ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง 23149

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow techniques

Effects of Calcium on Growth Amazon martii (*Echinodorus martii*) in Deep flow techniques

T099382

โดย

นางสาววัชรินทร์ พลับเจริญสุข

มพ.
ว386ผ
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99382
วัน.เดือน.ปี 15 Jun 2008

b.1188339x
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow techniques

Effects of Calcium on Growth Amazon martii (*Echinodorus martii*) in Deep flow techniques

ชื่อนักศึกษา นางสาววัชรินทร์ พลับเจริญสุข

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 16 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow techniques

Effects of Calcium on Growth Amazon martii (*Echinodorus martii*) in Deep flow techniques

จากการศึกษาผลของธาตุแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) , 1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 4 ชุดการทดลอง 3 ซ้ำ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับแคลเซียมต่างๆ กัน มีผลต่อ ความยาวใบ ความสูง ความกว้างใบ จำนวนใบ และ ความหนาใบของอเมซอนมาร์ตี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 4.65 mM ให้ความยาวใบและความสูงมากที่สุด 13.03 ± 0.34 เซนติเมตรและ17.56 ± 0.66 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM จะให้ความกว้างใบมากที่สุด คือ 3.78 ± 0.10 เซนติเมตร ที่ระดับแคลเซียม 3.10 mM (ชุดควบคุม) ให้จำนวนใบมากที่สุด คือ 18.00 ± 0.51 ใบต่อต้น ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM และ 6.20 mM ให้ความหนาของใบมากที่สุด คือ 1.13 ± 0.00 มิลลิเมตร ส่วนน้ำหนักของอเมซอนมาร์ตี้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่ชุดควบคุม 3.10 mM ให้น้ำหนักมากที่สุด 25.36 ± 2.28 กรัมต่อต้น เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ปริมาณไนโตรเจน และ แคลเซียม มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของธาตุแคลเซียมอีดีทีเอต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนมาร์ตี้ พบว่าที่ระดับแคลเซียมต่างๆ กัน มีผลต่อ ความยาวใบ ความสูง และน้ำหนักซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนความกว้างใบ จำนวนใบ และความหนาใบของ อเมซอนมาร์ตี้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมที่สะสมในอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ส่วนโพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และปริมาณธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส ไม่มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้นั้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวทางการดำเนินการทดลอง และการแก้ปัญหาระหว่างการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ และ คุณนภพล เผ่ามนัส ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณมัลลิกา มิตรน้อย, คุณภวรรณตรี สมบุญโต และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือตลอดการทดลอง และขอบใจน้องๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจและคอยห่วงใยข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษาของข้าพเจ้า

นางสาววัชรินทร์ พลับเจริญสุข

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	V
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	14
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	15
2	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	16
3	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	17
4	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	19
5	ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	20
6	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	21
7	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	23
8	ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	25
9	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	26
10	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	28
11	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	29
12	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	30
13	ความหนาใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	32
15	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	34
16	ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	35

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	44
2	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	45
3	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	46
4	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	47
5	ความหนาใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน	48
6	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน	49
7	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชที่แคลเซียมคาร์บอเนตระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	51
9	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	52
10	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	53
11	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	54
12	ความหนาใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอระดับต่างๆ กัน	55
13	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอระดับต่างๆ กัน	56
14	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus martii*)	2
2	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	15
3	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	17
4	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	18
5	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	19
6	ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	20
7	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	21
8	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	24
9	ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	24
10	ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน	25
11	ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	27
12	ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	28
13	ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	30
15	ความหนาใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	31
16	น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	32
17	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	34
18	ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	35
19	ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอต่างๆ กัน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

พรรณไม้น้ำสกุล *Echinodorus* sp. มีชื่อไทยว่า อเมซอน จัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae เป็นพรรณไม้น้ำที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากในปัจจุบันมีการจัดตู้ปลาและพรรณไม้น้ำต่างๆ มากมาย และได้มีการนำเข้าพรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ มาใช้ประดับตกแต่งตู้ปลา นอกจากจะทำให้ตู้ปลาดูสวยงามยิ่งขึ้นแล้ว พรรณไม้น้ำยังมีประโยชน์แก่ปลาด้วย โดยพรรณไม้น้ำมีการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจน ซึ่งปลานำไปใช้ในการหายใจ และยังช่วยกำจัดของเสียที่ขับถ่ายจากตัวปลาโดยนำไปเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ เนื่องจากอเมซอนเป็นพืชครึ่งบกครึ่งน้ำทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งบนบกและใต้น้ำ ในการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบการปลูกแบบไร้ดินเป็นการปลูกพรรณไม้น้ำลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยรากของพรรณไม้น้ำสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง แต่ในการเจริญเติบโตของพืชนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง ธาตุอาหารพืชก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่สุดที่มนุษย์สามารถควบคุมได้

ธาตุแคลเซียมเป็นธาตุอาหารหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการต่างๆของพืช ได้แก่ เป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างเซลล์ ช่วยให้เซลล์พืชทำงานได้เป็นปกติ ซึ่งพืชจะดูดแคลเซียมในรูปของอิออนทางระบบรากส่งผ่านทางท่อส่งน้ำในปริมาณมากแล้วดูดทางท่อส่งอาหารปริมาณน้อยแล้วส่งขึ้นทุกส่วนของพืช นอกจากนี้ แคลเซียมยังเป็นส่วนสำคัญในการสร้างฮอร์โมนต่างๆ ของพืชให้เป็นไปตามปกติ

ในระบบการเลี้ยงแบบไฮโดรโปนิก ปัญหาการขาดแคลเซียมเป็นปัญหาที่พบอยู่ทั่วไป ปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้พืชที่เลี้ยงในระบบนี้เกิดปัญหาการขาดแคลเซียม เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ปริมาณของโลหะหนัก ปริมาณปุ๋ยที่เพิ่มเข้าไป ความเค็ม และปฏิกิริยาต่างๆ ในเซลล์ของพืช ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการดูดซึมของแคลเซียม ทำให้พืชไม่สามารถนำแคลเซียมมาใช้ได้ ทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับพรรณไม้น้ำเป็นอย่างมาก

ดังนั้นการศึกษาระดับของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ ที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตพรรณไม้น้ำ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาระดับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

2. ศึกษาระดับแคลเซียมอีดีทีเอที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของต้นอเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus martii*)

อเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus martii*) มีชื่อสามัญว่า Ruffled Amazon Sword พรรณไม้น้ำสกุลนี้จัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae แต่พันธุ์นี้ใบจะเป็นแถบยาว ปลายเรียวมน สีเขียวอ่อนจนดูเหมือนใส มองเห็นเส้นใบชัดเจน ขอบใบมีลักษณะเป็นคลื่น ความยาวใบประมาณ 20-40 เซนติเมตร ความกว้างใบ 2.5-7.5 เซนติเมตร ก้านใบสั้นมาก แตกจากเหง้าแผ่เป็นกอใหญ่ โตเต็มที่อาจสูงถึง 50 เซนติเมตร ซึ่งในธรรมชาติ อเมซอนส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพครึ่งบกครึ่งน้ำ หรืออยู่ในที่ชื้นแฉะ จะมีก้านช่อดอกยื่นยาวออกมาจากโคนต้น และมีดอกสีขาว การขยายพันธุ์จะใช้วิธีตัดต้นอ่อนบนก้านช่อดอกไปปลูกในแปลงดินปนทรายที่ชื้นแฉะ (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543) อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5-7.2 (Eu Tian Han, 2001)

ภาพที่ 1 อเมซอนมาร์ตี้ (*Echinodorus matii*)

ที่มา : http//www.tjorvar.is/.../images/Echinodorus_marjor.jpg (2007)

การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน

การปลูกพืชโดยปกติทั่วๆ ไป มักจะมีปัญหาเรื่องโรคและแมลงต่างๆ มากมาย ซึ่งปัญหาส่วนหนึ่งมาจากดินที่เราปลูก การปลูกพืชไม่ใช้ดิน (Hydroponics) ช่วยให้เราหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องโรคต่างๆ ทำให้ผลผลิตสูงมีคุณภาพ ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สามารถวางแผนการปลูกได้ กำหนดปริมาณการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมาย หรือความต้องการของตลาดได้ดีกว่า ที่สำคัญในขณะนี้คือสามารถขายได้ราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชไม่ใช้ดินอาจแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือการปลูกพืชให้ส่วนของรากแช่อยู่ในธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง หรือปลูกบนวัสดุอื่นที่ไม่ใช่ดินและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชหรือน้ำปุ๋ย วัสดุที่ใช้ปลูกพืชอาจเป็นสารอนินทรีย์ เช่น กรวด ทราย หิน ที่ได้จากธรรมชาติหรือมนุษย์ทำขึ้นมา เช่น เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite) ร็อกวูล (Rockwool) หรือสารอินทรีย์ เช่น พีท (Peat) มอส (Moss) ขี้เลื่อย เปลือกไม้ เปลือกมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว แกลบสดและถ่านแกลบ เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

1. ความต้องการธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ (Nutrient requirement) ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ ซึ่งแบ่งเป็น ธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) และธาตุอาหารรอง (Micronutrient)

1.1 ธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารหลักเป็นปริมาณมากในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ไนโตรเจนมีความสำคัญในการสร้างโปรตีนของพรรณไม้น้ำ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งให้ใบและลำต้นเจริญได้ดีทำให้ใบสวยงามและแข็งแรง ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

1.2 ธาตุอาหารรอง (Micronutrient) พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อย และขาดธาตุอาหารเหล่านี้ไม่ได้ ซึ่งได้แก่ คลอรีน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง โมลิบดินัม และโบรอน ธาตุอาหารรองที่สำคัญก็คือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้ามีการให้ธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำ (นงนุช, 2549) โดยปกติในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีธาตุอาหารรองชนิดต่างๆ ละลายน้ำอยู่ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพรรณไม้น้ำ

สารละลายธาตุอาหารในระบบการปลูกแบบไร้ดินที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำมีค่า EC เท่ากับ 0.5 – 1.5 mS/cm (นงนุช, 2549) ค่า EC (Electrical conductivity) ของสารละลายเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ซึ่งแสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

2. ปริมาณความเข้มแสง (Light intensity) แสงสว่าง มีความสำคัญ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารของพรรณไม้น้ำ พืชจะใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงที่บริเวณหรือส่วนที่มีสีเขียว โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นกลูโคสและออกซิเจน (อารักษ์, 2546) ซึ่งแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มีคุณภาพดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต แต่ยากต่อการควบคุมปริมาณแสงให้พอดีกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการของพรรณไม้น้ำแต่ละชนิด ถ้าปริมาณแสงมากเกินไปจะทำให้ตะไคร่น้ำเจริญเติบโตได้ดี ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วทำให้น้ำขุ่นเขียว พรรณไม้น้ำต่างชนิดกันมีความต้องการปริมาณแสงที่ต่างกัน ส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำต้องการความเข้มแสงประมาณ 3,000-7,500 ลักซ์ (นงนุช, 2549)

3. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 200 เท่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะได้จากการแพร่ผ่านจากชั้นบรรยากาศ ขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำ และได้จากการหายใจของพืชและสัตว์ ในช่วงที่มีแสงพรรณไม้น้ำจะนำแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการดูดซึมจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำเข้าเซลล์จะทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยอาศัยรงควัตถุสีเขียวในเซลล์หรือคลอโรฟิลล์ และแสงสว่างเพื่อผลิตกลูโคส ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ในขบวนการดังกล่าวให้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลพลอยได้

ในอากาศทั่วไปมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.03 % (สุมิตรา, 2544) ในบริเวณที่พืชขึ้นอยู่รวมกันหนาแน่น ช่วงเวลาที่มีการสังเคราะห์แสงของพืชมาก คาร์บอนไดออกไซด์ อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ แต่ในสภาพทั่วไปแล้วพืชมักไม่ขาดคาร์บอนไดออกไซด์

4. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เพื่อช่วยในการหายใจในตอนกลางคืน หรือขณะที่ไม่มีแสงสว่าง เมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง พรรณไม้น้ำที่อาศัยอยู่ใต้น้ำจะดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพรรณไม้น้ำที่มีใบเจริญอยู่เหนือน้ำจะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรงเพราะในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนเป็นองประกอบอยู่ถึง 20% (อารักษ์, 2546) ก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอาจได้จากบรรยากาศโดยตรง ได้จากขบวนการสังเคราะห์แสง หรือได้จากขบวนการทางเคมีอื่นๆ ในน้ำ โดยในแหล่งน้ำมีสารประกอบหรือแร่ธาตุบางชนิดทำปฏิกิริยาต่อกันแล้วให้ออกซิเจนในน้ำได้ แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่มีพรรณไม้น้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงเป็นสำคัญ ถ้าแหล่งน้ำนั้นๆ ได้รับแสงสว่างเพียงพอพรรณไม้น้ำจะใช้ออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงได้อย่างเพียงพอ ออกซิเจนควรจะมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร (วนาวรรณ, 2539 ; นงนุช , 2549)

5. อุณหภูมิ (Temperature) เป็นปัจจัยที่ควบคุมอัตราเร็วของขบวนการทางสรีรซึ่งพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดชอบอุณหภูมิที่แตกต่างกัน บางชนิดชอบอุณหภูมิต่ำบางชนิดชอบอุณหภูมิสูง บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกว้าง (Eurythermic plants) แต่บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แคบ (Stenothermic plants) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ และการเพิ่มจำนวนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณไม้น้ำที่ต่างกัน ในประเทศไทยอุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำหลายชนิด อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 28-30 องศาเซลเซียส (นงนุช, 2549)

6. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) พรรณไม้น้ำสามารถใช้ธาตุอาหารในน้ำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำหรือสูงเกินไป พรรณไม้น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 6.5-7.5 ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำเปลี่ยนแปลงโดยในเวลากลางคืน พรรณไม้น้ำไม่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงจึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง ส่วนในตอนกลางวันขณะมีแสงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะลดลงเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้น้ำค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเพิ่มขึ้น (วนาวรรณ, 2539)

7. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ หากรากของพรรณไม้น้ำไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพรรณไม้น้ำจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำหยุดชะงัก เซลล์ไม่เต่งตึงเท่าที่ควร (สุมิตรา, 2544) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ (นงนุช, 2549)

8. วัสดุปลูก (Growing media) หน้าที่ของวัสดุปลูกเป็นที่อยู่ของรากของพรรณไม้น้ำ สารละลายธาตุอาหารและอากาศ ช่วยส่งเสริมรากพืชให้เจริญเติบโต ตลอดจนเป็นที่เกาะยึดค้ำยันต้นพืช วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำคือ ทราย รองลงมาคือ ใยหิน และฟองน้ำ (นงนุช, 2549) ส่วน มณีรัตน์ และคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญของต้นดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) 4 ชนิด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปะการังขนาด 1-2 มิลลิเมตร เป็นวัสดุปลูกที่ทำให้ต้นดาวกระจายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กรวดขนาด 1-2 มิลลิเมตร ทรายหยาบขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร และกรวดขนาด 3-5 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ธาตุแคลเซียมในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน

การขาดธาตุแคลเซียมเป็นปัญหาที่พบบ่อยในพืชที่เลี้ยงในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (Klougart, 1980) อาการขาดแคลเซียมมักเกิดจากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอในพืช แต่ไม่ได้หมายความว่าแคลเซียมในสารละลายไม่เพียงพอ แต่เป็นปัญหาอัตราการดูดใช้แคลเซียมของพืชไม่เพียงพอ กล่าวคือ ในสารละลายถึงแม้จะมีปริมาณแคลเซียมในปริมาณมากพอเพียงกับความต้องการของพืชแต่มีปัญหาอัตราการดูดใช้แคลเซียมไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเป็นปัญหาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม หรือความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสารละลายไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอัตราส่วนของแคลเซียมกับไอออนบวก ตัวอื่นๆ เช่น NH_4^+ , K^+ , Mg^{++} (อิทธิสุนทร, 2544)

1. หน้าที่ของแคลซียม

แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการต่างๆ ของพืช ทำให้โครงสร้างเซลล์และการทำงานของเมมเบรนของพืชสมบูรณ์ ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์คงรูป ควบคุมการขนส่งและแลกเปลี่ยนไอออน (Rengel, 1992 ; Marschner, 1995) และยังเป็นส่วนสำคัญในการสร้างฮอร์โมนต่างๆ ของพืชให้เป็นไปตามปกติ นอกจากนี้แคลเซียมยังมีส่วนช่วยในการควบคุมความรุนแรงของความเค็มโดยเฉพาะในพืชที่มีความรู้สึกไวต่อโซเดียมและคลอไรด์ (Mass, 1993; Grattan and Grieve, 1999) นอกจากนี้แคลซียมยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ คือ ส่วนของ calcium pectate ทำหน้าที่คล้ายกาวเชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกันซึ่งทำให้เซลล์มีความแข็งแรง ดังนั้นเป็นตัวทำให้ผลและใบแข็ง (อิทธิสุนทร, 2544) แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการแบ่งเซลล์และการยืดของเซลล์ (โสระยา, 2546) เป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอนไซม์หลายชนิดทำงาน (อารักษ์, 2546 ; สุมิตรา, 2544)

2. การดูดใช้แคลเซียมของพืช

แคลเซียมเมื่อถูกดูดเข้าไปในต้นพืช ส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่อยู่ใน Xylem แบบ Passive transport ไปตามกระแสการไหลเวียนของสารละลายใน Xylem สู่ส่วนยอดของต้นพืช ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชซึ่งจะมีผลให้การเคลื่อนที่ของสารละลายใน Xylem ช้าลง จะมีผลต่อการดูดใช้แคลเซียมของพืชด้วย (อิทธิสุนทร, 2544) ในเวลากลางคืนเมื่อมีการคายน้ำเกิดขึ้นน้อย พบว่า แคลเซียมถูกลำเลียงขึ้นโดยแรงดันราก การลำเลียงในท่ออาหารเกิดขึ้นได้น้อย และมีการสะสมของแคลซียมในเซลล์บริเวณรอบๆ ท่ออาหาร (โสระยา, 2546) อัตราการดูดธาตุแคลเซียมจะช้ากว่าโพแทสเซียม แต่ค่อนข้างจะคงที่ตลอดช่วงวงจรชีวิตพืช การดูดใช้แคลเซียมจะขึ้นกับอิออนตัวอื่นในสารละลายโดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรตจะทำให้การดูดใช้แคลเซียมสูงขึ้น (อารักษ์, 2546)

3. อาการขาดแคลเซียม

เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ กล่าวคือ เมื่อพืชใช้แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของส่วนต่างๆ ในพืช เมื่อปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แคลเซียมในส่วนต่างๆ ของพืชไม่สามารถเคลื่อนที่จากส่วนต่างๆ เหล่านั้นไปยังส่วนเจริญอื่นๆ ได้ เช่น ที่ใบอ่อน หรือส่วนยอด ดังนั้นอาการขาดจะแสดงที่ส่วนยอดเจริญของต้นและราก โดยอาการที่แสดงให้เห็น คือ มีการเจริญผิดปกติของใบอ่อน ใบอ่อนจะโค้งงอลง ใบอาจแสดงขอบใบเป็นสีเหลือง และเมื่อขาดนานเข้าจะแสดงอาการไหม้เป็นสีน้ำตาลถึงดำ (อิทธิสุนทร, 2544) อาการที่เกิดขึ้นที่ใบอ่อนจะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการคือ ใบจะบิดเบี้ยว ม้วนงอ ใบไม่สามารถคลี่ได้เต็มที่ (สุมิตรา, 2544) ในพืชที่เลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิก จะแสดงอาการของการขาดแคลเซียม เช่น ใบมีสีซีด (Van der Boon, 1974), พืชไม่ติดดอก (Klougart, 1980) และใบไม่แข็งแรง (Algera, 1968; Hoogerterp, 1979; Igarashi et al., 1981 and Klougart, 1980) อย่างอาการของทิวลิปที่ขาดแคลเซียม คือ ใบที่อยู่ใต้ดอกไม่แข็งแรงไม่สามารถประคองดอกไว้ได้ทำให้ดอกล้ม ใบมีสีซีด นอกจากนี้ยังทำให้ตาดอกที่งอกมาเน่า ทำให้ทิวลิปไม่ติดดอก (Igarashi et al., 1981; Klougart, 1980; Penningsfeld and Kalthoff, 1975; Van der Boon, 1974) ในพืชชนิดอื่นๆ ก็จะแสดงอาการต่างๆ กัน เช่น ขอบใบไหม้ ในมะเขือเทศจะแสดงอาการก้นเน่า เป็นต้น

ผลของธาตุแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

Nelson and Niedziela (1998) ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบที่ระดับของแคลเซียมที่จำเป็นและการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารอื่นๆ โดยทำการทดลองในทิวลิป Jingle Bell โดยนำหัวของทิวลิป มาเลี้ยงในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C ในตอนกลางคืน และ 24°C ในตอนกลางวัน ให้แสง 08.00-17.00 น. ทำการทดลองทั้งหมด 10 ชุดการทดลอง สารละลายธาตุอาหารจะนำมาทดแทนหลังจาก 7 และ 14 วัน พบว่า พืชที่เจริญเติบโตในสารละลาย 0.125 mM ของ $Ca(NO_3)_2$ มีอาการของการขาดแคลเซียม คือ ใบจะเปลี่ยนเป็นสีอ่อนกว่าปกติและในที่สุดก็เป็นโรคเรื้อรัง ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของพืชในชุดการทดลองที่ 1 เกิดอาการลำต้นและใบไม่แข็งแรง ส่วนในชุดการทดลองที่ 2-10 ไม่ปรากฏอาการนี้ มีอาการที่ทิวลิปไม่ติดดอกเกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ 2 อาการนี้สามารถเกิดได้เนื่องจากการขาดแคลเซียมและปัจจัยอื่นๆ และระดับอาการไม่ติดดอกของทิวลิปในชุดการทดลองที่ 2 นี้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองอื่นๆ ที่มีอาการนี้เกิดขึ้น น้ำหนักแห้งของยอดทิวลิปไม่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย = 3.42 กรัม/ยอด) ผลที่ได้นี้ทำให้ทราบว่า 2.5 mM ของแคลเซียมเพียงพอที่จะป้องกันอาการขาดแคลเซียมได้ในระหว่างการเลี้ยง การเพิ่ม BO_3^{3-}, K^+, $H_2PO_4^-$ และ สารละลายธาตุอาหารพืชสมบูรณ์ ไม่มีผลแต่อย่างใด

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในยอดของทิวลิปที่ได้รับ 0.125 mM ของแคลเซียม คือ 1.30 มิลลิกรัม/ยอด ปริมาณแคลเซียมที่สะสมสูงสุดคือ 7.64 มิลลิกรัม/ยอด ในทิวลิปที่ได้รับ 2.5 mM ของแคลเซียมตลอดการเลี้ยง ปริมาณแคลเซียมไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นที่ 5 และ 10 mM ขณะที่การใช้ 5 mM ของแคลเซียมก่อนและหลัง 10 วัน เพียงพอในการป้องกันการขาดแคลเซียมได้ซึ่งพืชมีระดับของแคลเซียมประมาณครึ่งหนึ่งของระดับที่ได้จากการใช้อย่างต่อเนื่อง และที่ 5 mM $Ca(NO_3)_2$ ที่อยู่ใน Hoagland's solution ในชุดการทดลองที่ 7 ปริมาณของแคลเซียมที่มีอยู่ในยอดต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งใช้เพียง 5 mM $Ca(NO_3)_2$ อย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antosiewicz (2004) ได้ทำการศึกษาระดับของแคลเซียม โดยทำการทดลองใน ข้าวโพด , ข้าวไรน์, มะเขือเทศและมัสตาร์ด โดยจะนำเมล็ดของพืชมาเพาะใน full Knop's medium (Rychter and Mikulska , 1990) เมื่อต้นอ่อนมีความยาวราก 1.0-2.5 เซนติเมตร จึงนำมาทดลอง โดยทำการเพาะเลี้ยงในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน โดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชดัดแปลงของ Knop ควบคุมอุณหภูมิที่ 24° C ในตอนกลางวันและ 19°C ในตอนกลางคืน ให้แสง 16 ชั่วโมงในการทดลอง จะทำการเสริมธาตุแคลเซียมเข้าไปในสารละลายธาตุอาหารพืชดัดแปลงของ Knop ที่ระดับความเข้มข้น 3.0 , 2.4 ,1.2 และ 0.3 mM ของ $Ca(NO_3)_2$ ผลที่ได้พบว่า การเสริมธาตุแคลเซียมเข้าไป ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ยกเว้นในระดับที่ต่ำสุด คือ 0.3 mM ความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของรากใน มะเขือเทศ ข้าวโพด และข้าวไรน์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Nelson et al., (2003) ได้ทำการทดลองในทิวลิป *Tulipa gesneriana* (Abra , Chrismas Marvel , Jingle Bell , Golden Melody , Oscar) ที่เลี้ยงในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 2 ระดับ คือ 42% และ 82% และระดับของ $Ca(NO_3)_2$ 5 ระดับ คือ 0 , 2.5 , 5 , 10 และ 20 mM ทำการทดลองในห้องที่อุณหภูมิคงที่ 19° C ให้แสง 14 ชั่วโมง พบว่าการดูดซึมและการสะสมของแคลเซียมที่ 82% RH น้อยกว่าที่ 42% RH อย่างไรก็ตามสารละลาย $Ca(NO_3)_2$ 2.5 mM สามารถป้องกันอาการขาดแคลเซียมในพืชที่ทดลองทั้งหมดยกเว้น Abra การดูดซึมแคลเซียมและการคายน้ำลดต่ำลงเมื่ออยู่ในน้ำกลั่น (ความเข้มข้นของแคลเซียม 0 mM) และที่ 20 mM $Ca(NO_3)_2$ เมื่อเทียบกับ $Ca(NO_3)_2$ ใน ชุดการทดลอง อื่นๆ

Antosiewicz (2004) ได้ทำการศึกษาระดับของแคลเซียมในการลดการสะสมของโลหะหนัก โดยทำการทดลองใน ข้าวโพด, ข้าวไรน์, มะเขือเทศและมัสตาร์ด โดยจะนำเมล็ดของพืชมาเพาะใน full Knop's medium (Rychter and Mikulska , 1990) เมื่อต้นอ่อนมีความยาวราก 1.0-2.5 เซนติเมตร จึงนำมาทดลอง โดยทำการเพาะเลี้ยงในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน โดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชดัดแปลงของ Knop ควบคุมอุณหภูมิที่ 24° C ในตอนกลางวันและ 19°C ในตอนกลางคืน ให้แสง 16 ชั่วโมงในการทดลองและทำการเพิ่มตะกั่วในรูปของ lead nitrate ที่ระดับความเข้มข้น 5,10 และ 20 mg dm^{-3} ที่ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 3.0, 2.4, 1.2 และ 0.3 mM $Ca(NO_3)_2$ เมื่อทำการทดลองครบ 7 วัน จะทำการวัดการเจริญเติบโตของรากและความเข้มข้นของแคลเซียมในรากและในยอดของพืชพบว่าการสะสมของแคลเซียมในรากและยอดที่ระดับแคลเซียม 0.3 mM มีความเข้มข้นของแคลเซียมในระดับต่ำทั้งในมะเขือเทศและมัสตาร์ด โดยไม่คำนึงถึงปริมาณตะกั่ว ในมัสตาร์ดที่ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่สูงสุดและต่ำสุด การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสมของแคลเซียมในรากลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เพราะที่ 2.4 และ 1.2 mM ไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งตรงข้ามกับผลที่ได้ในยอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พรรณไม้น้ำ จำนวน 204 ต้น
2. ปุ๋ยสูตร Lettuce NFT (Belgium)
3. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_2$)
4. แคลเซียม EDTA (Chelate calcium)
5. ถังพลาสติกขนาด จำนวน 12 ใบ
6. ปั๊มลม จำนวน 12 ตัว
7. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง
8. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
9. กรดไนตริก (HNO_3) สำหรับปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
10. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

วิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 3.1 (กลุ่มควบคุม), 1.55, 4.65 และ 6.2 mM เสริมลงในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลอง 1 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 3.1 mM (กลุ่มควบคุม)

ชุดการทดลอง 2 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 1.55 mM

ชุดการทดลอง 3 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 4.65 mM

ชุดการทดลอง 4 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 6.2 mM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ศึกษาระดับแคลเซียม EDTA ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 3.1 (กลุ่มควบคุม), 1.55, 4.65 และ 6.2 mM เสริมลงในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลอง 1 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 3.1 mM (กลุ่มควบคุม)

ชุดการทดลอง 2 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 1.55 mM

ชุดการทดลอง 3 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 4.65 mM

ชุดการทดลอง 4 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชระดับแคลเซียม 6.2 mM

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

1. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช แบ่งสารละลายเป็น 2 ถัง ได้แก่

ถังที่ 1 ใช้ $Ca(NO_3)\ 2.4H_2O$ 793 กรัม และ Fe-EDTA 68 กรัม ละลายน้ำ 10 ลิตร โดยละลายทีละตัว เมื่อละลายหมดแล้ว เติมกรดไนตริก เพื่อปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3-6 ส่วนถังที่ 2 ใช้ KNO_3 1,534 กรัม, $NH_4H_2PO_4$ 278 กรัม, KH_2PO_4 28 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 373 กรัม, $ZnSO_4.7H_2O$ 2,378 กรัม, $CuSO_4.5H_2O$ 0.406 กรัม, $MnSO_4.H_2O$ 3.54 กรัม H_3BO_3 3.812 กรัม และ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 0.171 กรัม ละลายในน้ำ 10 ลิตร โดยละลายทีละตัว เติมกรดไนตริก ปรับ pH ไม่ให้ต่ำกว่า 6

2. การเตรียมน้ำ

2.1 ในการทดลอง 5 สัปดาห์แรก เตรียมน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชในระดับที่เท่ากัน คือ ที่ EC เท่ากับ 0.7 mS/cm จำนวน 12 ถัง

2.2 เติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 62 ppm ต่อถัง

2.3 เมื่อครบ 5 สัปดาห์ทำการเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของสารละใหม่โดยปรับค่า EC เป็น 1.0 mS/cm และเพิ่มลดระดับแคลเซียมตามชุดการทดลอง เป็นเวลา 3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การปลูกพรรณไม้น้ำ

3.1 นำพรรณไม้น้ำมาชำไว้ก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 อาทิตย์ โดยชำในถ้วยปลูกใช้เพอร์ไลท์ เป็นวัสดุปลูก

3.2 นำพรรณไม้นำมาปลูกในรางปลูกที่เตรียมไว้ทั้งหมด 12 ราง รางละ 17 ต้น

3.3 วัดความยาวใบ ความกว้าง ความสูง และนับจำนวนใบจำนวน 5 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ทุก 2 สัปดาห์

3.4 วัดความหนาของใบ สัปดาห์ที่ 6 และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.5 วัดค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปรับให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5-7.0 โดยใช้กรดไนตริก

3.6 เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักของพรรณไม้น้ำ บันทึกข้อมูล

4. การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในพรรณไม้น้ำ

4.1 นำพรรณไม้น้ำมาหาน้ำหนักแห้ง โดยชั่งน้ำหนักกระดาษฟอยล์ และชั่งน้ำหนักกระดาษฟอยล์รวมกับพรรณไม้น้ำในแต่ละซ้ำการทดลอง

4.2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงรอให้เย็นโดยเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและอบต่ออีก 1 ชั่วโมง รอให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

4.3 นำพรรณไม้น้ำที่อบแห้งไปวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช ตามวิธีของเคลดาลและปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สะสมในพืช

การทดลองที่ 2 ศึกษาระดับแคลเซียม EDTA ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

เตรียมการทดลองเหมือนการทดลองที่ 1 โดยเติมแคลเซียม EDTA แทนแคลเซียมคาร์บอเนต

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึก ความยาวใบ ความกว้างใบ ความสูง และจำนวนใบ ทุก 2 สัปดาห์
2. บันทึก ความหนาของใบ ก่อนและหลังเติมแคลเซียมระดับต่างๆ
3. บันทึก ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ทุก 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความยาวใบ ความกว้าง ความสูง จำนวนใบและความหนาของใบที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สะสมใน พรรณไม้น้ำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window version 10.0

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนกันยายน 2549 ถึง เดือนมีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

จากการทดลองระดับของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) , 1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับแคลเซียมต่างๆ กัน มีผลต่อ ความยาวใบ ความสูง ความกว้างใบ จำนวนใบ ความหนา และน้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ความยาวใบของอเมซอนมาร์ตี้

ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2)

ในสัปดาห์ที่ 4 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 4.65 mM (7.38 ± 0.48) มีความยาวใบมากกว่า ชุดควบคุม (5.98 ± 0.44) แต่ชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ปลูกที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (6.72 ± 0.21) และ 6.20 mM (6.63 ± 0.48) ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

ในสัปดาห์ที่ 6 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 6.20 mM (9.68 ± 0.16) , 4.65 mM (9.20 ± 0.26) และ ชุดควบคุม 3.10 mM (9.12 ± 0.22) มีความยาวใบมากกว่าชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (8.41 ± 0.18) ($P<0.05$) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

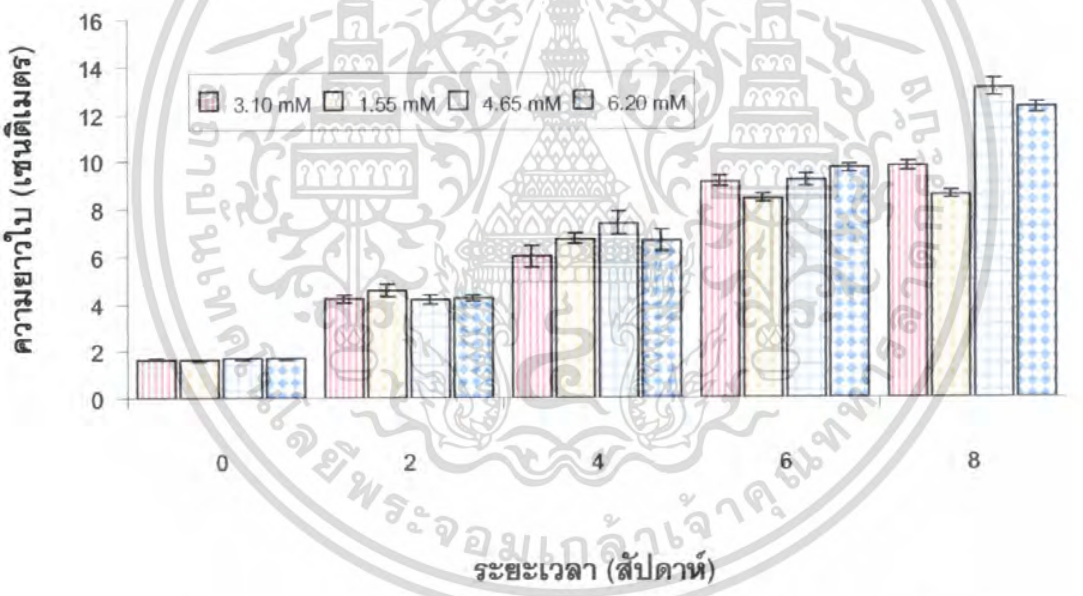
ในสัปดาห์ที่ 8 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 4.65 mM (13.03 ± 0.34) ให้ความยาวใบมากกว่า ชุดควบคุม 3.10 mM (9.74 ± 0.21) และชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (8.55 ± 0.18) และ 6.20 mM (12.20 ± 0.22) แต่ชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 6.20 mM (12.20 ± 0.22) ไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ปลูกในระดับแคลเซียม 4.65 mM (13.03 ± 0.34) ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	1.65 ± 0.04^{a}	4.20 ± 0.15^{a}	5.98 ± 0.44^{a}	9.12 ± 0.22^{b}	9.74 ± 0.21^{b}
1.55	1.60 ± 0.02^{a}	4.57 ± 0.25^{a}	6.72 ± 0.21^{ab}	8.41 ± 0.18^{a}	8.55 ± 0.18^{a}
4.65	1.67 ± 0.02^{a}	4.14 ± 0.19^{a}	7.38 ± 0.48^{b}	9.20 ± 0.26^{b}	13.03 ± 0.34^{c}
6.20	1.66 ± 0.01^{a}	4.24 ± 0.13^{a}	6.63 ± 0.48^{ab}	9.68 ± 0.16^{b}	12.20 ± 0.22^{c}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ความสูงของอเมซอนมาร์ตี้

ความสูงของอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3)

ในสัปดาห์ที่ 6 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 6.20 mM (12.09 ± 0.40) , 4.65 mM (11.69 ± 0.60) และชุดควบคุม 3 mM (11.53 ± 0.44) ให้ความสูงมากกว่า ชุดที่ปลูกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับแคลเซียม 1.55 mM (10.49 ± 0.17) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ในสัปดาห์ที่ 8 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียม 4.65 mM (17.56 ± 0.66) และที่ปลูกในระดับแคลเซียม 6.20 mM (16.97 ± 0.56) ให้ความสูงมากกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (14.47 ± 0.31) และ ชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (11.87 ± 0.10) ให้ความสูงน้อยกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (14.47 ± 0.31) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆ (P<0.05) (ตารางที่ 2)

ความกว้างใบของอเมซอนมาร์ตี้

ความกว้างใบของอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันให้ความกว้างใบแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 8 คือ ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM (3.78 ± 0.10) ให้ความกว้างใบมากกว่า ชุดควบคุม 3.10 mM (3.37 ± 0.08) , 4.65 mM (3.24 ± 0.07) และ 1.55 mM (3.01 ± 0.13) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4)

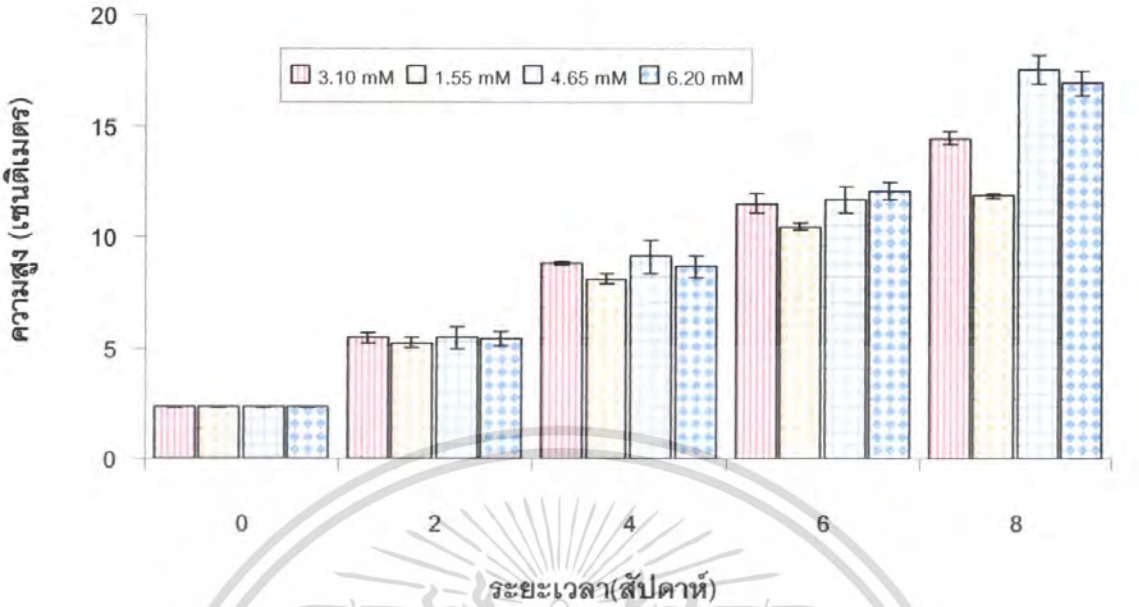
ตารางที่ 2 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	2.33 ± 0.01^{a}	5.48 ± 0.23^{a}	8.81 ± 0.05^{a}	11.53 ± 0.44^{ab}	14.47 ± 0.31^{b}
1.55	2.33 ± 0.01^{a}	5.25 ± 0.21^{a}	8.13 ± 0.21^{a}	10.49 ± 0.17^{a}	11.87 ± 0.10^{a}
4.65	2.33 ± 0.01^{a}	5.46 ± 0.49^{a}	9.13 ± 0.76^{a}	11.69 ± 0.60^{ab}	17.56 ± 0.66^{c}
6.20	2.33 ± 0.01^{a}	5.44 ± 0.34^{a}	8.69 ± 0.49^{a}	12.09 ± 0.40^{b}	16.97 ± 0.56^{c}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง



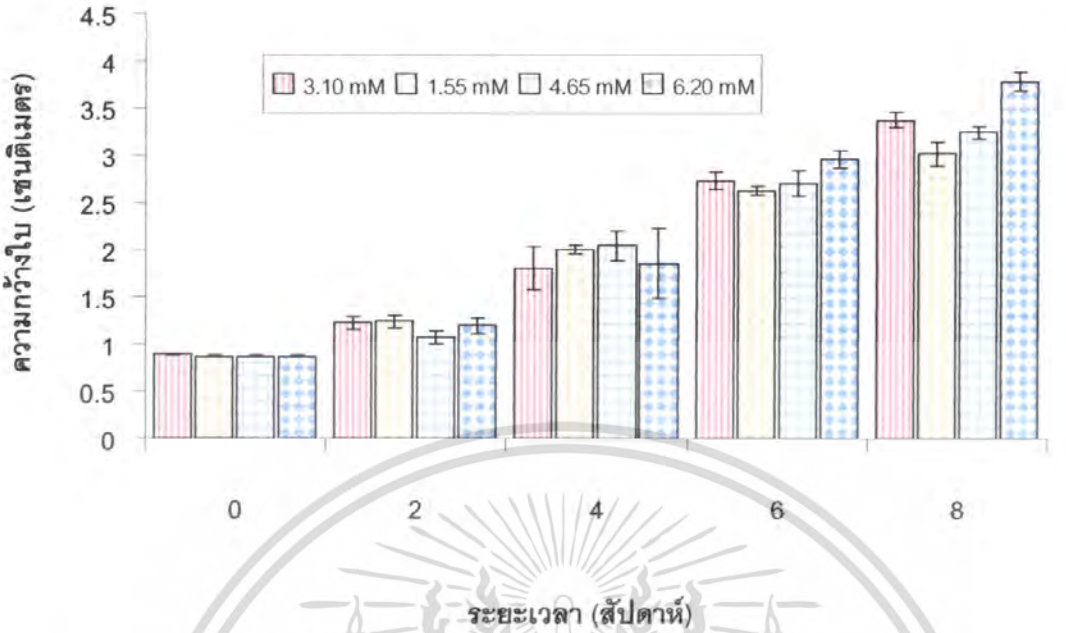
ภาพที่ 3 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ตารางที่ 3 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	0.89 ± 0.01^{a}	1.22 ± 0.07^{a}	1.80 ± 0.23^{a}	2.73 ± 0.09^{a}	3.37 ± 0.08^{b}
1.55	0.87 ± 0.01^{a}	1.24 ± 0.07^{a}	2.00 ± 0.04^{a}	2.62 ± 0.05^{a}	3.01 ± 0.13^{a}
4.65	0.87 ± 0.01^{a}	1.07± 0.07^{a}	2.04 ± 0.16^{a}	2.70 ± 0.14^{a}	3.24 ± 0.07^{ab}
6.20	0.87 ± 0.01^{a}	1.19 ± 0.09^{a}	1.85 ± 0.37^{a}	2.96 ± 0.09^{a}	3.78 ± 0.10^{c}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

39382
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

จำนวนใบของอเมซอนมาร์ตี้

จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 5)

ในสัปดาห์ที่ 4 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมชุดควบคุม 3.10 mM (12.40 ± 0.51) ให้จำนวนใบมากกว่าชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (11.13 ± 0.36) , 4.65 mM (11.47 ± 0.57) และ 6.20 mM (10.93 ± 0.28) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) (ตารางที่ 4)

ในสัปดาห์ที่ 6 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมชุดควบคุม 3.10 mM (15.47 ± 0.52) ให้จำนวนใบมากกว่าชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (13.47 ± 0.36) , 4.65 mM (13.80 ± 0.52) และ 6.20 mM (13.47 ± 0.40) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) (ตารางที่ 4)

ในสัปดาห์ที่ 8 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมชุดควบคุม 3.10 mM (18.00 ± 0.5) ให้จำนวนใบมากกว่าชุดที่ปลูกในระดับแคลเซียม 1.55 mM (15.80 ± 0.33) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และมากกว่าที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM (17.13 ± 0.59)

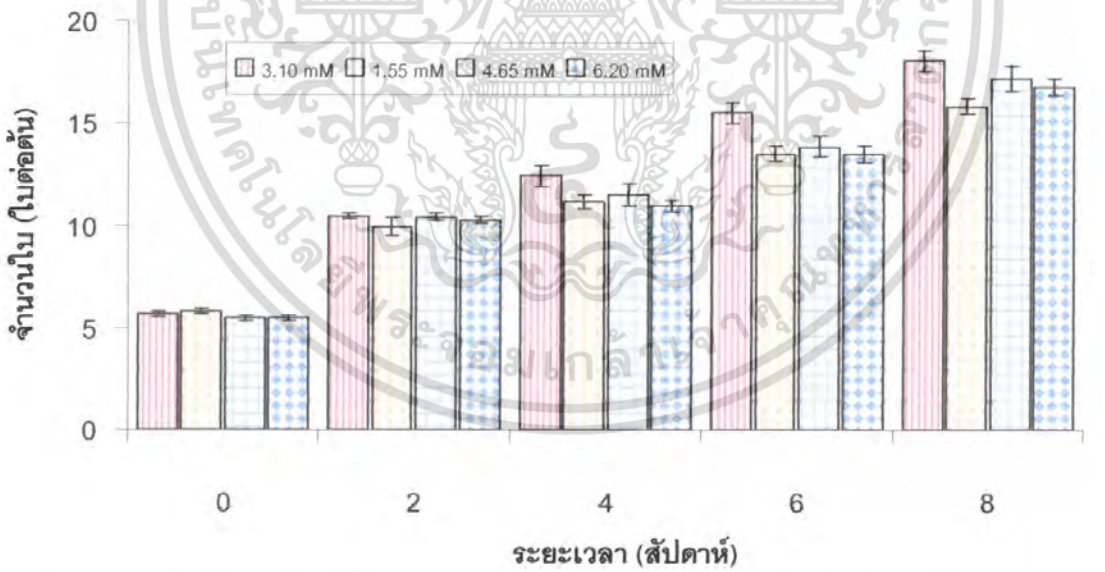
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 6.20 mM (16.73 ± 0.42) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	5.67 ± 0.13^{a}	10.47 ± 0.13^{a}	12.40 ± 0.51^{b}	15.47 ± 0.52^{b}	18.00 ± 0.51^{b}
1.55	5.80 ± 0.11^{a}	9.93 ± 0.43^{a}	11.13 ± 0.36^{ab}	13.47 ± 0.36^{a}	15.80 ± 0.38^{a}
4.65	5.47 ± 0.13^{a}	10.40 ± 0.16^{a}	11.47 ± 0.57^{ab}	13.80 ± 0.52^{a}	17.13 ± 0.59^{ab}
6.20	5.47 ± 0.13^{a}	10.27 ± 0.15^{a}	10.93 ± 0.28^{a}	13.47 ± 0.40^{a}	16.73 ± 0.42^{ab}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 5 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ความหนาใบของอเมซอนมาร์ตี้

ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 4.65 และ 6.20 mM ให้ความหนาของใบมากที่สุด

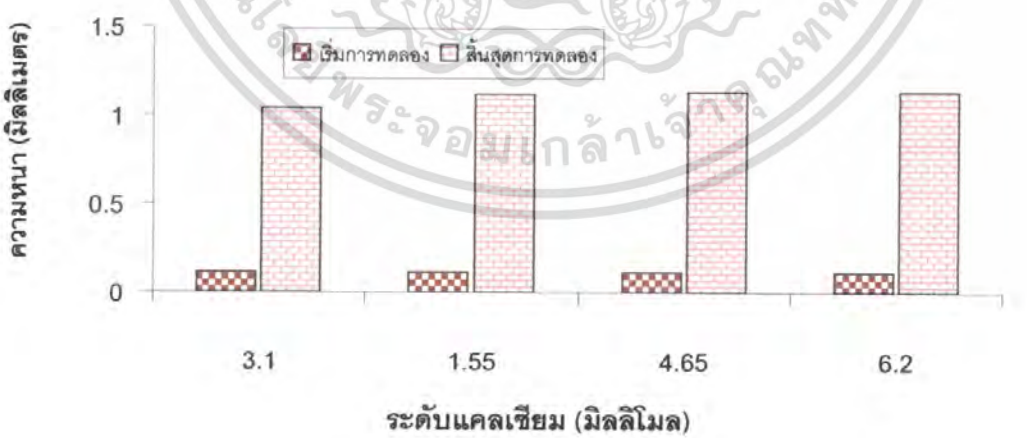
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.13 ± 0.00) และ (1.13 ± 0.00) ตามลำดับ รองลงมาคือ ชุดควบคุม 3.10 mM (0.12 ± 0.00) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM พบว่าให้ความหนาของใบน้อยที่สุด (1.11 ± 0.00) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 6)

ตารางที่ 5 ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ดี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม(mM)	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 (ชุดควบคุม)	0.11 ± 0.00[a]	1.12 ± 0.00[b]
1.55	0.11 ± 0.00[a]	1.11 ± 0.00[a]
4.65	0.11 ± 0.00[a]	1.13 ± 0.00[b]
6.20	0.11 ± 0.00[a]	1.13 ± 0.00[b]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 6 ความหนาของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ดี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

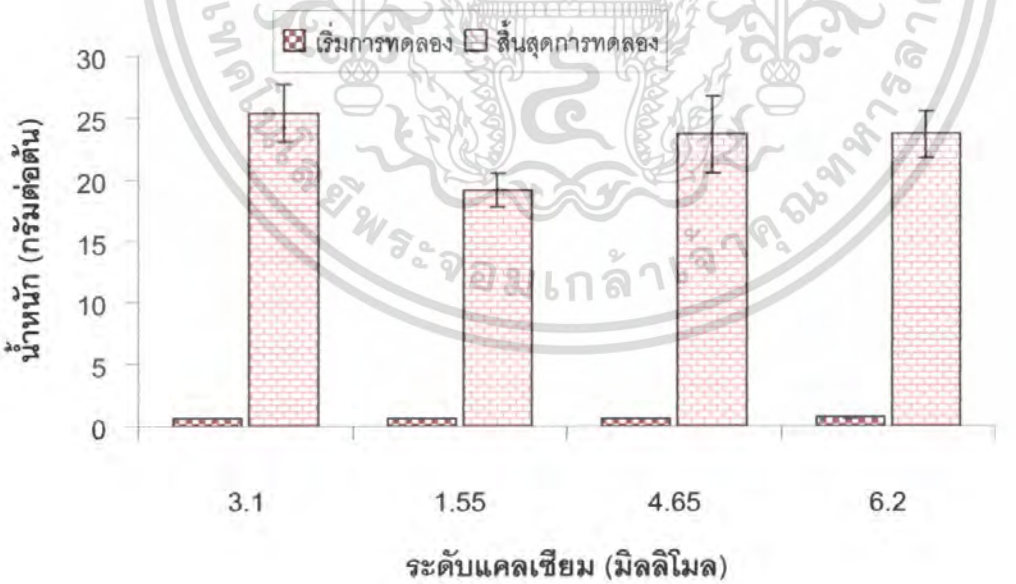
น้ำหนักของอเมซอนมาร์ตี้

น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ชุดควบคุม 3.10 mM ให้น้ำหนักมากที่สุด (25.36 ± 2.28) รองลงมาคือ ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM (23.60 ± 3.11) , 6.20 mM (23.59 ± 1.90) และ 1.55 mM (19.09 ± 1.30) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 7)

ตารางที่ 6 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 (ชุดควบคุม)	0.65 ± 0.01[a]	25.36 ± 2.28[a]
1.55	0.65 ± 0.01[a]	19.09 ± 1.30[a]
4.65	0.64 ± 0.01[a]	23.60 ± 3.11[a]
6.20	0.68 ± 0.01[a]	23.59 ± 1.90[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 7 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่าง ๆ กัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) ,1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ได้แก่ ไนโตรเจน และ แคลเซียม ส่วน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7)

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 3.10 mM (ชุดควบคุม) และ ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM มีปริมาณไนโตรเจนสะสมมากที่สุด (2.80 ± 0.000) รองลงมาคือที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM (2.70 ± 0.033) และ 6.20 mM (2.66 ± 0.067) ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM มีการสะสมของฟอสฟอรัสมากที่สุด (21.23 ± 0.941) รองลงมาคือที่ระดับ 4.65 mM (20.63 ± 2.234) , 3.10 mM (ชุดควบคุม) (20.54 ± 1.428) และ ที่ระดับ 6.20 mM (18.80 ± 0.967) ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM มีการสะสมของโพแทสเซียมมากที่สุด (4.56 ± 0.095) รองลงมาคือที่ระดับ 3.10 mM (ชุดควบคุม) (4.27 ± 0.346) , 6.20 mM (4.25 ± 0.233) และ 4.65 mM (4.07 ± 0.307) ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8)

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM มีการสะสมแคลเซียมมากที่สุด (0.72 ± 0.114) รองลงมาคือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) (0.47 ± 0.054) , 1.55 mM (0.44 ± 0.081) และ 4.65 mM (0.43 ± 0.055) ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM มีการสะสมของแมกนีเซียมมากที่สุด (0.33 ± 0.038), (0.33 ± 0.015) และ (0.33 ± 0.030) ตามลำดับ ส่วนที่ระดับแคลเซียม 3.10 mM (ชุดควบคุม) มีการสะสมของแมกนีเซียมน้อยที่สุด (0.29 ± 0.017) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 8)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM มีการสะสมของเหล็กมากที่สุด (81.25 ± 19.843) รองลงมาคือ ที่ระดับ 1.55 mM (72.08 ± 2.205) , 6.20 mM (62.50 ± 14.434) และ 3.10 mM (ชุดควบคุม) (52.92 ± 12.276) ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10)

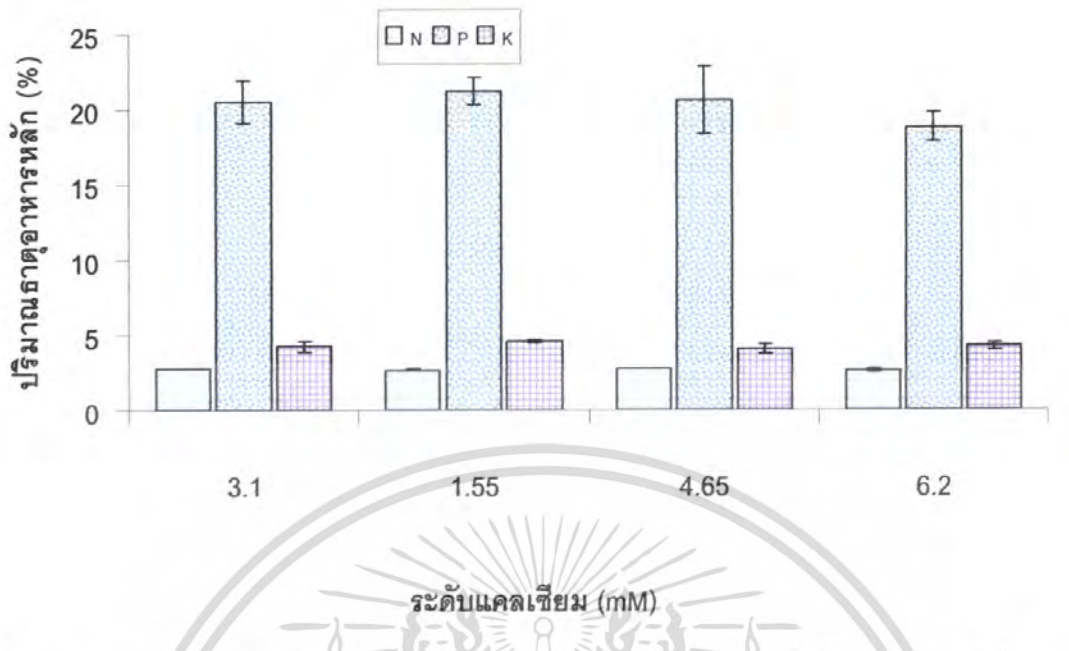
ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM มีการสะสมของแมงกานีสมากที่สุด (36.25 ± 17.515) รองลงมาคือ ที่ระดับ 6.20 mM (29.17 ± 5.465) , 4.65 mM (22.08 ± 0.417) และ ที่ระดับ 3.10 mM (ชุดควบคุม) (19.58 ± 0.417) ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

