

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มไบพาย (*Cryptocoryne* sp.)
แบบไร้น้ำเพื่อการส่งออก

Production of aquatic plant *Cryptocoryne* sp. in
hydroponic systems for export

โดย

ผศ. ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ดร. อัจฉรี เรืองเดช

นางสาวบุปผา จงพัฒน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนวิจัยจากรายได้ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	5
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	5
ผลการทดลองและวิจารณ์	8
สรุป	21
เอกสารอ้างอิง	23



RCH
QK
102
น 139 ร

เลขหมู่.....**75518**
เลขทะเบียน.....**- 6 พ.ย. 2550**
วัน,เดือน,ปี.....

11838413
b.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างๆ กัน	9
2	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการปลูกพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่มีสูตรสารละลายธาตุอาหารต่างๆ กัน ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน	10
3	การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาของสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	16
4	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการปลูกพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่มีสารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมระดับต่างๆ กัน	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	(ก) ใบพาย วาน้ำ (<i>Cryptocoryne ciliata</i>) (ข) ใบพายศรีลังกา (<i>Cryptocoryne wendtii</i>) และ(ค) ใบพายเขาใหญ่ (<i>Cryptocoryne balansae</i>)	4
2	น้ำหนักสดสิ้นสุดเฉลี่ย (กรัม/ต้น) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างกัน	9
3	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm) ของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่ปลูก ในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	12
4	ความเป็นกรดเป็นด่าง ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน	12
5	ปริมาณแอมโมเนีย ในโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบ พวยศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน	13
7 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบ พวยศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน	14
8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้า ใบพวยศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน	14
9 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกา ที่ปลูก ในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	18
10 ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	19
11 ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	19
12 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	20
13 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	20
14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูก ในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มไบพาย (*Cryptocoryne* sp.) แบบไร้ดินเพื่อการส่งออก

นนนุช เลาหะวิสุทธิ อัจฉริ เรืองเดช และบุปผา จงพัฒน์

การทดลองผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม และ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมต่อที่มีต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไบพายศรีลังกา ระยะเวลา 10 สัปดาห์ จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไบพายศรีลังกาที่ปลูกในระบบ DFT โดยเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม (N:P₂O₅:K₂O) ต่างกัน 4 สูตร คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia (1:0.41:0.85) สูตร Netherlands (1:0.5:1.82) สูตร Belgium (1:0.55:2.01) และสูตร KMITL1 (1:0.46:1.36) พบว่าการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไบพายศรีลังกา ที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน 1:0.46:1.36 (สูตร KMITL1) ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยน้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุดมากที่สุด คือ 6.25±0.34 กรัมต่อด้วยปลูก รองลงมาคือ 1:0.5:1.82 (สูตร Netherlands) 1:0.41:0.85 (สูตร Australia) และ 1:0.55:2.01 (สูตร Belgium) ตามลำดับ จากนั้นได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm พบว่าการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไบพายศรีลังกาที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 14.4 ppm ดีที่สุด แต่ไม่มีอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลอง โดยน้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุดมากที่สุด คือ 7.74 ± 1.36 กรัมต่อด้วยปลูก รองลงมาคือ 7.2, 21.6 และ 0 ppm ตามลำดับ

คำสำคัญ: พรรณไม้น้ำ ไบพายศรีลังกา การปลูกแบบไร้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production of aquatic plant *Cryptocoryne* sp. In hydroponics systems for export

Nongnuch Laohavisuti, Uscharee Ruangdej and Buppha Jongput

Abstract

The aims of this experiment are to study effect of nitrogen, phosphorus and potassium ratio and the concentration of ammonium in nutrient solutions on the growth of *Cryptocoryne* sp. Four formulae of nutrient solutions with nitrogen, phosphorus and potassium ratio of Australia formula (1:0.41:0.85), Netherlands formula (1:0.5:1.82), Belgium formula (1:0.55:2.01) and KMITL1 formula (1:0.46:1.36) were used to investigated the growth of *Cryptocoryne* sp. grown in the Deep Flow Technique (DFT) systems with 2" PVC tube. It was found that the plant grew best in the ratio of KMITL1 formula that gave the highest fresh weights (6.25 ± 0.34). The secondary experiment investigated the effect of the concentration of nutrient solutions for *Cryptocoryne* sp. in the DFT system with 2" PVC tube, by using concentration of ammonium in nutrient solutions. The four concentrations treatments were adjusted at the ammonium concentration of 0.0, 7.2, 14.4 and 21.6 ppm. It was found that solution with ammonium concentration at 14.4 ppm yielded the highest average fresh weight (7.74 ± 1.36) but there are no significant differences among treatments.

