้ำหนักสดดอกพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักดอกสด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 65.297 g ต้นที่ปลูกใน พองน้ำมีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 80.23 g รองลงมาคือ rock wool 71.10 g และต้นที่ปลูกในแกลบสดมีน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 32.30 g

11. น้ำหนักแห้งต้นพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักแห้งของต้นพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกใน rock wool มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 53.42 g รองลงมาคือ แกลบเผา ประมาณ 53.33 g และในขุยมะพร้าว +แกลบสด +แกลบเผา มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดประมาณ 37.82 g

12. น้ำหนักแห้งของดอกพืช

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำหนักแห้งดอกพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยประมาณ 1.79 g ต้นที่ปลูกใน แกลบเผามีน้ำหนักมากที่สุดประมาณ 10.14 g รองลงมาคือ พองน้ำ 8.63 g และ ในแกลบสดมีค่าน้อยที่สุดคือ 4.16 g

14388

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุปลูก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพบว่า ต้นดาวเรืองที่ปลูกใน rock wool มีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือมีน้ำหนักต้นเฉลี่ยประมาณ 534.34 g รองลงมาคือแกลบเผา และในแกลบสดมีน้ำหนักต้นน้อยที่สุดคือประมาณ 310.44 g และน้ำหนักของดอกดาวเรืองที่ปลูกในพองน้ำมีน้ำหนักมากที่สุดคือประมาณ 80.23 g รองลงมาคือใน rock wool 71.10 g และน้ำหนักดอกในแกลบสดมีน้ำหนักน้อยที่สุด คือประมาณ 32.30 g เมื่อเรียงความเหมาะสมของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง พบว่าแกลบเผามีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ rock wool, ขุยมะพร้าว, พองน้ำ, ขุยมะพร้าว+แกลบสด+แกลบเผา และ แกลบสด ตามลำดับ และยังพบว่าอุณหภูมิในถุงแกลบเผามีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำประมาณ 26.368 องศาเซลเซียส จากการบันทึกข้อมูลของการให้น้ำของพืชและค่า pH, EC พบว่าระบบการเตรียมและการให้สารละลายโดยอัตโนมัติ สามารถนำไปใช้ในการปลูกพืชได้เพราะค่า pH และ EC ของสารละลายในช่วงระยะเวลาในการปลูกพืชมีค่าที่เหมาะสมต่อพืชในการนำธาตุอาหารไปใช้คือมี pH อยู่ในช่วง 6.32-5.55 และมีค่า EC อยู่ในช่วง 2.23-2.02 โดยไม่ต้องมีการปรับระบบ.เพื่อให้ได้ค่า pH และ EC ตามต้องการอีกในระหว่างระยะเวลาทำการทดลอง และระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนักทำการให้น้ำแก่พืชเมื่อพืชมีการคายน้ำ โดยการให้น้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศในเรือนทดลองในแต่ละวันและอายุในแต่ละช่วงของพืช จากการนำพืชไปวิเคราะห์พบว่า % น้ำในต้น , %น้ำในพืชทั้งหมด , น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและดอก , % Nในดอกพืช , Uptake N ในต้น , Uptake N ในดอก , Total Uptake N ในพืช , % Pในต้นและดอก, Uptake P ในต้น , Uptake P ในดอก และ Total Uptake P ในพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า % น้ำในดอกพืช มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ %Nในต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เพราะเนื่องจากในบางวัสดุปลูกให้ผลผลิตต่ำมีผลให้ %N มีค่าสูงจึงเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชนิดของวัสดุปลูก

[illegible]

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า แกลบเผา , rock wool และขุยมะพร้าว มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง ในขณะที่แกลบสดไม่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ อ่อนพิมล. 2534. ไม้ตัดดอก. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. กรุงเทพฯ

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พรานนกการพิมพ์.กรุงเทพฯ

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ , จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข , สุรเดช จินดกานนทน์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช . ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2531. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 10(1) : 59-66 .

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ , อนุพร พรหมมาศ , สุรเดช จินดกานนทน์. 2535. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน . คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน. 331-321.

ปิฏฐะ บุนนาค. 2529. ไม้ดอกไม้ประดับ. บรรณกิจ. กรุงเทพ ฯ

มนตรี ล้ำซู. 2532. หลักการชลประทานแบบหยด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุกติ สาริกะภูติ. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. วารสาร ดินและปุ๋ย. 10(4) : 282-283.

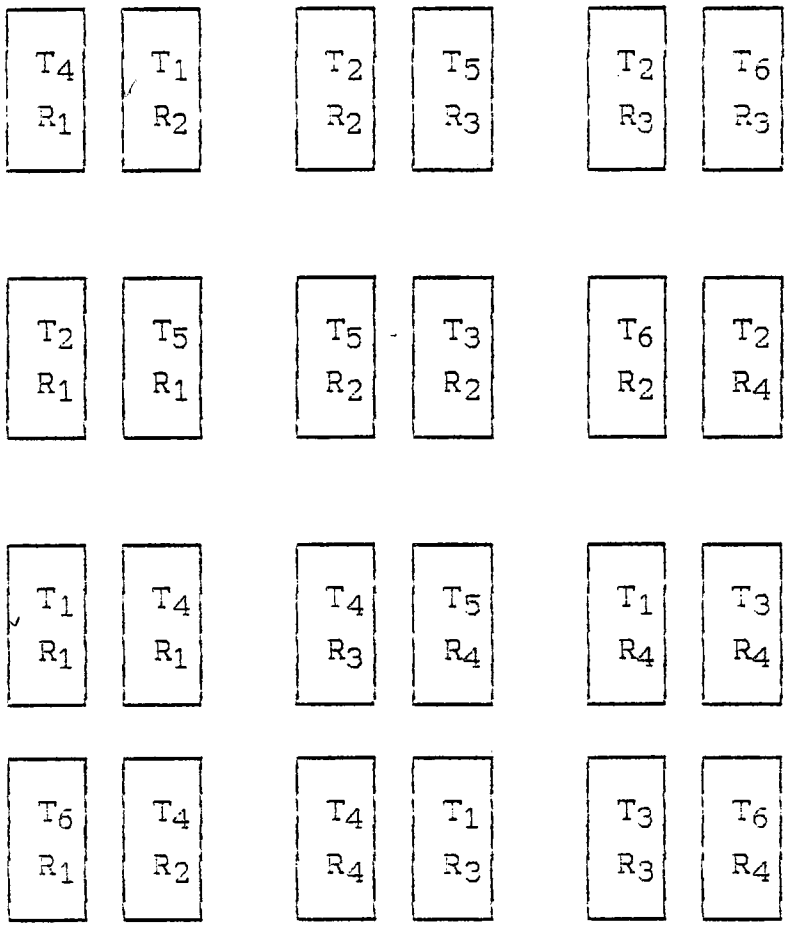
สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2531. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย.10(4) : 280-281.

