

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในระบบ
ปลูกแบบไม่ใช้ดิน
Effect of ammonium on aquarium plant *Cryptocoryne wendtii* growth in
hydroponic

ชื่อนักศึกษา นางสาวภาวนิชา สุวรรณวงศ์

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 3 เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๖๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในระบบปลูกแบบไม่ใช้ดิน

Effect of ammonium on aquarium plant *Cryptocoryne wendtii* growth in hydroponic



T099266



5/4/48
99266
2046

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 99266
วัน,เดือน,ปี..... 17 Jun 48

b. 1188.4113
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกา ในระบบปลูกแบบไม่ใช้ดิน

Effect of ammonium on aquarium plant *Cryptocoryne wendtii* growth in hydroponic

การศึกษาผลของแอมโมเนียมที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน โดยเติมปริมาณแอมโมเนียมที่แตกต่างกันคือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร พบว่าการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่จำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบคือ 0.8 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.21 ± 1.57 กรัม/รางปลูก รองลงมาคือ การเติมแอมโมเนียม 0.4, 1.2 และ 0 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 ± 1.44 , 2.66 ± 0.74 และ 2.20 ± 0.63 กรัม/รางปลูก ตามลำดับ ส่วนการศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินกับความเข้มข้นของแอมโมเนียมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันคือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร พบว่าที่ระดับ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร ให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 112.67 ± 18.42 ต้น รองลงมาคือ 0.8, 0.4 และ 0 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งมีจำนวนต้นอ่อนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 95.00 ± 17.47 , 88.33 ± 20.30 และ 84.00 ± 10.21 ต้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. นงนุช เลหาะวิสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าเป็นอย่างยิ่ง ที่กรุณาให้โอกาสคำแนะนำและความไว้วางใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำปรึกษา แนวทางในการดำเนินการทดลอง ตลอดจนชี้ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง จนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์สมเกียรติ ภาควิชาปรัชญาที่วิทยาลัยที่ให้การทดลองการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้และขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณนุปลา จงพัฒน์ คุณสุตา ไสภารักษ์ พี่แสงและพี่โก้ ที่กรุณาช่วยเหลือทั้งในด้านคำแนะนำต่างๆ สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่มลลิกา มิตรน้อย พี่นงพะงา เรียงเรียบ และพี่ภววรรณตรี สมบุญโต ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำความรู้และเทคนิคในการทำปัญหาพิเศษตลอดทั้งแนวทางในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลทางสถิติ

ขอขอบคุณ คุณกฤษ เรืองฤทธิ์ เพื่อนๆ รุ่น 9 และน้องๆ ประมงทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอยู่เคียงข้างตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว รวมทั้งญาติพี่น้องทุกๆ ท่าน ที่คอยสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ คอยให้กำลังใจในยามที่ข้าพเจ้าท้อแท้ และเป็นแรงผลักดันอยู่เบื้องหลังให้ข้าพเจ้ามุ่งมั่นในการศึกษาจนประสบความสำเร็จด้วยความภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่ง

นางสาวภาวนิชา สุวรรณวงศ์

เมษายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลการทดลองและวิจารณ์	14
สรุปและข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ($\text{NH}_4\text{-N}$) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช Common Reed (<i>Phragmites australis</i>)	4
2	ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิดคือ Common Reed (<i>Phragmites australis</i>) และ Reed Sweetgrass (<i>Glyceria maxima</i>) ที่ใบ, ลำต้น, ลำต้นใต้ดินและราก	5
3	การดูดซึมของไนเตรตและแอมโมเนียมในต้นมะเขือเทศที่ระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผล, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยวที่ 24 ชั่วโมงของการเจริญเติบโต	6
4	เปอร์เซ็นต์การแพร่ของ ^{15}N ในรากของต้นมะเขือเทศที่ระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยวที่ 24 ชั่วโมงของการเจริญเติบโต	7
5	ความเป็นกรดเป็นด่างที่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด	10
6	ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน	14
7	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้ (กรัม+SE) ของสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด	17
8	คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองปลูกพรรณไม้ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน	20
ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าความยาวใบของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	27
2	จำนวนใบของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	28
3	จำนวนต้นอ่อนของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	29
4	น้ำหนักเริ่มต้นของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่		หน้า
5	น้ำหนักสิ้นสุดของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	29
6	น้ำหนักสดต่อรากปลูกของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	30
7	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	30
8	น้ำหนักของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน ทุกๆ 2 สัปดาห์	31
9	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	32
10	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	33
11	ค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	34
12	ค่าไนไตรท์ - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	36
13	ค่าไนเตรท - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	38
14	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้ น้ำไปพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ใบพายศรีลังกา (<i>Cryptocoryne wendtii</i>)	2
2	ความยาวใบของต้นใบพายศรีลังกา	15
3	จำนวนใบของต้นใบพายศรีลังกา	15
4	จำนวนต้นอ่อนของต้นใบพายศรีลังกา	16
5	ค่าการนำไฟฟ้า(mS/cm) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างๆ กัน	18
6	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างๆ กัน	18
7	ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	20
8	ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	21
9	ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	21
10	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	22
ภาพผนวกที่		หน้า
1	ระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน DFT, ถังใสสารละลายธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาตั้งแต่ตั้งปลาดวันที่ 0 - 14	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- จรีพร อัครวัตน์ภักดี. 2543. ผลของการดูดซึมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 50 น.
- ดำรงศักดิ์ ขอสเสริมกลาง. 2547. ระบบการปลูกพืชไร้ดินและอัตราส่วนของไนเตรตต่อแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 74 น.
- ยุทธนา เกียรติธรร. 2547. ผลของสารละลายธาตุอาหารและระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. *balansae*) วิทยานิพนธ์. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 103 น.
- ยงยุทธ ไอลสสภ. 2545. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- รจณี เหลืองเจริญ. 2546. ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของการปลูกอนุบาลแบบไร้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 27 น.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจน์รี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 122 น.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547. การขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit, 1960) โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารการประมง 57(2) : 148 – 160 น.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2544. ธาตุอาหารพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 1 – 12 น.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 146 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ ดิเรก ทองอร่าม สุมิตรา ภู่วโรดม เปรมปรี ฌ สงขลาและนุกูล ถวิลถึง. 2542. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 159 น.

Meuriot, F., J.C. Avise, M.L. Decau, J.C. Simon, P. Lanine, J.J. Volenec and A. Ourry. 2003. Accumulation of N reserves and vegetative storage protein (VSP) in taproots of non – nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) are affected by mineral N availability. *Plant Science* 165 : 709 – 718.

Munzarozza, E.T., B. Lorenzen, H. Brix, O. Votrubova. 2005. The effects of NH_4^+ and NO_3^- on Growth, resource allocation and nitrogen uptake kinetics of *Phragmites australis* and *glyceria maxima*. *Aquatic Botany* 81 : 326 – 342.

Olsson, M.O. and Falkengren – Grerup. 2000. Potential Nitrification as an Indicator of Preferential Uptake of Ammonium or Nitrate by Plants in an Oak woodland Understorey. *Anal of Botany* 85 : 299 – 305.

Parida, A.K. and A.B. Das. 2004. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorus metabolism in a true mangrove *Brugiera parviflora* grown under hydroponic culture. *Journal of Plant Physiology* 161 : 921 – 928.

Romero, J.A., H. Brix and F.A. Comin. 1999. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH_4^+ uptake kinetics by *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* 64 : 369 -380.

Xue, W.T., H. Ikeda and M. Oda. 2000. The absorption, translocation, and assimilation of urea, nitrate or ammonium in tomato plants at different plant growth stages in hydroponic culture. *Scientia Horticulturae* 84 : 275 -283.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจพรรณไม้น้ำขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจึงเป็นที่นิยมในท้องตลาดมาก อีกทั้งยังมีราคาสูง เนื่องจากมีความทนทาน ซึ่งการผลิตเพื่อการค้ายังมีน้อยมากเนื่องจากการศึกษายังมีน้อย และพรรณไม้น้ำจะต้องนำมาจากธรรมชาติ จึงจำเป็นจะต้องศึกษาและเพาะเลี้ยงให้มีผลผลิตมากขึ้น รวมทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงต้องมีคุณภาพสูงและต้องปลอดภัย

ในการปลูกใบพายศรีลังกาในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้ และมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าธรรมชาติ ซึ่งระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินเป็นระบบการปลูกที่ป้องกันเรื่องแมลงและเชื้อโรคที่อาจมาจากดิน แต่ข้อมูลในการศึกษาการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินมีการศึกษาน้อย อีกทั้งการปลูกพืชระบบนี้พรรณไม้น้ำจะได้รับปริมาณของธาตุอาหารที่เหมาะสม เพราะรากจะแช่อยู่ในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารที่ขอยุ่ตลอดเวลา พรรณไม้น้ำจึงดูดซึมธาตุอาหารไปใช้โดยตรง จึงทำให้มีการศึกษาธาตุอาหารที่แตกต่างกันไปในแต่ละสูตรเพื่อที่พรรณไม้น้ำจะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไนไตรท์และไนเตรท ซึ่งไนโตรเจนนั้นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในจำพวกของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ คลอโรฟิลล์และยังรวมไปถึงกระบวนการเมตาบอลิซึม ล้วนแล้วแต่ต้องใช้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ หากพรรณไม้น้ำได้รับธาตุอาหารที่เหมาะสมและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็วจะทำให้พรรณไม้น้ำมีการเจริญเติบโต

ดังนั้นการศึกษาผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในระบบปลูกแบบไม่ใช้ดินนั้นถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการเจริญเติบโต จึงได้ทำการทดลองกับใบพายศรีลังกาที่ได้รับธาตุอาหารที่แตกต่างกันแต่ละสูตร เพื่อดูการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

