สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ อเมซอนแอฟริกานัส

The concentration of nutrient solutions for controlling growth of African sword plan *(Echinodorus africanus)*

T104571

โดย

นายพีรพงษ์ ดอนหงษ์ไผ่

สพ.
พ
วพ 91ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104571
วัน,เดือน,ปี - 5 พ.ย. 2552

b 12160231
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อชะตอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ อเมซอนแอฟริกานัส

The concentration of nutrient solutions for controlling growth of African sword plant *(Echinodorus africanus)*

ชื่อนักศึกษา นายพีรพงษ์ ดอนหงษ์ไผ่

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เตาหะวิสุทธิ์

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมเกียรติ สีสนอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....นงนุช เตาหะวิสุทธิ์.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช เตาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....ปวีณา ทวีกิจการ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ ๑๔ **เดือน** กรกฎาคม **พ.ศ.** ๒๕๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส

The concentration of nutrient solutions for controlling growth of African sword plant *(Echinodorus africanus)*

ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ปลูกในระบบ Deep floating technique (DFT) โดยเริ่มเลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ สัปดาห์ที่ 2-6 (1.00 mS/cm) หลังจากนั้นทำการปรับลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ช่วงสัปดาห์ที่ 6-10 โดยแบ่งการทดลองออก เป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยปลูกพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 (ชุดควบคุม), 0.75, 0.50 และ 0.30 (น้ำประปา) mS/cm เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส ที่ปลูกในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสาร ละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$)

พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสมีขนาดความสูงที่ตลาดต้องการมี 2 ขนาด คือขนาด M (15-20) เซนติเมตร และขนาด L (20-30) เซนติเมตร เมื่อเราเลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการขนาด L เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (20.06±0.20) เซนติเมตร หลังจากนั้นปรับลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.30 mS/cm มีการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสน้อยที่สุด จึงเป็นความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม เพื่อช่วยชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส เมื่อมีขนาดความสูงถึงที่ตลาดต้องการ นาน 4 สัปดาห์ โดยที่พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสลักษณะใบมีสภาพสมบูรณ์ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ที่สำเร็จลุล่วงไปได้ดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ ผ.ศ.สมเกียรติ สีสนอง ที่คอยช่วยเหลือ คอยดูแล คอยสั่งสอนในสิ่งต่างๆที่มีประโยชน์และคอยให้คำปรึกษาปัญหาด้านต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ และขอขอบพระคุณอาจารณ์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ในด้านต่างๆในการเรียนการสอน

ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาคทุกคน พี่แสง, พี่มอญ, พี่โก๋, และพี่ก็บ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์พร้อมคำแนะนำที่ดี

ขอบคุณเพื่อนๆวิทยาศาสตร์การประมงทุกคนที่คอยช่วยเหลือในการทดลองขอบคุณสำหรับความเป็นเพื่อนมิตรภาพที่ดีที่เกิดขึ้น

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณพ่อ แม่ และ ญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้กำลังใจในการปัญหาพิเศษฉบับนี้จนผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

นายพีรพงษ์ ดอนหงษ์ไผ่

มีนาคม พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	11
สรุปและข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	12
2	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	14
3	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	17
4	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	19
5	น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	19

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า	24
2	ความเป็นกรด-ด่างของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส	25
3	ความเข้มเข้นของสารละลายธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส	26
4	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	27
5	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	28
6	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสาร ละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	29
7	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	30
8	น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อเมซอนแอฟริกานัส (*Echinodorus africanus*)	2
2	ระบบ Nutreint film technique (NFT)	3
3	ระบบ Deep flow technique (DFT)	3
4	ระบบ Dynamic root floating (DRF)	4
5	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	13
6	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	14
7	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	16
8	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสาร ละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	18
9	น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสาร ละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	18
10	การเจริญเติบโตของของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันพรรณไม้น้ำสวยงามหรือพรรณไม้น้ำประดับตู้ปลามีความสำคัญมาก และกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีสีสันสวยงามหลากหลายสีและสายพันธุ์ช่วยเพิ่มความสวยงามให้กับตู้ปลา และยังมีประโยชน์ช่วยในการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนแก่ปลา ช่วยในการกำจัดของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของปลา พรรณไม้น้ำสวยงามมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก เป็นสินค้าส่งออกที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อเมซอนเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามที่อยู่ในวงศ์ *Alismataceae* เป็นพรรณไม้น้ำที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ดอกมีลักษณะสมมาตรและมีสองเพศในดอกเดียวกัน กลีบดอกโดยทั่วไปมีสีขาวและสีเหลือง มีลำต้นคอยค้ำจุน ขยายพันธุ์ด้วยการตัดต้นอ่อนบริเวณก้านดอก

การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) คือการปลูกพืชลงในวัสดุปลูกอย่างอื่นที่ไม่ใช่ดิน เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดและปัญหาต่างๆที่เกี่ยวกับดินหรือพื้นที่การปลูก โดยการสร้างและควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก และพืชเจริญเติบโตได้โดยอาศัยธาตุอาหารต่างๆที่ละลายลงในน้ำเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มีในดิน ทำให้พรรณไม้น้ำเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตสูง มีความสม่ำเสมอ สะอาดและคุณภาพดี เนื่องจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถควบคุมปริมาณสารอาหารที่ให้ได้ดีกว่าการปลูกในดิน สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้มีความเหมาะสมกับชนิดที่ปลูก ทำให้การใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม และให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในธรรมชาติ พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสมีขนาดความสูงที่ตลาดต้องการแบ่งเป็น 2 ขนาด คือ ขนาด M (15-20) เซนติเมตร และขนาด L (20-30) เซนติเมตร แต่เกษตรกรผู้เลี้ยงพรรณไม้น้ำไม่สามารถส่งออกได้ เมื่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำมีขนาดความสูงเกินกว่าที่ตลาดต้องการ เมื่อเลี้ยงต่อไปในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเดิม

ดังนั้นการศึกษาค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ที่เหมาะสมต่อการชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส เมื่อมีขนาดความสูงถึงที่ตลาดต้องการเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ยืดระยะเวลาในการจำหน่ายและช่วยลดการสูญเสียรายได้ของเกษตรกรผู้เลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกนัส

วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ที่เหมาะสมในการชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส เมื่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสจนมีขนาดความสูงถึงที่ตลาดต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส (*Echinodorus africanus*)

พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส อยู่ในวงศ์ *Alismataceae* เป็นพืชที่มีดอกลักษณะทั้งสองเพศในดอกเดียวกัน ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ เป็นพรรณไม้น้ำที่เจริญเติบโตใต้น้ำและเหนือน้ำ มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ออกดอกเป็นประจำทุกปี มีก้านใบที่เรียวยาวและบอบบางขนาดเล็ก อเมซอนแอฟริกานัสสามารถขยายพันธุ์ด้วยการตัดต้นอ่อนบริเวณก้านดอก (www.zipcodezoo.com) เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 24 – 28 องศาเซลเซียส pH ระดับ 5.5 – 9 ความเข้มแสงระดับปานกลาง มีขนาดความสูงลำต้นประมาณ 30-40 เซนติเมตร การปลูกจะปลูกไว้บริเวณด้านหลัง เพื่อประดับเป็นฉากหลังในตู้ปลาสวยงาม (นงนุช, 2551)

ภาพที่ 1 พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส
ที่มา: www.floraquatic.com

ระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน (Hydroponic)

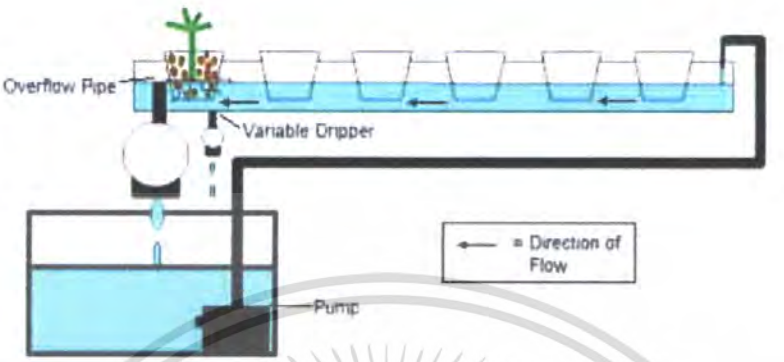
การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน คือการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินแต่ปลูกลงในวัสดุสิ่งอื่นแทน ได้รับอาหารโดยสารละลายอาหารพืช (อิทธิสุนทร, 2538) แบ่งได้ดังนี้