Keywords: aquatic plant *Cryptocoryne* sp. Hydroponics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันตลาดพรรณไม้น้ำสวยงามได้มีการขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากพรรณไม้น้ำสวยงามที่ใช้ประดับตกแต่งในตู้ปลา และตู้พรรณไม้น้ำเป็นที่นิยมทั้งในและต่างประเทศ ทำให้มูลค่าการส่งออกสูงนับร้อยล้านบาทต่อปี และยังมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันในต่างประเทศมีงานอดิเรกที่นิยมกันมากคือ การจัดตู้พรรณไม้น้ำที่จัดตกแต่งด้วยพรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ หลากหลายรูปแบบและสีสัน คล้ายกับการจัดสวน โดยมีปลาขนาดเล็กเป็นส่วนประกอบให้ดูมีชีวิตชีวามากขึ้น พรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ ที่นิยมจะมีหลากหลายชนิด รูปแบบต่างๆ กัน พรรณไม้น้ำที่นิยมกันมากมักจะเป็นพรรณไม้น้ำที่มีสีสันสวยงาม และมีความทนทานสามารถปลูกประดับอยู่ในตู้ได้เป็นเวลานาน พรรณไม้น้ำกลุ่มใบพาย *Cryptocoryne* sp. มีชื่อสามัญว่า Crypts หรือ คริป (ภาพที่ 1) เป็นพรรณไม้น้ำสวยงามอีกชนิดหนึ่งที่มีสีสันสวยงาม (ยุพา, 2532; Rataj and Horeman, 1977) นิยมใช้ประดับตกแต่งในตู้ปลา และตู้พรรณไม้น้ำเป็นอันดับต้นๆ มักปลูกไว้บริเวณกลางตู้ ชนิดที่นิยมเลี้ยง ได้แก่ ใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) ใบพายวาน้ำ (*Cryptocoryne ciliata*) ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) ผมหอม (*Cryptocoryne tonkinensis*) คริป (*Cryptocoryne cortata*) และบอนแดง (*Cryptocoryne blassii*) มักปลูกไว้บริเวณกลางตู้ มีลักษณะเด่น คือ ลำต้นเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน มีไหลสั้นๆ ใบแตกออกเป็นกระจุกรอบๆ ข้อแทงขึ้นมาจากพื้น เส้นใบเรียงตัวขนานกัน ก้านใบเป็นโพรง ดอกออกเป็นช่อชูขึ้นมาเหนือน้ำ (ภาพที่ 1) และมีความทนทานสามารถปลูกประดับอยู่ในตู้ได้นานหลายเดือน ในแต่ละปีจะเกิดใบใหม่ 8-10 ใบ (วันเพ็ญ และกาญจนา, 2543; Windelov, 1999) ซึ่งจากลักษณะเด่นดังกล่าวเหล่านี้เองทำให้กลุ่มใบพายเป็นที่นิยมและมีความต้องการสูง ทำให้ผู้ค้าต้องทำการเก็บรวบรวมกลุ่มใบพายเขาใหญ่จากธรรมชาติมากขึ้น จนน่าเป็นห่วงว่ากลุ่มใบพายในธรรมชาติจะลดจำนวนลงจนสูญพันธุ์ได้ในอนาคต เนื่องจากกลุ่มใบพายขยายพันธุ์ช้ามาก การขยายพันธุ์ของใบพายเขาโดยอาศัยเหง้าจะเพิ่มจำนวนต้นใหม่ได้ไม่เกิน 2-3 ต้นต่อปี ถ้าหากเป็นต้นที่มีอายุมากหลายปีจะขยายพันธุ์ได้โดยการตัดแบ่งเหง้าได้ครั้งละ 5-15 ต้นเท่านั้น (Rataj and Horeman, 1977) ในปัจจุบันประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำกลุ่มใบพาย ได้แก่ ใบพาย *Cryptocoryne lucens* (Kane et al., 1990) ใบพายศรีลังกา *Cryptocoryne wendtii* (มณีรัตน์และอรุณี, 2542; Kane et al., 1999) และใบพายเขาใหญ่ *Cryptocoryne balansae* (มณีรัตน์, 2546) การผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มใบพายจำนวนมากจะประสบความสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์แล้วก็ต่อเมื่อสามารถนำต้นอ่อนจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาเลี้ยงจนได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินมีหลายระบบ ได้แก่ ระบบปลูกทรายหยาบ (Coarse sand culture) ระบบ Nutrient film technique (NFT) ระบบ Deep flow techniques (DFT) และระบบปลูกโฟม (Floating system) (นงนุช, 2547) จากการทดลองเกี่ยวกับระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 3 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) พบว่าใบพายเขาใหญ่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระบบ Deep flow techniques (มณีรัตน์ และคณะ, 2548)