สุชาดา ศรีเพ็ญ . 2531. เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน . วารสารดินและปุ๋ย. 10(4) : 292-294.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2534. เครื่องมือควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติในการปลูกพืชในภาชนะปลูก. เอกสารวิชาการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Hideo IKEDA . 1985. Soilless culture in Japan, Farming Japan. 19(6) : 35-34.

ภาคผนวก



ภาพที่ 1 แผนผังการวางวัสดุปลูกในเรือนเพาะชำ

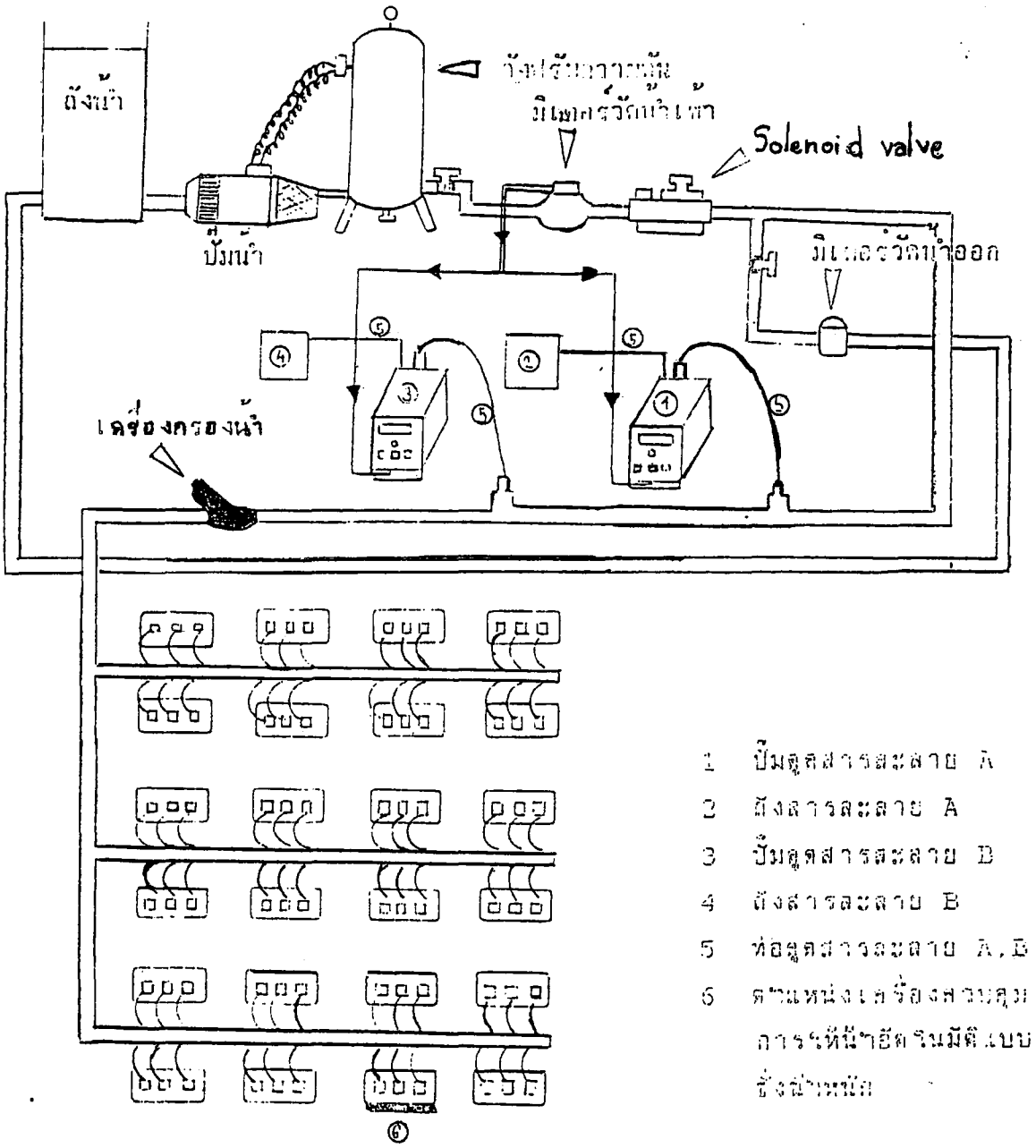
โดย T_1 = rock wool T_2 = พองน้ำ

T_3 = ขุยมะพร้าว T_4 = แกลบสด

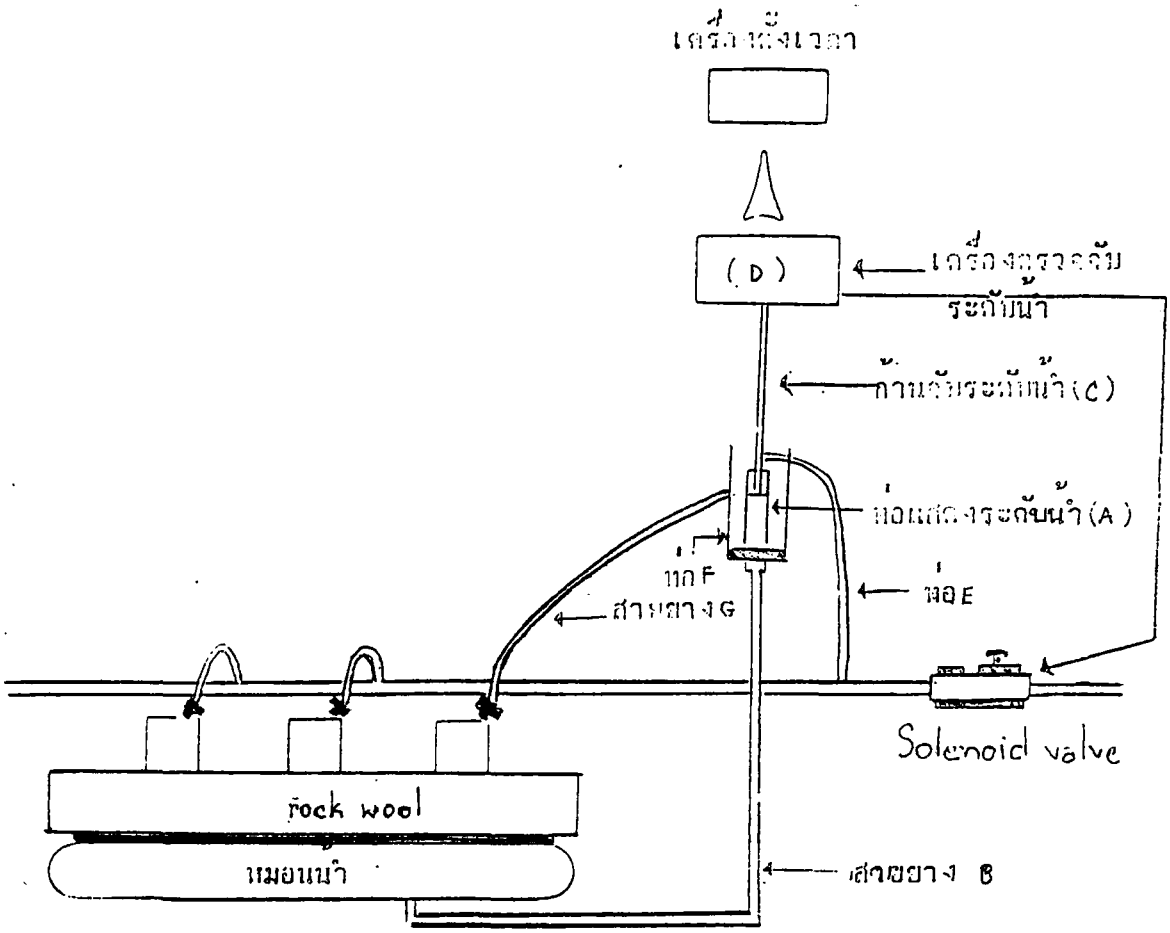
T_5 = แกลบเผา

T_6 = ขุยมะพร้าว +แกลบสด +แกลบเผา

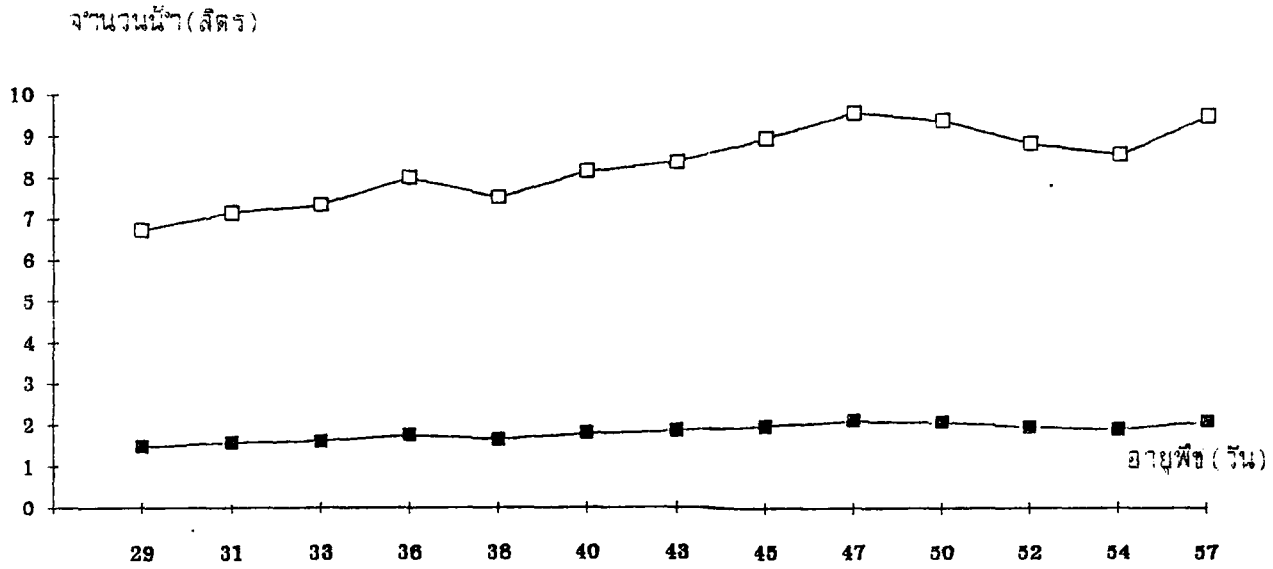
$R_1 \ldots R_4$ = ชั้นที่ 1 ถึง 4



ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งระบบการเตรียมและให้สารละลายโดยอัตโนมัติ