1. การปลูกพืชในสารละลาย (Water culture)

1.1 ระบบเอนเอฟที (Nutrient film technique, NFT) เป็นระบบการปลูกพรรณไม้น้ำให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆเป็นเทคนิคที่ได้รับความสนใจอย่างมากเป็นการปลูกโดยให้รากแช่อยู่ในสารละ ลายโดยตรง สารละลายจะไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่น ฟิล์มบางๆ (โดยทั่วไปมักกำหนดให้น้ำ

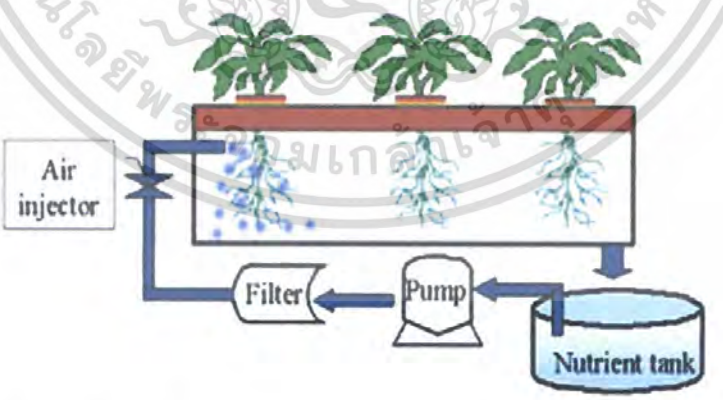
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไหลผ่านมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) สารละลายจะไหลหมุนเวียนผ่านรากตลอดเวลา ระบบเอนเอฟทีสามารถแบ่งได้เป็นการปลูกในราง ปลูกในร่อง ปลูกในท่อ



ภาพที่ 2 ระบบ Nutreint film technique (NFT)
ที่มา: www.dbcourt.co.uk

1.2 ระบบดีเอฟที (Deep floating technique, DFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 2 - 15 เซนติเมตร โดยปลูกบนแผ่นโฟมหรือวัสดุที่ลอยน้ำได้เพื่อยึดลำต้น แต่จะปล่อยให้รากเป็นอิสระอยู่ในน้ำ เป็นระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายโดยมีการใช้ปั๊มดูดสารละลายจากถังพักน้ำขึ้นมาใช้ใหม่ในระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับระบบน้ำที่ใช้ในการผลิตพืช

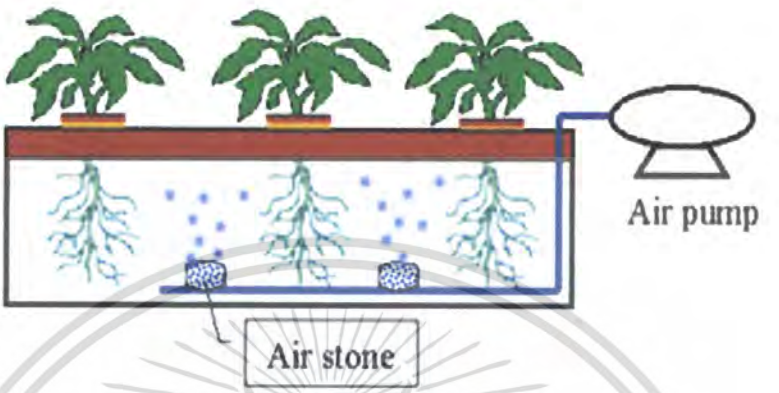


ภาพที่ 3 ระบบ Deep flow technique (DFT)
ที่มา: webhost.wu.ac.th

1.3 ระบบดีอาร์เอฟ (Dynamic root floating, DRF) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยรากพืชแช่อยู่ในส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศ โดยมีปรับระดับน้ำให้สูงขึ้นหรือลดลงได้ตามความต้องการของพืช โดยกำหนดให้ระดับน้ำควรสูงเพียงพอที่จะทำให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำได้ ประมาณ 3 - 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตรโดยรากส่วนนี้ จะเป็นรากที่ดูดอาหาร (Nutrient root) และรากส่วนนอกเหนือจากนี้เป็นราก ที่ทำหน้าที่หายใจและดูดออกซิเจนเข้าสู่ราก จึงเรียกรากส่วนนี้ว่า รากอากาศ (Aero root)



ภาพที่ 4 ระบบ Dynamic root floating (DRF)
ที่มา: webhost.wu.ac.th

2. การปลูกเลี้ยงในวัสดุอื่นที่ไม่ใช่ดิน รากของพืชจะเจริญเติบโตในวัสดุปลูกที่เป็นของแข็ง มีการให้อาหารในรูปของสารละลายอาหาร วัสดุที่ใช้อาจมีธาตุอาหารอยู่น้อยหรือไม่มีเลย ส่วนใหญ่วัสดุที่ใช้ปลูกจะเก็บความชื้นได้ดี ระบายน้ำได้ดี มีความทนทานไม่ย่อยสลายง่าย เช่น ทราย, หิน, กรวด, เพอไลท์(perlite), หินภูเขาไฟ (Rock wool) เป็นต้น (โสระยา, 2544)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

1. EC (Electrical conductivity) เป็นค่าที่ใช้วัดเพื่อแสดงถึงค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารวัดจากความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำวัดค่าโดยรวม ไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ หน่วยการวัดค่า EC มีหลายหน่วยแล้วแต่เครื่องมือที่ใช้วัดน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อน้ำมีเกลือละลายอยู่ เกลือเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบซึ่งประจุบวกและลบที่เกิดขึ้น จะเป็นตัวนำไฟฟ้าทำให้สารละลายที่มีเกลือที่แตกตัวได้มีค่าการนำไฟฟ้าและนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นสามารถใช้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นตัวบอกปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลาย ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเข้มข้นของสารละลายจะมีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรง กล่าวคือถ้าความเข้มข้นสารละลายเพิ่มขึ้นหนึ่งเท่าตัวค่าการนำไฟฟ้าก็จะเพิ่มหนึ่งเท่าด้วย ค่าการนำไฟฟ้าบอกให้ทราบถึงปริมาณเกลือละลายโดยรวมกันอยู่ในสารละลายไม่สามารถแยกชนิดของเกลือได้ ตัวอย่างเช่นในน้ำมีเกลือ NaCl และปุ๋ย KNO_3 ละลายรวม กันอยู่วัดค่า EC ได้ 2.5 mS/cm เราไม่สามารถทราบได้ว่ามี NaCl อยู่เท่าใด และ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KNO_3 อยู่เท่าใดทราบเพียงแต่ว่ามีอยู่รวมกันมีค่า 2.5 mS/cm จากหลักการนี้เราสามารถใช้เครื่องวัด EC ตรวจสอบความความถูกต้องของการละลายปุ๋ยลงในระบบน้ำได้ด้วย (อิทธิสุนทร, 2538)

2. ค่า pH การปลูกพืชในระบบการปลูกพืชไร้ดินนั้น การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม มีความจำเป็นไม่น้อยไปกว่าการใส่ธาตุอาหารให้กับพืชที่เราปลูกหากไม่สามารถรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ไว้ได้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในระบบ พืชก็จะไม่สามารถถูกดูดไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วงประมาณ 5.5-6.5 หรือให้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 6.5 -7 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารทุกตัวได้ดี แต่หากค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วันจะทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมง กานีส ผิดปกติไป ทำให้พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าวจนแสดงอาการ ทั้งที่ในระบบมีธาตุอาหารดังกล่าวอยู่โดยปกติเมื่อปลูกพืชในระบบการปลูกพืชไร้ดินแนวโน้มที่ค่า pH ของสาร ละ ลายจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งพืชโตขึ้นมากเท่าใด ค่า pH ยิ่งสูงขึ้นตาม ทั้งนี้เพราะ ในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ พืชจะมีการดูดใช้ ไนเตรทอิออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ประจุลบมากกว่าบวก) จึงมีการปล่อยอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมาในปริมาณเท่ากัน ทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นด้วยในการปลูกพืชในระบบปิดจึงต้องวัดค่า pH สม่ำเสมอ (ดิเรก, 2548) แต่การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารมักมีการควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตตามปกติ (ยงยุทธ, 2546)