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ หากธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพรรณไม้น้ำไม่เพียงพอ พรรณไม้น้ำก็ไม่เจริญเติบโต หรือแสดงอาการผิดปกติ และไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ เมื่อขาดธาตุนั้น (Hewitt and Smith, 1974) มีธาตุอาหารหลายชนิดที่พรรณไม้น้ำต้องการเพียงเล็กน้อย แต่ขาดไม่ได้ เช่น การทดลองฉีดพ่นกรดโมลิบดีนัมเข้มข้น 1 ppm ที่ใบพืช ซึ่งขาดโมลิบดีนัมเพื่อให้พืชดูดทางใบ จะทำให้กลับปกติได้ (Amon and Stout, 1939) ซึ่งเรื่องของสารละลายธาตุอาหารถือว่าเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการปลูกพืช นอกจากนี้ยังรวมถึงคุณสมบัติของน้ำบางชนิดปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่นำมาใช้ปลูกพืช (อิทธิสุนทร, 2538; ดิเรก, 2546)

ดังนั้นการศึกษาเพื่อทราบถึงอัตราส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม และความเข้มข้นของแอมโมเนียมที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของใบพาย จึงเป็นประเด็นสำคัญในการเลี้ยงพรรณไม้น้ำชนิดนี้ให้ประสบผลสำเร็จอย่างแท้จริง และสามารถส่งเสริมอาชีพเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำของเกษตรกรไทยอย่างถูกวิธี ตลอดจนธุรกิจการส่งออกพรรณไม้น้ำได้มากขึ้นและเพิ่มมูลค่าการส่งออกของประเทศต่อไป



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 1 (ก) ใบพาย วาน้ำ (*Cryptocoryne ciliata*) (ข) ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) และ (ค) ใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในน้ำกลุ่มใบพาย
2. เพื่อศึกษาหาธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในน้ำกลุ่มใบพาย
3. เพื่อนำข้อมูลถ่ายทอดให้เกษตรกรได้รับความรู้ในการเพิ่มผลผลิตพรรณไม้ในน้ำกลุ่มใบพายอย่างถูกวิธี
4. เพื่อเป็นแนวทางเลือกของเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิตพรรณไม้ในน้ำของประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้จะศึกษาในพรรณไม้ในน้ำใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne weddii*) ซึ่งเป็นตัวแทนของพรรณไม้ในน้ำในกลุ่มใบพายที่มีการส่งออกมาก

1. การศึกษาผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยมีโดยมีสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม (N: P₂O₅: K₂O) 4 อัตราส่วน ในแต่ละอัตราส่วนทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วน N: P₂O₅: K₂O เท่ากับ 1: 0.41: 0.85 (สูตร Australia)
- ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วน N: P₂O₅: K₂O เท่ากับ 1: 0.50: 1.82 (สูตร Netherlands)
- ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วน N: P₂O₅: K₂O เท่ากับ 1: 0.55: 2.01 (สูตร Belgium)
- ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน N: P₂O₅: K₂O เท่ากับ 1: 0.46: 1.36 (สูตร KMITL1)

1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 นำพรรณไม้ในน้ำใบพายศรีลังกาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากการทดลองที่ 1 (อายุ 6 สัปดาห์) ตัดแยกเป็นต้นเดี่ยวล้างอาหารเลี้ยงเชื้อออกให้หมด ตัดรากและใบออกบางส่วนเพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้น พันด้วยฟองน้ำ ใส่ในถ้วยปลูก อนุบาลบนโฟมที่ลอยน้ำ คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นลดความชื้นลงโดยการเปิดพลาสติกคลุมเพียงบางส่วน เพื่อให้พรรณไม้ในน้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

1.2.2 นำพรรณไม้ในน้ำใบพายศรีลังกาที่มีความยาวของลำต้นและจำนวนของใบที่ใกล้เคียงกันจำนวน 240 ต้นไปทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ซึ่งระบบปลูกทำมาจากท่อ PVC สีขาว ความยาว 3 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 5รศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 20 ช่องต่อราง โดยมีระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารไหลผ่าน รากพรรณไม้ในน้ำตลอดเวลา ในชุดทดลองประกอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม (N: P₂O₅: K₂O) 4 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 3 กรัม จำนวนพรรณไม้ในน้ำแต่ละ 20 ต้น โดยปรับให้มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย เท่ากับ 1.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าความเป็นกรด เป็นด่างเท่ากับ 7.0 – 7.5 ในทุกเช้า ซึ่งในระหว่างการทดลองจะมีการรักษาระดับของความเป็นกรดเป็นด่าง ในสารละลายธาตุอาหารให้คงที่ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และมีการเติมน้ำเมื่อน้ำในถังสารละลายลดลงพร้อมทั้งปรับค่าการ นำไฟฟ้าให้เท่ากับก่อนเติมน้ำ