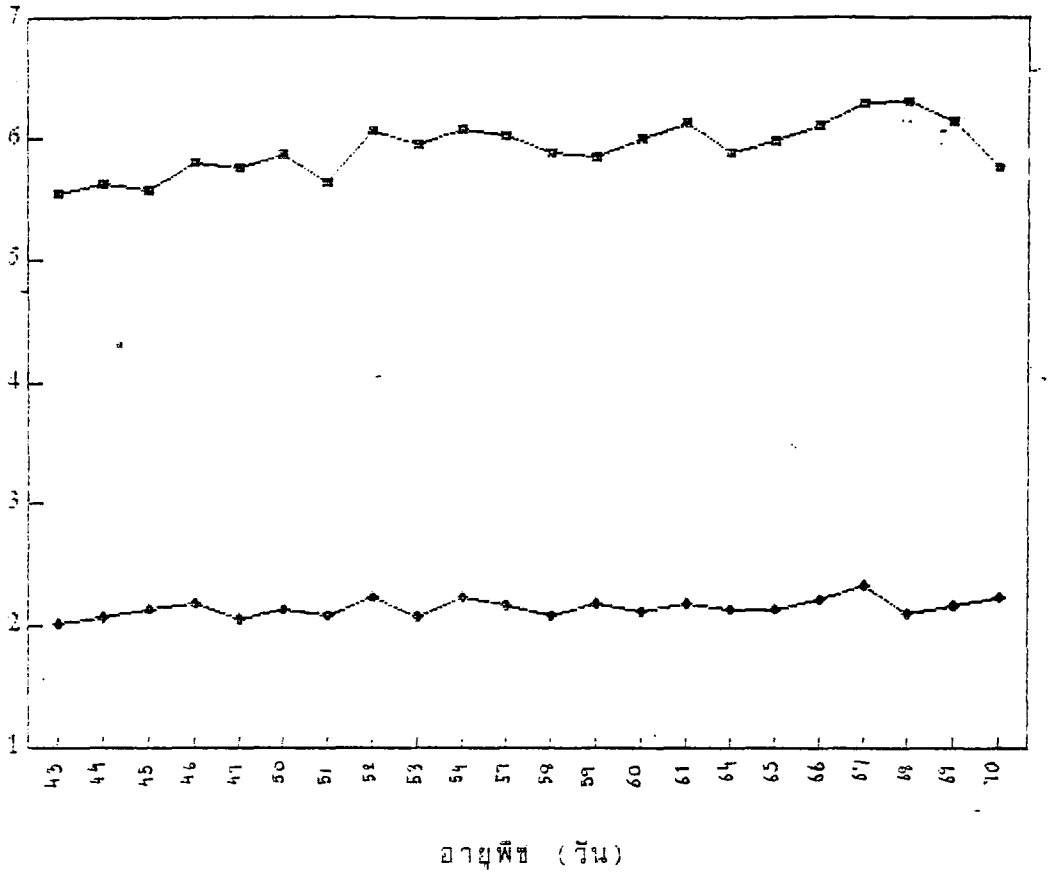
ภาพที่ 3 องค์ประกอบเครื่องให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 4 การใช้น้ำของพืช

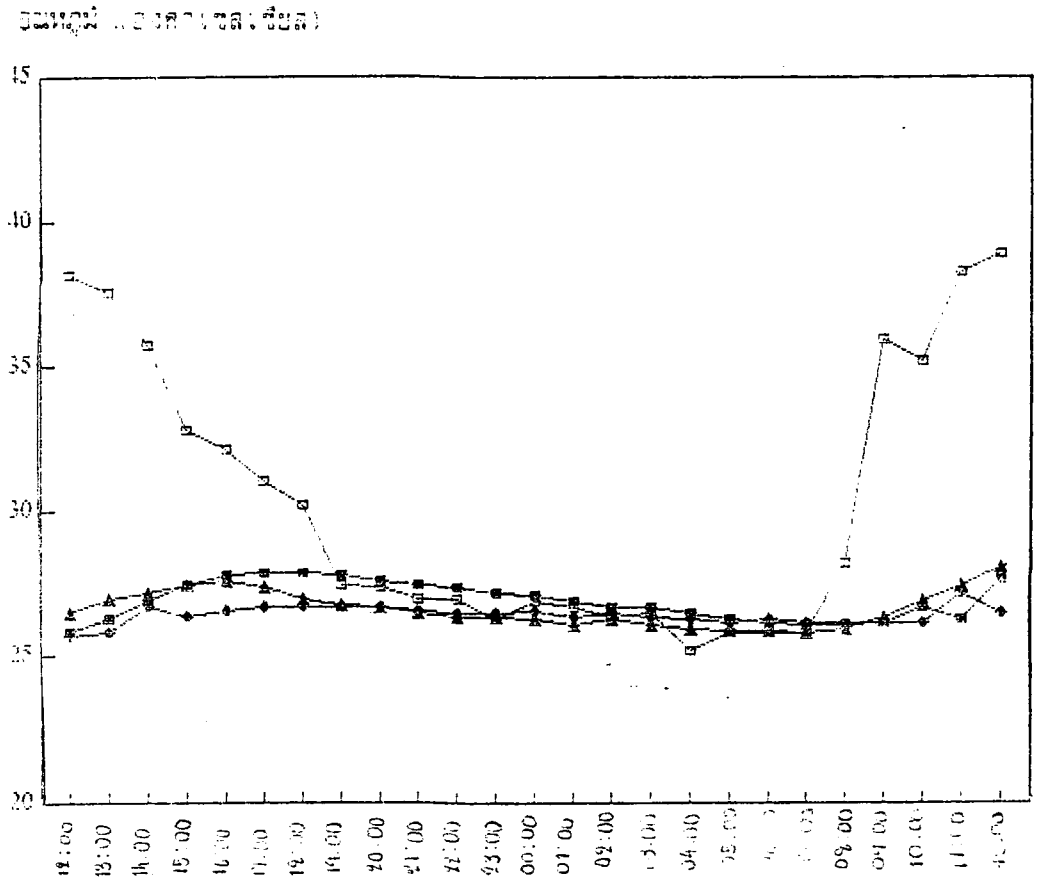
□ การใช้น้ำของพืช (ลิตร/ต้น/วัน)

