การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT

Effect of Concentration in Nutrient Solutions on Growth of *Echinodorus martii* by Deep Flow Technique (DFT)

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช หลักสูตรปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Soil Science

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ (10520)

King Mongkut's Institute of Technology
Chaokhuntaharn Ladkrabang
Bangkok, 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
หลักสูตรปฐพีวิทยา

เรื่อง

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT

Effect of Concentration in Nutrient Solutions on Growth of *Echinodorus martii* by Deep Flow Technique (DFT)

โดย

นางสาวพรรณนิชชา น้อยเจริญ
นางสาววาสนา เพ็ญโฉม

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผศ. สมเกียรติ สีสนอง)
อาจารย์ที่ปรึกษา
วันที่ 26 เดือน มีนาคม พ.ศ 2553

หลักสูตรรับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
ประธานบริหารหลักสูตรปฐพีวิทยา
วันที่ 26 มี.ค. 2553 เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT

Effect of Concentration in Nutrient Solutions on Growth of *Echinodorus martii* by Deep Flow Technique (DFT)

โดย

นางสาววรรณนิชชา น้อยเจริญ

นางสาววาสนา เพ็ญโฉม

เสนอ

หลักสูตรปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Effect of Concentration in Nutrient Solutions on Growth of *Echinodorus martii* by Deep Flow Technique (DFT)
โดย	นางสาวพรรณนิชชา น้อยเจริญ นางสาววาสนา เพ็ญโฉม
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
หลักสูตร	ปฐพีวิทยา
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. สมเกียรติ สีสนอง

บทคัดย่อ

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT ที่ระดับความเข้มข้น (EC) ต่างกัน 4 ระดับ คือ ที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 3 ซ้ำ เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ต่างๆกัน มีผลต่อความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น จำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-7 ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น จำนวนใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ในส่วนของต้น ที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (T1) มีปริมาณโพแทสเซียม กับแมกนีเซียมมากที่สุด , ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (T2) มีปริมาณไนโตรเจน แคลเซียม และเหล็กมากที่สุด และที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมงกานีสมากที่สุด (โดยที่ปริมาณแคลเซียมใน T2 และ T3 มีปริมาณเท่ากัน) และในส่วนของราก ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมงกานีสมากที่สุด และที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (T4) มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.สมเกียรติ สีสนอง ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ต่างๆ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล และ รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำในด้านการทดลองต่างๆ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ และให้คำปรึกษาตลอดช่วงระยะเวลา 4 ปี

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง และพี่นารี พันธุ์จินดาวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรปฐพีวิทยา ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดลอง และช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่มีความห่วงใย คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าทั้งสองตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ หลักสูตรปฐพีวิทยารุ่นที่ 22 และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือกัน และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษตลอดมาจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พรรณนิชชา น้อยเจริญ

วาสนา เพ็ญโฉม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลการทดลอง	17
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL2	14
2	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	18
3	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	19
4	ความสูงของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	20
5	จำนวนใบของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	20
6	ค่าคลอโรฟิลล์ของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	21
7	น้ำหนักสดของต้นต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	21
8	น้ำหนักสดรากต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	22
9	น้ำหนักแห้งของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	22
10	น้ำหนักแห้งรากต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	23
11	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	24
12	ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	25
13	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	26
14	ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	3

ภาพผนวกที่

1	แผนผังการทดลอง	32
2	ภาพรวมของระบบ	33
3	วิธีการวัดความกว้างใบของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	33
4	วิธีการวัดความยาวใบของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	34
5	วิธีการวัดความสูงของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้	34
6	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 1	35
7	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 2	35
8	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 3	35
9	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 4	36
10	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 5	36
11	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 6	36
12	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 7	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT

Effect of Concentration in Nutrient Solutions on Growth of *Echinodorus martii* by Deep Flow Technique (DFT)

คำนำ

อเมซอนมาร์ตี้ เป็นพรรณไม้น้ำกลุ่มอเมซอน อยู่ในสกุล *Echinodorus matii* จัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae มีชื่อสามัญว่า Ruffled Amazon Swordplant ใบเป็นแถบยาว ปลายเรียวมน สีเขียวอ่อน ขอบใบมีลักษณะเป็นคลื่น ก้านใบสั้น เป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมมากสำหรับนำมาประดับตู้ปลา เนื่องจากในปัจจุบันมีการจัดตู้ปลาและตู้พรรณไม้น้ำต่างๆ มากขึ้น และเป็นหนึ่งในกลุ่มของพรรณไม้น้ำที่ประเทศไทยส่งออก พรรณไม้น้ำนอกจากจะใช้ประดับตู้ปลาเพื่อเพิ่มความสวยงามแล้ว ยังมีประโยชน์แก่ปลาด้วย โดยพรรณไม้น้ำมีการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจน ซึ่งปลานำไปใช้ในการหายใจและยังช่วยกำจัดของเสียที่ขับถ่ายออกจากตัวปลาโดยนำไปเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น Deep Flow Technique (DFT) เป็นการใช้สารละลายอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นระบบการปลูกที่มีการขยายตัวอย่างมาก เนื่องจากประหยัดสารละลายและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจากสารละลายที่เหลือใช้ แต่เนื่องจากเป็นระบบที่สารละลายหมุนเวียนอยู่ในระบบ การจัดการธาตุอาหารให้อยู่ในสภาพสมดุล ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชตลอดการปลูก จึงมีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการจัดการนี้จะเน้นที่การควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และ ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

การจัดการค่า EC ของสารละลาย สำหรับค่า EC (electrical conductivity) คือ ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของสารละลาย มีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อเซนติเมตร (mmho/cm) หรือมิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือ มีธาตุอาหารละลายอยู่มาก ค่า EC ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และชนิดพืชปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT ต้องมีค่า EC ตั้งแต่ 0.8-2.8 mS/cm ส่วนมะเขือเทศควรมีค่า EC สูงถึง 5-8 mS/cm เพื่อเพิ่มความหวาน ส่วนในการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสม 6.5-7.2 และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical Conductivity ; EC) ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำจะมีค่าไม่สูงมากตั้งแต่ 0.5 - 1.5 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT

2. เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus matii*)

อเมซอนมาร์ตี้ เป็นพรรณไม้น้ำกลุ่มอเมซอน อยู่ในสกุล *Echinodorus matii* จัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae มีชื่อสามัญว่า Ruffled Amazon Swordplant ใบเป็นแถบยาว ปลายเรียวมน สีเขียวอ่อน ขอบใบมีลักษณะเป็นคลื่น ก้านใบสั้น ในธรรมชาติอเมซอนส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพครึ่งบกครึ่งน้ำ หรืออยู่ในที่ชื้นแฉะ (วันเพ็ญ และกาญจนา, 2543) มีก้านช่อดอกยื่นยาวออกจากโคนต้น และมีดอกสีขาว การขยายพันธุ์ทำโดยการตัดต้นอ่อนบนก้านดอกไปปลูก สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสม 6.5-7.2 และค่าความเข้มข้นของสารละลาย (Electrical Conductivity ; EC) ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำเท่ากับ 0.5 - 1.5 mS/cm

ภาพที่ 1 พรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus matii*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน (Hydroponics system)

การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน คือ การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้วัสดุปลูกหรือปลูกในสารละลาย ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. การปลูกพรรณไม้น้ำในทรายหยาบ (Coarse sand culture) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุปลูก ความพรุนระหว่างก้อนมาก และมีอายุการใช้งานนาน ในการปลูกจะใช้ความหนาของทรายหยาบประมาณ 15-20 เซนติเมตร