1.2.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ โดยพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ การนำไฟฟ้าของ สารละลายธาตุอาหาร (electrical conductivity) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนทั้งหมด (total ammonia nitrogen) ปริมาณไนไตรท์ ไนโตรเจน (nitrite nitrogen) ปริมาณ ไนเตรท ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (orthophosphate)

1.3.1 ชั่งน้ำหนักสดของพรรณไม้ในน้ำทั้งก่อนและระหว่างการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้แก่ น้ำหนัก ต้น ความยาวใบ และความยาวลำต้น แต่ละ 5 ต้น

2. ผลของธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในน้ำใบพายศรีลังกา

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) มี 4 ชุดการทดลอง โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 4 ระดับ เป็นปัจจัยในการทดลอง ในแต่ละระดับทำการ ทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ดังนี้

- | | | |
|------------------|-----------------------------------------------|-----------------|
| ชุดการทดลองที่ 1 | ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0 | ppm (ชุดควบคุม) |
| ชุดการทดลองที่ 2 | ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 7.2 | ppm |
| ชุดการทดลองที่ 3 | ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 14.4 | ppm |
| ชุดการทดลองที่ 4 | ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 21.6 | ppm |

โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 นำพรรณไม้ในน้ำใบพายศรีลังกาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (อายุ 6 สัปดาห์) ตัดแยกเป็นต้น เดี่ยวล้างอาหารเลี้ยงออกให้หมด ตัดรากและใบออกบางส่วนเพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้น พันด้วยฟองน้ำ ใสในถ้วยปลูก อนุบาลบนโฟมที่ลอยน้ำ คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นลด

ความชื้นลงโดยการเปิดพลาสติกคลุมเพียงบางส่วน เพื่อให้พรรณไม้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

2.2.2 นำพรรณไม้ในพายศรีลังกาที่มีความยาวของลำต้นและจำนวนของใบที่ใกล้เคียงกัน จำนวน 240 ต้นไปทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ซึ่งระบบปลูกทำมาจากท่อ PVC สีขาว ความยาว 3 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 20 ช่องต่อราง โดยมีระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพรรณไม้ตลอดเวลา ในชุดทดลองประกอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกันทั้ง 4 ระดับๆ ละ 3 ซ้ำ จำนวนพรรณไม้ซ้ำละ 20 ต้น โดยปรับให้มีความนำไฟฟ้าของสารละลาย เท่ากับ 1.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7.0 – 7.5 ในทุกซ้ำ ซึ่งในระหว่างการทดลองจะมีการรักษาระดับของความเป็นกรดเป็นด่างในสารละลายธาตุอาหารให้คงที่ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และมีการเติมน้ำเมื่อน้ำในถังสารละลายลดลงพร้อมทั้งปรับค่าการนำไฟฟ้าให้เท่ากับก่อนเติมน้ำ

2.2.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ โดยพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด (total ammonia nitrogen) ปริมาณไนไตรท์ ไนโตรเจน (nitrite nitrogen) ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (Orthophosphate)

2.3 การเก็บข้อมูล

2.3.1 ชั่งน้ำหนักสดของพรรณไม้ทั้งก่อนและระหว่างการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้แก่ น้ำหนักต้น ความยาวใบ และความยาวลำต้น ซ้ำละ 5 ต้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักต้น ความยาวใบ และความยาวลำต้นมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพวยศรีลังกา

1.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้ใบพวยศรีลังกา

ผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) 4 อัตราส่วน ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia (1:0.41:0.85) สูตร Netherlands (1:0.5:1.82) สูตร Belgium (1:0.55:2.01) และสูตร KMITL1 (1:0.46:1.36) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ใบพวยศรีลังกาในระบบปลูกแบบ DFT เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสดสิ้นสุดเฉลี่ยของใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 (6.25 ± 0.34) น้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia (5.13 ± 0.42) สูตร Netherlands (4.34 ± 0.16) และสูตร Belgium (3.27 ± 0.39) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 มีน้ำหนักมากกว่าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands และสูตร Belgium ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Netherlands กับสูตร Belgium ($P > 0.05$) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) ไม่สอดคล้องกับณัฐกร (2549) ทดลองปลูกผักสลัดในสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands และสูตร Belgium พบว่า ในฤดูฝนผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาเป็น สูตร Australia และสูตร Netherlands ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างในการปลูกในฤดูหนาว