■ การใช้น้ำของพืช (ลิตร/ตารางเมตร/วัน)



ภาพที่ 5 แสดงค่า pH และ EC ของสารละลายจากหัวน้ำหยด
ในแต่ละช่วงของระยะการปลูก

■ pH
◆ EC



ภาพที่ 6 แสดงอุณหภูมิของวัสดุปลูกและอากาศใน 1 วัน

- อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิพองน้ำ
- อุณหภูมิ rock wool
- อุณหภูมิแกลบเผา

ตารางที่ 1 %น้ำในต้นพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	90.33	89.86	90.00	89.73	359.92	89.98
T_2	90.44	89.62	89.61	89.92	359.59	89.89
T_3	90.50	90.00	90.23	89.92	360.65	90.16
T_4	90.96	90.27	91.17	89.63	362.03	90.51
T_5	89.62	90.30	89.37	89.93	359.22	89.81
T_6	88.19	90.07	90.27	90.56	358.89	89.72

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

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1.528	0.306	0.877 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	6.275	0.349			
TOTAL	23	7.801	0.339			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 0.66 %

ตารางที่ 3 %น้ำในดอกพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	90.23	89.14	90.48	90.78	360.63	90.16
T_2	88.26	89.41	90.52	88.90	357.09	89.27
T_3	88.21	88.66	88.36	89.50	354.73	88.68
T_4	88.24	85.31	86.96	87.30	318.50	79.62
T_5	89.29	90.74	88.35	88.05	356.43	89.11
T_6	87.37	88.29	88.46	91.40	355.52	88.88

ตารางที่ 4 ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF WATER IN FLOWER (%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	21.815	4.363	3.372 *	2.77	4.25
EX.ERROR	18	23.292	1.294			
TOTAL	23	45.106	1.961			

* = SIGNIFICANT AT 5% LEVEL

CV = 1.28

LSD.05 = 1.689965

LSD.01 = 2.314954

ตารางที่ 5 %น้ำในพืชทั้งหมด

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	90.27	89.82	90.05	89.84	359.98	89.99
T_2	90.13	89.58	89.73	89.73	359.57	89.89
T_3	90.19	89.85	90.05	90.21	360.30	90.07
T_4	90.55	89.94	90.89	89.44	360.82	90.20
T_5	89.55	93.04	89.23	89.64	361.46	90.36
T_6	88.11	89.86	89.93	94.46	362.36	90.59

ตารางที่ 6 ANALYSIS OF VARIANCE FOR PERCENT OF TOTAL WATER IN PLANT(%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	2.059	0.412	0.304 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	24.381	1.355			
TOTAL	23	26.438	1.149			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 1.29%

LSD.05 = 1.729039

LSD.01 = 2.368479

ตารางที่ 7 %ไนโตรเจนในต้นพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	1.00	1.02	1.02	0.72	4.76	1.19
T_2	1.00	0.82	0.87	0.75	3.44	0.86
T_3	0.97	0.70	0.69	0.79	3.15	0.79
T_4	1.18	1.14	1.22	1.28	4.77	1.19
T_5	1.04	1.16	0.89	0.83	3.92	0.98
T_6	1.04	0.97	0.77	0.91	3.69	0.92

ตารางที่ 8 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % NITROGEN IN STEM (%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.380	0.076	5.071 **	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.270	0.015			
TOTAL	23	0.650	0.028			

** = SIGNIFICANT AT 1% LEVEL

CV = 12.93 %

LSD .05 = .1818928

LSD .01 = .2491612

ตารางที่ 9 %ไนโตรเจนในดอกพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.52	0.47	0.58	0.53	2.10	0.52
T_2	0.52	0.50	0.49	0.46	1.97	0.49
T_3	0.55	0.53	0.58	0.59	2.25	0.56
T_4	0.51	0.51	0.62	0.53	2.17	0.54
T_5	0.51	0.62	0.53	0.55	2.21	0.55
T_6	0.51	0.43	0.44	0.56	1.94	0.48

ตารางที่ 10 ANALYSIS OF VARIANCE FOR %NITROGEN IN FLOWER (%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.020	0.004	2.004 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.037	0.002			
TOTAL	23	0.057	0.002			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 8.57 %

ตารางที่ 11 UPTAKE NITROGEN IN STEM (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.66	0.60	0.36	0.38	2.08	0.51
T_2	0.38	0.36	0.39	0.35	1.48	0.37
T_3	0.39	0.39	0.43	0.26	1.47	0.37
T_4	0.27	0.34	0.29	0.30	1.20	0.30
T_5	0.46	0.58	0.68	0.36	2.08	0.52
T_6	0.24	0.47	0.23	0.35	1.53	0.38

ตารางที่ 12 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE NITROGEN IN STEM (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.111	0.022	1.375 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.214	0.012			
TOTAL	23	0.325	0.014			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 25.62 %

ตารางที่ 13 UPTAKE NITROGEN IN FLOWER (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.08	0.02	0.02	0.03	0.15	0.037
T_2	0.04	0.05	0.03	0.05	0.17	0.042
T_3	0.04	0.04	0.04	0.03	0.15	0.037
T_4	0.03	0.02	0.02	0.02	0.09	0.022
T_5	0.07	0.03	0.07	0.05	0.22	0.055
T_6	0.02	0.03	0.03	0.02	0.10	0.025

ตารางที่ 14 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE NITROGEN IN FLOWER (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.003	0.001	2.488 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.004	0.000			
TOTAL	23	0.007	0.000			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 41.16%