2.1 การปรับค่า pH เพิ่มการปรับค่าของ pH ให้สูงขึ้นทำได้โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืชเช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium bicar bonate หรือ Bicarbonate of soda ($NaHCO_3$)

2.2 การปรับค่า pH ลดการปรับเพื่อลดค่าของ pH โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืชเช่น Sunfuric acid (H_2HO_4), Nitric acid (HNO_3) หรือ Hydrochlonic acid (HCl) หรือ Acetic acid (CH_3COOH)

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในกระบวนการหายใจ การดูดธาตุอาหารไปใช้ในการคายน้ำและกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเร่งขบวนการทางเคมีต่างในพืช ขบวนการเหล่านี้ถูกควบคุมโดยการทำงานของเอนไซม์ซึ่งมีจะทำงานในช่วงอุณหภูมิแคบๆ อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ลดลงมีผลทำให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในพืชมีการทำงานลดลงหรือหยุดไปทำให้พืชหยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุดการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญมาก (วันเพ็ญ และ กาญจนรี, 2543) อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตมีผลต่อการสร้างและการพัฒนาดอก, พัฒนาราก โดยเฉพาะการปลูกพืชแบบไร้ดินอุณหภูมิบริเวณรากจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร (โสระยา, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แสง แสงจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง ซึ่งมีผลกับการเจริญเติบโตของพืช เราจึงต้องให้ความสนใจในเรื่องแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืชโดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงาน ในการเปลี่ยนคาร์บอน ไดออกไซด์และน้ำ เป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน คุณภาพของแสง หมายถึง ความยาวคลื่น ความเข้มแสง และระยะเวลาที่พืชได้รับแสง การออกดอกจะสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลา ความสั้นยาวของแสงในแต่ละวัน หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า พืชไวต่อแสง ในขณะที่พืชบางชนิด จัดเป็นพวกที่ไม่ไวต่อความข้มของ

แสง ก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช เพราะหากแสงมีความเข้มน้อยเกินไป ทำให้ต้นพืชอ่อนแอ หรือการยืดของข้อต้น การสังเคราะห์แสงจะไม่สมบูรณ์เต็มที่ เป็นผลทำให้พืชโตช้ากว่าปกติ ดังนั้นการเลือกใช้ตาข่ายพรางแสงจะต้องเลือกความหนาและเลือกสีที่เหมาะสมคุณสมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบการปลูกพืชไร้ดินมากที่สุด (อิทธิสุนทร, 2538)

5. ธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ ที่มีความจำเป็นในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท (ดิเรก, 2548) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมากและธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย

5.1 ธาตุอาหารหลัก

เป็นธาตุอาหารที่พรรณไม้น้ำต้องการเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการเจริญเติบ โต ได้แก่ธาตุไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โปแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S) ธาตุอาหารหลักเหล่านี้มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำมาก (ยงยุทธ, 2546) โดยเฉพาะไนโตรเจน อาการขาด การเจริญเติบโตจะหยุดชะงักและใบมีสีเหลืองซีดจากการขาดคลอโรฟิลล์ ฟอสฟอรัส อาการขาด พืชจะแคระแกร็นและมีสีเขียวเข้ม และ โปแทสเซียม อาการขาด ในเบื้องต้นสังเกตได้ที่ใบแก่ในพืชใบเลี้ยงคู่ ใบจะมีสีซีด ในระยะต่อมาจะพบจุดสีเข้มที่เนื้อใบตายกระจายเป็นจุดในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหลายชนิดบริเวณปลายใบและเส้นใบจะตายก่อน อาการขาดโพแทสเซียมในข้าวโพดลำต้นจะอ่อนแอ (โสระยา, 2544)

5.2 ธาตุอาหารรอง

เป็นธาตุอาหารพรรณไม้น้ำมีความต้องการธาตุอาหารรองในปริมาณน้อย แต่ธาตุเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ และ ขบวนการทางเคมีของธาตุอื่นด้วย จึงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและขาดไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โมลิบดินัม (Mo) และโบรอน(B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญก็คือ เหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้าพรรณไม้น้ำได้รับธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ โดยปกติแหล่งน้ำตามธรรมชาติมักจะมีธาตุรองชนิดต่างๆเพียงพอกับความต้องการ (ยงยุทธ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืช Gusewell (2005) ทำการทดลองโดยให้ธาตุอาหารในรูปของสารละลายธาตุอาหารพืชโดยมีการจำกัดธาตุไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) เพื่อดูว่ามีผลต่อความสัมพันธ์กันในการเจริญเติบโตของพืช wetland graminoids พบว่า ในการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆของพืชประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสมีค่า 30-96% ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้ไนโตรเจนมีค่า 0-87% มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอยู่ 17% ฟอสฟอรัสมีประสิทธิภาพดีกว่าในการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆของพืชและ McKeehen et al. (1995) ได้ศึกษาถึงการใช้ปริมาณธาตุอาหารที่มากเกินมีผลต่อการปลูกพืชในระบบการปลูกพืชไร้ดินให้ธาตุอาหารในรูปของสารละลายอาหารพืช แก่ ข้าว, ข้าวสาลีและมันฝรั่ง โดยมีการเปรียบเทียบกับพืชที่เจริญเติบโตในธรรมชาติ พบว่า สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในพืชตระกูลที่มีหัวได้แก่ ข้าว, ข้าวสาลีและมันฝรั่ง มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ปลูกในธรรมชาติทั่วไป จากการนำพืชมาวิเคราะห์ทางเคมี และ Saltonstall and Stevenson (2007) ทำการศึกษาเกี่ยวกับเมล็ดที่สามารถเจริญเติบโตในธรรมชาติและจากการเพิ่มธาตุอาหารเข้าไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช *Phragmites australis* เป็นอย่างไร พบว่า จากการศึกษาหน้าที่ของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช *Phragmites australis* โดยมีการให้ธาตุอาหารเพิ่มเข้าไปแก่พืชเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตแบบปกติในธรรมชาติของพืช *Phragmites australis* มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากการได้รับธาตุอาหารที่เพิ่มเข้ามาเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตแบบปกติของพืชในธรรมชาติ และ Olness et al. (2005) ทำการทดลองเกี่ยวกับความสำคัญของธาตุ vanadium และประจุไฟฟ้าของธาตุอาหารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของธาตุต่างๆ ต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของ cuphea (*Cuphea viscosissima* × *C.lanceolata* "PSR 23") ในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน พบว่า พืช cuphea เป็นพืชที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบต้องมีการเพิ่มฟอสฟอรัสเข้ามาในกระบวนการเพิ่มผลผลิต เมื่อใส่ธาตุ vanadium เข้าไปในสารละลายธาตุอาหารพืช จะทำให้การดูดซึมฟอสฟอรัสลดลงและใช้ในกระบวนการเผาผลาญไขมันของ vanadium ความสัมพันธ์ของความยาวราก, น้ำหนักรากมีค่าลดลงจากความเข้มข้นของธาตุ vanadium ที่เพิ่มขึ้นจาก 0-153 ไมโครโมล ที่ธาตุ vanadium ความเข้มข้นมากกว่า 31 ไมโครโมล มีการเจริญเติบโตลดลง 50% ที่ความเข้มข้น 153 ไมโครโมล น้ำหนักรากลดลงมากกว่า 75%