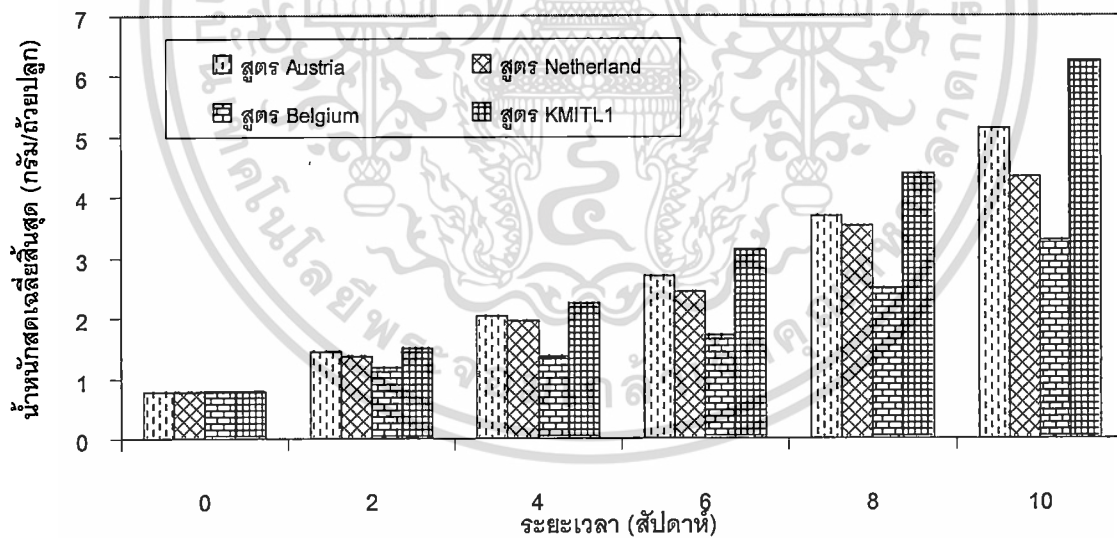
1.2 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร

ผลของการศึกษาคุณภาพน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) 4 อัตราส่วน ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia (1:0.41:0.85) สูตร Netherlands (1:0.5:1.82) สูตร Belgium (1:0.55:2.01) และสูตร KMITL1 (1:0.46:1.36) พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนในไนโตรเจน และ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นการนำไฟฟ้าของสารละลาย และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างๆ กัน

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกา (กรัม/ถ้วยปลูก)			
	สูตร Australia	สูตร Netherlands	สูตร Belgium	สูตร KMITL1
0	0.77±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a
2	1.44±0.01 ^b	1.37±0.09 ^b	1.18±0.02 ^a	1.49±0.06 ^b
4	2.04±0.21 ^a	1.94±0.13 ^{ab}	1.37±0.08 ^a	2.24±0.25 ^b
6	2.71±0.39 ^{ab}	2.43±0.28 ^{ab}	1.70±0.08 ^a	3.13±0.46 ^b
8	3.68±0.54 ^{ab}	3.52±0.67 ^{ab}	2.49±0.44 ^a	4.37±0.26 ^b
10	5.13±0.42 ^b	4.34±0.16 ^{ab}	3.27±0.39 ^a	6.25±0.34 ^c

*อักษรที่แสดงต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 น้ำหนักสดสิ้นสุดเฉลี่ย (กรัม/ถ้วยปลูก) ของพรรณไม้หน้าใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในทุกชุดการทดลอง ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายของสูตร Australia, Netherlands, Belgium และ KMITL1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05, 0.95, 1.05 และ 0.96 mS/cm ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยการนำไฟฟ้าของสารละลายของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia และสูตร Belgium มีค่าสูงกว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายของสารละลายธาตุอาหารสูตร Netherlands และสูตร KMITL1 (ภาพที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับนนุช และยุทธนา (2548) ทดลองเลี้ยงพรรณไม้หน้าใบพายเขาใหญ่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm พบว่า พรรณไม้หน้าใบพายเขาใหญ่เจริญเติบโตดีที่สุดที่ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร 1.0 mS/cm แต่ให้ผลแตกต่างจากการทดลองของวันเพ็ญ มีนกาญจน์ (2547) ที่ทดลองนำบอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit, 1960) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกปลูกในระบบการปลูกแบบไร้ดิน พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหาร ที่มีระดับความเข้มข้น 0.5 mS/cm มีผลให้ต้นอ่อนของบอนแดงเจริญเติบโตดีที่สุด (2 เดือน) โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.33 ± 0.078 กรัม/ต้น