ตารางที่ 15 TOTAL UPTAKE NITROGEN IN PLANT (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.74	0.62	0.38	0.41	2.15	0.54
T_2	0.42	0.41	0.42	0.40	1.65	0.41
T_3	0.43	0.43	0.47	0.29	1.62	0.41
T_4	0.30	0.52	0.31	0.47	1.60	0.40
T_5	0.53	0.61	0.75	0.41	2.30	0.57
T_6	0.38	0.50	0.59	0.37	1.84	0.46

ตารางที่ 16 ANALYSIS OF VARIANCE FOR TOTAL UPTAKE NITROGEN IN PLANT (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.113	0.024	1.68 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.258	0.014			
TOTAL	23	0.371	0.016			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 25.60%

ตารางที่ 17 %ฟอสฟอรัสในต้นพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.84	0.89	0.88	0.75	3.36	0.84
T_2	0.74	0.80	0.94	0.81	3.29	0.40
T_3	0.82	1.30	1.01	0.92	4.05	1.01
T_4	0.80	0.88	0.89	1.04	3.61	0.90
T_5	0.89	0.76	0.95	0.80	3.40	0.85
T_6	0.64	0.88	0.94	0.94	3.40	0.85

ตารางที่ 18 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN STEM (%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.044	0.009	0.872 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.183	0.010			
TOTAL	23	0.227	0.010			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 11.59 %

ตารางที่ 19 %ฟอสฟอรัสในดอก

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.77	0.74	0.94	1.00	3.45	0.86
T_2	0.83	0.81	0.77	0.78	3.19	0.80
T_3	0.93	0.84	0.93	0.84	3.54	0.88
T_4	0.75	0.88	0.94	0.81	3.38	0.84
T_5	0.81	0.92	0.84	0.87	3.44	0.86
T_6	0.83	0.75	0.72	0.77	3.07	0.77

ตารางที่ 20 ANALYSIS OF VARIANCE FOR % PHOSPHORUS IN FLOWER (%)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.037	0.007	1.422 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.094	0.005			
TOTAL	23	0.132	0.006			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 41.16 %

ตารางที่ 21 UPTAKE PHOSPHORUS IN STEM (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.56	0.52	0.31	0.40	1.79	0.45
T_2	0.28	0.36	0.42	0.38	1.44	0.36
T_3	0.33	0.58	0.62	0.30	1.83	0.36
T_4	0.20	0.39	0.21	0.37	1.17	0.29
T_5	0.20	0.38	0.72	0.34	1.84	0.46
T_6	0.21	0.43	0.28	0.36	1.28	0.32

ตารางที่ 22 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE PHOSPHORUS IN STEM (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.112	0.022	1.432 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.282	0.016			
TOTAL	23	0.394	0.017			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 32.14 %

ตารางที่ 23 UPTAKE PHOSPHORUS IN FLOWER (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.11	0.03	0.03	0.06	0.23	0.06
T_2	0.06	0.08	0.05	0.09	0.28	0.07
T_3	0.07	0.07	0.07	0.05	0.26	0.06
T_4	0.04	0.04	0.02	0.03	0.13	0.03
T_5	0.11	0.05	0.10	0.08	0.34	0.08
T_6	0.03	0.06	0.06	0.03	0.18	0.04

ตารางที่ 24 ANALYSIS OF VARIANCE FOR UPTAKE PHOSPHORUS IN FLOWER (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMET	5	0.003	0.001	2.488 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.004	0.000			
TOTAL	23	0.007	0.000			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 41.16 %

ตารางที่ 25 TOTAL UPTAKE PHOSPHORUS IN PLANT (g/replication)

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	0.67	0.55	0.34	0.46	2.02	0.51
T_2	0.34	0.44	0.47	0.47	1.72	0.43
T_3	0.40	0.65	0.69	0.35	2.09	0.52
T_4	0.24	0.43	0.23	0.40	1.30	0.33
T_5	0.51	0.43	0.82	0.42	2.18	0.55
T_6	0.24	0.49	0.34	0.39	1.46	0.37

ตารางที่ 26 ANALYSIS OF VARIANCE FOR TOTAL UPTAKE PHOSPHORUS IN PLANT (g/replication)

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.162	0.032	1.769 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.330	0.018			
TOTAL	23	0.492	0.021			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 30.18%

ตารางที่ 27 แสดงค่าน้ำหนักสดของต้นพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	684.43	576.42	356.10	520.54	2137.49	534.37
T_2	393.46	431.59	429.62	462.32	1717.49	429.37
T_3	418.21	559.22	531.34	340.53	1949.90	487.47
T_4	272.07	456.47	271.43	227.88	1227.85	306.96
T_5	480.71	512.52	716.40	424.36	2123.59	530.89
T_6	290.42	492.71	304.73	407.07	1494.93	373.73

ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักสดของต้นพืช

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	131484.104	26296.821	2.185 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	216594.601	12033.033			
TOTAL	23	348078.769	15133.360			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 24.55 %

ตารางที่ 29 แสดงค่าน้ำหนักสดของดอกพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	150.92	33.44	38.98	61.15	284.40	71.10
T_2	64.90	89.59	63.35	102.60	320.94	80.23
T_3	67.02	69.84	64.88	51.61	253.35	63.34
T_4	48.06	32.26	19.10	29.77	129.19	32.30
T_5	126.69	59.63	107.98	74.62	248.92	62.23
T_6	30.87	65.91	71.14	43.63	211.55	52.89

ตารางที่ 30 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักสดของดอกพืช

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	3916.344	1783.269	2.211 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	14517.930	806.552			
TOTAL	23	23434.275	1018.382			