2. การปลูกพรรณไม้น้ำในสารละลาย (Water culture) การปลูกพรรณไม้น้ำแบบนี้ รากพรรณไม้น้ำจะเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยไม่มีวัสดุปลูก

2.1 ระบบ Nutrient Film Technique (NFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพรรณไม้น้ำเป็นแผ่นฟิล์มบางประมาณ 5 เซนติเมตรอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

2.2 ระบบ Deep Flow Technique (DFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากแช่อยู่ในสารละลายสูงประมาณ 3 เซนติเมตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านช่องว่างภายในตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยท่อปลูก ทำมาจากท่อ PVC สีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 4-18 เมตร และด้านบนของท่อเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ

2.3 ระบบ Floating system เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากแช่อยู่ในสารละลาย ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ และแผ่นโฟมดังกล่าวนี้ลอยอยู่ในถาดที่ใส่สารละลายธาตุอาหารพืช (นงนุช, 2549)

ชนิดของพรรณไม้น้ำที่ใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ชนิดของพรรณไม้น้ำที่สามารถนำมาปลูกในระบบนี้ คือ กลุ่มพืชชายน้ำ (Marginal plant) หรือพืชครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian plant) หรือกลุ่ม Rosette plant with rhizome ซึ่งพรรณไม้น้ำกลุ่มนี้มีส่วนล่างของต้นอยู่ใต้น้ำและรากยึดกับดิน ได้แก่ กลุ่มอนูเบียส (*Anubias* sp.) กลุ่มอเมซอน (*Echinodorus* sp.) และกลุ่มใบพาย (*Cryptocoryne* sp.) (นงนุช, 2549)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

1. ความต้องการธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ (Nutrient requirement)

1.1 ธาตุอาหารหลัก (Macronutrients)

พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารหลักปริมาณมากในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) สำหรับธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียม เช่น ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งให้ใบและลำต้นเจริญได้ดี ช่วยทำให้ใบสวยงามและแข็งแรง เป็นต้น

1.2 จุลธาตุอาหาร (Micronutrients)

เป็นธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย แต่ขาดไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดินัม (Mo) และโบรอน (B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญที่สุด คือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้ามีการให้ธาตุอาหารนี้มากเกินไปก็จะเกิดความเสียหายต่อพรรณไม้น้ำได้ (นงนุช, 2549)

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

ก๊าซออกซิเจนมีความสำคัญต่อการหายใจในตอนกลางคืน หรือในขณะที่ไม่มีแสง และเมื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง พรรณไม้น้ำที่อาศัยอยู่ใต้น้ำจะดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพรรณไม้น้ำที่มีใบเจริญเหนือน้ำจะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรง ก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอาจได้จากบรรยากาศโดยตรง กระบวนการสังเคราะห์แสงหรือกระบวนการทางด้านเคมีอื่นๆ ในน้ำ ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสง ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอควรมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร (วนาวรรณ, 2539 ; นงนุช, 2549)

3. ปริมาณความเข้มของแสง (Light intensity)

แสงสว่าง มีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารของต้นพรรณไม้น้ำแสงยังเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพรรณไม้น้ำ พรรณไม้น้ำจะเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความเข้มแสงค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผัก ส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำต้องการความเข้มแสงประมาณ 3,000 - 7,500 ลักซ์ (Lux)

4. คาร์บอนไดออกไซด์

เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 200 เท่า และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะได้จากการแพร่ผ่านจากชั้นบรรยากาศ กระบวนการย่อยสลายของสารอินทรียวัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำ และได้จากการหายใจของพืชและสัตว์ ในช่วงที่มีแสง พรรณไม้น้ำจะนำแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการดูดซึมจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเข้าเซลล์ จะทำปฏิกิริยากับน้ำโดยอาศัยรงควัตถุสีเขียวในเซลล์หรือคลอโรฟิลล์ และแสงสว่างเพื่อผลิตกลูโคส ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะให้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลพลอยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมอัตราเร็วของกระบวนการทางสรีระของพรรณไม้น้ำ อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 28 – 30 องศาเซลเซียส (นงนุช, 2549)

6. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity)

เป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ หากรากของพรรณไม้น้ำไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำ จะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก เซลล์ไม่เต่งเท่าที่ควร สำหรับปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์

7. วัสดุปลูก (Growing media)

หน้าที่ของวัสดุปลูก คือ เป็นที่อยู่ของรากพรรณไม้น้ำ สารละลายธาตุอาหาร และอากาศตลอดจนเป็นที่ยึดเกาะค้ำยันของต้นพืช วัสดุปลูกต้องที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำ ได้แก่ ทรายหยาบ รองลงมาคือ ใยหิน (rock wool) เพอไลท์ และฟองน้ำ ตามลำดับ

โรคและแมลงศัตรูของพรรณไม้น้ำ

ปัญหาเกี่ยวกับโรคและศัตรูของพรรณไม้น้ำส่วนใหญ่เกี่ยวกับแมลง เช่น เพลี้ย หนอนต่างๆ ตั๊กแตน และปัญหาที่เกิดจากการขาดธาตุอาหาร (พรหมมาศ, 2551)

1. โรคที่เกิดจากแมลงและหนอน ได้แก่ เพลี้ย หนอนต่างๆ ไรแดงหรือแมงมุมแดง
2. โรคที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย
3. โรคที่เกิดจากการขาดธาตุอาหาร ได้แก่ กลุ่มของธาตุที่แสดงอาการครั้งแรกที่ใบแก่เป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ และกลุ่มของธาตุที่แสดงอาการครั้งแรกที่ใบอ่อน เป็นธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้

ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC ; Electric conductivity)

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารจะแสดงในรูปของค่า Electric conductivity (EC) หมายถึง ค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ (ในไฮโดรโพนิกส์จะหมายถึงเกลือของธาตุอาหาร) ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยปกติแล้วน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อนำธาตุอาหารละลายในน้ำ เกลือของธาตุอาหารเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวก และประจุลบ ซึ่งจะเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ซึ่งค่านำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือของธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้น จึงใช้การวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย(ค่า EC) เพื่อเป็นตัวบอกปริมาณเกลือธาตุอาหารที่ละลายในน้ำ แต่การวัดค่า EC นั้นเป็นเพียงการวัดค่าโดยรวมไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ เช่น ถ้านำธาตุอาหาร A หรือ B มาละลายในน้ำ เกลือของธาตุต่างๆ เช่น N,P,K ฯลฯ ก็จะละลายรวมกันอยู่ โดยที่ไม่สามารถบอกได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีธาตุอาหารแต่ละตัวอยู่เท่าไร ตัวอย่างเช่นในน้ำมีเกลือ N+P+K ละลายรวมกันอยู่ และวัดค่า EC ได้เท่ากับ 2.0 mS/cm จะไม่สามารถทราบได้ว่ามี N,P,K อยู่อย่างละเท่าใด ทราบเพียงแต่ว่ามีอยู่รวมกัน มีค่าเท่ากับ 2.0 mS/cm (สุมิตรา, 2544) ซึ่งค่า EC ที่วัดได้นี้จะนำไปใช้กับพืชที่จะทำการปลูก และควรรักษาระดับค่า EC ให้คงที่ และปรับค่าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ในสารละลายมีธาตุอาหารที่พืชสามารถจะนำไปใช้ได้ตลอดเวลาและพอเพียง โดยส่วนมากค่าที่ใช้วัดสำหรับการปลูกพืชจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5-5.0 mS/cm โดยพืชแต่ละชนิดก็จะใช้ค่า EC ที่แตกต่างกันออกไป (สมศรี, 2534)

การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบปิด (Closed system)

อิทธิสุนทร (2547) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในระบบปิดนี้มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น NFT (Nutrient Film Technique), DFT (Deep Flow Technique) และ Aeroponics เป็นการใช้สารละลายอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นระบบการปลูกที่มีการขยายตัวอย่างมาก เนื่องจากประหยัดสารละลายและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจากสารละลายที่เหลือใช้ แต่เนื่องจากเป็นระบบที่สารละลายหมุนเวียนอยู่ในระบบ การจัดการธาตุอาหารให้อยู่ในสภาพสมดุล ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชตลอดการปลูก จึงมีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งการจัดการนี้เป็นสิ่งที่ยุ่งยากที่สุดและทำได้ยากกว่าในระบบไม่มีการหมุนเวียนสารละลาย ในทางปฏิบัติในการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเชิงพาณิชย์จะเน้นที่การควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือควบคุมค่า pH ให้คงอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และค่า EC ที่อุณหภูมิ 25° C ระหว่าง 1.5-3.0 mS/cm ถ้าสูงหรือต่ำกว่านี้จะต้องมีการจัดการให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

1. การจัดการค่า pH ของสารละลาย

ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5-6.5 เมื่อ pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH จะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป pH จะสูงขึ้น เนื่องจากในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ ไนเตรทอิออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ประจุลบมากกว่าบวก) จึงมีการปล่อยอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมาในปริมาณเท่ากัน ทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ในการปลูกพืชในระบบปิดจึงต้องวัดค่า pH สม่ำเสมอและปรับค่าให้อยู่ที่ 6 ตลอดเวลาโดยใช้กรดไนตริกหรือกรดฟอสฟอริก ซึ่งเป็นการเติมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสให้สารละลายด้วย แต่การใช้กรดฟอสฟอริกต้องระวังไม่ให้เป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้สารละลายมากเกินไป การลดค่า pH ของสารละลายอาจทำได้โดยการเพิ่มแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) เมื่อมีอนุมูล NH_4^+ ในสารละลายการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดใช้อนุมูลนี้ของพืชจะเกิดการปลดปล่อยอนุมูลไฮโดรเจนออกมา ทำให้ pH ลดลง อย่างไรก็ตาม ต้องระวังไม่ให้อนุมูล NH_4^+ เพิ่มเกิน ร้อยละ 10 ของความเข้มข้นของอนุมูล NO_3^- ในสารละลาย เนื่องจาก NH_4^+ ที่ความเข้มข้นสูงๆ เป็นอันตรายต่อพืชได้ในทางกลับกัน การเพิ่ม pH ของสารละลายทำได้โดยเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมคาร์บอเนต และลดปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ลง หรือเปลี่ยนการใช้โมโนแอมโมเนียมฟอสแฟต มาใช้ได้แอมโมเนียมฟอสเฟตแทนก็ได้ (อิทธิสุนทร, 2547)

2. การจัดการค่า EC ของสารละลาย

ค่า EC (electrical conductivity) คือค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของสารละลาย มีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อเซนติเมตร (mmho/cm) หรือมิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือมีธาตุอาหารละลายอยู่มาก ค่า EC ในการปลูกพืชแบบ ไฮโดรโปนิกส์จะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และชนิดพืชปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT ต้องมีค่า EC ตั้งแต่ 0.8-2.8 mS/cm ส่วนมะเขือเทศควรมีค่า EC สูงถึง 5-8 mS/cm เพื่อเพิ่มความหวาน (อิทธิสุนทร, 2547)

ความสำคัญของค่าการนำไฟฟ้า

1. บทบาทของการควบคุมค่า EC ต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปกติแล้วการควบคุมค่า EC ที่ต่ำ ผลผลิตพืชอ่อนนุ่ม (เช่น ผักสลัด) การเพิ่มค่า EC ทำให้พืชโตเร็ว จนถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง ทั้งทางด้านลำต้นและผลผลิต ทำให้ผลผลิตมีน้ำตาลและกรดสูงขึ้น (เช่น มะเขือเทศ) การเพิ่มค่า EC สูงขึ้นสำหรับพืชบางชนิด เช่น พืชแตงแคนตาลูป จะช่วยเพิ่มความหวาน อย่างไรก็ตามการรักษาค่าของ EC ที่สูงอาจจะทำให้พืชเกิดปัญหา เช่น พืชอาจเกิดอาการยอดไหม้หรืออาจจะเกิดอาการเน่าที่ปลายก็ได้ อย่างไรก็ดีค่า EC ที่สูงหรือปริมาณธาตุอาหารพืชละลายอยู่มากหรือมีความเข้มข้นสูงนี้ยังใช้ในการป้องกันการเกิดโรค เช่น EC ที่ 3.5 สามารถใช้ป้องกันพิเทียม (Pythium) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคเน่า (อิทธิสุนทร, 2547)

2. การควบคุมระดับของค่า EC ที่เหมาะสมในพืช

โดยตามปกติแล้ว ควรจะรักษาค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารพืชให้อยู่ระหว่าง 2.0 - 4.0 mS/cm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ช่วงของค่า EC ที่นิยมปรับให้เป็นระดับที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1.5 - 2.5 mS/cm สำหรับพืชส่วนมากก็จะมีช่วงของที่เหมาะสมของค่า EC ที่ต่างกัน ยกตัวอย่าง เช่น ความเข้มข้นของสารละลายในรูปของค่าความนำไฟฟ้า (EC) ที่เหมาะสมกับพรรณไม้น้ำมีค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 – 1.0 mS/cm (นงนุช, 2544) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพรรณไม้น้ำ ช่วงอายุของการเจริญเติบโต สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความเข้มแสง เป็นต้น (อิทธิสุนทร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในการจัดการค่า EC