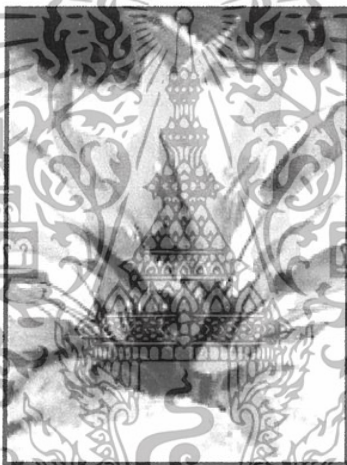
วัตถุประสงค์

ผลของธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกา

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของใบพายศรีลังกา

ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) เป็นพรรณไม้น้ำที่อยู่ในวงศ์ Araceae จัดเป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นพืชล้มลุกขึ้นในน้ำจืด ตามหนอง บึงที่ขึ้นและมีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือบริเวณริมคลองที่มีน้ำไหลเอื่อยๆ ลักษณะลำต้นเป็นเหง้าใต้ดิน มีไหลสั้นๆ ใบแตกออกเป็นกระจุก รอบข้อแทงขึ้นมาจากพื้น เส้นใบเรียงตัวขนานกัน มีใบและก้านใบเป็นโพรง ก้านใบมีสีเขียวอมแดง ดอกออกเป็นช่อชูขึ้นมาเหนือน้ำ หุ้มด้วยกาบประดับที่มีลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร มีส่วนโคนโปร่ง พรรณไม้น้ำสกุล *Cryptocoryne* จัดเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้ช้า ในธรรมชาติจะเกิดต้นอ่อนขึ้นปีละ 1-3 ต้นเท่านั้น และในปัจจุบันนี้ใบพายศรีลังกายังสามารถขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (วันเพ็ญและกาญจนรี, 2543)



ภาพที่ 1 ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*)

ที่มา : www.aquahobby.ru

ธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ

ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้น ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ คือ น้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ปลูกจัดหาให้แก่พืชโดยตรงโดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งจะได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (macronutrient elements) คือ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S)

2. ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element) คือ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่มีความต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจึงต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษมากกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดมีระยะค่อนข้างแคบ นอกจากนั้นการประเมินอาการขาดทำได้ค่อนข้างยากอีกด้วย การแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุทำได้ง่ายกว่าการแก้ปัญหาความเป็นพิษ เมื่อเกิดอาการเป็นพิษขึ้นมักจะต้องปลูกใหม่ ความเป็นพิษของธาตุอาหารกลุ่มนี้ขึ้นกับค่า pH ของสารละลายและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH ของสารละลายและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดีนัม (Mo), คลอรีน (Cl)

นอกจากธาตุต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีธาตุอีกหลายชนิดที่คาดว่าจะมีประโยชน์ต่อพืช แต่ยังไม่ทราบบทบาทแน่ชัด เช่น โซเดียม (Na), ซิลิกอน (Si), นิกเกิล (Ni), และวาเนเดียม (V) เป็นต้น (สุมิตรา, 2542)

ธาตุอาหารไนโตรเจน

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืชเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนจะเป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ทำให้ใบสวยงามและแข็งแรง (ยงยุทธ, 2545) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ควรมีส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนียมอิออนและไนเตรทอิออน ปริมาณแอมโมเนียมอิออนไม่ควรเกินร้อยละ 50 ของความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย แต่สัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้ในเตรทอิออนมักจะใช้ในเตรทอิออนร้อยละ 75 และแอมโมเนียมอิออนร้อยละ 25 (Jones, 1997) สารเคมีที่ให้ไนเตรทอิออน คือ แคลเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมไนเตรท (ยงยุทธ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นมักจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และอยู่ในรูปไนเตรทไอออน (NO_3^-) แต่ไนโตรเจนส่วนใหญ่ที่อยู่ในสารละลายนั้นมักจะอยู่ในรูปไนเตรทไอออน เพราะแอมโมเนียมไอออนในปริมาณที่มีอยู่มากจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ (ยงยุทธ, 2545)

Romero *et al.* (1999) ศึกษาถึงการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมที่ระดับความเข้มข้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช Common Reed (*Phragmites australis*) ด้วยวิธีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (ตารางที่ 1) พบว่า การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารของพืชในแต่ละกลุ่มการทดลอง แอมโมเนียมที่มีความเข้มข้นสูง 1000 ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol l}^{-1}$) ส่งผลให้การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนที่พบในบริเวณรากมีอัตราสูงสุด 0.037 ต่อวัน และแอมโมเนียมที่มีความเข้มข้นต่ำ 150 ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol l}^{-1}$) ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับ Tylova – Munzarova *et al.* (2005) ที่ศึกษาผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตและกลไกการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนกับพืชทั้ง 2 ชนิดคือ Common Reed (*Phragmites australis*) และ Reed Sweetgrass (*Glyceria maxima*) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตที่ ใบ, ลำต้น, ลำต้นใต้ดินและราก พบว่าพืช Common Reed (*Phragmites australis*) มีอัตราการเจริญเติบโตที่ 35.4 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อวัน ($\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$) ส่วนพืช Reed Sweetgrass (*Glyceria maxima*) มีอัตราการเจริญเติบโตที่มีไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมสูงถึง 16 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า 66.7 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อวัน ($\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$) ในการใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม พืชชนิดที่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมคือ พืช Reed Sweetgrass (*Glyceria maxima*) ซึ่งจะใช้นิโตรเจนสูงสุดรวมทั้งที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชด้วย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ระดับของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช Common Reed (*Phragmites australis*)

ระดับไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	การเจริญเติบโตต่อวัน
150	0.026
500	0.035
1000	0.037

ที่มา : Romero *et al.* (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิดคือ Common Reed (*Phragmites australis*) และ Reed Sweetgrass (*Glyceria maxima*) ที่ใบ, ลำต้น, ลำต้นใต้ดินและราก

	<i>Phragmites australis</i>	<i>Glyceria maxima</i>
	NH ₄ ⁺	NH ₄ ⁺
ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโต		
มิลลิกรัมต่อกรัมต่อวัน (mg g ⁻¹ d ⁻¹)	34 ± 1.8	66 ± 1.9
ใบ	19 ± 0.95	33 ± 1.2
ลำต้น	34 ± 0.85	38 ± 1.1
ลำต้นใต้ดิน	32 ± 1.1	15 ± 1.5
ราก	13 ± 0.58	13 ± 0.73

ที่มา : Tylova – Munzarova *et al.* (2005)

2. ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนเตรท

ในการใช้แอมโมเนียมไนเตรทในปริมาณของความเข้มข้นที่ใช้นั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการใช้แอมโมเนียมไนเตรทที่ระดับความเข้มข้นที่สูงนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการแตกรากบริเวณของการเกิดของหน่อ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แอมโมเนียมไนเตรทที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำนั้นจะส่งผลให้บริเวณรากแก้วและรากข้างๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเกิดใหม่ (Meuriot *et al.*, 2003) นอกจากนี้ Olsson and Falkengren – Grerup (2000) กล่าวว่า ในสภาพแหล่งธรรมชาติไนโตรเจนที่สำคัญคือ แอมโมเนียมและไนเตรท รวมถึงไนโตรเจนในรูปแบบอื่นๆ เช่น ไนไตรท์ หรือกรดอะมิโน ซึ่งใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนนั้นจะขึ้นอยู่กับ ความป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ

การดูดซึมของแอมโมเนียมและไนเตรท

การเจริญเติบโตของพืชจะต้องมีการนำธาตุอาหารหรือสารละลายมาใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งขบวนการที่จะนำธาตุอาหารเข้าไปยังส่วนต่างๆ ของพืชนั้น ได้แก่ การซึมผ่าน (Absorption) การขนส่ง (Translocation) และการดูดซึมโดยพืช (Assimilation) จากนั้น สารอาหารที่เข้าไปยังส่วนต่างๆ ของพืชนั้น จะเคลื่อนที่เข้าไปส่วนที่สำคัญคือ จะเคลื่อนที่ไปยังรากพืช ซึ่งหน้าที่หลักของพืชมี 2 หน้าที่คือ เป็นส่วนที่ยึดลำต้นกับวัสดุปลูก และเป็นตัวกลางในการผ่านเข้าออกของน้ำและอาหาร โดยที่ความหนาแน่นของรากพืชมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเคลื่อนที่ของไนโตรเจน

การเคลื่อนที่ของไนโตรเจนจะเคลื่อนที่จากล่างสู่บน (Tan *et al.*, 2000) ซึ่งจะเกิดขึ้นโดย ขบวนการ passive และ active โดยที่ขบวนการ passive เกิดจากปริมาณไนโตรเจนในสารละลาย ที่มีมาก จึงไหลผ่านเข้าสู่ราก ส่วนขบวนการ active เกิดจากการทำงานของผนังเซลล์ เพื่อรักษา สมดุลของไนโตรเจนและไอออนภายในและภายนอกเซลล์ การดูดซึมธาตุอาหารในแต่ละช่วงอายุ ของพืชจะมีความแตกต่างกัน

Tan *et al.* (2000) ได้ทำการทดลองศึกษาการดูดซึมของแอมโมเนียมและไนเตรทที่ต้น มะเขือเทศในระยะต่างๆ กันที่ดูดซึมเข้าไป พบว่าพืชสามารถดูดซึมไนเตรทไปใช้เพื่อการ เจริญเติบโตในระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยวการดูดซึมดีกว่า แอมโมเนียม (ตารางที่ 3) และแอมโมเนียมจะไปกระตุ้นให้รากเติบโตดีกว่าไนเตรทเมื่อวัดจาก เปอร์เซ็นต์การแพร่ของ ^{15}N ที่วัดจากระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 การดูดซึมของไนเตรตและแอมโมเนียมในต้นมะเขือเทศที่ระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผล, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยวที่ 24 ชั่วโมงของการเจริญเติบโต

แหล่งไนโตรเจน	การดูดซึมของ ^{15}N (mg plant ⁻¹)			
	ระยะการเจริญเติบโตของพืช			
	ต้นอ่อน	ให้ดอก	ให้ผล	เก็บเกี่ยว
ไนเตรท	3.32	14.90	44.35	66.93
แอมโมเนียม	1.79	13.23	35.55	55.35