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการปลูกพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่มีสูตรสารละลายธาตุอาหารต่างๆ กัน ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

คุณภาพน้ำ	สูตรสารละลายธาตุอาหาร			
	Australia	Netherlands	Belgium	KMITL1
การนำไฟฟ้าของสารละลาย (mS/cm)	1.05 ± 0.01^a	0.95 ± 0.01^b	1.05 ± 0.01^a	0.96 ± 0.01^b
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.30 ± 0.02^a	7.31 ± 0.03^a	7.22 ± 0.03^a	7.25 ± 0.04^a
แอมโมเนียทั้งหมด (ppm)	0.16 ± 0.03^a	0.14 ± 0.03^a	0.560 ± 0.39^a	0.55 ± 0.01^a
ไนโตรเจน ไนโตรเจน (ppm)	0.06 ± 0.02^a	0.06 ± 0.02^a	0.19 ± 0.05^a	0.25 ± 0.21^a
ไนเตรท ไนโตรเจน (ppm)	90.30 ± 2.44^a	86.20 ± 3.15^a	93.70 ± 3.05^a	83.92 ± 3.04^a
ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm)	6.00 ± 1.04^a	9.41 ± 1.21^b	12.41 ± 1.22^b	10.00 ± 1.22^b

*อักษรที่แสดงต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands สูตร Belgium และสูตร KMITL1 ตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.30, 7.31, 7.22 และ 7.25 ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับมัลลิกา (2550) ทดลองเลี้ยงพรรณไม้หน้าเมซอนแอฟริกาในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-

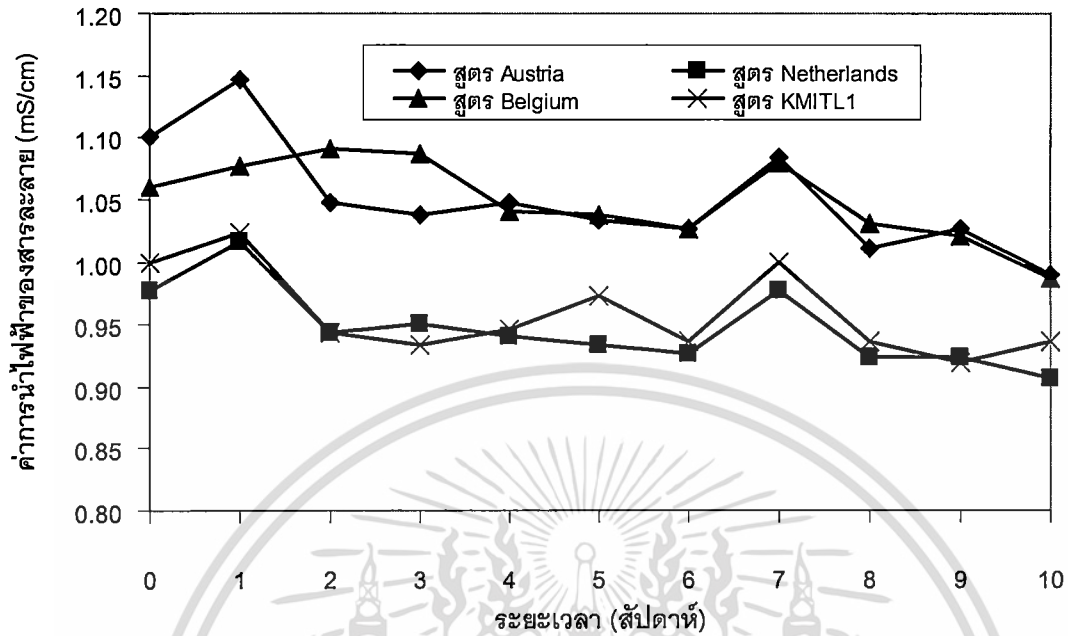
7.5 พบว่า พรรณไม้เนื้ออ่อนเมซอนแอฟริกาเจริญเติบโตดีที่สุดในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0-7.5

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย ของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands สูตร Belgium และสูตร KMITL1 มีค่าเท่ากับ 0.16, 0.14, 0.56 และ 0.55 ppm ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 5)