5.4 การดูดซึมธาตุอาหารของพืช Passos (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของแรงดันต่อการดูดซึมสารละลายธาตุอาหาร ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ด Etiolated Mung Bean โดยการใช้รูปถ่ายเปรียบเทียบในการเจริญเติบโตของส่วนของเอ็มบริโอจากค่าแรงดัน -0.2 ถึง -0.8 MPa พบว่า สภาพของน้ำที่อยู่ในเนื้อเยื่อมีผลสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต ระดับการดูดซึมที่สูงบริเวณรากและค่าที่ต่ำมีผลในการเจริญเติบโต พืชจะมีการหยุดชะงักชั่วคราวการเจริญ เติบโตชั่วคราวภายใน 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นจะกลับสู่สภาวะปกติ การเจริญเติบโตของเมล็ดขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อเยื่อ และระดับการดูดซึม เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจะมีการเจริญเติบโตของเมล็ดลดลงจากการลดลงของสารละลายธาตุอาหาร

ฮอร์โมนต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

การเจริญเติบโตของพืชและการเปลี่ยนรูปเป็นโครงสร้างต่างๆ ถูกควบคุมโดยสารเคมีที่เรียกว่า ฮอร์โมนพืช ฮอร์โมนพืชต่างจากฮอร์โมนสัตว์หลายประการ ฮอร์โมนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ในพืช ได้แก่ ออกซิน (auxin), จิบเบอเรลลิน (gibberellin) และ ไซโทไคนิน (cytokinin) ฮอร์โมนเหล่านี้มีโครงสร้างทางเคมีพื้นฐานต่างกันอย่างเห็นได้ชัดแต่มีหน้าที่บางอย่างเหมือนกันและทำงานร่วมกัน การเจริญเติบโตของพืชที่เป็นออโตโทรฟ ต้องการสารอนินทรีย์ธรรมดาจากสิ่งแวดล้อมในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ได้แก่ ก๊าซในบรรยากาศหลายชนิด แร่ธาตุ และน้ำ แต่ที่จำเป็นจริง ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง และก๊าซออกซิเจน เพื่อใช้ในการหายใจแบบใช้ออกซิเจน รวมทั้งก๊าซไนโตรเจนสำหรับพวกเห็ดราและพืชที่เป็นเฮเตอโรโทรฟ ก็เหมือนในสัตว์ คือต้องได้รับอาหารจากสิ่งแวดล้อมโดยตรง (พีรเดช, 2532) ซึ่งในบางกรณี อาจต้องได้รับวิตามินจากสิ่งแวดล้อมด้วยสารอื่นที่มีในสิ่งแวดล้อมอาจมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบ โตของพืช Karras et al. (2007) ทำการทดลองเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้สารเคมี cyromazine เป็นส่วนผสมในสารละลายธาตุอาหารโดยมีความเข้มข้น 375 และ 750 mgl^{-1} ในระบบการปลูกพืชไร้ดิน เป็นเวลา 121 วัน เพื่อดูการเจริญเติบโตของพืชที่มีส่วนหัว gerbera *(Gerbera jamesonii)* พบว่า มีการดูดซึม cyromazine เข้าไปภายในพืช นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางเคมี หลังจากวันแรกความเข้มข้นของ cyromazine จะมีค่าค่อยๆลดลง หลังจาก121 วัน ความเข้มข้นลดลงเหลือ 0.02 และ 0.03 ตามลำดับ ความเข้มข้นที่ใบ มีค่า 52 และ 62 $mgkg^{-1}$ fresh weight ตามลำดับ ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นเราไม่ควรใช้ cyromazine ที่ระยะเวลาการปลูกพืชมากกว่า 120 วัน และ Kishorekumar et al. (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบส่วนประกอบที่มีความแตก ต่างกันบน triazole จากการเจริญเติบโตของ *Solenostemon rotundifolius* จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของเม็ดสี และกระบวนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต จากการให้ปริมาณ triadimefon ที่ 15 mgl^{-1} และ hexaconazole 10 mgl^{-1} โดยให้ในดินที่เปียกที่ 80, 110 และ 140 วัน พบว่า การให้ triazole มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์แสงของเม็ดสี และเมื่อให้ triadimefon และ hexaconazole มีผลในการเร่งกิจกรรมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและการสังเคราะห์แสงของเม็ดสีทำให้มีค่า น้ำหนักสด-แห้ง ของรากและใบลดลงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ต้นอเมซอนแอฟริกานัส (*Echinodorus africanus*) จำนวน 168 ต้น, ถ้วยปลูก และ ใยหิน (rock wool)

2. ระบบปลูกแบบ deep flow technique (DFT) ซึ่งมี 12 รางปลูก แต่ละรางมีช่องสำหรับปลูก 14 ช่อง

3. อุปกรณ์ควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน

4. ถังสำหรับใส่สารละลายธาตุอาหาร 12 ใบ

5. ปั๊มน้ำสำหรับใช้ในการนำสารละลายธาตุอาหารขึ้นราง 12 ตัว

6. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) และเครื่องวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (Electrical conductivity)

7. สารละลายธาตุอาหารสูตร ผักสลัด KMITL 2

8. เครื่องชั่งน้ำหนัก

9. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น บีกเกอร์ กระบอกตวง แท่งแก้ว ไม้บรรทัด สารเคมี

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (Complete randomized design ; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 1.00 mS/cm (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 0.75 mS/cm

ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 0.50 mS/cm

ชุดการทดลองที่ 4 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 0.30 mS/cm (น้ำประปา)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียม

1.1 เตรียมระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow technique (DFT) มี 12 รางปลูก

1.2 จัดเตรียมระบบควบคุมความชื้นในโรงเรือน

1.3 จัดเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับพรรณไม้น้ำสูตร KMITL 2

1.4 พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส จำนวน 168 ต้น พันด้วยใยหิน (Rock wool) และนำไปปลูกในถ้วยปลูก พักฟื้นในถังที่คลุมด้วยพลาสติกเพื่อลดการคายน้ำของพรรณไม้น้ำประมาณ 2 สัปดาห์

2. การดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 นำพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส จำนวน 168 ต้น มาปลูกในรางปลูก 12 รางปลูก แต่ละรางปลูกได้ 14 ต้น

2.2 ผสมสารละลายธาตุอาหารตามสูตรที่เตรียมไว้ ลงในถังที่มีน้ำประมาณ 20 ลิตร โดยค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารปรับเป็น 4 ค่า ทำค่าละ 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง

2.3 เริ่มเลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2-6) หลังจากนั้นปรับเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm จนสิ้นสุดการทดลอง

2.4 ปรับค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ตลอดการทดลอง

2.5 จดบันทึกผล วัดความสูงของลำต้น ความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่และนับจำนวนใบทุกๆ 2 สัปดาห์ จนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นวัดทุกๆสัปดาห์

การบันทึกข้อมูล

1. นำต้นอเมซอนแอฟริกานัส จำนวน 168 ต้น มาทำการชั่งน้ำหนัก วัดความสูงของต้น ความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่ และนับจำนวนใบ เพื่อเป็นการบันทึกข้อมูลเริ่มต้นและวัดความสูงของต้น วัดความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่และนับจำนวนใบทุกๆ 2 สัปดาห์ จนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นทำการวัดทุกๆสัปดาห์

2. วัดค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารด้วยเครื่องEC meter และวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยเครื่อง pH meter สัปดาห์ละ 3 ครั้ง โดยค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ที่ 0-2) และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2-6) หลังจากนั้นปรับลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm และค่า pH 6.5-7.0 จนสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan'S New Mutiple Range Procedure ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Window version 15.0

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนมกราคม 2550 – มีนาคม 2551

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกานัส

จากการทดลองนำพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสมาเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร KMITL 2 ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ 0-2) และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ 2-6) หลังจากนั้นทำการปรับลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 10 สัปดาห์ พบว่า อเมซอนแอฟริกานัสมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อมีค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีค่าความสูงเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และ น้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ

ความสูงเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัส

ความสูงเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ที่ 0 -2) และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2 -6) ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1, ภาพที่ 5)

สัปดาห์ที่ 7 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/ cm มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด ($P>0.05$) รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสาร ละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 8 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสาร ละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75 และ 0.50 และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 9 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสาร ละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.75 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่ 10 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร1.00 mS/cm มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm (P>0.05)