ที่มา : Tan *et al.* (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การแพร่ของ ^{15}N ในรากของต้นมะเขือเทศที่ระยะต้นอ่อน, ระยะให้ดอก, ระยะให้ผลและระยะเก็บเกี่ยวที่ 24 ชั่วโมงของการเจริญเติบโต

รากในระยะต่างๆของต้นพืช	เปอร์เซ็นต์การแพร่ของ ^{15}N จากแหล่งไนโตรเจน 2 แหล่ง	
	ไนเตรท	แอมโมเนียม
ระยะต้นกล้า	17.25	21.38
ระยะให้ดอก	28.50	39.60
ระยะให้ผล	25.86	38.64
ระยะเก็บเกี่ยว	40.84	49.80

ที่มา : Tan et al. (2000)

การขาดไนโตรเจนในพืช

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้น ใบ มากกว่าผล การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบที่มากเกินไป ซึ่งจะทำให้การเจริญเติบโตของผลและรากหยุดชะงักการเจริญเติบโต (ยางยุทธ, 2545) แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อพืชได้ง่าย เช่น ทำให้ใบไหม้

ลักษณะที่พืชเป็นอันตรายที่เกิดจากสาเหตุการได้รับแอมโมเนียมที่สูง ในระยะแรกจะเกิดแผลเป็นจุดเล็กๆ ที่ใบ ระยะต่อมาจะขยายตัวหรือรวมกันเป็นแผลใหญ่เหลืองเฉพาะเส้นใบเป็นสีเขียว (Tan et al., 2000)

สุมิตรา (2542) กล่าวว่าพืชที่ขาดไนโตรเจน จะมีลำต้นขนาดเล็ก แข็ง ใบขนาดเล็ก เนื้อใบบาง สีซีด ซึ่งจะแสดงอาการที่ใบแก่เป็นอันดับแรก โดยจะมีสีเขียวปนเหลือง หลังจากนั้นจะขยายไปทั้งต้น ใบอ่อนจะหยุดชะงักการเจริญเติบโต ผลจะมีลักษณะสั้น หนา สีเขียวอ่อน บิดงอ ขั้วจะสั้นและเขียว

ในกรณีที่ได้รับไนโตรเจนที่มากเกินไปจะทำให้มีลำต้นขนาดใหญ่ ใบสีเขียวเข้ม เป็นคลื่น ช่วงข้อจะสั้น มือเกาะจะติดกัน เถาแขนงจะสั้น ถ้าได้รับในกรณีที่รุนแรงจะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ใบส่วนล่างจนถึงส่วนกลางจะหงิกงอและร่วง แผลระหว่างเส้นใบจะโปร่งแสง หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและน้ำตาล เมื่อขอบใบและเส้นใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จะทำให้ต้นพืชนั้นตายลง ในกรณีที่พืชยังไม่เหี่ยว การแก้ไขอาจทำได้โดยการให้น้ำ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นชั้นแสงต่ำเพื่อป้องกันการคายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีปริมาณไนโตรเจนในใบอ่อนและใบแก่ต่ำกว่า 3 และ 2 % ของน้ำหนักแห้ง การแก้ไขควรฉีดพ่นด้วยปุ๋ยยูเรียเข้มข้น 2 – 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อป้องกันอันตรายต่อพืช ควรฉีดพ่นในระยะที่มีอุณหภูมิและความเข้มแสงต่ำ และให้น้ำหลังฉีดพ่น หลังฉีดพ่นควรเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการขาดธาตุอาหารดังกล่าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

ปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจำแนกออกได้ 2 ประเภท คือ ปัจจัยภายในซึ่งก็คือพันธุกรรมของพืช (Genetic factor) และปัจจัยภายนอก (Environmental factor) ก็คือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth and regulator หรือ PGR) โดยที่พันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของการเจริญเติบโต ซึ่งปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวกำหนดระดับของการเจริญเติบโตอันเป็นผลทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ ปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อม ได้แก่

1. แสง

เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช การเจริญเติบโต การงอกของเมล็ด การโค้งงอและการออกดอกของพืช สิ่งที่สำคัญเกี่ยวกับบทบาทของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืชมี 3 ลักษณะคือ ความเข้มของแสง ความยาวของช่วงแสง และคุณภาพของแสง

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมิมีบทบาทต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา เคมี และชีววิทยาของพืช ไม่ว่าจะเป็นการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต (การแบ่งเซลล์และขยายขนาด การสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ) การออกดอกติดผล และคุณภาพของผลผลิต อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 15 – 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโต

3. องค์ประกอบของบรรยากาศ

พืชจะได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงจากอากาศ โดยทั่วไปจะมีอยู่ประมาณ 0.03 % แต่ในช่วงเวลากลางวันที่มีการสังเคราะห์แสงของพืชมาก คาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้

4. องค์ประกอบของอากาศในน้ำ

ก๊าซที่มีบทบาทความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของรากพืชคือ ออกซิเจน ดังนั้นหากรากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอแล้วพืชจะมีรากยาว มีสีขาวยและมีรากฝอยมาก แต่ถ้าหากได้รับไม่เพียงพอจะทำให้รากพืชเจริญเติบโตไม่ดีและมีรากน้อย (ดิเรก, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองนั้นล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นมากที่สุดคือ ไนโตรเจน รองลงมาได้แก่ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม สัดส่วนในการให้ปุ๋ยจะเป็น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอริกแอซิด (P_2O_5) และโพแทสเซียมที่ละลายได้ (K_2O) สูตรที่เหมาะสมต่อการปลูกพรรณไม้ส่วนใหญ่คือ N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 3 : 2 : 1 ส่วนปริมาณการให้ปุ๋ยพรรณไม้ที่มีใบเหนือน้ำแต่รากเจริญอยู่ใต้น้ำควรใช้ประมาณ 0.5 – 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณธาตุอาหารหรือปุ๋ยแตกต่างกันไป ปัจจุบันนิยมใช้สูตร 25 – 5 – 5, 30 – 20 – 10 และ 27 – 17 – 10 สูตรอาหารแต่ละสูตรไม่สามารถใช้ได้กับพืชทุกชนิด เพราะความต้องการธาตุอาหารของพืชมีช่วงกว้าง รวมทั้งพืชมีความสามารถในการปรับตัวตามความแตกต่างของธาตุอาหาร การปรับตัวสังเกตได้จากสีของใบ

6. ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical conductivity, EC)

ค่าการนำไฟฟ้า คือ ค่าความเข้มข้นของการสารละลายที่บอกค่าผลรวมของแข็งในสารละลายหน่วยเป็น mS/cm การปลูกในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ค่าจะอยู่ในช่วง 1 – 4 mS/cm การควบคุมระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารจะควบคุมที่ค่า EC (อิทธิสุนทร และคณะ, 2542) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ เช่น มอสหวา (*Vesicularia dubyana*) อยู่ที่ 0.15 mS/cm (ปฐมาพร, 2544) ต้นขาไก่ตาง (*Hygrophila polysperma*) อยู่ที่ 0.26 – 0.32 mS/cm (วิภาณดา, 2543) และต้นดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) อยู่ที่ 0.72 mS/cm เป็นต้น (มณีรัตน์ และคณะ, 2540)

7. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะสูงเนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำลดลง เมื่อพรรณไม้ใช้น้ำนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งทำให้เปลี่ยนรูปเป็นคาร์บอนเนต พรรณไม้จึงไม่สามารถนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้อีก ส่วนในเวลากลางคืนพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจึงลดลง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายที่เหมาะสมกับพรรณไม้ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 6.5 – 7.4 ถ้าค่าต่ำหรือสูงเกินไปจะทำให้พรรณไม้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี (วันเพ็ญ และคณะ, 2535)

Olsson and Falkengren – Greup (2000) ได้นำพืชสมุนไพรมานำมาทำการศึกษาทั้ง 5 ชนิดคือ *Deschampsia flexuosa*, *Convallaria majalis*, *Poa nemoralis*, *Geum urbanum* และ *Aegopodium podagraria* ที่ปลูกแบบไม่ใช้ดิน พบว่าพืชที่ทนต่อกรดได้น้อยคือ *Geum urbanum* และ *Aegopodium podagraria* จะมีกระบวนการ Nitrification ที่สูงบริเวณผิวรากเมื่อเทียบกับใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิน และชนิดที่ทนต่อกรดได้มากคือ *Deschampsia flexuosa* และ *Convallaria majalis* จะมีการนำแอมโมเนียที่สูง ขบวนการ Nitrification ที่รากต่ำกว่าหรือเท่ากันเมื่อเทียบกับดิน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความเป็นกรดเป็นด่างที่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด

ชนิดของพืช	pH	แอมโมเนีย	ไนเตรท	อัตรา Nitrification	ดัชนีหน้าที่ ใบพืช
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3.5	54	34	36	2
<i>Convallaria majalis</i>	4.5	30	49	65	6
<i>Poa nemoralis</i>	4.8	23	53	72	6
<i>Geum urbanum</i>	5.2	11	60	90	8
<i>Aegopodium podagraria</i>	5.2	9	72	93	8

ที่มา : Olsson and Falkengren – Greup (2000)

8. สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะอยู่ในดินหรือน้ำ เช่น คัทรูพืช (โรค แมลง วัชพืช) จุลินทรีย์ในน้ำและสัตว์ขนาดเล็ก ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทั้งทางตรง เช่น การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ และทางอ้อม เช่น ถ้าพืชได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไป ต้นพืชจะอ่อนแอทำให้เกิดโรคพืชได้ง่ายกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พรรณไม้น้ำที่ใช้ในการทดลองคือ ต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) จำนวน 192 ต้น ปลูกในถ้วยปลูกและใส่วัสดุปลูกคือ เพอร์ไลท์
2. ถังพลาสติกน้ำจำนวน 12 ใบ
3. ป้อน้ำที่ใช้ตั้งสารละลายปุ๋ยขึ้นรางจำนวน 12 ตัว
4. ระบบรางปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งมี 12 รางปลูก แต่ละรางมีช่องสำหรับปลูก 16 ช่อง
5. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ HANA รุ่น HI 8424, เครื่องวัดความนำไฟฟ้า (Conductivity)
6. สารละลายปุ๋ยสำหรับพรรณไม้น้ำมี 4 สูตร
7. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ วิเคราะห์หาค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และ ฟอสฟอรัส
8. อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
9. อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrometer)