ปัญหาในการจัดการค่า EC คือ ค่า EC เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของสารละลายโดยรวม ไม่สามารถบอกความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละตัวได้ จึงไม่มีโอกาสรู้ว่าธาตุใดมีปริมาณมากเกินหรือน้อยเกินไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายสารละลายทิ้งเป็นช่วงๆ เพื่อกำจัดธาตุที่พืชไม่ต้องการและมีการสะสมอยู่ในสารละลาย ธาตุที่มักมีการสะสมและเป็นปัญหาในการปลูกพืชด้วยระบบปิดเสมอ คือโซเดียม ซึ่งพืชไม่มีการดูดไปใช้และมักมีอยู่ในน้ำหรือมากับปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย เมื่อสารละลายไหลผ่านรากพืช จะมีการดูดธาตุที่ต้องการไปใช้และเหลือโซเดียมสะสมอยู่ในสารละลาย เมื่อรอบการผ่านรากมากขึ้น ปริมาณธาตุอาหารพืชจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากพืชดูดไปใช้ ขณะเดียวกันปริมาณโซเดียมก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน การสะสมของโซเดียมอาจถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้ ทางเดียวที่กำจัดโซเดียมออกจากระบบได้ คือการถ่ายสารละลายทิ้ง นอกจากโซเดียมแล้ว การสะสมของธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยตัวอื่นๆ ก็อาจเกิดขึ้นได้ เป็นสาเหตุของความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสารละลาย (สุมิตรา, 2544) เช่น ความไม่สมดุลของแอมโมเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ซึ่งเป็นประจุบวก และถูกดูดใช้ในกระบวนการที่คล้ายกัน ถ้าธาตุเหล่านี้อยู่ในสภาพไม่สมดุล เช่น มีแมกนีเซียม หรือ โพแทสเซียมมากเกินไป จะทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง เมื่อเกิดความไม่สมดุลของสารละลายธาตุอาหารแล้ว จะทราบได้ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารละลาย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก นอกจากการวิเคราะห์อาจสังเกตจากอาการของพืช เช่นในผักกาดหอม จะแสดงอาการปลายใบไหม้ (tip burn) เมื่อขาดแคลเซียม (สุมิตรา, 2544) แต่ทั้งนี้ การแสดงอาการผิดปกติดังกล่าวก็สายเกินกว่าจะแก้ไข วิธีที่ดีที่สุดจึงควรรักษาสมดุลของธาตุอาหารไว้ คือการถ่ายสารละลายธาตุอาหารในถังทิ้งให้หมดก่อนที่ความไม่สมดุลจะรุนแรง แล้วเติมสารละลายที่เตรียมใหม่แทน การถ่ายสารละลายโดยทั่วไปมักกำหนดเป็นช่วงแน่นอน เช่นอาจถ่ายทุก 2, 3, หรือ 4 สัปดาห์ จะถ่ายสารละลายให้น้อยที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ฤดูที่ปลูก การปลูกในฤดูร้อน จะต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อยกว่าในฤดูหนาว เพราะพืชมีการคายน้ำมากและมีการดูดใช้ธาตุอาหารเร็ว ส่วนฤดูฝน ถ้าเป็นการปลูกกลางแจ้ง น้ำฝนจะเข้าไปในสารละลายได้ ทำให้สารละลายเจือจาง จึงต้องระบายสารละลายบางส่วนออกจากระบบ แล้วเติมสารละลายเข้มข้นเพื่อปรับค่า EC และ pH ใหม่
2. คุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้าใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์มากๆ เช่นน้ำฝน หรือน้ำ Reverse osmosis (RO) จะมีสิ่งเจือปนน้อย จึงมีการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการน้อย ทำให้ทิ้งช่วงการถ่ายสารละลายได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความบริสุทธิ์ของปุ๋ยและสารที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้าใช้สารหรือปุ๋ยที่มีความบริสุทธิ์น้อย ก็จะต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย
4. สูตรและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้มีความเหมาะสมกับความต้องการของพืชหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสม เช่นมีอัตราส่วนของธาตุต่างๆ ไม่ตรงกับความต้องการของพืชที่ปลูก ก็จะเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้เร็ว และต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย
5. ชนิดและช่วงการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองต่อความไม่สมดุลของธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน บางชนิดแสดงอาการอย่างรวดเร็วและรุนแรง จึงต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย นอกจากชนิดพืชแล้ว ช่วงการเจริญเติบโตของพืชก็ตอบสนองต่างกัน เช่น ผักกาดหอมจะแสดงอาการ tip burn ในช่วง 1-2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงต้องการน้ำและธาตุอาหารในปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้ง่ายและรวดเร็ว ควรถ่ายสารละลายก่อนช่วงนี้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อป้องกันความไม่สมดุลของธาตุอาหาร
6. สัดส่วนระหว่างขนาดถังสารละลายต่อจำนวนพืชที่ปลูก (ปริมาณธาตุอาหารต่อพืช 1 ต้น) ถ้าถังสารละลายมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับจำนวนพืช การถ่ายสารละลายจะช้ากว่าเมื่อใช้ถังขนาดเล็ก แม้จะมีข้อดีที่ไม่ต้องถ่ายสารละลายบ่อยแต่ถังขนาดใหญ่ก็มีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับถังขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามจากปัจจัยดังกล่าว ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าเมื่อใดจะต้องมีการถ่ายสารละลาย วิธีเดียวที่จะทำให้รู้แน่นอนคือจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารละลายเป็นระยะๆ นอกจากจะบอกได้แน่นอนว่าควรถ่ายสารละลายหรือยังแล้ว ยังเป็นข้อมูลในการปรับสูตรสารละลายให้เหมาะสมกับสภาพการปลูกพืชของบ้านเราได้ แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานานในการวิเคราะห์ วิธีที่ทำได้คือการสังเกตจากการตอบสนองของพืชโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ปลูก หรือค่อยๆ ถ่ายสารละลายออกจากระบบอย่างสม่ำเสมอคราวละน้อยๆ ซึ่งมีข้อดีคือปริมาณธาตุอาหารที่พืชไม่ต้องการหรือความไม่สมดุลของธาตุอาหารจะอยู่ในระดับคงที่ไม่ขึ้นลงอย่างรวดเร็ว พืชจึงไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนองค์ประกอบของสารละลายมากนัก (อิทธิสุนทร, 2547)

รจนี (2546) ได้ทำการศึกษาทดลองผลของระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียส โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ระดับ ความเข้มข้นปุ๋ยที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยที่มีความเข้มข้น 0.5 mS/cm มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสมากที่สุด รองลงมาเป็นปุ๋ยที่มีระดับความเข้มข้นที่ 1.0 mS/cm ส่วนปุ๋ยที่ระดับ 1.5 และ 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตช้าที่สุด เนื่องจากสภาพที่เป็นพิษจากปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิกานดา (2543) ได้ทำการศึกษาทดลองผลของระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นขาไก่ด่าง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่แตกต่างกันจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 0.26 – 0.32 mS/cm

มณีรัตน์ และ คณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของการปลูกพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (C. crispatula var. balansae) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินต่างกัน 4 รูปแบบ คือการปลูกพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาในระบบ DFT แบบท่อ, Sand culture, NFT และ DFT แบบถาดโฟม ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการปลูกพรรณไม้น้ำแบบ DFT มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ดีที่สุด โดยน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือ 1.31 กรัมต่อต้น มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือ 29.13 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อต้น ส่วนปริมาณระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมวัดจากค่าการนำไฟฟ้า 0.94 – 1.05 mS/cm

นงนุช และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาทดลองการขยายพันธุ์อเมซอนแอฟริกานัสเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกานัสในระบบปลูกแบบไร้ดินที่ได้มาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบการปลูกแบบไร้ดิน โดยเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า 1.0 mS/cm มีผลต่อการเจริญเติบโตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 6.04 กรัมต่อต้น มีจำนวนใบเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.86 ใบต่อต้น และมีความสูงของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 20.92 เซนติเมตรต่อต้น

สมเกียรติ (2548) ได้ทำการศึกษาผลของระดับการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตทางต้นของ *Echinodorus ozelot* ซึ่งเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมในการใช้ประดับตู้ปลา และ ตู้พรรณไม้น้ำ ที่จัดอยู่ในกลุ่มอเมซอน ทำการย้ายต้นพันธุ์จากขวดเพาะเลี้ยงลงในกระบะทรายและให้ปุ๋ยที่มีความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 mS/cm ควบคุมระดับน้ำที่ขังเท่ากับผิวหน้าทราย และ pH 6.5 - 7.5 เป็นเวลา 60 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 2.0 mS/cm พืชมีความสูงของต้น ความกว้างและความยาวของใบมากที่สุด รองมาเป็น 1.5 mS/cm, 1.0 mS/cm, และ 0.5 mS/cm โดยมีความสูง 21.68, 20.81, 20.67, 14.42 cm. ความกว้างของใบที่ 6.19, 6.03, 5.73, 3.98 cm. และความยาวของใบ 10.95, 10.54, 10.41, 8.00 cm. ตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้ พบว่า ทั้งความสูงของต้น ความกว้างและความยาวของใบ มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนจำนวนใบที่ระดับความเข้มข้น 2.0 mS/cm มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือที่ 1.5, 1.0 และ 0.5 mS/cm โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 16.53, 16.33, 16.19 และ 13.46 ใบตามลำดับ เมื่อแบ่งตามเกรดคุณภาพของพรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้น้ำส่วนใหญ่จะได้ที่ความเข้มข้น 0.5 mS/cm เป็นพรรณไม้น้ำต้นที่มีขนาดเล็ก ความเข้มข้น 1.0, 1.5, และ 2.0 mS/cm เป็นพรรณไม้น้ำต้นที่มีขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1) พรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้
2) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
3) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
4) วัสดุปลูก rock wool
5) ถ้วยปลูก
6) กระบะพลาสติก ขนาด 60 × 60 × 20 cm.
7) แผ่นพลาสติกสำหรับคลุมกระบะ
8) โต๊ะปลูกจำนวน 1 โต๊ะ
9) รางปลูกจำนวน 12 ราง
10) ปั๊มน้ำขนาด 2,400 ลิตรต่อชั่วโมง
11) ถังสารละลายขนาด 30 ลิตร จำนวน 12 ถัง
12) ถังผสมปุ๋ยขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง
13) กรดไนตริก(HNO_3) สำหรับปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
14) เครื่องวัดคลอโรฟิลด์ (รุ่น Minolta ; SPAD-502)

สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL2

1) $CaNO_3$
2) Fe-EDDHA
3) KNO_3
4) $MgSO_4$
5) $ZnSO_4$
6) $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
7) H_3BO_3
8) KH_2PO_4
9) $MnSO_4$
10) $CuSO_4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 4 ตำหรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ (ภาพผนวกที่ 1) ประกอบด้วย

T1 ปรับค่า EC เท่ากับ 1.25 mS/cm

T2 ปรับค่า EC เท่ากับ 1.50 mS/cm

T3 ปรับค่า EC เท่ากับ 1.75 mS/cm

T4 ปรับค่า EC เท่ากับ 2.00 mS/cm

2. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL2 (อิทธิสุนทร, 2544) แบ่งสารละลายออกเป็น 2 ถัง ถังละ 20 ลิตร ดังนี้

ตารางที่ 1 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL2

สารละลายธาตุอาหารพืช	น้ำหนัก (กรัม)
ถังสารละลาย A	
Fe-EDDHA	53.77
$CaNO_3$	1,883
ถังสารละลาย B	
KNO_3	898
KH_2PO_4	326.5
$MgSO_4$	524
$ZnSO_4$	2.3783
$CuSO_4$	0.5080
$MnSO_4$	7.0968
H_3BO_3	4.4470
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.1715

3. การเตรียมพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้สำหรับปลูก

1. การเพาะกล้า

1.1 นำต้นกล้าอเมซอนมาร์ตี้ ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาปลูกในวัสดุปลูก rock wool แล้วใส่ลงในถ้วยปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำต้นกล้ามาวางเรียงในกระบะพลาสติก ใส่น้ำลงในกระบะประมาณครึ่งถ้วยปลูกแล้วปิดด้วยแผ่นพลาสติก เพื่ออนุบาลต้นกล้าเป็นเวลา 2 สัปดาห์

2. การปลูก

2.1 ย้ายต้นอเมซอนมาร์ตี้ ขึ้นรางปลูกทั้งหมด 12 ราง รางละ 24 ต้น

2.2 ผสมสารละลายธาตุอาหาร A และ B ในสัดส่วนที่เท่ากัน ลงในถังสารละลายขนาด 30 ลิตร โดยมีปั๊มส่งสารละลายขึ้นไปตามท่อ PE ไหลเข้ารางปลูกด้านท้ายรางแล้วไหลกลับออกทางหัวรางลงถังสารละลายเดิม

2.3 ปรับค่า pH เท่ากับ 6.5 ทุกถังสารละลาย

2.4 ปรับค่า EC เท่ากับ 0.5 mS/cm ทุกถังสารละลายในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นจึงปรับค่า EC ตามตำหรับการลดลองที่กำหนดทุกสัปดาห์

2.5 สุ่มตัวอย่างต้นอเมซอนมาร์ตี้ รางละ 10 ต้น เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละซ้ำ

การบันทึกการเจริญเติบโต

1. วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ทุกสัปดาห์
2. วัดความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงของต้นและถ่ายรูป 10 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ทุกสัปดาห์
3. วัดค่าคลอโรฟิลล์ของใบต้นอเมซอนมาร์ตี้ก่อนเก็บผลผลิต

การเก็บผลผลิต

1. แกะต้นอเมซอนมาร์ตี้ออกจาก rock wool
2. วัดความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงของต้น และนับจำนวนใบ
3. ชั่งน้ำหนักสดของต้น ราก และน้ำหนักรวม
4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. ชั่งน้ำหนักแห้งของต้น ราก และน้ำหนักรวม แล้วบันทึกผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น จำนวนใบ ค่าคลอโรฟิลด์ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics 6.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ธาตุอาหาร

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ได้แก่

วิเคราะห์ธาตุ N โดยวิธี Kjeldahl method

วิเคราะห์ธาตุ P โดยวิธี Spectrophotometry

วิเคราะห์ธาตุ K, Ca, Mg, Fe และ Mn โดยวิธี Atomic Absorbtion Spectrophotometry

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนแบบปิด ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนมิถุนายน 2552 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากกรทดลองศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT ที่ระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับนี้มีผลต่อความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น จำนวนใบ ค่าคลอโรฟิลล์ และปริมาณธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนี้

การเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

ความกว้างใบ

ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3)

ในสัปดาห์ที่ 1 ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) มีความกว้างใบเท่ากัน คือ 1.18 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1)

ในสัปดาห์ที่ 2 T3 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 1.43 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1 , T2 และ T4 และตำรับ T1 ไม่แตกต่างกับ T2

ในสัปดาห์ที่ 3 T4 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 1.69 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในทุกตำหรับ

ในสัปดาห์ที่ 4 T3 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 2.32 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1,T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T4 และT1 ไม่แตกต่างกับ T2

ในสัปดาห์ที่ 5 T3 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 2.55 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1,T2 และ T4 แต่ T1 ไม่แตกต่างกับ T2

ในสัปดาห์ที่ 6 T3 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 3.05 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1 ,T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T4 และT1 ไม่แตกต่างกับ T2

ในสัปดาห์ที่ 7 T3 มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 3.57 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4 แต่ T1 ไม่แตกต่างกับ T2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน

ตำรับการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	1.16ab	1.27c	1.56c	1.89b	2.01c	2.09b	2.19c
T2	1.11b	1.23c	1.46d	1.86b	1.94c	2.02b	2.04c
T3	1.18a	1.43a	1.62b	2.32a	2.55a	3.05a	3.57a
T4	1.18a	1.33b	1.69a	2.10ab	2.30b	2.72a	2.96b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ความยาวใบ

ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4)

ในสัปดาห์ที่ 1 ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) ความยาวใบมากที่สุด คือ 4.63 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1) และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4)

ในสัปดาห์ที่ 2 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 5.13 เซนติเมตร และทั้ง 4 ตำหรับการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

ในสัปดาห์ที่ 3 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 5.92 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1 และ T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T4

ในสัปดาห์ที่ 4 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 7.38 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4

ในสัปดาห์ที่ 5 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 9.11 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4

ในสัปดาห์ที่ 6 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 10.42เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1 และ T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T4

ในสัปดาห์ที่ 7 T3 มีความยาวใบมากที่สุด คือ 10.83เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน

ตำรับการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	4.45a	4.83c	5.25bc	5.97b	6.48bc	6.87bc	7.34bc
T2	4.02b	4.47d	4.92c	5.53b	6.12c	6.30c	6.23c
T3	4.63a	5.13a	5.92a	7.38a	9.11a	10.42a	10.83a
T4	4.30ab	4.99b	5.50ab	6.26b	7.63b	9.14ab	8.40b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ความสูงต้น

ความสูงของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 5)

ในสัปดาห์ที่ 1 ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 5.69 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1) และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4)

ในสัปดาห์ที่ 2 T3 มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 6.31 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T1 และ T4

ในสัปดาห์ที่ 3 T3 มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 7.54 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4

ในสัปดาห์ที่ 4 T3 มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 9.31 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1 และ T2 แต่ไม่แตกต่างกับ T4

ในสัปดาห์ที่ 5 T3 มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 10.61 เซนติเมตร และทั้ง 4 ตำหรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

ในสัปดาห์ที่ 6 และ 7 T3 มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 12.43 และ 13.12 เซนติเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับ T1, T2 และ T4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ความสูงของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน

ตำรับการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	5.42a	5.97a	6.64bc	7.49bc	8.88ab	8.31b	7.90b
T2	4.81b	5.40b	6.29c	6.72c	7.69ab	7.63b	7.49b
T3	5.69a	6.31a	7.54a	9.31a	10.61a	12.43a	13.12a
T4	5.29ab	6.02a	6.82b	8.37ab	8.58ab	9.12b	9.38b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จำนวนใบ

จำนวนใบของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 6)

ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 11.00 เซนติเมตร รองลงมาคือ ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1),ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2)

ตารางที่ 5 จำนวนใบของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	จำนวนใบ
T1	8.33a
T2	7.67a
T3	11.00a
T4	8.00a

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) คือ ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีค่าคลอโรฟิลล์มากที่สุด คือ 28.29 SPAD value และมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1) และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.50 mS/cm (T2) แต่ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) แต่ไม่แตกต่างกับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4)

ตารางที่ 6 ค่าคลอโรฟิลล์ของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน

ตำรับการทดลอง	ค่าคลอโรฟิลล์ (SPAD value)
T1	22.07b
T2	21.81b
T3	28.29a
T4	24.18ab

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักสดต้น

น้ำหนักสดของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 7)

ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 9.69 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1), และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2)

ตารางที่ 7 น้ำหนักสดของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม)
T1	2.39b
T2	2.01b
T3	9.69a
T4	3.03b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักสดราก

น้ำหนักของรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 4.61 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1), และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2)

ตารางที่ 8 น้ำหนักสดของรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม)
T1	1.20b
T2	1.20b
T3	4.61a
T4	1.38b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักแห้งของต้น

น้ำหนักแห้งของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 9)

ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด คือ 1.16 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1), และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2)

ตารางที่ 9 น้ำหนักแห้งของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
T1	0.32b
T2	0.28b
T3	1.16a
T4	0.49b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักแห้งของราก

น้ำหนักแห้งของรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 10)

ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.75 mS/cm (T3) มีน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด คือ 0.30 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 2.00 mS/cm (T4) ตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.25 mS/cm (T1), และตำหรับที่ระดับ EC เท่ากับ 1.50 mS/cm (T2)

ตารางที่ 10 น้ำหนักแห้งของรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับ EC แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
T1	0.11b
T2	0.10b
T3	0.30a
T4	0.15b

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

ส่วนต้นของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ได้แก่ ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ส่วนไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 11)

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm มีปริมาณไนโตรเจนสะสมมากที่สุด(2.12%) รองลงมาคือ ที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (2.10%), 2.00 mS/cm (2.07%) และที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (2.03%) ตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมมากที่สุด (0.02%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.25 mS/cm มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมมากที่สุด (8.78%) รองลงมาคือ ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (8.33%),1.50 mS/cm (8.13%) และที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (7.72%) ตามลำดับ

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm และระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณแคลเซียมสะสมมากที่สุด(0.90%) รองลงมาคือ ที่ 1.50 mS/cm (8.13%) และที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (7.72%) ตามลำดับ

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.25 mS/cm มีปริมาณแมกนีเซียมสะสมมากที่สุด(0.50%) รองลงมาคือ ที่ 1.50 mS/cm (0.49%) , 2.00 mS/cm (0.42%) และที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (0.36%) ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ธาตุอาหารหลัก	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
(%)	1.25	1.50	1.75	2.00
ไนโตรเจน	2.10a	2.12a	2.03a	2.07a
ฟอสฟอรัส	0.01b	0.01ab	0.02a	0.01b
โพแทสเซียม	8.78a	8.13a	8.33a	7.72a
แคลเซียม	0.83a	0.90a	0.90a	0.82a
แมกนีเซียม	0.50a	0.49a	0.36b	0.42ab

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 12)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm มีปริมาณเหล็กสะสมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(132.70 ppm) รองลงมาคือ ที่ 2.00 mS/cm (105.77 ppm) , 1.75 mS/cm (101.77 ppm) และที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (100.17 ppm) ตามลำดับ

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณแมงกานีสสะสมมากที่สุด (2.94 ppm) รองลงมาคือ ที่ 1.50 mS/cm (2.37 ppm) , 2.00 mS/cm (1.46 ppm) และที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (0.18 ppm) ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ธาตุอาหารรอง	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
(ppm)	1.25	1.50	1.75	2.00
เหล็ก	100.17a	132.70a	101.77a	105.77a
แมงกานีส	0.18a	2.37a	2.94a	1.46a

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวคีียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ส่วนรากของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนไนโตรเจน โพแทสเซียม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 13)

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณไนโตรเจนสะสมมากที่สุด(1.94%) รองลงมาคือ ที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (1.32%),1.25 mS/cm (1.28%) และที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (0.61%) ตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมมากที่สุด (0.02%) มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (0.01%),1.25 mS/cm (0.01%) และที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (0.01%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ($P<0.05$) ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมมากที่สุด (10.79%) รองลงมาคือ ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (9.08%),1.25 mS/cm (8.91%) และที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (8.45%) ตามลำดับ

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) คือ ที่ระดับ EC 2.00 mS/cm มีปริมาณแคลเซียมสะสมมากที่สุด (1.14 %) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (0.97%) ,ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (0.95%) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)กับที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (1.04%)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 2.00 mS/cm มีปริมาณแมกนีเซียมสะสมมากที่สุด(0.68%) รองลงมาคือ ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (0.65%) , ที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (0.64%) และที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (0.58%) ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ธาตุอาหารหลัก	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
(%)	1.25	1.50	1.75	2.00
ไนโตรเจน	1.28a	0.61a	1.94a	1.32a
ฟอสฟอรัส	0.01b	0.01b	0.02a	0.01b
โพแทสเซียม	8.91a	9.08a	10.79a	8.45a
แคลเซียม	0.97b	0.95b	1.04ab	1.14a
แมกนีเซียม	0.58b	0.64a	0.65a	0.68a

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 14)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 2.00 mS/cm มีปริมาณเหล็กสะสมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(970.22 ppm) รองลงมาคือ ที่ 1.75 mS/cm (933.00 ppm) , 1.50 mS/cm (781.88 ppm) และที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (615.08 ppm) ตามลำดับ

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ที่ระดับ EC 1.75 mS/cm มีปริมาณแมงกานีสสะสมมากที่สุด (184.60 ppm) รองลงมาคือ ที่ 2.00 mS/cm (143.57 ppm) , 1.50 mS/cm (102.76 ppm) และที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (87.90 ppm) ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ปริมาณจุลธาตุอาหารที่สะสมในรากพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ธาตุอาหารรอง	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
(ppm)	1.25	1.50	1.75	2.00
เหล็ก	615.08b	781.88ab	933.00a	970.22a
แมงกานีส	87.90a	102.76a	184.60a	143.57a