ตารางที่ 1 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
	1.00	0.75	0.50	0.30
0	7.44±0.11[a]	7.44±0.11[a]	7.44±0.11[a]	7.44±0.11[a]
2	10.95±0.10[a]	10.95±0.10[a]	10.95±0.10[a]	10.95±0.10[a]
4	15.10±0.08[a]	15.10±0.08[a]	15.10±0.08[a]	15.10±0.08[a]
6	20.06±0.20[a]	20.06±0.20[a]	20.06±0.20[a]	20.06±0.20[a]
7	22.12±0.30[a]	21.93±0.08[a]	21.80±0.27[a]	21.76±0.10[a]
8	23.49±0.19[b]	23.19±0.11[ab]	23.04±0.09[b]	22.78±0.29[a]
9	24.94±0.20[c]	24.59±0.16[bc]	24.13±0.27[b]	23.32±0.29[a]
10	25.96±0.10[c]	25.45±0.17[b]	25.08±0.10[b]	24.01±0.08[a]

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ความยาวใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัส

ความยาวใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ที่ 0 -2) และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2 -6) ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 2, ภาพที่ 6)

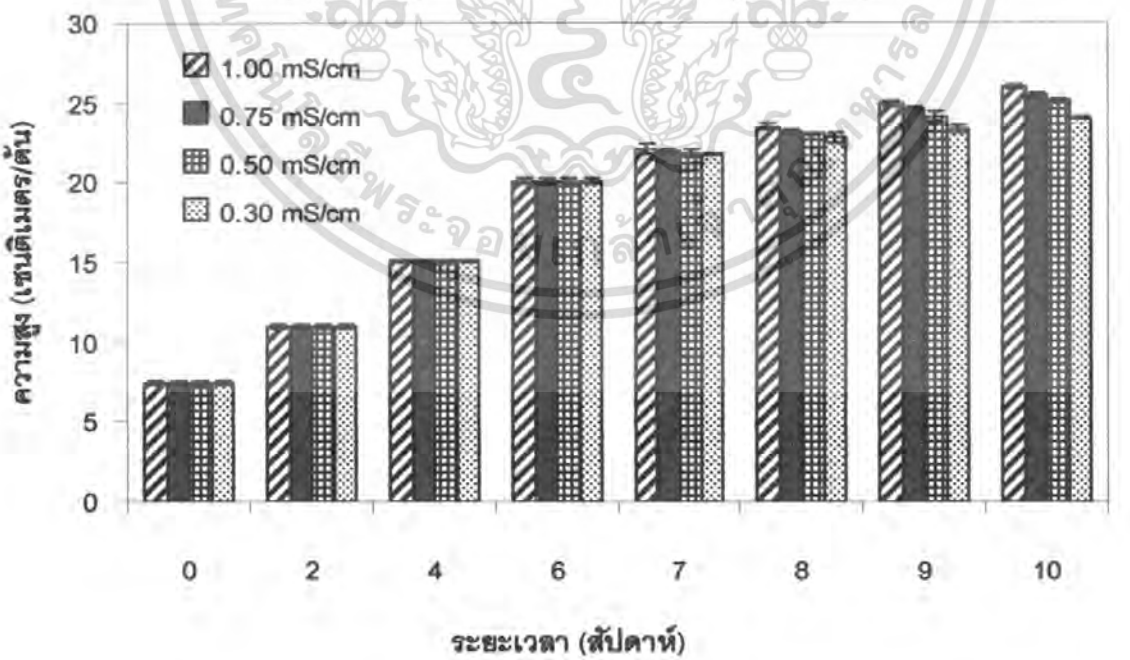
สัปดาห์ที่ 7 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P>0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่ 8 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75 และ 0.50 และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 9 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.75 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50 กับ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 10 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร1.00mS/cm มีความสูงลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.75 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50 กับ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)



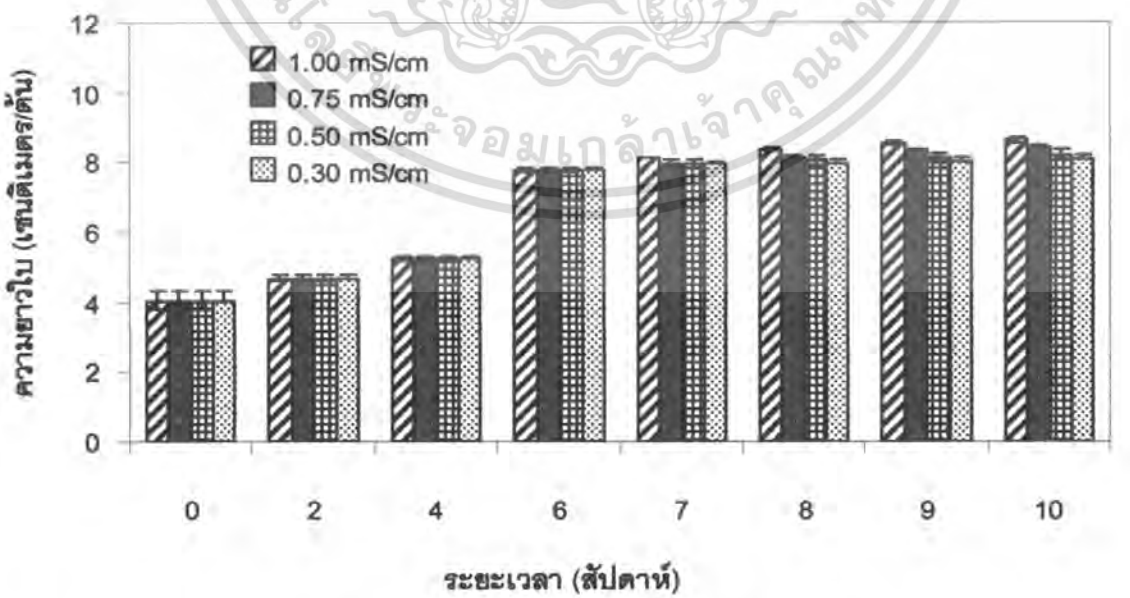
ภาพที่ 5 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
	1.00	0.75	0.50	0.30
0	4.05±0.27[a]	4.05±0.27[a]	4.05±0.27[a]	4.05±0.27[a]
2	4.68±0.08[a]	4.68±0.08[a]	4.68±0.08[a]	4.68±0.08[a]
4	5.26±0.04[a]	5.26±0.04[a]	5.26±0.04[a]	5.26±0.04[a]
6	7.80±0.05[a]	7.80±0.05[a]	7.80±0.05[a]	7.80±0.05[a]
7	8.13±0.01[a]	7.98±0.09[a]	7.95±0.10[a]	7.94±0.09[a]
8	8.36±0.07[b]	8.16±0.02[ab]	8.06±0.15[ab]	7.99±0.07[a]
9	8.54±0.07[c]	8.38±0.01[bc]	8.12±0.13[ab]	8.03±0.09[a]
10	8.63±0.07[c]	8.44±0.03[bc]	8.21±0.13[ab]	8.09±0.09[a]

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 6 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัส

ความกว้างใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ที่ 0 -2) และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2 -6) ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 7)

สัปดาห์ที่ 7 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P>0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอา หาร 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm (P>0.05)

สัปดาห์ที่ 8 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P>0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอา หาร 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm (P>0.05)

สัปดาห์ที่ 9 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75 และ 0.50 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 , 0.50 และ 0.30 mS/cm (P>0.05)

สัปดาห์ที่ 10 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร1.00 mS/cm มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50, 0.75 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.75 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50 กับ 0.30 mS/cm (P>0.0 5)

จำนวนใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัส

จำนวนใบเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm (สัปดาห์ที่ 0 -2) และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm (สัปดาห์ที่ 2 -6) ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ (P>0.05) (ตารางที่ 4, ภาพที่ 8)