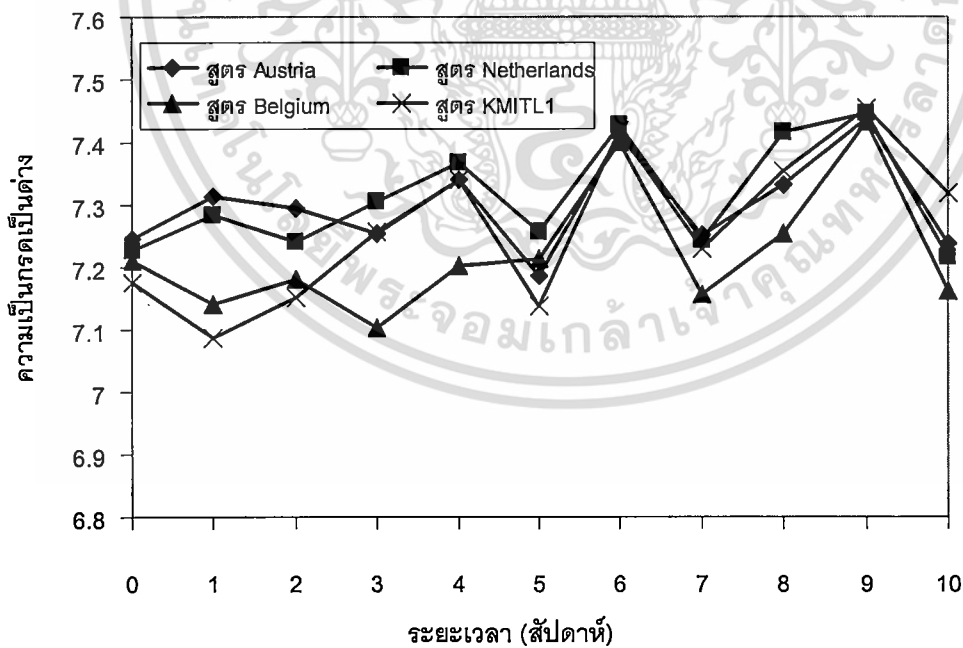
ปริมาณไนโตรทไนโตรเจนเฉลี่ยของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands สูตร Belgium และสูตร KMITL1 มีค่าเท่ากับ 0.06, 0.06, 0.19 และ 0.25 ppm ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรทไนโตรเจน ของสารละลาย ธาตุอาหารสูตร Belgium และสูตร KMITL1 จะมีค่าสูงขึ้นมาในสัปดาห์ที่ 1 และลดลงจนเกือบคงที่ใน สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 6)

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands สูตร Belgium และสูตร KMITL1 มีค่าเท่ากับ 90.30, 86.20, 93.70 และ 83.92 ppm ตามลำดับและไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งตลอดการทดลองปริมาณไนเตรทไนโตรเจนค่อยข้างคงที่ (ภาพ ที่ 7)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเฉลี่ยของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Netherlands สูตร Belgium และสูตร KMITL1 มีค่าเท่ากับ 6.00, 9.41, 12.41 และ 10.00 ppm ตามลำดับ และมีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia มีค่าน้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Netherlands และสูตร KMITL1 และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Netherlands และสูตร KMITL1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P> 0.05$) (ภาพที่ 8)