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ สารละลายปุ๋ยทั้งหมด 4 สูตร ในแต่ละสูตรทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมแอมโมเนียม

ชุดการทดลองที่ 2 เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0.40 มิลลิโมล/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0.80 มิลลิโมล/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 1.20 มิลลิโมล/ลิตร

วิธีการทดลอง

1. นำพรรณไม้น้ำ คือ ต้นใบพายศรีลังกา มาจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วย้ายลงไปปลูกในกระบะทราย จากนั้นคลุมด้วยพลาสติก
2. หลังจากนั้นประมาณ 1 อาทิตย์ เปิดพลาสติกบางส่วน เพื่อลดความชื้นลงที่ละน้อย จนกระทั่งพรรณไม้น้ำปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ย้ายต้นไม้ที่ปลูกในกระถางหรือนำมาขึ้นรางปลูกพรรณไม้หน้า ในระบบการปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งมี 12 รางปลูก โดยก่อนที่จะปลูกจะต้องนำต้นใบพายศรีลังกา ซึ่งวัดก่อน ได้แก่ วัดความยาวใบ, นับจำนวนใบและชั่งน้ำหนัก จดบันทึกจากการชั่งวัด

4. ปลูกพรรณไม้หน้าลงในถ้วยปลูกจำนวน 1 ต้นต่อ 1 ถ้วยปลูก เป็นจำนวนทั้งหมด 192 ต้น โดยใส่วัสดุปลูกคือ เพอร์ไลต์

5. นำถังพลาสติกวางไว้ในแต่ละรางปลูกเป็นจำนวน 12 รางปลูก และใส่ปุ๋ยน้ำลงไปในถังพลาสติกอย่างละ 1 ตัว

6. หลังจากนั้น 1 อาทิตย์ ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง เพื่อต้องการวิเคราะห์หาค่าเริ่มต้นของน้ำที่ใช้ปลูกพรรณไม้หน้า ซึ่งวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรทและฟอสฟอรัส

7. หลังจากนั้น 1 ชั่วโมงให้เติมปุ๋ยลงไป โดยใช้ปุ๋ยทั้งหมด 4 สูตร ใส่ลงในถังโดยที่ปุ๋ย 1 สูตรจะใส่ลงไปเป็นจำนวน 3 ถึง จนครบทั้ง 12 ถัง แล้วเปิดปั๊มน้ำเพื่อให้น้ำหมุนวน จากนั้นปรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ให้เท่ากับ 1 ทุกถัง ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 6.5 – 7.5 ด้วยกรดไนตริก (HNO_3)

8. หลังจากที่ตั้งไว้ 1 ชั่วโมง ทำการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และฟอสฟอรัส

9. วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) แล้วเติมน้ำลงไปให้เท่ากับปริมาตรเดิม จากนั้นเติมสารละลายปุ๋ยลงในถังที่บรรจุน้ำเพื่อให้ได้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่วัด และวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่งทุกๆ สัปดาห์จะต้องเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยหาค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรทและฟอสฟอรัส บันทึกค่าของคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้ เป็นเวลา 8 – 10 สัปดาห์

10. ทุกๆ 2 สัปดาห์จะต้องเก็บผลของการชั่งวัดต้นไม้ ได้แก่ วัดความยาวใบ, นับจำนวนใบและชั่งน้ำหนักของต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) ทุก 2 ต้น ซึ่งจะต้องเป็น 2 ต้นเดิมที่ชั่งวัดครั้งแรก

11. นำพรรณไม้หน้ามาหาน้ำหนักแห้งโดยชั่งน้ำหนักกระดาดฟอยล์และชั่งน้ำหนักกระดาดฟอยล์รวมกับพรรณไม้หน้า

12. นำพรรณไม้หน้าไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

13. หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ในโหลสุญญากาศ เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปอบต่ออีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำหนักของพรรณไม้หน้าคงที่

14. ชั่งน้ำหนักแห้งของพรรณไม้หน้าแล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูล

คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, แอมโมเนีย, ไนโตรท์, ไนเตรท และฟอสฟอรัสต่างๆ สัปดาห์

ทุกๆ 2 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลการซึ่งวัดการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าด้วยเครื่องซึ่งทศนิยม 2 ตำแหน่งและนับจำนวนใบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบ โดยใช้โปรแกรม SPSS for window VERSION 10.0

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือน D 501 ชั้น 5 และห้อง C 120 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาการทดลอง

ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2548 ถึง เดือนมีนาคม 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองปลูกพรรณไม้ในในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการปลูกต้นใบพายศรีลังกาได้ผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโตของพรรณไม้

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้สารละลายของธาตุอาหารที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าความยาวของใบพายศรีลังกาและจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6) ส่วนจำนวนใบของใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 6)

ความยาวของใบพายศรีลังกาจากการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 ± 0.25 , 5.15 ± 0.45 , 5.47 ± 0.51 และ 4.50 ± 0.30 เซนติเมตร ตามลำดับ การปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 0.8 มิลลิโมล/ลิตร (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 2) ซึ่งมีผลทำให้ความยาวใบของใบพายศรีลังกาที่มีความยาวใบมากที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 2)

จำนวนใบของใบพายศรีลังกา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.92 ± 0.99 , 14.73 ± 1.39 , 20.21 ± 1.14 และ 14.21 ± 2.15 ใบ/ต้น ตามลำดับ โดยชุดการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 0.8 มิลลิโมล/ลิตร มีจำนวนใบมากที่สุด ซึ่งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 3)

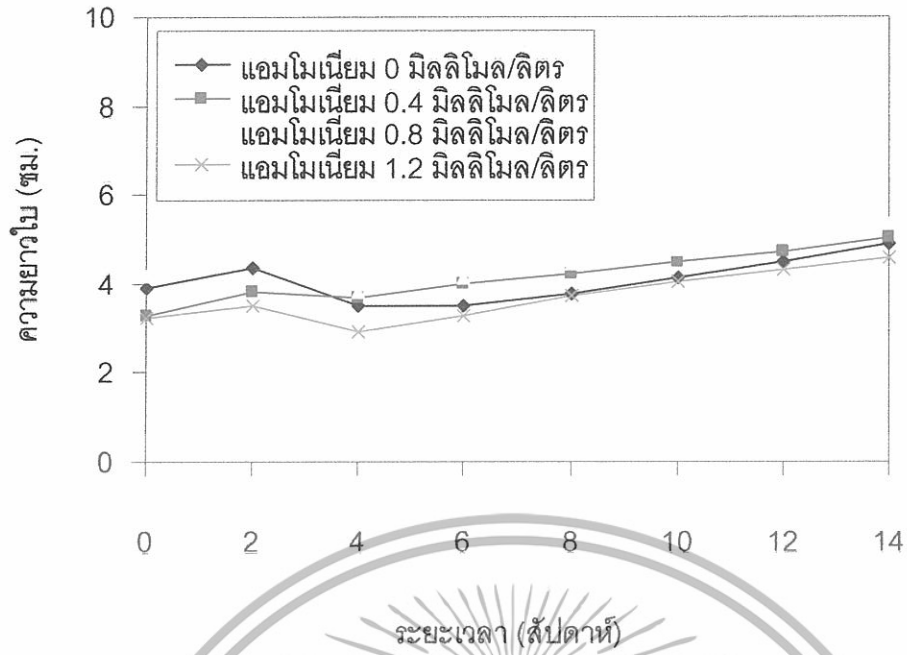
จำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.00 ± 10.21 , 88.33 ± 20.30 , 95.00 ± 17.47 และ 112.67 ± 18.42 ต้น ตามลำดับ โดยชุดการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมล/ลิตร มีจำนวนต้นอ่อนมากที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 4)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

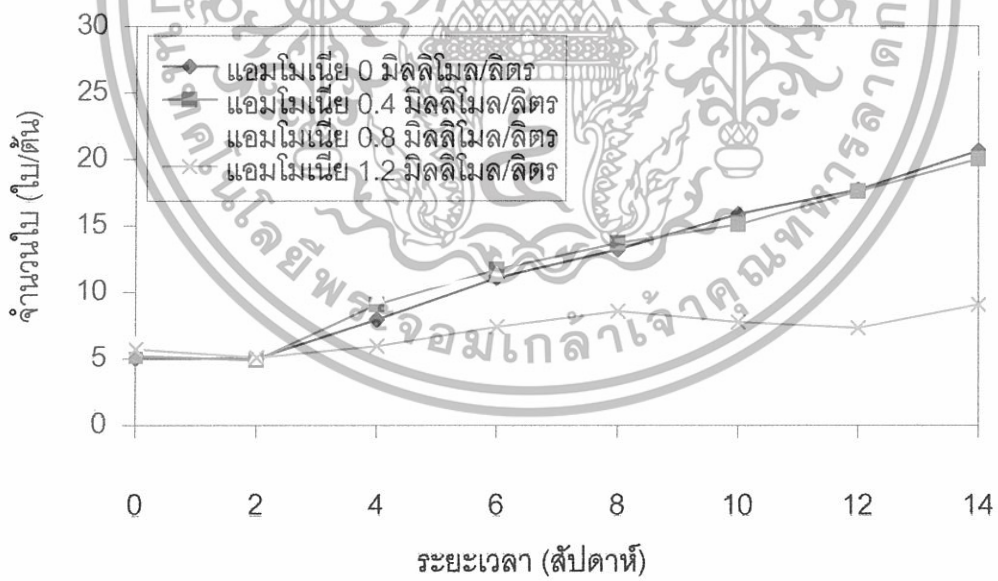
การเจริญเติบโต	สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (มิลลิโมล/ลิตร)			
	0	0.4	0.8	1.2
ความยาวใบ (ซม.)	4.90 ± 0.25^a	5.15 ± 0.45^a	5.47 ± 0.51^a	4.50 ± 0.30^a
จำนวนใบ (ใบ/ต้น)	16.92 ± 0.99^{ab}	14.73 ± 1.39^a	20.21 ± 1.14^b	14.21 ± 2.15^a
จำนวนต้นอ่อน	84.00 ± 10.21^a	88.33 ± 20.30^a	95.00 ± 17.47^a	112.67 ± 18.42^a