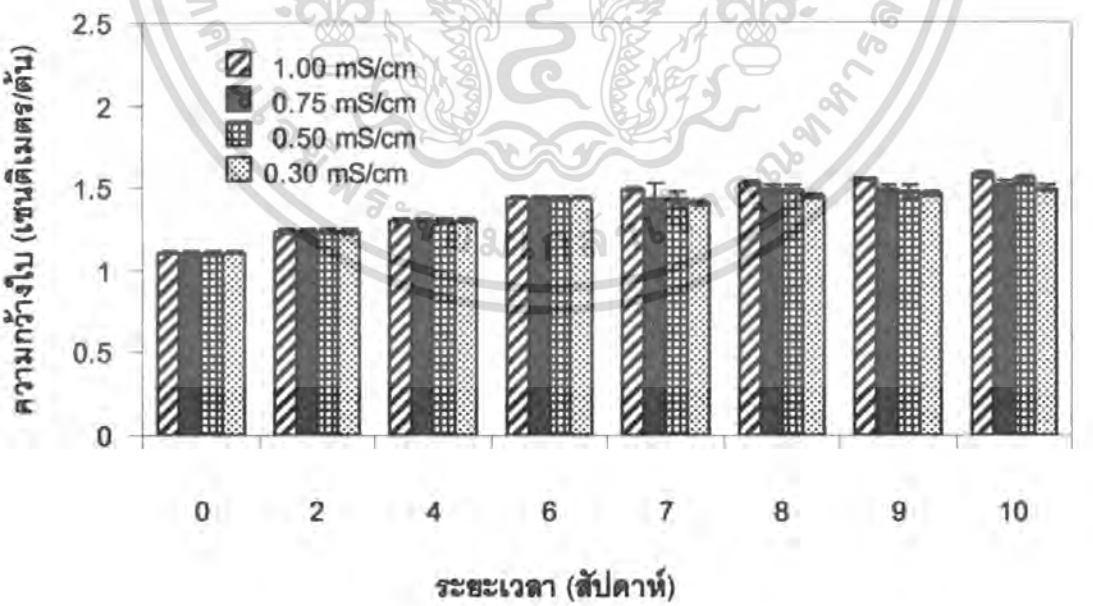
สัปดาห์ที่ 7 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.30 และ 0.50 mS/cm ตามลำดับ (P>0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสาร ละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่ 8 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีจำนวนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50, 0.75 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 9 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีความจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.50 และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)

สัปดาห์ที่ 10 อเมซอนแอฟริกานัสเลี้ยงในความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร1.00 mS/cm มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 กับ 0.75 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 กับ 0.50 mS/cm และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.50 กับ 0.30 mS/cm ($P>0.05$)



ภาพที่ 7 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 3 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

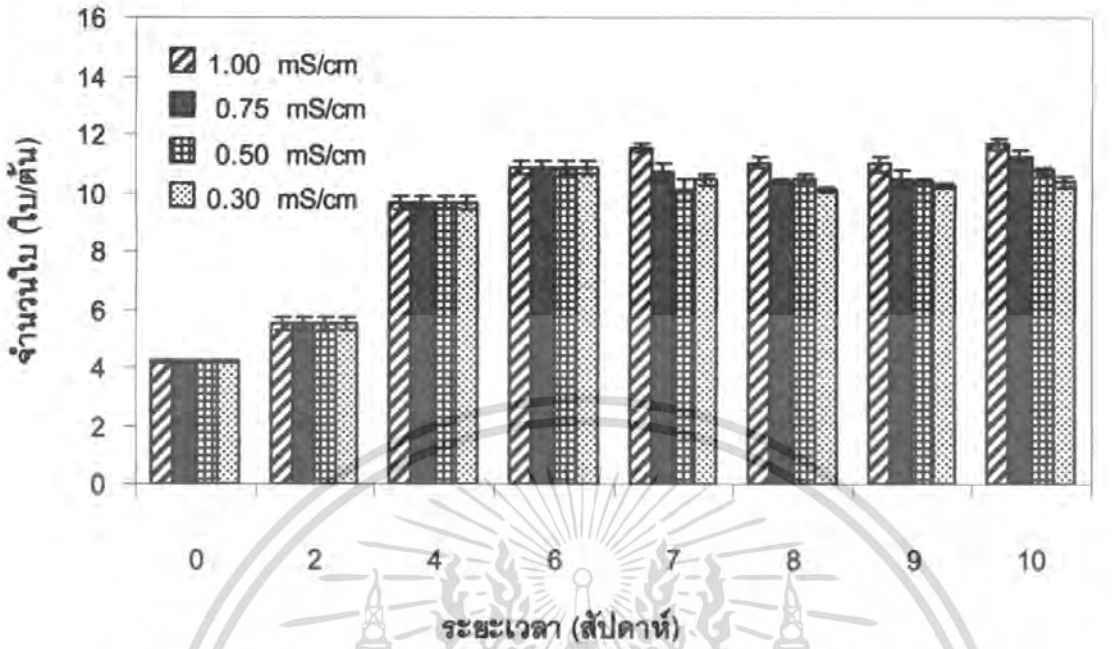
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
	1.00	0.75	0.50	0.30
0	1.11±0.01^{a}	1.11±0.01^{a}	1.11±0.01^{a}	1.11±0.01^{a}
2	1.24±0.01^{a}	1.24±0.01^{b}	1.24±0.01^{a}	1.24±0.01^{a}
4	1.30±0.01^{a}	1.30±0.01^{a}	1.30±0.01^{a}	1.30±0.01^{a}
6	1.44±0.01^{a}	1.44±0.01^{a}	1.44±0.01^{a}	1.44±0.01^{a}
7	1.49±0.01^{a}	1.44±0.09^{a}	1.44±0.04^{a}	1.41±0.01^{a}
8	1.53±0.01^{a}	1.49±0.02^{a}	1.49±0.03^{a}	1.45±0.01^{a}
9	1.55±0.01^{b}	1.49±0.02^{ab}	1.48±0.4^{ab}	1.46±0.01^{a}
10	1.58±0.02^{c}	1.52±0.02^{ab}	1.55±0.02^{bc}	1.49±0.02^{a}

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

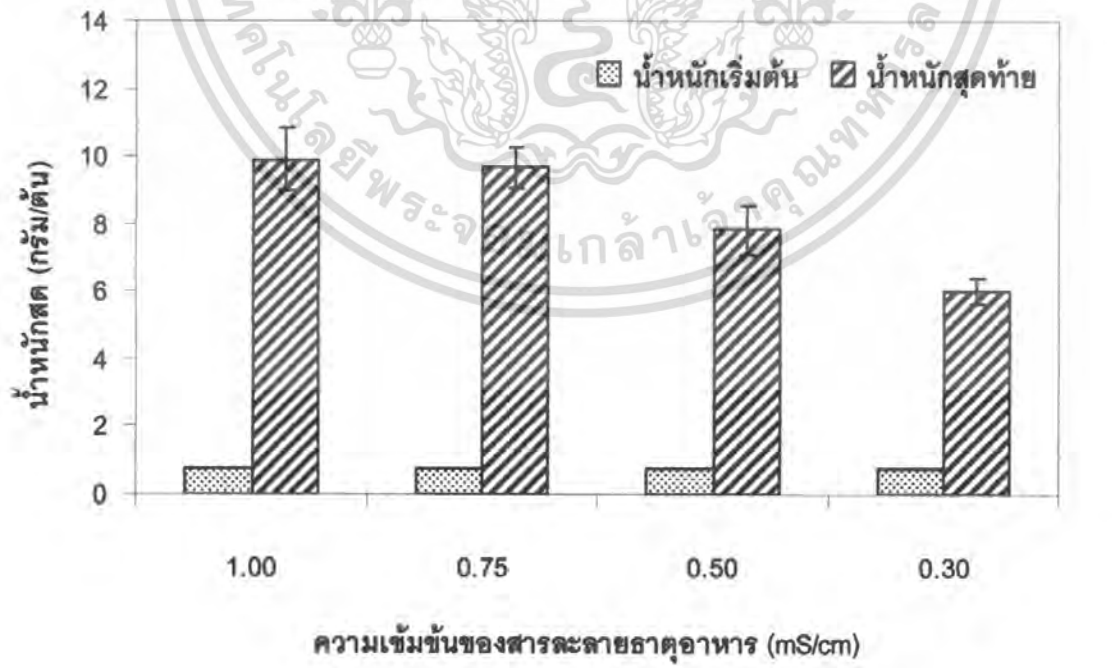
น้ำหนักสดเฉลี่ยของอเมซอนแอฟริกานัส เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50, และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P>0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในชุดการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ($P>0.05$) (ตารางที่ 5, ภาพที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104571