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยระบบ DFT ที่ระดับความเข้มข้น (EC) ต่างกัน 4 ระดับ คือ ตำหรับที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (T1), 1.50 mS/cm (T2), 1.75 mS/cm (T3) และ 2.00 mS/cm (T4) ทำการทดลองเป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ตำหรับที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น และจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ ตำหรับที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (T4), ตำหรับที่ระดับ EC 1.25 mS/cm (T1) และตำหรับที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (T2) ตามลำดับ โดยมีความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้นเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ตลอดการทดลองเป็นเวลา 7 สัปดาห์ ค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ในใบพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ตำหรับที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มากที่สุด คือ 28.29 SPAD Value และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ตำหรับที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมงกานีสมากที่สุด เนื่องจากธาตุ อาหารทั้ง 3 ธาตุ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ โดยเฉพาะแคลเซียม ซึ่งตำหรับที่ระดับ EC 1.50 mS/cm (T2) และตำหรับที่ระดับ EC 1.75 mS/cm (T3) มีปริมาณแคลเซียมเท่ากัน คือ 0.90 % โดยแคลเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพรรณไม้น้ำ โดยจะช่วยให้ท่อน้ำท่ออาหารพืชแข็งแรง เพื่อการส่งน้ำและอาหารไปสู่ใบพืช ทำให้ใบพืชขยายขนาดเจริญเติบโต และแข็งแรง เหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนตำหรับที่ระดับ EC 2.00 mS/cm (T4) มีธาตุอาหารสะสมอยู่น้อย เนื่องจากระดับความเข้มข้นที่เป็นพิษจากปุ๋ย จะเห็นได้จากการทดลองของรจนี (2546) ได้ทำการศึกษาทดลองผลของระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียส โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ระดับ ความเข้มข้นปุ๋ยที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยที่มีความเข้มข้น 0.5 mS/cm มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ ต้นอนูเบียสมากที่สุด รองลงมาเป็นปุ๋ยที่มีระดับความเข้มข้นที่ 1.0 mS/cm ส่วนปุ๋ยที่ระดับ 1.5 และ 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตช้าที่สุด เนื่องจากสภาพที่เป็นพิษจากปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ. เอกสารประกอบการฝึกอบรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

โสระยา ร่วมรังสี. 2546. สารละลายธาตุอาหาร. โครงการตำรา; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2546.ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน.สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ดิเรก ทองอร่าม. 2544. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2544. ธาตุอาหารพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพมหานคร.

มามะวัน อาสาวดีรส. 2547. ระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนใบยาวในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

วัชรินทร์ พลับเจริญสุข. 2550. ผลของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow techniques. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประไพพร หนองโยธาและสุธาทิพย์ สุขวาสุนะ. 2551. การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ในการเพาะเลี้ยงแบบ DFT. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

Antosiewicz, D.M. 2004. Study of calcium-dependent lead-tolerance on plants differing in their level of Ca-deficiency tolerance. Environmental Pollution. 134:23-34.

Chunqin Z., W. Xiaofeng ., W. Zhengyu and Z. Fusuo. 2005. Potassium and nitrogen distribution pattern and growth of flue-cured tobacco seedling influenced by nitrogen form and calcium carbonate in hydroponic culture. Journal of plant nutrition. 28:2145-2157.

Nelson, P.V. and C.E. Niedziela Jr. 1998a. Effect of ancymidol in combination with temperature regime, calcium nitrate, and cultivar selection on calcium deficiency symptoms during hydroponic forcing of tulip. Scientia Horticulturae. 74:207-218.

Nelson, P.V. and C.E. Niedziela Jr. 1998b. Effect of calcium source and temperature regime on calcium deficiency during hydroponic torcing of tulip. Scientia Horticulturae.73:137-150.

Nelson, P.V., W. Kowalczyk, C.E. Niedziela Jr., N.C. Mingis and W.H. Swallow. 2003. Effect of relative humidity calcium supply and forcing season on tulip calcium status during hydroponic forcing. Scientia Horticulturae. 98:409-422.

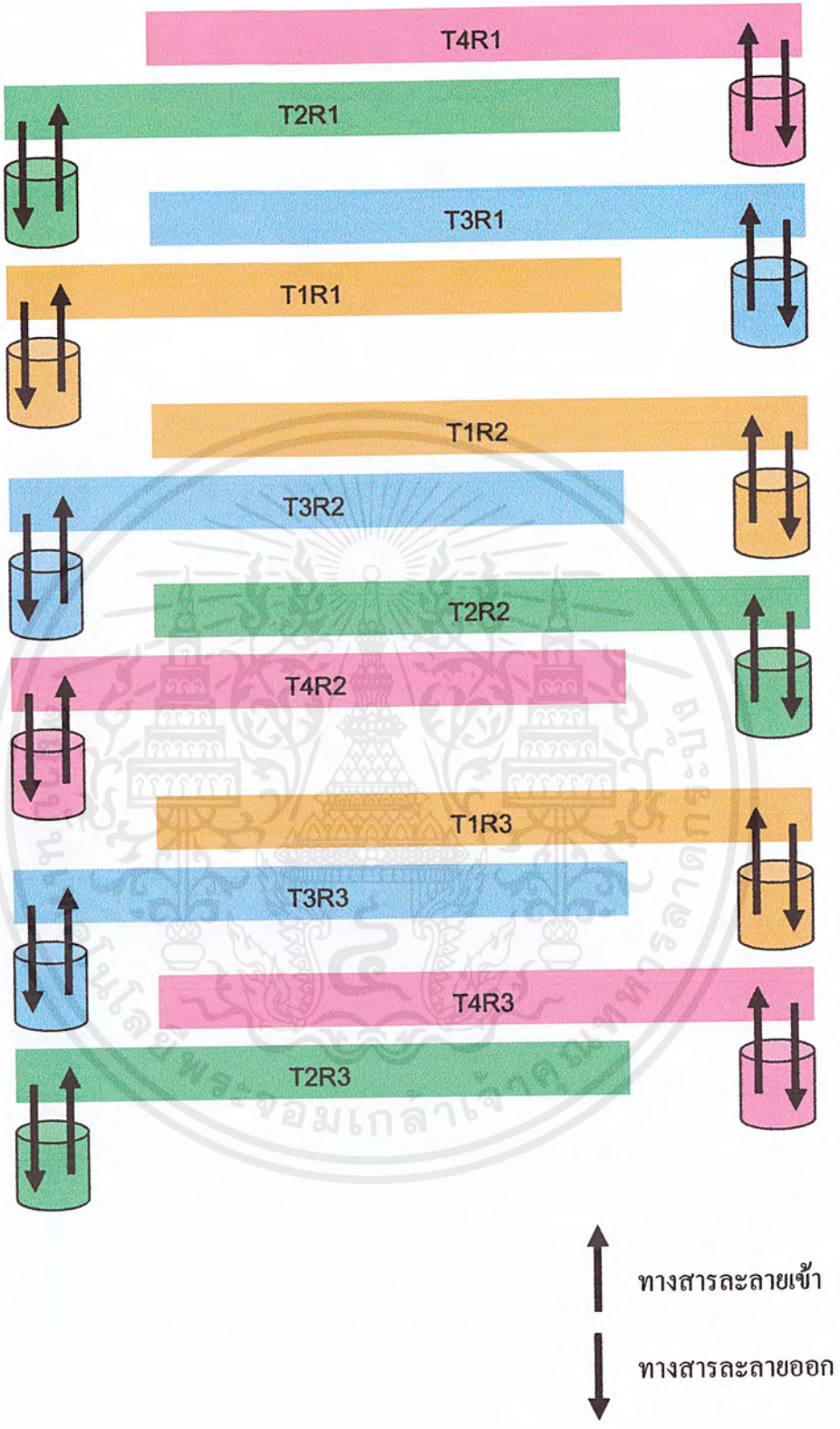
Ruiz J. M., R. M. Rivero, Pablo C., M. Baghour and L. Romero. 1999. Role of CaCl2 in nitrate assimilation in leaves and roots of tobacco plants (Nicotiana tabacum L.).Plant Science. 141:107-115.