* อักษรที่ต่างกันในแนวนอนเดียวกัน หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

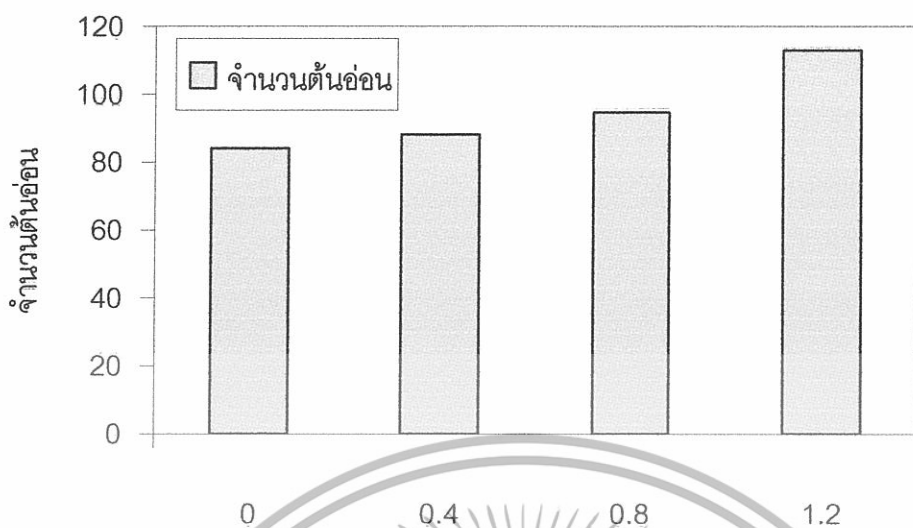


ภาพที่ 2 ความยาวใบของต้นใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน



ภาพที่ 3 จำนวนใบของต้นใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (มิลลิโมล/ลิตร)

ภาพที่ 4 จำนวนต้นอ่อนของต้นใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

น้ำหนักรวมไม้น้ำ (ใบพายศรีลังกา)

ผลของการปลูกใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าน้ำหนักเริ่มต้น, น้ำหนักสิ้นสุด และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้น้ำที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7)

น้ำหนักเริ่มต้นของพรรณไม้น้ำก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 ± 0.34 , 3.16 ± 0.41 , 3.53 ± 0.23 และ 3.20 ± 0.36 กรัม/รางปลูก ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7) ส่วนน้ำหนักสิ้นสุดของพรรณไม้น้ำที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71 ± 0.72 , 6.73 ± 1.85 , 7.74 ± 1.36 และ 5.86 ± 0.67 กรัม/รางปลูก ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 ± 0.63 , 3.57 ± 1.44 , 4.21 ± 1.57 และ 2.66 ± 0.74 กรัม/รางปลูก ตามลำดับ โดยชุดการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 0.8 มิลลิโมล/ลิตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้หน้า (กรัม±SE) ของสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด

การเจริญเติบโต	สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (มิลลิโมล/ลิตร)			
	0	0.4	0.8	1.2
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/รางปลูก)	3.51±0.34 ^a	3.16±0.41 ^a	3.53±0.23 ^a	3.20±0.36 ^a
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/รางปลูก)	5.71±0.72 ^a	6.73±1.85 ^a	7.74±1.36 ^a	5.86±0.67 ^a
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/รางปลูก)	2.20±0.63 ^a	3.57±1.44 ^a	4.21±1.27 ^a	2.66±0.74 ^a

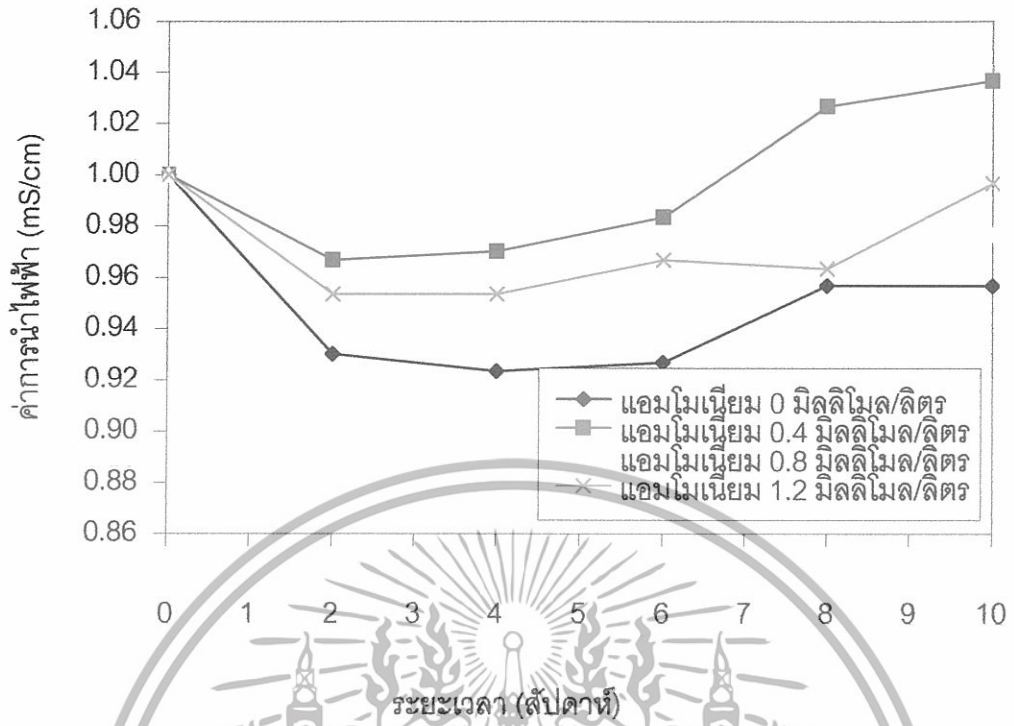
2. คุณภาพน้ำ

ผลของการศึกษาคุณภาพน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ได้แก่ เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ค่าแอมโมเนีย (ammonia nitrogen), ค่าไนไตรท์ (nitrite nitrogen), ค่าไนเตรท (nitrate nitrogen) และ ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (Orthophosphate) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 8)

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 ± 0.01 , 0.98 ± 0.00 , 0.95 ± 0.01 และ 0.96 ± 0.01 mS/cm ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 8 และภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของดำรงศักดิ์ (2547) ที่ทำการทดลองระบบปลูกพืชไร้ดินและอัตราส่วนของไนเตรทต่อแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่ พบว่าค่าที่เก็บนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่าที่ต้องการนั้นจะต้องอยู่ที่ประมาณ 1.00 mS/cm หลังจากที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารในแต่ละครั้งพบว่าค่าการนำไฟฟ้านั้นมีค่าลดลงเรื่อยๆ หรือค่านั้นอาจไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในบางครั้งการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างนั้นก็ส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าพืชจะนำธาตุอาหารไปใช้และการเจือจางจากน้ำที่เติมลงไปจนถึงพลาสติกที่มีสารละลายธาตุอาหารอยู่ก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงมากกว่าความเป็นจริง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36 ± 0.08 , 7.27 ± 0.07 , 7.15 ± 0.04 และ 7.15 ± 0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ยุทธนา (2547) ที่ทำการทดลองผลของสารละลายธาตุอาหารและระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ พบว่าถ้าใช้ความเป็นกรดเป็นด่างที่ 5.5 – 6.0 จะเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกผักแต่พบว่าไม่เหมาะสมต่อพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ เนื่องจากมีผลกระทบต่อการทำให้รากเสียหาย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมและพบว่า ระดับที่เหมาะสมคือ 6.5 – 7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้าของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างๆ



ภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (ammonia nitrogen) จากการทดลองพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 ± 0.01 , 0.008 ± 0.00 , 0.006 ± 0.00 และ 0.007 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 7) โดยในชุดการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนีย 0.4 มิลลิโมล/ลิตร

ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (nitrite nitrogen) จากการทดลองพบว่า ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 ± 0.00 , 0.01 ± 0.00 , 0.03 ± 0.02 และ 0.04 ± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 8) เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification ซึ่งใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดส์ปฏิกิริยาและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีผลทำให้การตรวจพบไนไตรท์มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากภาพที่ 8 พบว่าแนวโน้มของปริมาณไนไตรท์ค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นจนมากที่สุดประมาณสัปดาห์ที่ 2 และค่อยๆ ลดลง แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์

ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) จากการทดลองพบว่า ปริมาณไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.05 ± 3.22 , 32.34 ± 3.30 , 30.80 ± 3.23 และ 33.31 ± 3.36 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 9) ซึ่งปริมาณของไนเตรท - ไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท ซึ่งมีความเสถียรในสารละลาย จนกระทั่งแอมโมเนียคงที่ ไนเตรทจึงค่อยๆ ลดลงจากการใช้ของพรรณไม้ น้ำ Olsson and Falkengren - Greup (2000)

ปริมาณฟอสฟอรัส (orthophosphate) จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ± 0.66 , 1.66 ± 0.69 , 1.75 ± 0.68 และ 1.61 ± 0.61 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 10) การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชดูดใช้ได้เร็วจึงมีปริมาณลดลง เนื่องจากการนำไปใช้ของพรรณไม้ น้ำ เพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม

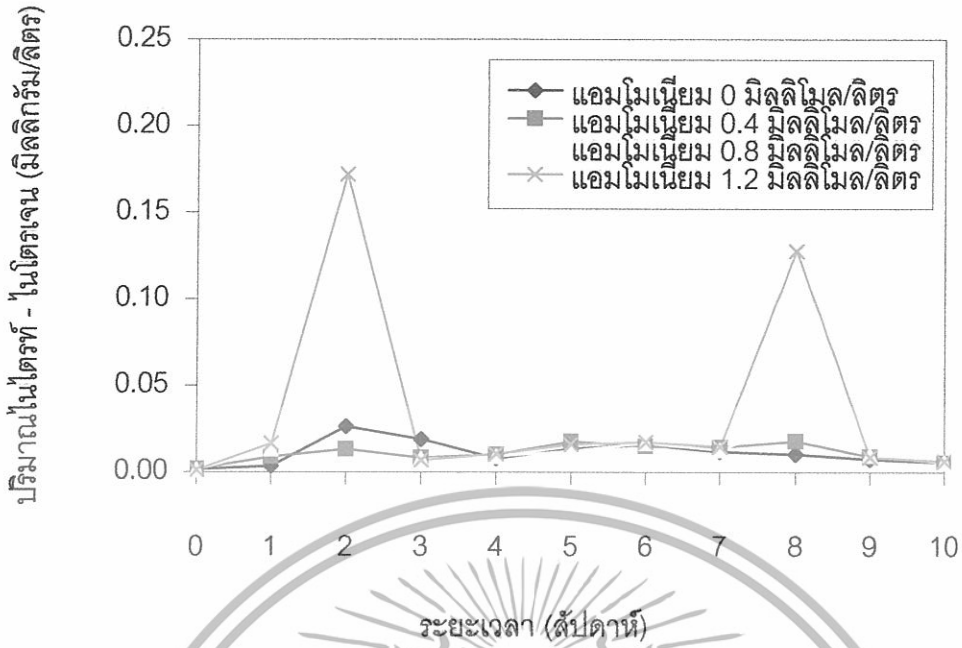
ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองปลูกพรรณไม้ในในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

คุณภาพน้ำ	สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (มิลลิโมล/ลิตร)			
	0	0.4	0.8	1.2
ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC)	0.95±0.01 ^a	0.98±0.00 ^a	0.95±0.01 ^a	0.96±0.01 ^a
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7.36±0.08 ^a	7.27±0.07 ^a	7.15±0.04 ^a	7.15±0.02 ^a
แอมโมเนีย (ammonia nitrogen)	0.006±0.01 ^a	0.008±0.00 ^a	0.006±0.00 ^a	0.007±0.00 ^a
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen)	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.03±0.02 ^a	0.04±0.02 ^a
ไนเตรท (Nitrate nitrogen)	32.05±3.22 ^a	32.34±3.30 ^a	30.80±3.23 ^a	33.31±3.36 ^a
ฟอสฟอรัส (Orthophosphate)	1.42±0.66 ^a	1.66±0.69 ^a	1.75±0.68 ^a	1.61±0.61 ^a

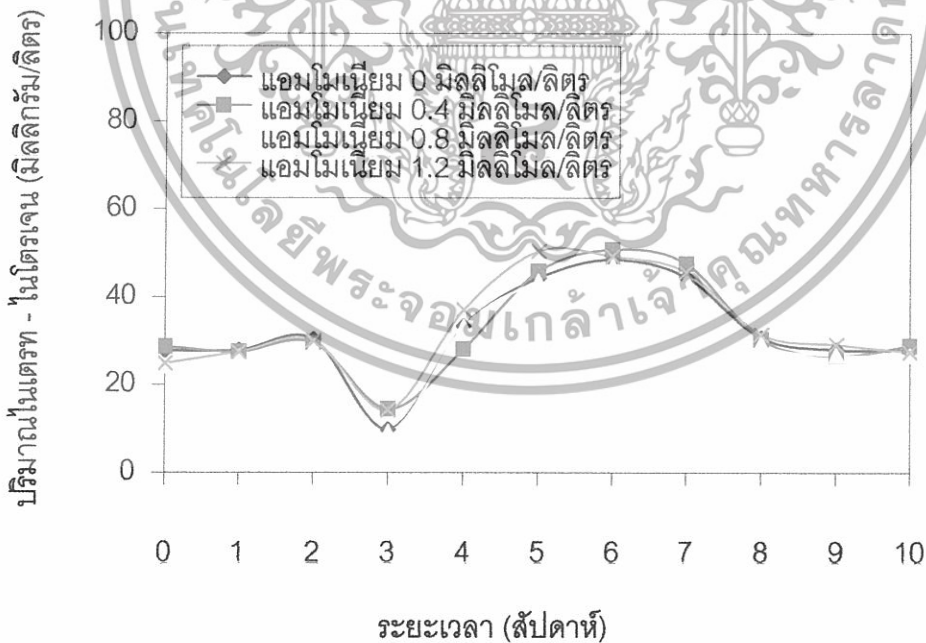


ภาพที่ 7 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ของพรรณไม้ในไบโพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

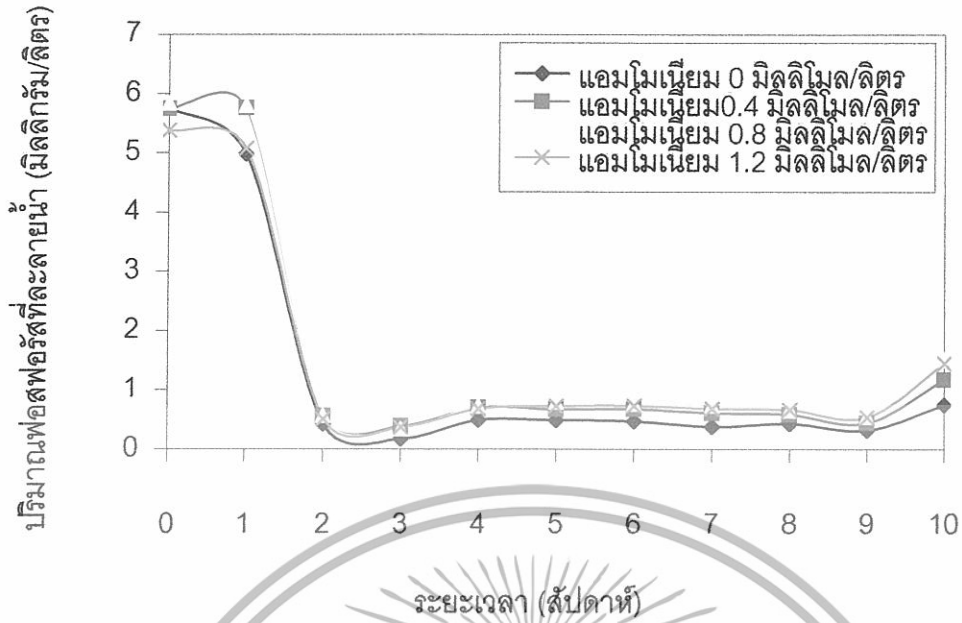


ภาพที่ 8 ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน



ภาพที่ 9 ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ของพอร์นไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

1. จากการศึกษาผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันโดยเติมแอมโมเนียมคือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร ลงในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าให้การเจริญเติบโตของจำนวนใบที่แตกต่างกัน ซึ่งแอมโมเนียมที่ทำให้การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบมากที่สุดโดยประมาณ 0.8 มิลลิโมล/ลิตร และให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.21 ± 1.57 กรัม/รางปลูก

2. จากการศึกษาการเพิ่มขึ้นของจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกากับความเข้มข้นของแอมโมเนียมในสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระดับ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร ให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 112.67 ± 18.42 ต้น

3. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน ได้แก่ เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร พบว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท และฟอสฟอรัส ตลอดจนการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาผลของแอมโมเนียมควรจะหาพรรณไม้น้ำหลายชนิดมาทำการทดลองด้วย ซึ่งจะได้มีการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในแต่ละชนิดกับสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

2. ในการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้น ควรจะเสริมธาตุอาหารประเภทแคลเซียม เพื่อให้พรรณไม้น้ำที่ปลูกนั้นมีใบที่แข็งแรงและส่งผลให้ต้นไม่มีการเจริญเติบโตที่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ค่าความยาวใบของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร
ที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	3.90	4.10	3.75	3.35	3.60	4.15	4.65	5.20
	3.05	3.75	3.10	3.30	3.50	3.75	4.10	4.40
	5.20	5.70	3.75	4.10	4.45	4.65	4.85	5.10
ค่าเฉลี่ย	3.91	4.37	3.51	3.52	3.78	4.13	4.49	4.88
SE	0.49	0.53	0.18	0.15	0.18	0.17	0.18	0.21
0.4	3.90	4.60	3.65	3.95	4.05	4.20	4.30	4.45
	2.90	3.50	3.85	4.15	4.40	4.60	4.75	5.00
	2.90	3.15	3.45	3.75	4.10	4.65	5.25	6.00
ค่าเฉลี่ย	3.28	3.83	3.68	3.98	4.19	4.46	4.71	5.04
SE	0.42	0.50	0.21	0.23	0.25	0.27	0.31	0.40
0.8	2.60	3.20	3.80	4.10	4.40	4.65	4.95	5.20
	5.70	6.55	3.85	4.15	4.40	4.50	4.60	4.75
	4.20	4.50	3.80	4.15	4.55	5.20	5.85	6.45
ค่าเฉลี่ย	4.16	4.78	3.82	4.13	4.44	4.73	5.04	5.34
SE	0.65	0.74	0.11	0.14	0.19	0.19	0.24	0.32
1.2	4.35	4.60	2.80	3.15	3.50	3.85	4.15	4.45
	2.30	2.55	3.10	3.55	4.25	4.55	4.80	5.05
	2.90	3.35	2.85	3.10	3.35	3.55	3.80	4.00
ค่าเฉลี่ย	3.22	3.52	2.93	3.29	3.74	4.04	4.31	4.56
SE	0.43	0.41	0.10	0.11	0.18	0.20	0.21	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนใบของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	4.50	5.50	8.50	12.00	12.50	15.00	16.50	20.00
	5.50	4.50	7.00	8.50	11.00	13.00	14.00	16.00
	5.00	5.00	8.50	13.50	17.50	21.50	25.00	28.50
ค่าเฉลี่ย	5.00	5.00	7.94	11.06	13.19	15.88	17.69	20.63
SE	0.22	0.35	0.60	1.08	1.31	1.69	2.10	2.39
0.4	5.00	5.00	9.50	12.00	14.00	13.00	13.00	14.00
	5.50	5.00	10.00	12.50	14.50	19.50	25.50	30.00
	5.00	4.50	7.00	10.00	12.00	11.50	12.50	14.00
ค่าเฉลี่ย	5.19	4.88	9.06	11.69	13.69	15.06	17.56	20.00
SE	0.27	0.26	0.90	0.96	0.85	1.72	3.02	3.72
0.8	5.50	4.50	5.50	6.50	16.00	17.00	18.50	19.50
	7.50	5.50	15.00	17.00	18.50	25.50	30.00	34.00
	5.00	5.50	8.00	10.00	11.50	17.00	24.00	28.50
ค่าเฉลี่ย	6.13	5.13	9.69	11.31	15.81	20.19	24.19	27.19
SE	0.62	0.42	1.91	2.22	2.54	3.20	4.21	4.73
1.2	5.50	5.50	5.00	6.00	7.00	6.50	6.50	8.00
	6.00	5.00	6.50	8.00	9.50	8.50	8.00	10.50
	5.50	4.50	6.50	8.50	9.50	8.50	7.50	8.50
ค่าเฉลี่ย	5.69	5.06	5.94	7.38	8.56	7.75	7.31	9.06
SE	0.36	0.23	0.52	0.69	0.80	0.46	0.63	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนต้นอ่อนของพรรณไม้ป่าไผ่ป่าชายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