NS = NOT SIGNIFICANT

CV = 43.46 %

ตารางที่ 31 แสดงค่าน้ำหนักแห้งของต้นพืช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	66.21	58.46	35.59	53.44	213.70	53.42
T_2	37.62	44.79	44.62	46.66	173.69	43.42
T_3	39.71	55.90	61.75	32.96	190.33	47.58
T_4	24.60	44.43	23.96	35.45	171.01	42.75
T_5	44.69	49.73	76.17	42.75	213.34	53.33
T_6	34.31	48.92	29.65	38.42	151.30	37.82

ตารางที่ 32 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักแห้งของต้นพืช

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1456.640	293.128	2.284 ^{ns}	2.77	4.25
EX.ERROR	18	2309.937	128.330			
TOTAL	23	3775.578	164.156			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 25.39 %

ตารางที่ 33 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักแห้งของดอกมีช

TREATMENT	REPLICATION				TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4		
T_1	15.04	3.63	3.71	5.65	28.03	7.01
T_2	7.62	9.49	6.05	11.39	34.55	8.63
T_3	7.90	7.92	7.55	5.42	28.79	7.19
T_4	5.65	4.74	2.49	3.78	16.66	4.16
T_5	13.57	5.52	12.58	8.92	40.59	10.14
T_6	8.90	7.72	8.21	3.75	28.58	5.89

ตารางที่ 34 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสถิติน้ำหนักแห้งของดอกมีช

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	86.807	17.361	1.814 ns	2.77	4.25
EX.ERROR	18	172.289	9.572			
TOTAL	23	259.096	11.265			

ns = NOT SIGNIFICANT

CV = 43.12 %

ตารางที่ 35 แสดงข้อมูลการใช้น้ำของพืช (ลิตร/ตารางเมตร/วัน)

วันที่	ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/ต้น)	ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/ ตารางเมตร)
18 ตค. 36	1.46	6.716
20 ตค. 36	1.55	7.130
22 ตค. 36	1.59	7.314
25 ตค. 36	1.74	8.004
27 ตค. 36	1.63	7.498
29 ตค. 36	1.77	8.142
1 พย. 36	1.82	8.372
3 พย. 36	1.95	8.970
5 พย. 36	2.08	9.568
8 พย. 36	2.04	9.384
10 พย. 36	1.92	8.832
12 พย. 36	1.86	8.556
15 พย. 36	2.06	9.476

หมายเหตุ การใช้น้ำของดาวเรืองในช่วงอายุ 29 ถึง 57 วัน ใน 1 ตารางเมตร มีพืชอยู่ 4.6 ต้น

ตารางที่ 36 แสดงค่า pH และ EC ของสารละลายจากหัวน้ำหยด

วันที่	pH	EC	วันที่	pH	EC
18 ตค. 36	5.55	2.02	2 พย. 36	5.88	2.09
19 ตค. 36	5.62	2.07	3 พย. 36	5.86	2.18
20 ตค. 36	5.57	2.13	4 พย. 36	6.01	2.12
21 ตค. 36	5.81	2.19	5 พย. 36	6.13	2.18
22 ตค. 36	5.75	2.05	8 พย. 36	5.88	2.13
25 ตค. 36	5.87	2.14	9 พย. 36	5.98	2.14
26 ตค. 36	5.64	2.09	10 พย. 36	6.12	2.22
27 ตค. 36	6.07	2.23	11 พย. 36	6.30	2.10
28 ตค. 36	5.95	2.07	12 พย. 36	6.32	2.10
29 ตค. 36	6.08	2.23	15 พย. 36	6.15	2.17
1 พย. 36	6.04	2.17	16 พย. 36	5.78	2.23

ตารางที่ 37 แสดงค่าเฉลี่ยของ pH และ EC ในแต่ละวัสดุปลูก

TREATMENT	REPLICATION	EC	เฉลี่ย EC	pH	เฉลี่ย pH
Rock wool	T_1R_1	2.07		6.45	
	T_1R_2	1.90		6.54	
(T_1)	T_1R_3	1.91		6.51	
	T_1R_4	2.14	1.99	6.20	6.42
น่องน้ำ	T_2R_1	2.03		6.92	
	T_2R_2	1.88		6.82	
(T_2)	T_2R_3	2.01		6.95	
	T_2R_4	1.97	1.97	6.53	6.81
ขุยมะพร้าว	T_3R_1	1.28		6.51	
	T_3R_2	1.19		6.40	
(T_3)	T_3R_3	1.17		6.32	
	T_3R_4	1.24	1.22	6.64	6.46

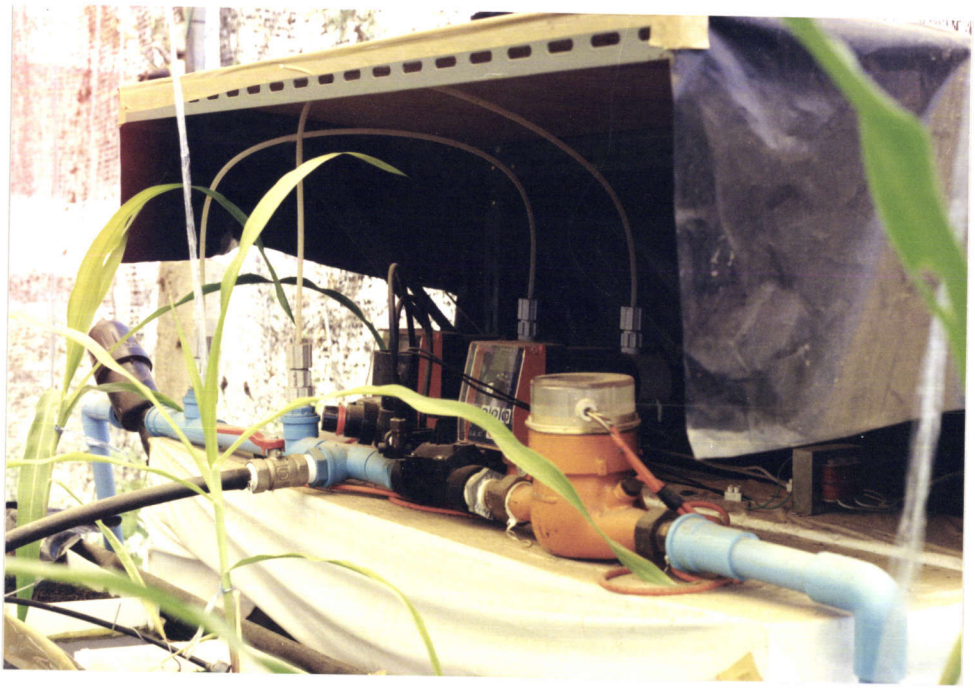
ตารางที่ 37(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของ pH และ EC ในแต่ละวัสดุปลูก