Savvas D. and G. Gizas. 2002. Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ration. Scientia Horticulturae. 96:267-2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



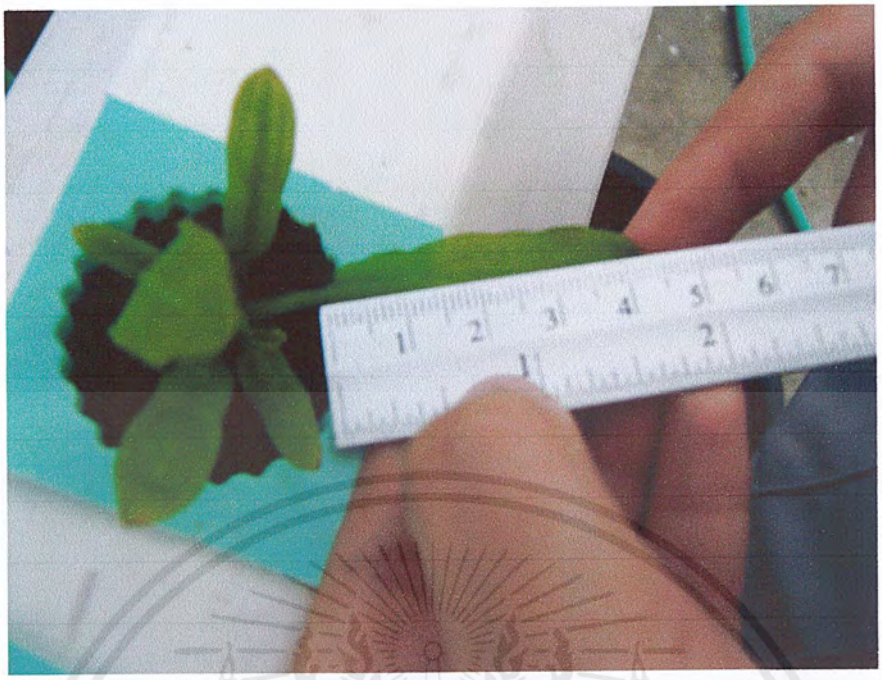
ภาพผนวกที่ 1 แผนผังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

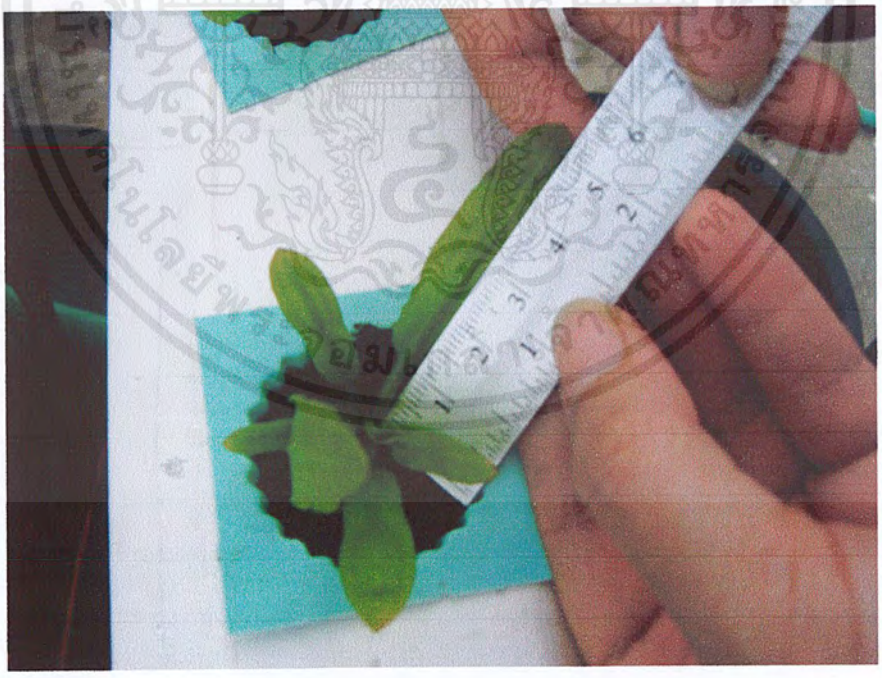
ภาพผนวกที่ 2 ภาพรวมของระบบ

ภาพผนวกที่ 3 วิธีการวัดความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

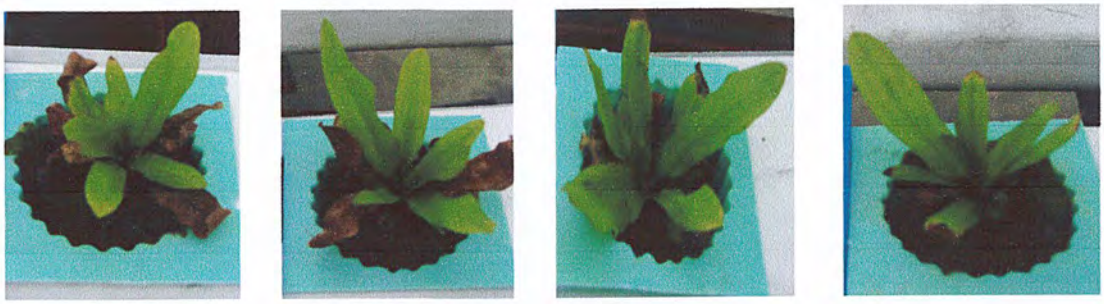


ภาพผนวกที่ 4 วิธีการวัดความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้



ภาพผนวกที่ 5 วิธีการวัดความสูงของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 1

T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 7 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 2

T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 8 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 3

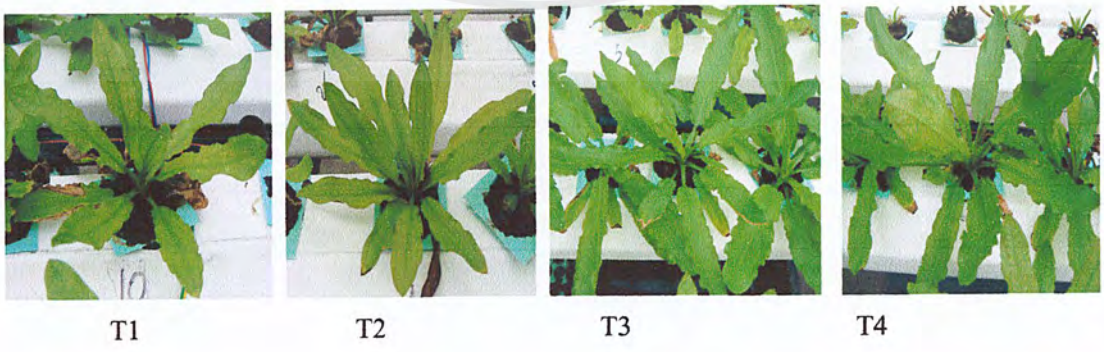
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 9 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 4

T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 10 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 5



T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 11 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T1 T2 T3 T4

ภาพผนวกที่ 12 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ในสัปดาห์ที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้