จำนวนซ้ำ	จำนวนต้นอ่อน			
	0	0.4	0.8	1.2
1	87	76	119	134
2	65	128	61	128
3	100	61	105	76
ค่าเฉลี่ย	84	88.33	95	112.67
SE	10.21	20.30	17.47	18.42

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักเริ่มต้นของพรรณไม้ป่าไผ่ป่าชายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

จำนวนซ้ำ	น้ำหนักเริ่มต้น			
	0	0.4	0.8	1.2
1	2.87	2.96	3.10	2.68
2	3.63	3.95	3.89	3.88
3	4.03	2.58	3.61	3.04
ค่าเฉลี่ย	3.51	3.16	3.53	3.20
SE	0.34	0.41	0.23	0.36

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักสิ้นสุดของพรรณไม้ป่าไผ่ป่าชายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

จำนวนซ้ำ	น้ำหนักสิ้นสุด			
	0	0.4	0.8	1.2
1	2.48	3.08	3.32	1.49
2	2.00	3.28	4.52	2.30
3	2.74	2.35	2.43	1.57
ค่าเฉลี่ย	2.41	2.90	3.42	1.78
SE	0.22	0.28	0.61	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักสดต่อรางปลูกของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

จำนวนซ้ำ	น้ำหนักสดต่อรางปลูก			
	0	0.4	0.8	1.2
1	5.46	6.02	9.65	6.72
2	4.60	10.23	5.11	6.32
3	7.07	3.94	8.48	4.54
ค่าเฉลี่ย	5.71	6.73	7.74	5.86
SE	0.72	1.85	1.36	0.67

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

จำนวนซ้ำ	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น			
	0	0.4	0.8	1.2
1	2.59	3.06	6.55	4.04
2	0.97	6.28	1.22	2.44
3	3.04	1.36	4.87	1.50
ค่าเฉลี่ย	2.20	3.57	4.21	2.66
SE	0.63	1.44	1.57	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน
ทุกๆ 2 สัปดาห์

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	0.42	0.24	0.56	0.89	1.23	1.57	1.90	2.48
	0.16	0.27	0.55	0.84	1.13	1.42	1.61	2.00
	0.30	0.32	0.72	1.12	1.53	1.93	2.34	2.74
ค่าเฉลี่ย	0.29	0.27	0.60	0.93	1.26	1.60	1.90	2.36
SE	0.06	0.02	0.04	0.07	0.09	0.12	0.16	0.19
0.4	0.19	0.26	0.72	1.18	1.65	2.13	2.60	3.08
	0.31	0.32	0.80	1.28	1.78	2.28	2.78	3.28
	0.15	0.19	0.54	0.89	1.25	1.62	1.98	2.35
ค่าเฉลี่ย	0.22	0.26	0.70	1.14	1.60	2.05	2.51	2.97
SE	0.04	0.04	0.08	0.12	0.17	0.21	0.26	0.31
0.8	0.15	0.40	0.90	1.40	1.88	2.36	2.84	3.32
	0.32	0.33	1.01	1.70	2.40	3.11	3.81	4.52
	0.17	0.18	0.59	1.00	1.43	1.58	2.01	2.43
ค่าเฉลี่ย	0.22	0.32	0.86	1.41	1.96	2.44	2.99	3.54
SE	0.04	0.06	0.13	0.22	0.30	0.39	0.47	0.55
1.2	0.16	0.19	0.40	0.61	0.83	1.05	1.27	1.49
	0.20	0.22	0.56	0.90	1.25	1.60	1.95	2.30
	0.17	0.20	0.42	0.65	0.88	1.11	1.34	1.57
ค่าเฉลี่ย	0.17	0.20	0.46	0.73	1.00	1.27	1.54	1.81
SE	0.01	0.02	0.04	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.00	0.91	0.89	0.87	0.90	0.94	0.96	0.96	0.98	0.96	0.91
	1.00	0.95	0.94	0.95	0.97	0.97	0.97	0.92	1.00	0.98	0.93
	1.00	0.93	0.94	0.96	1.00	0.96	0.96	0.94	0.99	0.96	0.91
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.93	0.92	0.93	0.96	0.96	0.96	0.94	0.99	0.97	0.92
SE	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.4	1.00	0.99	0.97	0.98	1.02	1.06	1.06	1.03	1.08	1.00	0.95
	1.00	0.95	0.97	0.99	1.04	1.05	1.07	1.02	1.07	1.02	0.97
	1.00	0.96	0.97	0.98	1.02	1.00	1.01	0.98	1.04	0.97	0.94
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.97	0.97	0.98	1.03	1.04	1.05	1.01	1.06	1.00	0.95
SE	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
0.8	1.00	0.94	0.94	0.96	0.99	0.98	0.99	0.99	1.01	0.94	0.89
	1.00	0.94	0.94	0.95	0.97	0.96	0.95	0.96	0.98	0.96	0.90
	1.00	0.95	0.95	0.98	1.01	0.99	1.00	0.97	0.98	0.96	0.92
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.94	0.94	0.96	0.99	0.98	0.98	0.97	0.99	0.95	0.90
SE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
1.2	1.00	0.96	0.95	0.96	0.99	0.97	0.97	0.92	0.99	0.96	0.92
	1.00	0.94	0.95	0.97	1.01	1.03	1.04	0.99	1.05	1.01	0.95
	1.00	0.96	0.96	0.97	0.89	0.99	0.99	0.98	1.03	0.98	0.92
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.95	0.95	0.97	0.96	1.00	1.00	0.96	1.02	0.98	0.93
SE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7.02	7.36	7.45	7.54	7.70	7.39	7.42	7.36	7.70	7.53	7.46
	7.12	7.73	7.70	7.64	7.73	7.46	7.53	7.43	7.76	7.47	7.52
	7.15	7.75	7.54	7.61	7.72	7.45	7.51	7.41	7.69	7.63	7.49
ค่าเฉลี่ย	7.10	7.61	7.56	7.60	7.72	7.43	7.49	7.40	7.72	7.54	7.49
SE	0.03	0.12	0.07	0.02	0.08	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.01
0.4	7.00	7.55	7.49	7.67	7.69	7.27	7.29	7.31	7.62	7.48	7.64
	7.06	7.41	7.44	7.57	7.65	7.28	7.36	7.34	7.56	7.52	7.67
	7.05	7.28	7.23	7.65	7.71	7.39	7.42	7.41	7.63	7.41	7.58
ค่าเฉลี่ย	7.04	7.41	7.39	7.63	7.68	7.31	7.36	7.35	7.60	7.47	7.63
SE	0.01	0.02	0.07	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
0.8	7.03	7.25	7.15	7.43	7.51	7.26	7.31	7.36	7.52	7.38	7.47
	7.00	7.20	7.27	7.31	7.42	6.88	7.12	7.04	6.92	7.42	7.52
	7.06	7.32	7.23	7.30	7.43	7.26	7.34	7.16	7.49	7.46	7.49
ค่าเฉลี่ย	7.03	7.26	7.22	7.35	7.45	7.13	7.26	7.19	7.31	7.42	7.49
SE	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.12	0.06	0.09	0.19	0.02	0.01
1.2	7.12	7.25	7.14	7.29	7.38	7.17	7.20	7.20	7.38	7.31	7.44
	7.09	6.93	7.01	7.16	7.28	7.05	7.11	7.10	7.33	7.41	7.51
	7.04	7.15	7.24	7.35	7.43	7.26	7.28	7.16	7.46	7.39	7.48
ค่าเฉลี่ย	7.08	7.11	7.13	7.27	7.36	7.16	7.20	7.15	7.39	7.37	7.48
SE	0.02	0.09	0.06	0.05	0.04	0.06	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 ค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกา
ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
0	0.001	0.005	0.005	0.001	0.009	0.006
	0.001	0.005	0.004	0.002	0.007	0.004
	0.001	0.003	0.004	0.001	0.002	0.004
ค่าเฉลี่ย±SE	0.001±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.001±0.00	0.006±0.00	0.005±0.00
0.4	0.003	0.005	0.003	0.001	0.008	0.006
	0.002	0.003	0.004	0.001	0.007	0.006
	0.002	0.005	0.005	0.001	0.007	0.014
ค่าเฉลี่ย±SE	0.003±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.001±0.00	0.007±0.00	0.008±0.00
0.8	0.004	0.006	0.004	0.001	0.006	0.007
	0.005	0.004	0.003	0.002	0.009	0.007
	0.005	0.004	0.005	0.001	0.003	0.010
ค่าเฉลี่ย±SE	0.005±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.001±0.00	0.006±0.00	0.008±0.00
1.2	0.006	0.004	0.005	0.002	0.002	0.005
	0.006	0.004	0.004	0.001	0.009	0.011
	0.006	0.004	0.005	0.002	0.008	0.010
ค่าเฉลี่ย±SE	0.006±0.00	0.004±0.00	0.005±0.00	0.002±0.00	0.007±0.00	0.009±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 ค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกา
ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (ต่อ)