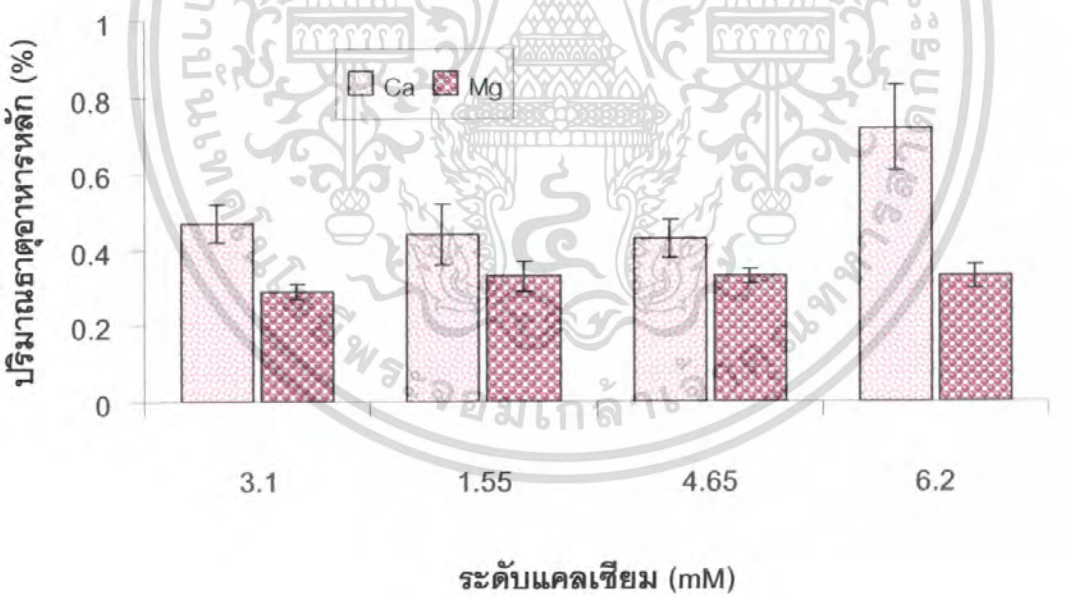
ธาตุอาหารหลัก (%)	ระดับแคลเซียม (mM)			
	3.10	1.55	4.65	6.20
ไนโตรเจน	2.80 ± 0.000^{b}	2.70 ± 0.033^{ab}	2.80 ± 0.000^{b}	2.66 ± 0.067^{a}
ฟอสฟอรัส	20.54 ± 1.428^{a}	21.23 ± 0.941^{a}	20.63 ± 2.234^{a}	18.80 ± 0.967^{a}
โพแทสเซียม	4.27 ± 0.346^{a}	4.56 ± 0.095^{a}	4.07 ± 0.307^{a}	4.25 ± 0.233^{a}
แคลเซียม	0.47 ± 0.054^{ab}	0.44 ± 0.081^{a}	0.43 ± 0.055^{a}	0.72 ± 0.114^{b}
แมกนีเซียม	0.29 ± 0.017^{a}	0.33 ± 0.038^{a}	0.33 ± 0.015^{a}	0.33 ± 0.030^{a}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน



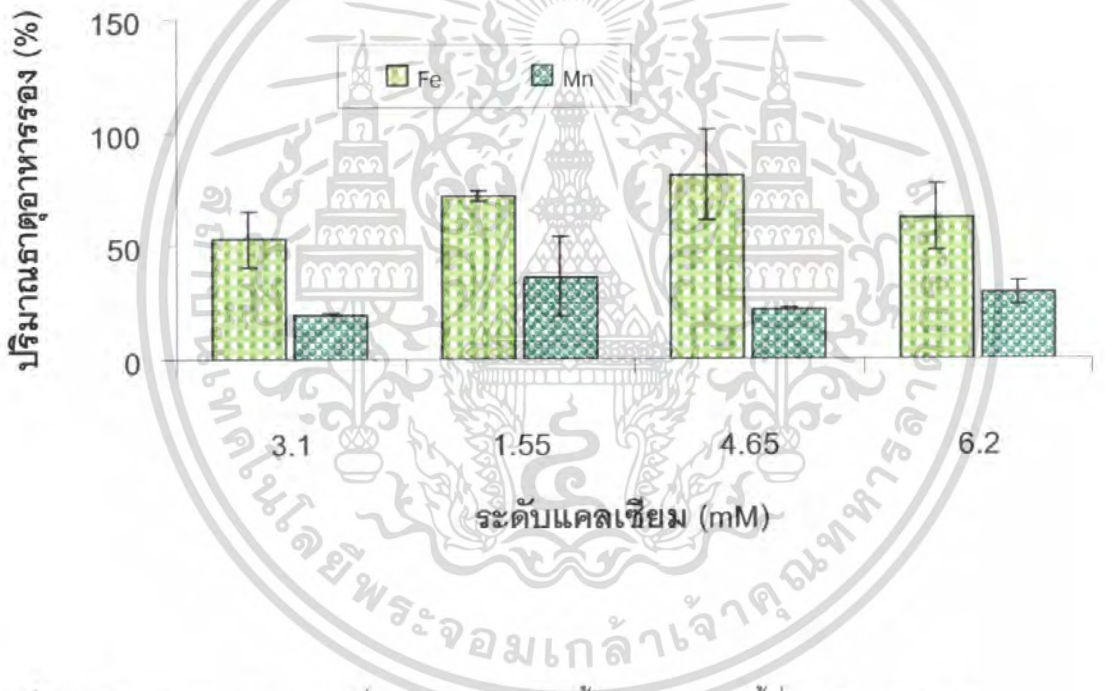
ภาพที่ 9 ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

ธาตุอาหารรอง	ระดับแคลเซียม (mM)			
(ppm)	3.10	1.55	4.65	6.20
เหล็ก	52.92 ± 12.276[a]	72.08 ± 2.205[a]	81.25 ± 19.843[a]	62.50 ± 14.434[a]
แมงกานีส	19.58 ± 0.417[a]	36.25 ± 17.515[a]	22.08 ± 0.417[a]	29.17 ± 5.465[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 10 ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนตต่างๆ กัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้

จากการทดลองระดับของแคลเซียมอีดีทีเอที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) ,1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับแคลเซียมต่างๆ กัน มีผลต่อ ความยาวใบ ความสูง และ น้ำหนักซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วน ความกว้างใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนใบ และความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ความยาวใบของอเมซอนมาร์ตี้

ความยาวใบของอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 9 และภาพที่ 11)

ในสัปดาห์ที่ 6 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกด้วยระดับแคลเซียม 1.55 mM (2.76 ± 0.02) ให้ความยาวใบมากกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (2.70 ± 0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และให้ความยาวมากกว่าอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกด้วยระดับแคลเซียม 4.65 mM (2.73 ± 0.02) และ 6.20 mM (2.74 ± 0.01) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 9)

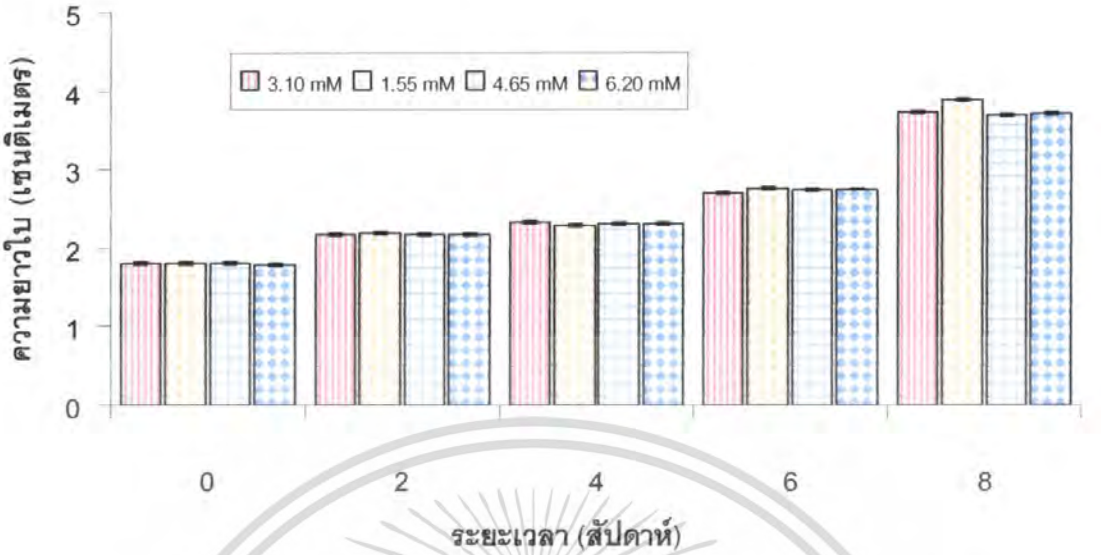
ในสัปดาห์ที่ 8 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกด้วยระดับแคลเซียม 1.55 mM (3.87 ± 0.03) ให้ความยาวใบมากกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (3.73 ± 0.02) , 4.65 mM (3.69 ± 0.02) และ 6.20 mM (3.71 ± 0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	1.80 ± 0.02^{a}	2.17 ± 0.02^{a}	2.33 ± 0.02^{a}	2.70 ± 0.02^{a}	3.73 ± 0.02^{a}
1.55	1.80 ± 0.02^{a}	2.19 ± 0.02^{a}	2.29 ± 0.02^{a}	2.76 ± 0.02^{b}	3.87 ± 0.03^{b}
4.65	1.81 ± 0.02^{a}	2.17 ± 0.02^{a}	2.30 ± 0.02^{a}	2.73 ± 0.02^{ab}	3.69 ± 0.02^{a}
6.20	1.79 ± 0.02^{a}	2.17 ± 0.02^{a}	2.30 ± 0.02^{a}	2.74 ± 0.01^{ab}	3.71 ± 0.02^{a}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ความสูงของอเมซอนมาร์ตี้

ความสูงของอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 12)

ในสัปดาห์ที่ 6 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกด้วยระดับแคลเซียม 1.55 mM (3.92 ± 0.03) ให้ความสูงมากกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (3.75 ± 0.02) , 4.65 mM (3.79 ± 0.02) และ 6.20 mM (3.79 ± 0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 10)

ในสัปดาห์ที่ 8 อเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกด้วยระดับแคลเซียม 1.55 mM (4.80 ± 0.02) ให้ความสูงมากกว่าชุดควบคุม 3.10 mM (4.72 ± 0.02) , 4.65 mM (4.70 ± 0.02) และ 6.20 mM (4.73 ± 0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 10)

ความกว้างใบของอเมซอนมาร์ตี้

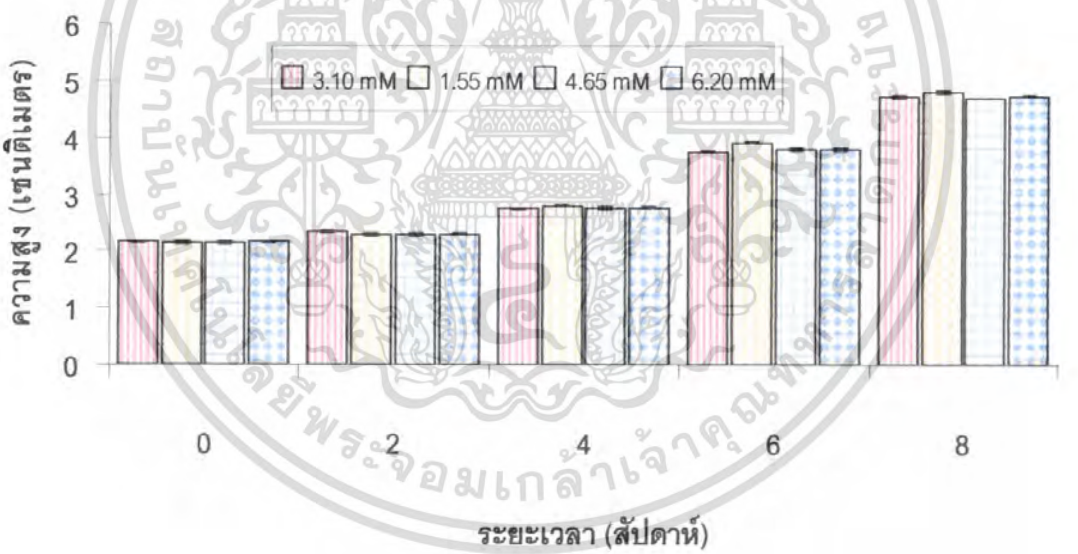
ความกว้างใบของอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ชุดควบคุม 3.10 mM (1.35 ± 0.02) และ 1.55 mM (1.35 ± 0.02) ให้ความกว้างใบมากกว่าชุดการทดลองที่ปลูกอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM (1.31 ± 0.02) และที่ 6.20 mM (1.32 ± 0.01) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน ให้ความกว้างใบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	2.17 ± 0.02[a]	2.35 ± 0.02[a]	2.75 ± 0.02[a]	3.75 ± 0.02[a]	4.72 ± 0.02[a]
1.55	2.15 ± 0.02[a]	2.29 ± 0.02[a]	2.80 ± 0.02[a]	3.92 ± 0.03[b]	4.80 ± 0.02[b]
4.65	2.15 ± 0.02[a]	2.29 ± 0.02[a]	2.76 ± 0.02[a]	3.79 ± 0.02[a]	4.70 ± 0.02[a]
6.20	2.17 ± 0.02[a]	2.30 ± 0.02[a]	2.77 ± 0.02[a]	3.79 ± 0.02[a]	4.73 ± 0.02[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 12 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