TREATMENT	REPLICATION	EC	เฉลี่ย EC	pH	เฉลี่ย pH
แกลบสด (T_4)	T_4R_1	1.52		6.88	
	T_4R_2	1.37		6.94	
	T_4R_3	1.49		6.78	
	T_4R_4	1.48	1.45	6.83	6.88
แกลบเผา (T_5)	T_5R_1	1.62		6.85	
	T_5R_2	1.74		6.90	
	T_5R_3	2.27		6.83	
	T_5R_4	1.81	1.86	6.78	6.59
ขุยมะพร้าว + แกลบสด + แกลบเผา (T_6)	T_6R_1	1.38		6.73	
	T_6R_2	1.51		6.89	
	T_6R_3	1.41		6.88	
	T_6R_4	1.27	1.39	6.78	6.77

ตารางที่ 38 แสดงอุณหภูมิของวัสดุปลูกและอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)

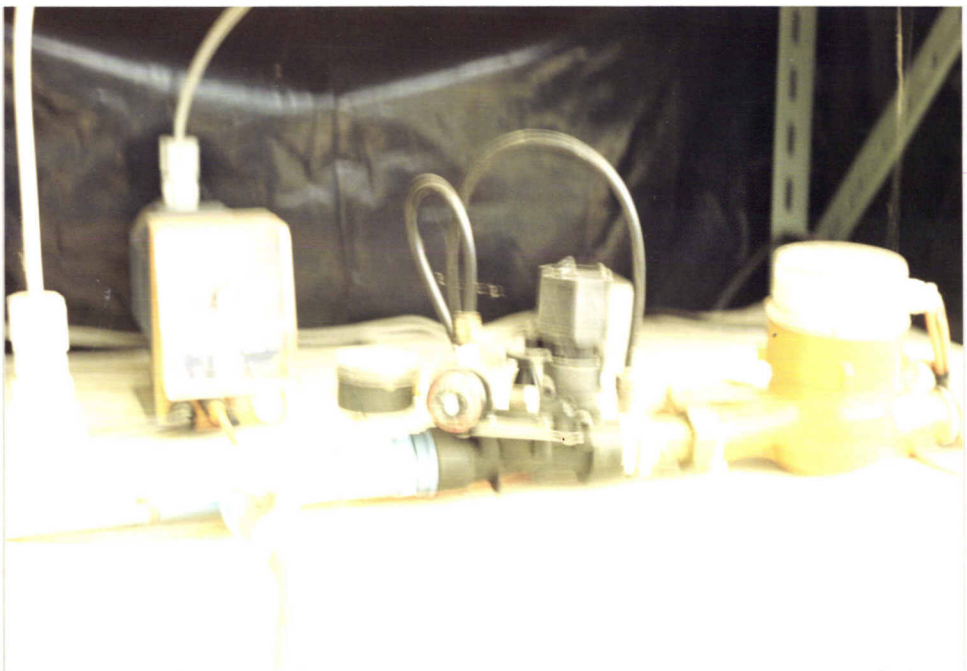
เวลา	Rock wool	ท่องน้ำ	แกลบเผา	อากาศ
12:00	25.8	26.5	25.7	38.9
13:00	26.3	27.0	25.8	37.6
14:00	26.9	27.2	26.1	35.7
15:00	27.5	27.5	26.4	32.8
16:00	27.3	27.6	26.6	32.1
17:00	27.9	27.4	26.7	31.0
18:00	27.9	27.0	26.7	31.2
19:00	27.8	26.8	26.7	27.5
20:00	27.6	26.7	26.7	27.4
21:00	27.5	26.5	26.6	27.0
22:00	27.4	26.4	26.5	27.0
23:00	27.2	26.4	26.5	26.8
00:00	27.1	26.3	26.5	26.9
01:00	26.9	26.1	26.4	26.7
02:00	26.7	26.3	26.5	26.4
03:00	26.7	26.1	26.4	26.5
04:00	26.5	26.0	26.3	25.2
05:00	26.3	25.9	26.2	25.8
06:00	26.2	25.9	26.3	25.8
07:00	26.1	25.8	26.2	25.3
08:00	26.1	26.0	26.2	28.2
09:00	26.2	26.4	26.2	35.9
10:00	26.7	26.9	26.2	35.2
11:00	26.3	27.5	27.2	38.3
12:00	27.7	28.1	26.5	38.9

ภาพที่ 7 แสดงการปลูกต้นดาวเรืองริดยไม่ใช้ดินในเรือนเพาะชำ



ภาพที่ 8 แสดงชุดอุปกรณ์การจ่ายน้ำ

ภาพที่ 9 แสดงชุดอุปกรณ์การให้น้ำอัตโนมัติแบบชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 10 แสดงอุปกรณ์ให้น้ำ Solenoid valve

ภาพที่ 11 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแท่ง rock wool

ภาพที่ 12 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในฟองน้ำ

ภาพที่ 13 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในขุยมะพร้าว

ภาพที่ 14 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแกลบสด

ภาพที่ 15 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกในแกลบเผา

ภาพที่ 16 แสดงต้นดาวเรืองที่ปลูกใน ขุยมะพร้าว+แกลบสด+แกลบเผา