ภาพที่ 8 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 9 น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)			
	1.00	0.75	0.50	0.30
0	4.21±0.04[a]	4.21±0.04[a]	4.21±0.04[a]	4.21±0.04[a]
2	5.50±0.21[a]	5.50±0.21[a]	5.50±0.21[a]	5.50±0.21[a]
4	9.64±0.24[a]	9.64±0.24[a]	9.64±0.24[a]	9.64±0.24[a]
6	10.85±0.24[a]	10.85±0.24[a]	10.85±0.24[a]	10.85±0.24[a]
7	11.57±0.14[b]	10.72±0.30[a]	10.14±0.38[a]	10.48±0.19[a]
8	11.05±0.21[b]	10.40±0.09[a]	10.52±0.12[a]	10.14±0.08[a]
9	11.00±0.25[c]	10.52±0.31[bc]	10.38±0.13[ab]	10.29±0.08[a]
10	11.67±0.17[c]	11.28±0.22[bc]	10.76±0.10[ab]	10.38±0.17[a]

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส	
ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)	น้ำหนักสดเริ่มต้น	น้ำหนักสดสุดท้าย
1.00	0.71±0.01[a]	9.91±0.91[a]
0.75	0.71±0.01[a]	9.67±0.59[a]
0.50	0.71±0.01[a]	7.84±0.72[a]
0.30	0.71±0.01[a]	6.02±0.38[a]

*อักษรที่แสดงต่างกันในคอลัมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 การเจริญเติบโตของของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Saltonstall และ Stevenson (2007) ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืช reed (*Phragmites australis*) ในธรรมชาติและจากการเพิ่มธาตุอาหารเข้าไปเป็นเวลา 5 เดือน พบว่า พืช reed (*Phragmites australis*) ที่ได้รับธาตุอาหารเพิ่มเข้าไป มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 71% เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตแบบปกติของพืชในธรรมชาติเพิ่มขึ้น 48%โดยมวลของสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการทดลองใช้ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ของอาหารสูตร KMITL 2 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT พบว่า พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.00 mS/cm มีการเจริญเติบโตมากที่สุดโดยดูจาก ความสูงเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ยและจำนวนใบเฉลี่ยมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm ตามลำดับ ($P<0.05$)

พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสมีขนาดความสูงที่ตลาดต้องการแบ่งเป็น 2 ขนาด คือขนาด M (15-20) เซนติเมตร และขนาด L (20-30) เซนติเมตร เมื่อเราเลี้ยงพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการขนาด L เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (20.06±0.20) เซนติเมตร หลังจากนั้นปรับลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.30 mS/cm มีการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสน้อยที่สุด จึงเป็นความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม เพื่อช่วยชะลอการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสเมื่อมีขนาดความสูงถึงที่ตลาดต้องการ ได้นาน 4 สัปดาห์ โดยที่พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสมีลักษณะภายนอกมีสภาพสมบูรณ์ปกติ

ข้อเสนอแนะ

ในการปลูกพืชในระบบการปลูกไร้ดินควรมีการจัดโรงเรือนให้มีปัจจัยด้านต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้การทดลองมีผลที่แม่นยำและควรมีการทดลองปลูกพืชชนิดใหม่ๆด้วยเพื่อเป็นการพัฒนาให้ก้าวหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 724 **น.**

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2551. **เอกสารประกอบการสอนวิชาพรรณไม้น้ำและปลาสวยงาม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**

พีรเดช ทองอำไพ. 2532. **สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงเสน.** 196 **น.**

ยงยุทธ โอสถสภา. 2545. **ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 416 **น.**

วันเพ็ญ มีนกาญจนรี. และ กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. **พรรณไม้น้ำสวยงาม. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.** 233 **น.**

โสระยา ร่วมรังสี. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สำนักพิมพ์เกษตรยุคใหม่, กรุงเทพฯ.** 85 **น.**

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. นครราชสีมา มหาวิทยาลัยสุรนารี.** 128 **น.**

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน** (Hydroponics) **ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.** 146 **น.**

Gusewell, S. 2005 . Nutrient resorption of wetland graminoids is related to the type of nutrient limitation. Functional Ecology 19:344-354.

Karss, G., D. Savvas, G. Patakioutas, P. Pomonis and T. Albanis. 2007. Fate of cyromazine applied in nutrient solution to agerbera (*gerbera jamesonii*) crop grown in a closed hydroponic system. Crop Protection 26:721-728.

Kishorekuma, A., C. A. Jaleel, P. Manivannan, B. Sankar, R. Sridharan and R. Panneerselvam. 2007. Comparative effect of different triazole compounds on growth, photosynthetic pigment and carbohydrate metabolism of *Solenostemon rotundifolius*. Colloids and Surfaces 60:207-212.

Mckeehen J.D., C.A. Mitchell, R.M. Wheeler, B. Bugbee and S.S. Nielsen 1995. Excess nutrient in hydroponic solutions alter nutrient content of rice, wheat, and potato. Pergamon 4/5:73:83.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Olness, A., R. Gesch, F. Forcella, D. Archer and J. Rinke. 2005. Importance Of vanadium and nutrient ionic ratio on the development of hydroponically grown cuphea. Industrial Crops and Products 21:165-171.

Passos, L.P. 2003. Effects of Osmotic Stress on the Growth of Etiolated Mung Bean Seedings. J. Agronomy Crop Science 189:105-112.

Saltonstall, K. and J.C. Stevenson. 2007. The effect of nutrients on seeding growth of native and indroduced *Phragmites australis*. Aquatic Botany 86:331-336.

http://www.zipcodezoo.com/plant/ *Echinodorus africanus*.asp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ KMITL 2 ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

1 สารละลาย A		
1.1 Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)2.4H_2O$	1.884	กิโลกรัม
1.2 Iron Chelate	0.047	กิโลกรัม
2 สารละลาย B		
2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	0.898	กิโลกรัม
2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.326	กิโลกรัม
2.3 Mangnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.524	กิโลกรัม
2.4 Zinc Sulphate ($ZnSO_4$ 40%)	2.378	กรัม
2.5 Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.508	กรัม
2.6 Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$)	7.097	กรัม
2.7 Boric Acid (H_3BO_3)	4.447	กรัม
2.8 Ammonium Molybdate $(NH_4)_2MoO_4$	0.171	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความเป็นกรด-ด่างของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	6.92	7.03	7.03	6.98	6.99	7.01	7.06	6.98
1.00	7.02	7.11	7.08	7.06	7.01	70.20	7.04	6.95
	6.95	6.98	6.98	7.04	7.11	6.97	7.04	7.03
เฉลี่ย	6.96	7.04	7.03	7.03	7.04	28.06	7.05	6.99
	7.12	6.87	6.85	7.03	7.02	7.04	7.01	7.04
0.75	6.95	6.98	7.05	6.97	6.89	7.03	6.98	7.12
	7.01	7.03	6.98	7.03	6.96	7.02	6.89	7.05
เฉลี่ย	7.03	6.96	6.96	7.01	6.96	7.03	6.96	7.07
	6.94	6.95	6.85	7.02	7.03	6.85	7.05	7.03
0.50	6.92	7.06	6.98	6.89	7.02	6.89	7.02	6.98
	7.01	7.07	7.01	6.96	6.87	7.05	7.03	6.99
เฉลี่ย	6.96	7.03	6.95	6.96	6.97	6.93	7.03	7.00
	7.04	6.88	7.04	7.03	6.98	6.89	7.04	7.03
0.30	6.89	6.99	6.98	7.05	6.87	6.99	6.97	7.04
	6.96	7.02	7.05	7.01	7.01	7.02	7.05	7.05
เฉลี่ย	6.96	6.96	7.02	7.03	6.95	6.97	7.02	7.04

*ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ 2-6) และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	795	789	1041	1045	1047	1035	1044	1047
1.00	786	796	1028	1032	1035	1038	1053	1039
	796	779	1039	1036	1029	1025	1036	1041
เฉลี่ย	792	788	1036	1038	1037	1033	1044	1042
	786	802	1034	1042	791	798	798	799
0.75	779	789	1035	1043	789	802	785	785
	785	781	1045	1039	786	789	793	789
เฉลี่ย	783	791	1038	1041	789	796	792	791
	801	786	1035	1045	539	549	547	547
0.50	798	779	1036	1043	541	553	531	553
	787	791	1045	1051	556	542	539	545
เฉลี่ย	795	785	1039	1046	545	548	539	548
	789	787	1051	1042	312	324	333	324
0.30	788	786	1045	1045	323	321	324	317
	797	798	1043	1038	315	334	319	321
เฉลี่ย	791	790	1046	1042	317	326	325	321

***ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร** 0.75 mS/cm **เป็นเวลา** 2 **สัปดาห์ และ** 1.00 mS/cm **(สัปดาห์** 2-6) **และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น** 1.00, 0.75, 0.50 **และ** 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	7.30	10.78	15.13	20.12	22.20	23.69	24.56	25.78
1.00	7.09	11.05	15.25	20.41	22.29	23.11	25.23	25.96
	7.85	10.08	15.00	20.12	21.86	23.68	25.03	26.13
เฉลี่ย					22.12	23.49	24.94	25.96
SE					0.13	0.19	0.20	0.10
	6.78	10.63	14.53	19.63	21.86	23.12	24.89	25.68
0.75	7.91	10.55	15.10	21.90	21.84	23.03	24.35	25.12
	7.28	10.98	14.93	19.99	22.10	23.41	24.52	25.56
เฉลี่ย					21.93	23.19	24.59	25.45
					0.08	0.11	0.16	0.17
	6.86	10.78	15.38	20.64	21.26	23.13	23.87	25.23
0.50	7.88	11.60	15.45	19.60	22.05	23.12	23.84	25.12
	7.60	11.58	15.50	19.39	22.09	22.86	24.67	24.89
เฉลี่ย					21.80	23.04	24.13	25.08
SE					0.27	0.09	0.27	0.10
	7.82	10.98	15.05	19.91	21.86	23.23	23.02	23.86
1.00	7.40	10.70	14.88	19.69	21.87	22.86	23.04	24.03
	7.51	10.70	14.98	19.37	21.56	22.24	23.89	24.13
เฉลี่ย	7.44	10.95	15.10	20.06	21.76	22.78	23.32	24.01
SE	0.11	0.10	0.08	0.20	0.10	0.29	0.29	0.08

***ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร** 0.75 mS/cm **เป็นเวลา** 2 **สัปดาห์ และ** 1.00 mS/cm (**สัปดาห์** 2-6) **และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น** 1.00, 0.75, 0.50 **และ** 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	4.26	4.66	5.50	7.86	8.14	8.49	8.61	8.69
1.00	4.08	4.10	5.24	7.94	8.12	8.45	8.60	8.71
	4.37	4.44	5.28	8.01	8.14	8.15	8.40	8.50
เฉลี่ย					8.13	8.36	8.54	8.63
SE					0.01	0.11	0.07	0.07
	4.11	4.65	5.26	7.46	7.85	8.14	8.39	8.47
0.75	4.47	4.70	5.20	8.01	8.14	8.19	8.38	8.47
	4.34	4.49	5.41	7.74	7.94	8.15	8.37	8.37
เฉลี่ย					7.98	8.16	8.38	8.44
					0.09	0.02	0.01	0.03
	4.26	4.85	5.38	7.87	8.08	8.23	8.25	8.36
0.50	4.37	4.55	5.20	7.86	8.01	8.18	8.24	8.31
	4.36	5.05	5.15	7.69	7.76	7.77	7.86	7.96
เฉลี่ย					7.95	8.06	8.12	8.21
SE					0.10	0.15	0.13	0.13
	4.27	4.78	5.13	7.64	8.12	8.12	8.20	8.26
1.00	4.32	4.93	5.13	7.77	7.84	7.91	7.93	7.99
	4.36	4.98	5.20	7.71	7.86	7.93	7.96	8.02
เฉลี่ย	4.30	4.68	5.26	7.80	7.94	7.99	8.03	8.09
SE	0.03	0.08	0.03	0.05	0.09	0.07	0.09	0.09

***ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร** 0.75 mS/cm **เป็นเวลา** 2 **สัปดาห์ และ** 1.00 mS/cm (**สัปดาห์** 2-6) **และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น** 1.00, 0.75, 0.50 **และ** 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	1.10	1.21	1.34	1.47	1.49	1.52	1.55	1.58
1.00	1.13	1.23	1.29	1.43	1.46	1.52	1.54	1.60
	1.15	1.24	1.35	1.48	1.51	1.54	1.56	1.57
เฉลี่ย					1.49	1.53	1.55	1.58
SE					0.01	0.01	0.01	0.01
	1.10	1.23	1.25	1.46	1.47	1.51	1.51	1.54
0.75	1.16	1.28	1.33	1.47	1.47	1.51	1.51	1.54
	1.09	1.19	1.24	1.39	1.39	1.46	1.44	1.48
เฉลี่ย					1.44	1.49	1.49	1.52
					0.03	0.02	0.02	0.02
	1.09	1.26	1.30	1.49	1.49	1.55	1.54	1.58
0.50	1.14	1.31	1.34	1.46	1.48	1.49	1.51	1.53
	1.10	1.26	1.31	1.37	1.36	1.43	1.40	1.54
เฉลี่ย					1.44	1.49	1.48	1.55
SE					0.04	0.03	0.04	0.02
	1.08	1.21	1.35	1.41	1.42	1.44	1.44	1.46
1.00	1.10	1.19	1.29	1.39	1.40	1.46	1.46	1.48
	1.08	1.23	1.26	1.41	1.41	1.46	1.48	1.53
เฉลี่ย	1.11	1.24	1.30	1.44	1.41	1.45	1.46	1.49
SE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

***ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร** 0.75 mS/cm **เป็นเวลา** 2 **สัปดาห์ และ** 1.00 mS/cm **(สัปดาห์** 2-6) **และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น** 1.00, 0.75, 0.50 **และ** 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
(mS/cm)	0	2	4	6	7	8	9	10
	4.21	6.75	10.00	11.71	11.86	10.71	11.14	11.43
1.00	4.21	6.50	10.75	11.57	11.43	11.43	10.57	11.57
	4.14	5.50	9.75	11.29	11.43	11.00	11.43	12.00
เฉลี่ย					11.57	11.05	11.05	11.67
SE					0.14	0.21	0.25	0.17
	4.00	6.25	7.75	10.71	10.57	10.57	10.29	11.14
0.75	4.21	4.50	9.00	10.43	10.29	10.57	10.14	11.00
	4.43	5.75	10.25	11.29	11.29	10.29	11.14	11.71
เฉลี่ย					10.72	10.48	10.52	11.28
					0.30	0.09	0.31	0.22
	4.43	5.50	9.50	9.57	9.57	10.57	10.57	10.57
0.50	4.21	4.75	9.75	12.43	10.86	10.29	10.43	10.86
	4.07	5.00	9.00	10.00	10.00	10.71	10.14	10.86
เฉลี่ย					10.14	10.52	10.38	10.76
SE					0.38	0.12	0.13	0.10
	4.36	5.50	10.00	10.29	10.86	10.00	10.43	10.71
1.00	4.07	4.50	8.50	10.86	10.29	10.29	10.29	10.29
	4.21	5.50	9.25	10.00	10.29	10.14	10.14	10.14
เฉลี่ย	4.21	5.50	9.46	10.85	10.48	10.14	10.29	10.38
SE	0.04	0.21	0.24	0.24	0.19	0.08	0.08	0.17

*ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ 2-6) และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 น้ำหนักสดของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัสที่ได้รับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร mS/cm	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย
	0.74	9.94
1.00	0.70	10.98
	0.72	8.81
เฉลี่ย		9.91
SE		0.91
	0.77	8.36
0.75	0.71	10.32
	0.66	10.32
เฉลี่ย		9.67
SE		0.59
	0.60	7.60
0.50	0.74	8.36
	0.73	7.52
เฉลี่ย		7.84
SE		0.72
	0.72	5.78
0.30	0.71	5.30
	0.68	6.97
เฉลี่ย	0.71	6.02
SE	0.01	0.38

*ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.75 mS/cm เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ 1.00 mS/cm (สัปดาห์ 2-6) และ ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.30 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้