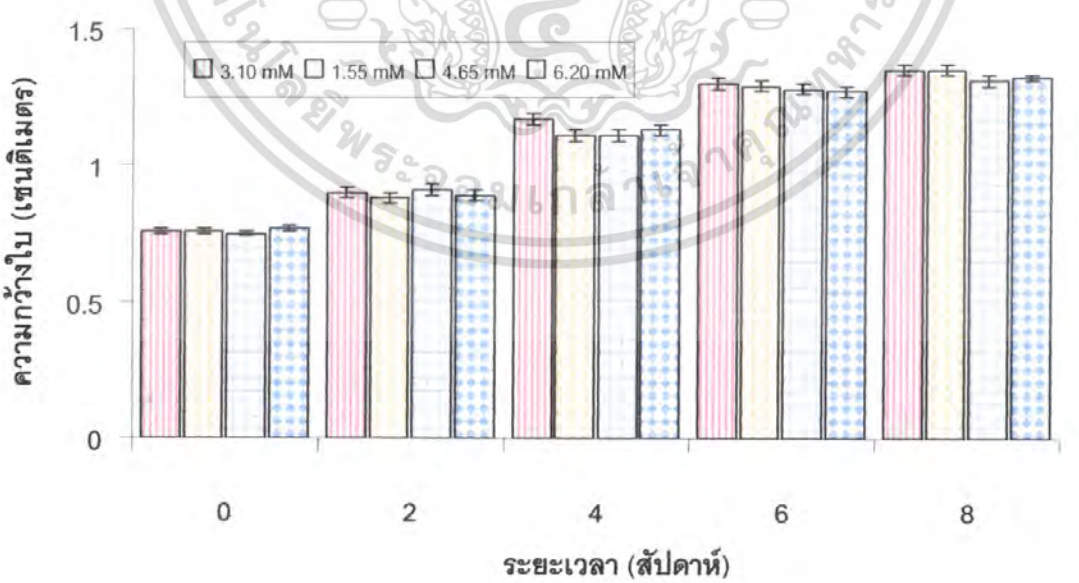
ตารางที่ 11 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	0.76 ± 0.01[a]	0.90 ± 0.02[a]	1.17 ± 0.02[a]	1.30 ± 0.02[a]	1.35 ± 0.02[a]
1.55	0.76 ± 0.01[a]	0.88 ± 0.02[a]	1.11 ± 0.02[a]	1.29 ± 0.02[a]	1.35 ± 0.02[a]
4.65	0.75 ± 0.01[a]	0.91 ± 0.02[a]	1.11 ± 0.02[a]	1.28 ± 0.02[a]	1.31 ± 0.02[a]
6.20	0.77 ± 0.01[a]	0.89 ± 0.02[a]	1.13 ± 0.02[a]	1.27 ± 0.02[a]	1.32 ± 0.01[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จำนวนใบของอเมซอนมาร์ตี้

จำนวนใบของอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM (12.67 ± 0.23) ให้จำนวนใบมากกว่าที่ชุดควบคุม 3.10 mM (12.60 ± 0.24), 4.65 mM (12.27 ± 0.18) และที่ 6.20 mM (12.40 ± 0.19) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน ให้จำนวนใบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 12 และ ภาพที่ 14)



ภาพที่ 13 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

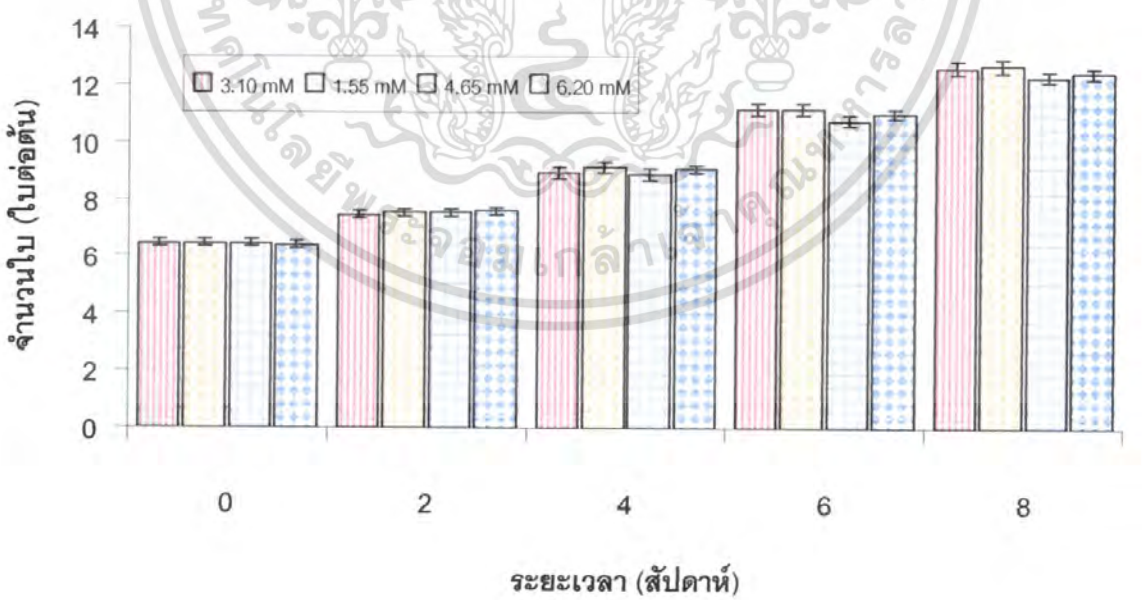
ตารางที่ 12 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
3.10 (ชุดควบคุม)	6.47 ± 0.13[a]	7.47 ± 0.13[a]	8.93 ± 0.21[a]	11.13 ± 0.22[a]	12.60 ± 0.24[a]
1.55	6.47 ± 0.13[a]	7.53 ± 0.13[a]	9.13 ± 0.19[a]	11.13 ± 0.22[a]	12.67 ± 0.23[a]
4.65	6.47 ± 0.13[a]	7.53 ± 0.13[a]	8.87 ± 0.22[a]	10.73 ± 0.18[a]	12.27 ± 0.18[a]
6.20	6.40 ± 0.13[a]	7.60 ± 0.13[a]	9.07 ± 0.12[a]	11.00 ± 0.17[a]	12.40 ± 0.19[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ความหนาใบของอเมซอนมาร์ตี้

ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกันให้ความหนาของใบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 15)



ภาพที่ 14 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

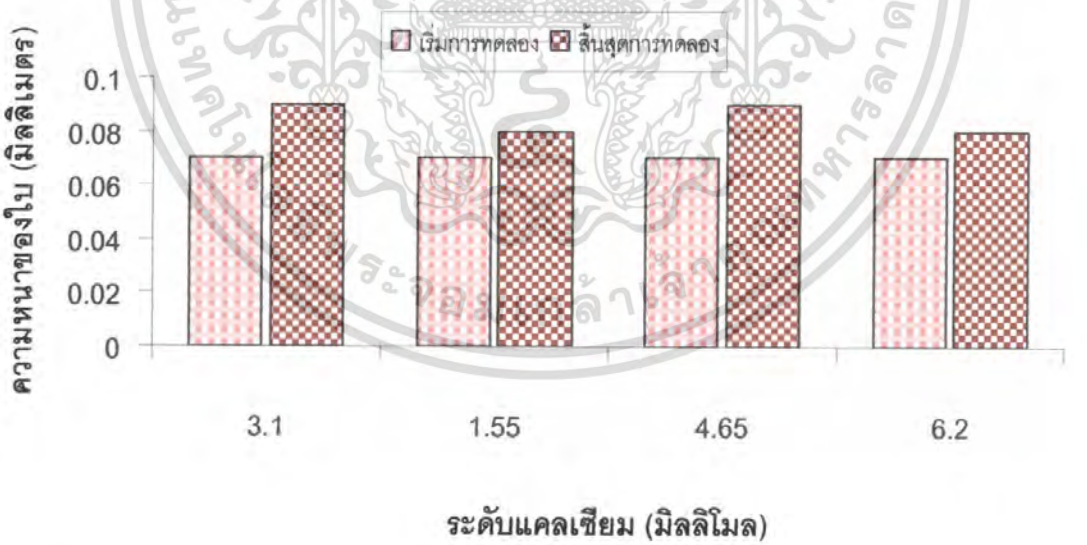
ตารางที่ 13 ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 (ชุดควบคุม)	0.07 ± 0.00^{a}	0.09 ± 0.00^{a}
1.55	0.07 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.00^{a}
4.65	0.07 ± 0.00^{a}	0.09 ± 0.00^{a}
6.20	0.07 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.00^{a}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักของอเมซอนมาร์ตี้

น้ำหนักของอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในระดับแคลเซียมแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM (2.35 ± 0.00) ให้น้ำหนักมากกว่า ชุดควบคุม 3.10 mM (2.34 ± 0.00) , 4.65 mM (2.34 ± 0.00) และ 6.20 mM (2.33 ± 0.00) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 14 และ ภาพที่ 16)



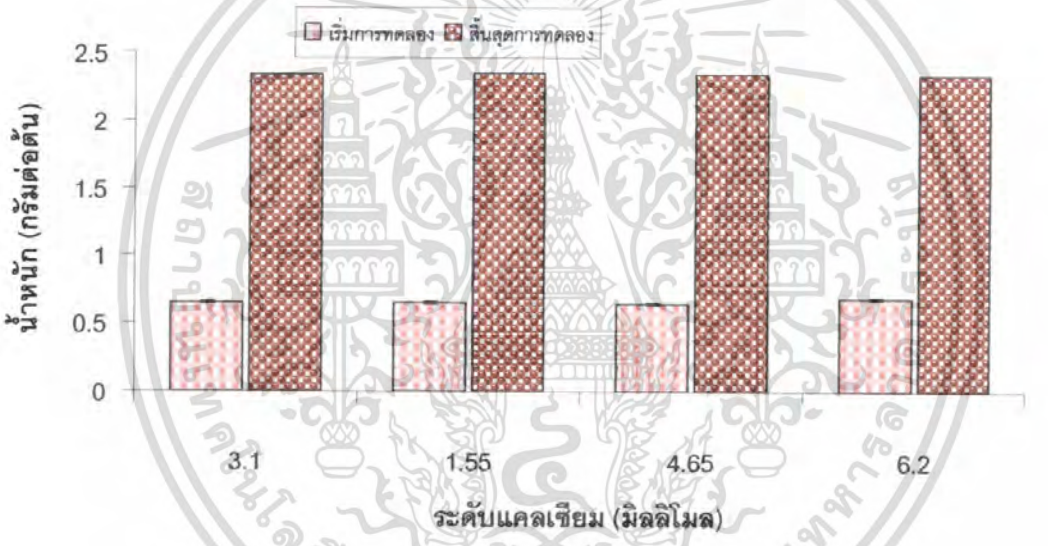
ภาพที่ 15 ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม (mM)	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 (ชุดควบคุม)	0.65 ± 0.01^{a}	2.34 ± 0.00^{b}
1.55	0.65 ± 0.01^{a}	2.35 ± 0.00^{c}
4.65	0.64 ± 0.01^{a}	2.34 ± 0.00^{b}
6.20	0.68 ± 0.01^{a}	2.33 ± 0.00^{a}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 16 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 3.10 mM (ชุดควบคุม) ,1.55 mM , 4.65 mM และ 6.20 mM เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ส่วนโพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ ที่ปลูกที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 3.10 mM (ชุดควบคุม) และ ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM มีปริมาณไนโตรเจนสะสมมากที่สุด (2.83 ± 0.033) รองลงมาคือที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM (2.76 ± 0.033) และที่ระดับ1.55 mM (2.60 ± 0.100) ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 3.10 mM (ชุดควบคุม) มีการสะสมของฟอสฟอรัสมากที่สุด (65.89 ± 0.609) รองลงมาคือที่ระดับ 4.65 mM (65.36 ± 0.791) , 6.20 mM (64.29 ± 0.070) และ ที่ระดับ 1.55 mM (63.27 ± 0.731) ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM มีการสะสมของโพแทสเซียมมากที่สุด (3.67 ± 0.224) รองลงมาคือ ที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM (3.66 ± 0.302) , 6.20 mM (3.65 ± 0.199) และ 3.10 mM (ชุดควบคุม) (3.44 ± 0.197) ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17)

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM มีการสะสมแคลเซียมมากที่สุด (0.52 ± 0.023) รองลงมาคือ 4.65 mM (0.37 ± 0.058) , 3.10 mM (ชุดควบคุม) (0.33 ± 0.015) และ ที่ระดับ1.55 mM (0.09 ± 0.026) ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 4.65 mM มีการสะสมของแมกนีเซียมมากที่สุด (0.55 ± 0.067) รองลงมาคือที่ระดับ 6.20 mM (0.53 ± 0.054) , 3.10 mM (ชุดควบคุม) (0.43 ± 0.055) และ ที่ระดับ1.55 mM (0.38 ± 0.015) ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 16)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM มีการสะสมของเหล็กมากที่สุด (77.08 ± 5.417) รองลงมาคือ ที่ระดับ 4.65 mM (73.33 ± 7.229) , 3.10 mM (ชุดควบคุม) (70.83 ± 3.975) และที่ระดับ 1.55 mM (62.92 ± 11.509) ตามลำดับ (ตารางที่ 16 และภาพที่ 19)