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	6	7	8	9	10
0	0.005	0.007	0.008	0.006	0.004
	0.005	0.005	0.010	0.007	0.004
	0.005	0.036	0.010	0.007	0.004
ค่าเฉลี่ย±SE	0.005±0.00	0.016±0.01	0.009±0.00	0.006±0.00	0.004±0.00
0.4	0.005	0.037	0.014	0.007	0.004
	0.005	0.038	0.012	0.008	0.004
	0.005	0.035	0.005	0.008	0.005
ค่าเฉลี่ย±SE	0.005±0.00	0.037±0.00	0.010±0.00	0.008±0.00	0.004±0.00
0.8	0.005	0.011	0.007	0.009	0.003
	0.009	0.011	0.008	0.008	0.003
	0.004	0.009	0.012	0.008	0.004
ค่าเฉลี่ย±SE	0.006±0.00	0.010±0.00	0.009±0.00	0.008±0.00	0.003±0.00
1.2	0.002	0.010	0.012	0.007	0.004
	0.007	0.011	0.013	0.007	0.003
	0.007	0.011	0.019	0.008	0.004
ค่าเฉลี่ย±SE	0.005±0.00	0.011±0.00	0.015±0.00	0.007±0.00	0.004±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 ค่าไนโตรเจน – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้ในป่าชายเลนที่
ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
0	0.002	0.003	0.015	0.028	0.011	0.014
	0.001	0.003	0.017	0.016	0.006	0.014
	0.001	0.004	0.047	0.013	0.007	0.012
ค่าเฉลี่ย±SE	0.001±0.00	0.003±0.00	0.026±0.01	0.019±0.00	0.008±0.00	0.013±0.00
0.4	0.001	0.005	0.011	0.007	0.011	0.013
	0.002	0.010	0.014	0.008	0.009	0.013
	0.002	0.011	0.015	0.009	0.010	0.026
ค่าเฉลี่ย±SE	0.002±0.00	0.009±0.00	0.013±0.00	0.008±0.00	0.010±0.00	0.017±0.00
0.8	0.001	0.020	0.440	0.008	0.007	0.012
	0.001	0.011	0.010	0.008	0.009	0.013
	0.001	0.009	0.155	0.007	0.011	0.012
ค่าเฉลี่ย±SE	0.001±0.00	0.013±0.00	0.202±0.12	0.008±0.00	0.009±0.00	0.012±0.00
1.2	0.001	0.014	0.011	0.006	0.009	0.016
	0.001	0.018	0.014	0.008	0.012	0.018
	0.001	0.017	0.490	0.006	0.010	0.014
ค่าเฉลี่ย±SE	0.001±0.00	0.016±0.00	0.172±0.15	0.007±0.00	0.010±0.00	0.016±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 ค่าไนโตรเจน – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (ต่อ)

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	6	7	8	9	10
0	0.018	0.012	0.011	0.007	0.005
	0.015	0.012	0.010	0.009	0.005
	0.014	0.011	0.009	0.007	0.006
ค่าเฉลี่ย±SE	0.016±0.00	0.012±0.00	0.010±0.00	0.007±0.00	0.006±0.00
0.4	0.014	0.013	0.016	0.009	0.005
	0.013	0.013	0.013	0.008	0.005
	0.017	0.016	0.024	0.009	0.006
ค่าเฉลี่ย±SE	0.015±0.00	0.014±0.00	0.018±0.00	0.009±0.00	0.005±0.00
0.8	0.015	0.013	0.032	0.008	0.006
	0.017	0.013	0.031	0.010	0.006
	0.018	0.012	0.025	0.010	0.005
ค่าเฉลี่ย±SE	0.017±0.00	0.013±0.00	0.029±0.01	0.010±0.00	0.006±0.00
1.2	0.015	0.012	0.118	0.009	0.005
	0.018	0.018	0.101	0.010	0.007
	0.019	0.014	0.164	0.007	0.007
ค่าเฉลี่ย±SE	0.017±0.00	0.015±0.00	0.128±0.01	0.009±0.00	0.006±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ค่าไนเตรท - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่
ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
0	31.28	30.33	32.23	12.55	26.53	44.56
	25.45	27.50	29.76	3.33	37.65	43.75
	26.53	25.62	28.89	13.49	35.66	44.56
ค่าเฉลี่ย±SE	27.75±1.79	27.82±1.36	30.29±1.00	9.79±3.24	33.28±3.42	44.29±0.26
0.4	29.69	29.53	30.52	18.42	37.25	46.16
	28.44	25.83	29.25	8.01	35.86	46.16
	27.67	27.12	28.70	16.92	11.00	44.96
ค่าเฉลี่ย±SE	28.60±0.58	27.49±1.08	29.49±0.53	14.45±3.24	28.03±8.52	45.76±0.40
0.8	27.22	27.09	27.58	7.53	31.00	43.35
	22.50	25.97	28.56	8.32	33.07	43.75
	23.26	26.01	29.29	11.90	35.66	43.35
ค่าเฉลี่ย±SE	24.33±1.46	26.35±0.36	28.4±0.49	9.25±1.34	33.24±1.34	43.49±0.13
1.2	25.73	27.82	29.10	4.47	38.05	71.45
	24.62	27.12	29.54	15.47	37.25	36.13
	24.23	27.50	31.07	22.65	35.66	43.35
ค่าเฉลี่ย±SE	24.86±0.44	27.48±0.20	29.90±0.59	14.20±5.28	36.98±0.70	50.31±10.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ค่าไนเตรท - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่
ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (ต่อ)

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	6	7	8	9	10
0	50.00	45.62	33.63	29.14	27.24
	49.13	45.62	31.21	28.56	29.74
	46.12	42.02	27.10	26.21	26.58
ค่าเฉลี่ย±SE	48.42±1.17	44.42±1.20	30.64±1.90	27.97±0.89	27.66±0.96
0.4	50.00	49.62	33.80	29.53	29.12
	52.15	43.22	27.96	27.56	28.72
	50.00	49.62	29.20	22.77	28.62
ค่าเฉลี่ย±SE	50.71±0.71	47.49±2.13	30.32±1.77	26.62±2.00	28.82±0.15
0.8	46.98	43.62	31.69	26.92	27.87
	47.19	43.62	30.65	26.76	26.65
	46.98	44.02	25.75	26.53	25.66
ค่าเฉลี่ย±SE	47.05±0.07	43.76±0.13	29.36±1.83	26.74±0.11	26.73±0.63
1.2	47.41	45.62	28.51	28.34	27.04
	50.86	46.42	33.73	29.62	28.26
	49.13	44.82	31.97	29.37	27.01
ค่าเฉลี่ย±SE	49.13±0.99	45.62±0.46	31.40±1.53	29.11±0.39	27.44±0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

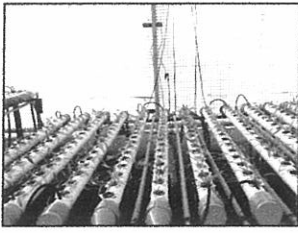
แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
0	5.81	4.12	0.33	0.06	0.41	0.45
	5.73	5.25	0.41	0.07	0.45	0.39
	5.72	5.58	0.54	0.39	0.63	0.61
ค่าเฉลี่ย±SE	5.75±0.03	4.98±0.44	0.43±0.06	0.71±0.10	0.49±29.54	0.48±0.06
0.4	5.86	5.51	0.51	0.33	0.58	0.59
	5.56	5.44	0.55	0.39	0.68	0.64
	5.82	6.31	0.62	0.45	0.83	0.78
ค่าเฉลี่ย±SE	5.75±0.09	5.75±0.27	0.56±0.02	0.39±0.03	0.70±31.56	0.67±0.05
0.8	5.76	6.31	0.62	0.30	0.81	0.85
	6.06	5.51	0.55	0.36	0.72	0.82
	5.68	5.58	0.51	0.35	0.67	0.71
ค่าเฉลี่ย±SE	5.83±0.11	5.80±0.25	0.56±0.03	0.34±0.01	0.73±18.31	0.79±0.04
1.2	5.42	5.38	0.53	0.27	0.71	0.74
	5.42	4.52	0.45	0.38	0.63	0.68
	5.31	5.31	0.53	0.47	0.68	0.75
ค่าเฉลี่ย±SE	5.38±0.06	5.07±0.27	0.50±0.02	0.37±0.05	0.68±10.61	0.72±0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (ต่อ)

แอมโมเนียม	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	6	7	8	9	10
0	0.48	0.36	0.42	0.31	0.75
	0.39	0.32	0.42	0.31	0.75
	0.54	0.45	0.45	0.34	0.75
ค่าเฉลี่ย±SE	0.47±0.04	0.38±0.03	0.43±0.01	0.32±0.00	0.75±0.00
0.4	0.59	0.54	0.53	0.39	1.04
	0.68	0.61	0.56	0.42	1.15
	0.74	0.68	0.64	0.51	1.35
ค่าเฉลี่ย±SE	0.67±0.04	0.61±0.04	0.58±0.03	0.44±0.03	1.18±0.09
0.8	0.83	0.80	0.72	0.61	1.65
	0.79	0.82	0.67	0.57	1.74
	0.65	0.58	0.56	0.47	1.17
ค่าเฉลี่ย±SE	0.76±0.05	0.73±0.07	0.65±0.04	0.55±0.04	1.52±0.17
1.2	0.71	0.70	0.67	0.55	1.50
	0.73	0.65	0.64	0.51	1.37
	0.74	0.69	0.67	0.56	1.48
ค่าเฉลี่ย±SE	0.73±0.09	0.68±0.01	0.66±0.00	0.54±0.01	1.45±0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

ภาพผนวกที่ 1 ระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน DFT (a) ถึงใส่สารละลายธาตุอาหาร (b)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

ภาพผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาสัปดาห์ที่ 0 (a) สัปดาห์ที่ 2 (b)

สัปดาห์ที่ 4 (c) สัปดาห์ที่ 6 (d) สัปดาห์ที่ 8 (e) สัปดาห์ที่ 10 (f) สัปดาห์ที่ 12 (g)

และสัปดาห์ที่ 14 (h)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้