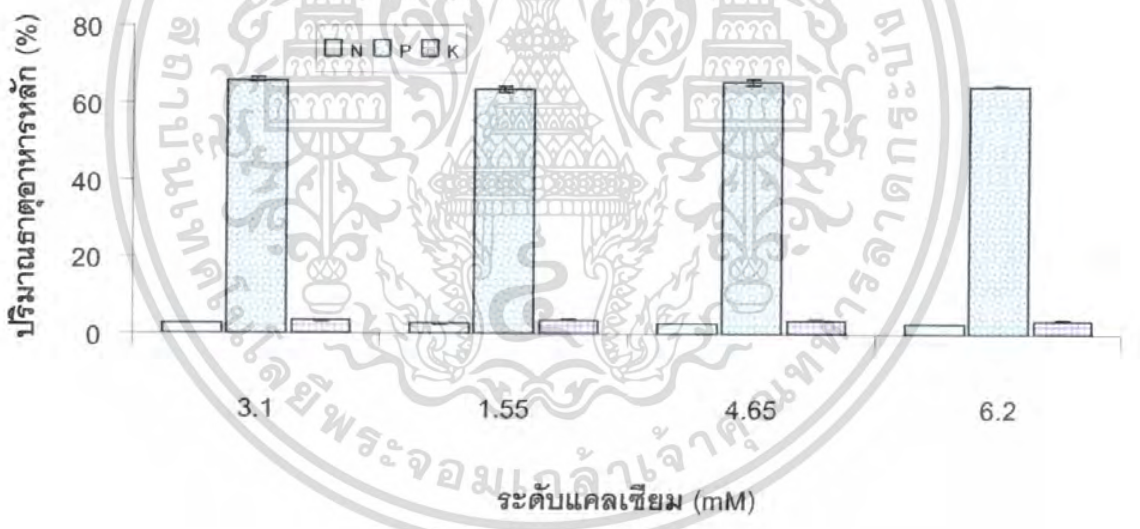
ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ที่ระดับแคลเซียม 6.20 mM มีการสะสมของแมงกานีสมากที่สุด (40.42 ± 3.975) รองลงมาคือ ที่ระดับ 4.65 mM (39.20 ± 7.140) , 3.10 mM (ชุดควบคุม) (37.50 ± 0.722) และที่ระดับ 1.55 mM (31.25 ± 5.907) ตามลำดับ (ตารางที่ 16 และภาพที่ 19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

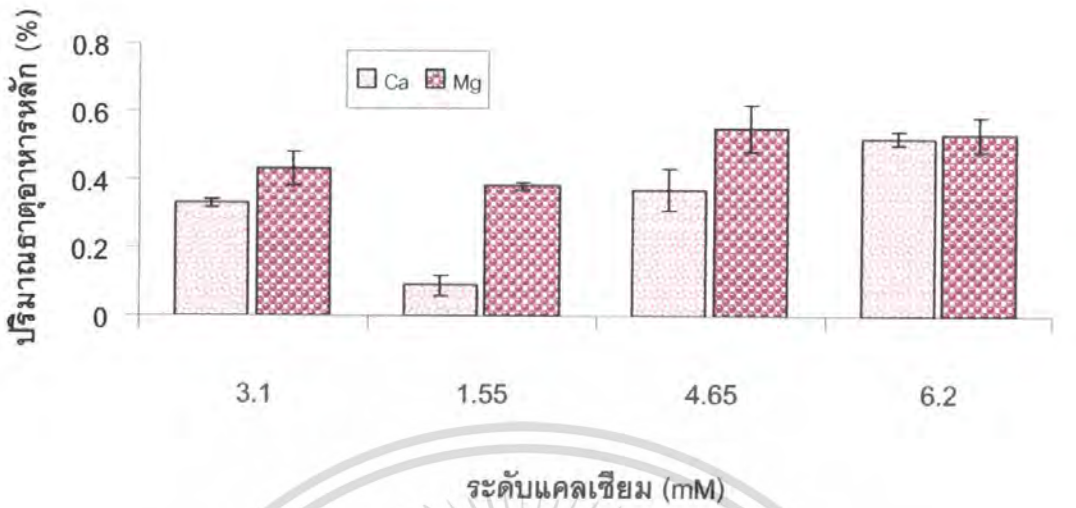
ธาตุอาหารหลัก (%)	ระดับแคลเซียม (mM) 3.10	1.55	4.65	6.20
ไนโตรเจน	2.83 ± 0.033^{ab}	2.60 ± 0.100^{a}	2.83 ± 0.033^{b}	2.76 ± 0.033^{ab}
ฟอสฟอรัส	65.89 ± 0.609^{b}	63.27 ± 0.731^{a}	65.36 ± 0.791^{ab}	64.29 ± 0.070^{ab}
โพแทสเซียม	3.44 ± 0.197^{a}	3.66 ± 0.302^{a}	3.67 ± 0.224^{a}	3.65 ± 0.199^{a}
แคลเซียม	0.33 ± 0.015^{b}	0.09 ± 0.026^{a}	0.37 ± 0.058^{b}	0.52 ± 0.023^{c}
แมกนีเซียม	0.43 ± 0.055^{a}	0.38 ± 0.015^{a}	0.55 ± 0.067^{a}	0.53 ± 0.054^{a}

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 17 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



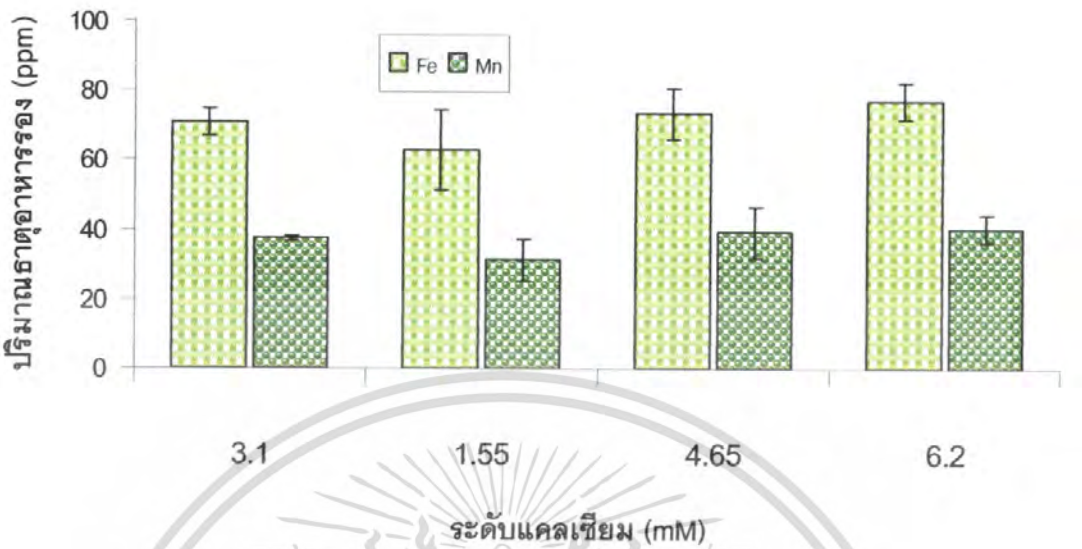
ภาพที่ 18 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ตารางที่ 16 ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

ธาตุอาหารรอง	ระดับแคลเซียม (mM)			
(ppm)	3.10	1.55	4.65	6.20
เหล็ก	70.83 ± 3.975[a]	62.92 ± 11.509[a]	73.33 ± 7.229[a]	77.08 ± 5.417[a]
แมงกานีส	37.50 ± 0.722[a]	31.25 ± 5.907[a]	39.20 ± 7.140[a]	40.42 ± 3.975[a]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 ปริมาณธาตุอาหารรองที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแคลเซียมอีดีทีเอ ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การทดลองที่ 1 ระดับของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่ปลูกที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับแคลเซียมในช่วง 4.65 – 6.20 mM ให้ ความยาวใบ ความสูง ความกว้างใบ จำนวนใบ ความหนา และน้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มากที่สุด จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ได้แก่ ไนโตรเจน และ แคลเซียม ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 จากการทดลองระดับของแคลเซียมอีดีทีเอที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ อเมซอนมาร์ตี้ ที่ระดับแคลเซียมแตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับแคลเซียม 1.55 mM ให้ ความยาวใบ ความสูง และ น้ำหนักมากที่สุด ส่วนความกว้างใบ จำนวนใบ และความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ส่วนโพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และปริมาณธาตุอาหารรอง คือ เหล็ก และแมงกานีส ไม่มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองโดยใช้แคลเซียมในรูปอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบว่าแคลเซียมในรูปใดที่ให้การเจริญเติบโตของอเมซอนมาร์ตี้มากที่สุด

2. ควรมีการทดลองกับธาตุอาหารหลายๆ สูตร เพื่อหาชนิดของสูตรธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนมาร์ตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และ ศิริ วัดสว่าง. 2540. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย *Hygrophila difformis*. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 24 น.

มาฆะวัน อาสาวดีรส. 2547. ระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนใบยาวในระบบการปลูกแบบไร้ดิน. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

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

โสระยา ร่วมรังสี. 2546. สารละลายธาตุอาหาร. โครงการตำรา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.18-38 น.

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

ดิเรก ทองอร่าม. 2544. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.1-27 น.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2544. ธาตุอาหารพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.1-13 น.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ . เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 23-45 น.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nelson, P.V. and C.E. Niedziela Jr. 1998. 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.

Ruiz J. M., R. M. Rivero , Pablo C., M. Baghour and L. Romero.1999. Role of $CaCl_2$ 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 ratios. Scientia Horticulturae .96:267-280

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

Antosiewicz, D.M. 2005. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 1

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

สารเคมี

1. กรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 98 %)
2. สารเร่งปฏิกิริยา (mixed catalyst)
3. Boric Acid Indicator
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH 4 N)
5. กรดกำมะถัน (H_2SO_4 0.02 N)

วิธีการย่อยสลายตัวอย่าง

ตัวอย่างพืช

↓ - อบที่อุณหภูมิ 65-80 องศา
- บดให้ละเอียด

ชั่งตัวอย่างพืช 0.2000 กรัม ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง ทำ blank 2 หลอดไม่ใส่ตัวอย่างพืช

↓ - เติมกรดกำมะถัน 98% 15 มิลลิลิตร
- เติมสารเร่งปฏิกิริยา 2.75 กรัม

ย่อยสลายโดยใช้ block ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

↓ - ใช้เวลา 45 นาที จะร้อนได้อุณหภูมิตามต้องการ

เวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สารละลายในหลอดใส ไม่มีสี

↓

ย่อยสลายตัวอย่างต่ออีกจนกระทั่งสารละลายมีสีเขียวใส ใช้เวลา 3 -4 ชั่วโมง

↓ - นำหลอดย่อยตัวอย่างออกจากเตา วางทิ้งให้ เย็นในตู้ดูดควัน 30 นาที
- เติมน้ำกลั่นในหลอดช้าๆ เขย่าเบาๆ ให้สารผสมกัน วางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- ปรับปริมาตรเป็น 75 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

เทสารละลายส่วนที่ใสเพื่อนำไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการกลั่น

เปิดเครื่องกลั่นและล้างเครื่องด้วยการกลั่นน้ำกลั่น 3 ครั้ง

↓

ใส่ boric acid indicator 15 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร วางในที่รองรับของเครื่องกลั่น โดยปลายก้านอยู่เหนือน้ำยา boric เพียงเล็กน้อย

↓

ปิเปตสารละลายตัวอย่างพืช 15 มิลลิลิตร เติมลงใน distillation flask

↓ - เติม NaOH 4 N 15-20 มิลลิลิตร

เริ่มกลั่นจับไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปของ แอมโมเนียม (NH_4) ได้ปริมาตรใน Erlenmeyer flask ประมาณ 30-35 มิลลิลิตรจึงปิดเครื่องกลั่น

↓

นำ distillation flask ที่ใช้แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ก่อนจะปิเปตตัวอย่างพืชต่อไป

วิธีการไทเทรต

นำสารละลายใน Erlenmeyer flask ของแต่ละตัวอย่าง

↓ - ไทเทรตด้วยกรดกำมะถัน (0.02 N)

สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นม่วงแดง

จดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้คำนวนหาปริมาณไนโตรเจน

สูตรการคำนวนปริมาณไนโตรเจน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times C \times \frac{14\ \text{gm N}}{1{,}000\ \text{meq}} \times \frac{1{,}000\ \text{mg}}{\text{g}} \times \frac{75\ \text{ml}}{15\ \text{ml}} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างพืช (mg)}}$$

A = มิลลิลิตรของกรดกำมะถันที่ใช้ไทเทรต

B = มิลลิลิตรของกรดที่ใช้ไทเทรต blank

C = ความเข้มข้นของกรดกำมะถัน = 0.02 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส

สารเคมี

1. กรดเกลือ (HCl 6-6.5 N)
2. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)
3. Vanadate reagent
4. Molybdate reagent
5. Stock standard solution (1,000 ppm P)
6. Working Standards
7. กรดเปอร์คลอริคเข้มข้น ($HClO_4$ 70 %)

วิธีการย่อยสลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างพืชที่อบแห้ง 0.2000 กรัมลงใน crucible
เผาในเตาเผาโดยใช้อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

- เมื่อเย็นเติมกรดเกลือ 5 มิลลิลิตร
- ปิดด้วยกระจกนาฬิกา

อุ่นบน hot plate ประมาณ 15 นาที จนเถ้าละลายหมด ถ้ายังละลายไม่หมด เติมกรดไนตริคเข้มข้น 1 มิลลิลิตร แล้วระเหยจนแห้งก่อนที่จะให้ความร้อนต่อไปอีก 1 ชั่วโมง

- เติมกรดเกลืออีกเล็กน้อยละลายตะกอนส่วนที่เหลือ
- เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
- นำขึ้นอุ่นต่อไปจนตะกอนละลายหมด

กรองสารละลายที่ได้ลงใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เตรียม blank ด้วยวิธีการดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดหาปริมาณฟอสฟอรัส

ปิเปตสารละลายตัวอย่างพืช และ standards (0, 5, 10, 15, 20 ppm P)
อย่างละ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

↓

- เติม Vanadate reagent 5 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน
- เติม Molybdate reagent 5 มิลลิลิตร เขย่าผสมกัน

วางหลอดทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที
วัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 420 nm

สูตรการคำนวน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส} = \frac{\text{ppm reading} \times \text{dilution factor} \times 50 \times 10^{-6} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างพืช}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะ เวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	1.78	4.54	7.38	9.52	10.18
	2	1.62	3.56	3.86	9.12	9.60
	3	1.56	4.50	6.70	8.74	9.44
เฉลี่ย		1.65	4.20	5.98	9.13	9.74
SE		0.07	0.32	1.08	0.23	0.22
1.55 mM	1	1.60	4.68	6.80	8.26	8.40
	2	1.64	4.12	6.70	8.48	8.60
	3	1.58	4.92	6.68	8.50	8.66
เฉลี่ย		1.61	4.57	6.73	8.41	8.55
SE		0.02	0.24	0.04	0.08	0.08
4.65 mM	1	1.66	4.30	6.30	8.62	11.64
	2	1.68	4.38	7.30	9.42	13.68
	3	1.68	3.74	8.56	9.56	13.78
เฉลี่ย		1.67	4.14	7.39	9.20	13.03
SE		0.01	0.20	0.65	0.29	0.70
6.20 mM	1	1.66	4.50	7.88	9.60	11.82
	2	1.70	3.74	4.24	9.32	12.30
	3	1.64	4.48	7.78	10.14	12.48
เฉลี่ย		1.67	4.24	6.63	9.69	12.20
SE		0.02	0.25	1.20	0.24	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	2.32	5.70	8.86	12.00	13.98
	2	2.34	5.72	8.86	11.94	14.40
	3	2.34	5.02	8.72	10.66	15.04
เฉลี่ย		2.33	5.48	8.81	11.53	14.47
SE		0.01	0.23	0.05	0.44	0.31
1.55 mM	1	2.32	5.66	8.52	10.82	11.94
	2	2.32	4.98	8.06	10.38	11.66
	3	2.34	5.10	7.80	10.28	12.00
เฉลี่ย		2.33	5.25	8.13	10.49	11.87
SE		0.01	0.21	0.21	0.17	0.10
4.65 mM	1	2.32	4.60	7.80	10.56	18.08
	2	2.34	5.50	9.16	11.94	16.24
	3	2.34	6.28	10.42	12.58	18.36
เฉลี่ย		2.33	5.46	9.13	11.69	17.56
SE		0.01	0.49	0.76	0.60	0.66
6.20 mM	1	2.32	5.18	8.70	11.88	17.72
	2	2.32	5.02	7.84	11.52	17.32
	3	2.34	6.12	9.54	12.86	15.88
เฉลี่ย		2.33	5.44	8.69	12.09	16.97
SE		0.01	0.34	0.49	0.40	0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กันเป็น เวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	0.88	1.34	2.18	2.92	3.54
	2	0.88	1.10	1.40	2.64	3.28
	3	0.90	1.22	1.82	2.64	3.30
เฉลี่ย		0.89	1.22	1.80	2.73	3.37
SE		0.01	0.07	0.23	0.09	0.08
1.55 mM	1	0.86	1.30	1.98	2.54	2.80
	2	0.88	1.10	1.94	2.60	2.98
	3	0.86	1.32	2.08	2.72	3.26
เฉลี่ย		0.87	1.24	2.00	2.62	3.01
SE		0.01	0.07	0.04	0.05	0.13
4.65 mM	1	0.86	1.16	1.78	2.50	3.12
	2	0.88	1.12	2.00	2.62	3.24
	3	0.86	0.92	2.34	2.98	3.36
เฉลี่ย		0.87	1.07	2.04	2.70	3.24
SE		0.01	0.07	0.16	0.14	0.07
6.20 mM	1	0.88	1.22	2.18	2.82	3.72
	2	0.86	1.02	1.12	2.94	3.64
	3	0.88	1.34	2.26	3.12	3.98
เฉลี่ย		0.87	1.19	1.85	2.96	3.78
SE		0.01	0.09	0.37	0.09	0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	6.20	11.40	12.80	16.20	18.60
	2	6.00	9.00	12.40	15.40	18.20
	3	5.60	8.60	10.40	14.80	17.20
เฉลี่ย		5.93	9.67	11.87	15.47	18.00
SE		0.18	0.87	0.74	0.41	0.42
1.55 mM	1	6.00	10.20	11.00	13.80	16.20
	2	6.80	9.40	10.60	12.60	15.40
	3	5.60	9.80	11.20	14.00	15.80
เฉลี่ย		6.13	9.80	10.93	13.47	15.80
SE		0.35	0.23	0.18	0.44	0.23
4.65 mM	1	5.80	9.60	10.20	13.20	16.20
	2	5.20	8.80	10.60	13.40	16.80
	3	5.60	10.00	13.20	14.80	18.40
เฉลี่ย		5.53	9.47	11.33	13.80	17.13
SE		0.18	0.35	0.94	0.50	0.66
6.20 mM	1	5.60	9.00	10.20	12.60	15.60
	2	5.60	10.40	11.40	12.40	16.20
	3	5.80	8.60	10.60	15.40	18.40
เฉลี่ย		5.67	9.33	10.73	13.47	16.73
SE		0.07	0.55	0.35	0.97	0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ความหนาของใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ดี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 mM	1	0.12	1.12
	2	0.12	1.12
	3	0.10	1.12
เฉลี่ย		0.11	1.12
SE		0.01	0.00
1.55 mM	1	0.11	1.11
	2	0.11	1.12
	3	0.11	1.10
เฉลี่ย		0.11	1.11
SE		0.00	0.01
4.65 mM	1	0.11	1.12
	2	0.10	1.14
	3	0.11	1.13
เฉลี่ย		0.11	1.13
SE		0.00	0.01
6.20 mM	1	0.10	1.13
	2	0.10	1.12
	3	0.11	1.13
เฉลี่ย		0.10	1.13
SE		0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 mM	1	0.69	25.88
	2	0.62	27.65
	3	0.65	22.55
เฉลี่ย		0.65	25.36
SE		0.02	1.50
1.55 mM	1	0.67	20.04
	2	0.68	20.97
	3	0.66	16.26
เฉลี่ย		0.67	19.09
SE		0.01	1.44
4.65 mM	1	0.64	15.53
	2	0.97	26.35
	3	0.63	28.93
เฉลี่ย		0.74	23.60
SE		0.01	4.10
6.20 mM	1	0.69	23.29
	2	0.65	16.72
	3	0.72	30.78
เฉลี่ย		0.68	23.57
SE		0.02	4.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชที่แคลเซียมคาร์บอเนต ระดับต่างๆ เป็น เวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	0.69	0.66	1.03	1.21	1.14
	2	0.70	0.65	1.02	1.22	1.13
	3	0.69	0.68	1.04	1.21	1.13
เฉลี่ย		0.69	0.66	1.03	1.21	1.13
SE		0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
1.55 mM	1	0.69	0.67	1.03	1.03	1.00
	2	0.71	0.67	1.04	1.02	0.99
	3	0.70	0.66	1.03	1.03	1.01
เฉลี่ย		0.70	0.67	1.03	1.03	1.00
SE		0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
4.65 mM	1	0.69	0.65	1.03	1.52	1.46
	2	0.71	0.66	1.02	1.51	1.43
	3	0.69	0.65	1.02	1.52	1.41
เฉลี่ย		0.70	0.65	1.02	1.52	1.43
SE		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
6.20 mM	1	0.69	0.65	1.03	1.78	1.69
	2	0.70	0.65	1.04	1.76	1.68
	3	0.70	0.66	1.02	1.76	1.66
เฉลี่ย		0.70	0.65	1.03	1.77	1.68
SE		0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 ความยาวใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	1.80	2.16	2.34	2.68	3.74
	2	1.80	2.18	2.34	2.74	3.72
	3	1.80	2.18	2.30	2.68	3.72
เฉลี่ย		1.80	2.17	2.33	2.70	3.73
SE		0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
1.55 mM	1	1.80	2.18	2.28	2.74	3.86
	2	1.80	2.18	2.28	2.76	3.90
	3	1.82	2.20	2.30	2.78	3.86
เฉลี่ย		1.81	2.19	2.29	2.76	3.87
SE		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.65 mM	1	1.82	2.16	2.28	2.72	3.74
	2	1.80	2.16	2.34	2.74	3.66
	3	1.82	2.18	2.28	2.74	3.68
เฉลี่ย		1.81	2.17	2.30	2.73	3.69
SE		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
6.20 mM	1	1.80	2.16	2.26	2.76	3.66
	2	1.80	2.18	2.32	2.74	3.72
	3	1.78	2.18	2.34	2.74	3.74
เฉลี่ย		1.79	2.17	2.31	2.75	3.71
SE		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 ความสูงของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	2.18	2.38	2.76	3.72	4.72
	2	2.16	2.38	2.78	3.72	4.70
	3	2.16	2.28	2.70	3.80	4.74
เฉลี่ย		2.17	2.35	2.75	3.75	4.72
SE		0.01	0.03	0.02	0.03	0.01
1.55 mM	1	2.14	2.32	2.82	3.90	4.82
	2	2.16	2.24	2.80	3.96	4.78
	3	2.16	2.30	2.80	3.92	4.80
เฉลี่ย		2.15	2.29	2.81	3.93	4.80
SE		0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
4.65 mM	1	2.12	2.30	2.76	3.78	4.68
	2	2.18	2.30	2.78	3.82	4.70
	3	2.16	2.28	2.74	3.76	4.72
เฉลี่ย		2.15	2.29	2.76	3.79	4.70
SE		0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
6.20 mM	1	2.18	2.26	2.76	3.80	4.72
	2	2.14	2.30	2.76	3.82	4.74
	3	2.18	2.34	2.78	3.76	4.74
เฉลี่ย		2.17	2.30	2.77	3.79	4.73
SE		0.01	0.02	0.01	0.02	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 ความกว้างใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	0.76	0.90	1.18	1.32	1.38
	2	0.76	0.90	1.20	1.30	1.32
	3	0.76	0.90	1.12	1.28	1.36
เฉลี่ย		0.76	0.90	1.17	1.30	1.35
SE		0.00	0.00	0.02	0.01	0.02
1.55 mM	1	0.76	0.88	1.08	1.26	1.32
	2	0.78	0.90	1.18	1.30	1.36
	3	0.74	0.86	1.08	1.30	1.38
เฉลี่ย		0.76	0.88	1.11	1.29	1.35
SE		0.01	0.01	0.03	0.01	0.02
4.65 mM	1	0.76	0.92	1.06	1.28	1.30
	2	0.74	0.96	1.12	1.26	1.32
	3	0.76	0.86	1.16	1.30	1.32
เฉลี่ย		0.75	0.91	1.11	1.28	1.31
SE		0.01	0.03	0.03	0.01	0.01
6.20 mM	1	0.76	0.90	1.16	1.24	1.32
	2	0.78	0.88	1.12	1.24	1.30
	3	0.76	0.88	1.12	1.32	1.34
เฉลี่ย		0.77	0.89	1.13	1.27	1.32
SE		0.01	0.01	0.01	0.03	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 จำนวนใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน เป็น เวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	6.60	7.60	9.00	11.00	12.60
	2	6.40	7.40	9.00	11.60	13.00
	3	6.40	7.40	8.80	10.80	12.20
เฉลี่ย		6.47	7.47	8.93	11.13	12.60
SE		0.07	0.07	0.07	0.24	0.23
1.55 mM	1	6.40	7.40	8.80	10.80	12.40
	2	6.40	7.60	9.20	11.00	12.40
	3	6.60	7.60	9.40	11.60	13.20
เฉลี่ย		6.47	7.53	9.13	11.13	12.67
SE		0.07	0.07	0.18	0.24	0.27
4.65 mM	1	6.40	7.40	8.60	10.60	12.60
	2	6.60	7.80	9.20	10.80	12.20
	3	6.40	7.40	8.80	10.80	12.20
เฉลี่ย		6.47	7.53	8.87	10.73	12.27
SE		0.07	0.13	0.18	0.07	0.18
6.20 mM	1	6.20	7.60	8.80	10.60	12.20
	2	6.60	7.60	9.20	11.20	12.60
	3	6.40	7.60	9.20	11.20	12.40
เฉลี่ย		6.40	7.60	9.07	11.00	12.40
SE		0.12	0.00	0.13	0.20	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 ความหนาใบของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 mM	1	0.07	0.09
	2	0.07	0.09
	3	0.07	0.08
เฉลี่ย		0.07	0.09
SE		0.00	0.00
1.55 mM	1	0.07	0.08
	2	0.07	0.08
	3	0.07	0.09
เฉลี่ย		0.07	0.08
SE		0.00	0.00
4.65 mM	1	0.07	0.09
	2	0.07	0.08
	3	0.07	0.09
เฉลี่ย		0.07	0.09
SE		0.00	0.00
6.20 mM	1	0.07	0.08
	2	0.07	0.08
	3	0.08	0.09
เฉลี่ย		0.07	0.08
SE		0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 น้ำหนักของพรรณไม้น้ำอเมซอนมาร์ตี้ที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กัน

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	เริ่มการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง
3.10 mM	1	0.65	2.33
	2	0.65	2.34
	3	0.64	2.34
เฉลี่ย		0.65	2.34
SE		0.00	0.00
1.55 mM	1	0.64	2.36
	2	0.65	2.35
	3	0.65	2.34
เฉลี่ย		0.65	2.35
SE		0.00	0.01
4.65 mM	1	0.64	2.33
	2	0.64	2.35
	3	0.65	2.34
เฉลี่ย		0.64	2.34
SE		0.00	0.01
6.20 mM	1	0.67	2.33
	2	0.68	2.32
	3	0.68	2.34
เฉลี่ย		0.68	2.33
SE		0.00	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชที่แคลเซียมอีดีทีเอ ระดับต่างๆ กันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับแคลเซียม	ซ้ำ	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
3.10 mM	1	0.69	0.67	1.01	1.20	1.17
	2	0.68	0.66	1.02	1.22	1.20
	3	0.69	0.65	1.01	1.23	1.19
เฉลี่ย		0.69	0.66	1.01	1.22	1.19
SE		0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
1.55 mM	1	0.68	0.65	1.01	1.05	0.99
	2	0.69	0.66	1.03	1.06	0.98
	3	0.67	0.64	1.01	1.05	0.99
เฉลี่ย		0.68	0.65	1.02	1.05	0.99
SE		0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
4.65 mM	1	0.69	0.67	1.01	1.44	1.40
	2	0.97	0.65	1.02	1.43	1.39
	3	0.69	0.67	1.01	1.43	1.41
เฉลี่ย		0.78	0.66	1.01	1.43	1.41
SE		0.09	0.01	0.00	0.00	0.01
6.20 mM	1	0.68	0.66	1.02	1.65	1.62
	2	0.68	0.66	1.03	1.64	1.60
	3	0.67	0.64	1.02	1.65	1.59
เฉลี่ย		0.68	0.65	1.02	1.65	1.60
SE		0.00	0.01	0.00	0.00	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้