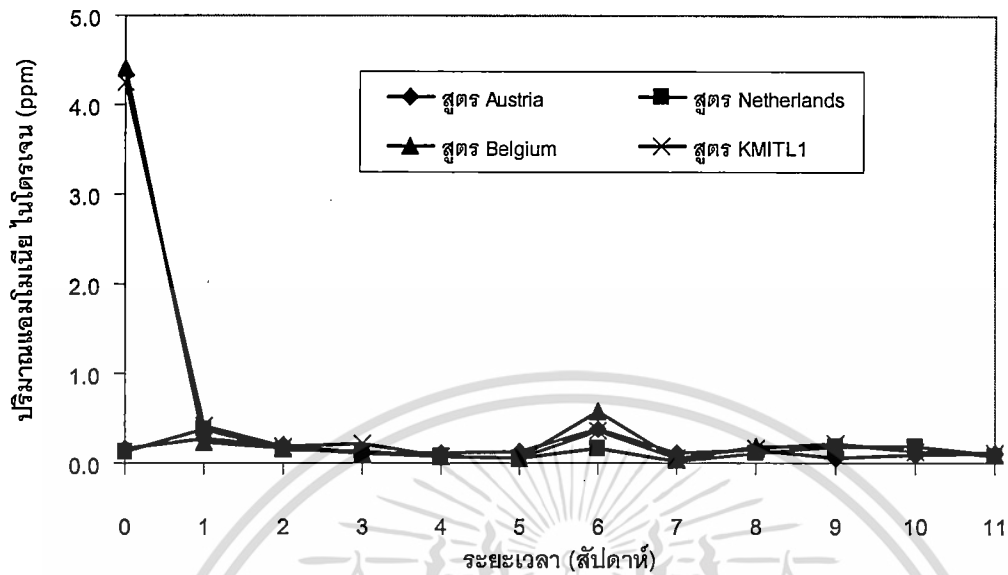


ภาพที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

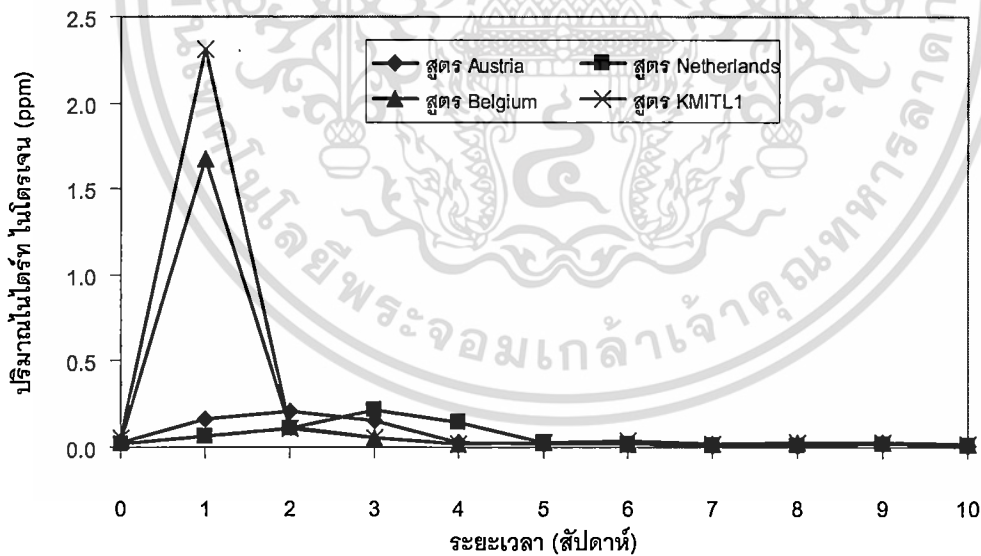


ภาพที่ 4 ความแตกต่างของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน

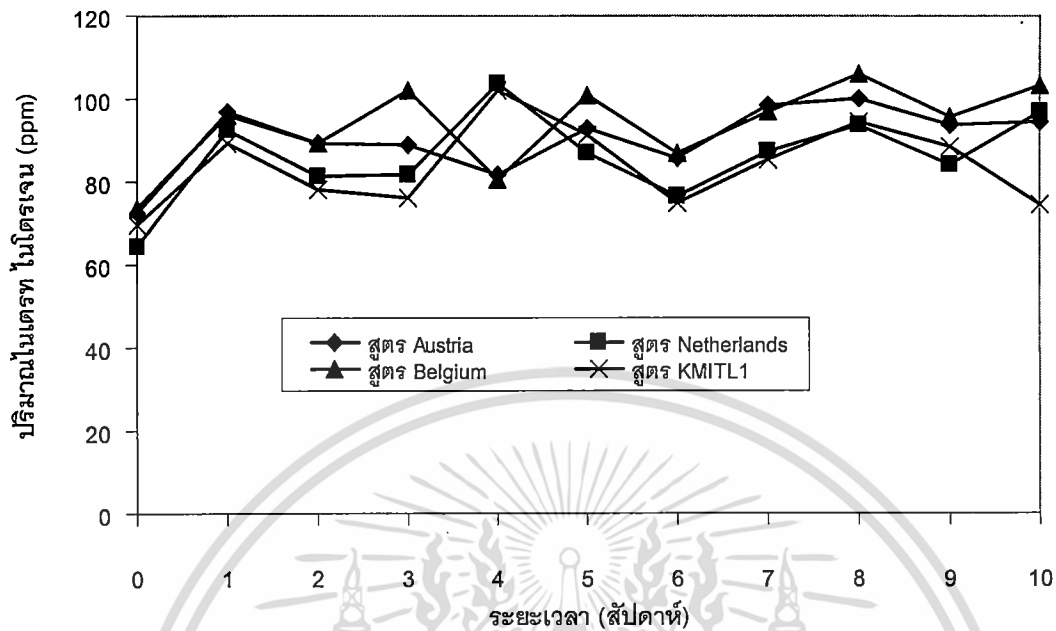
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 12 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



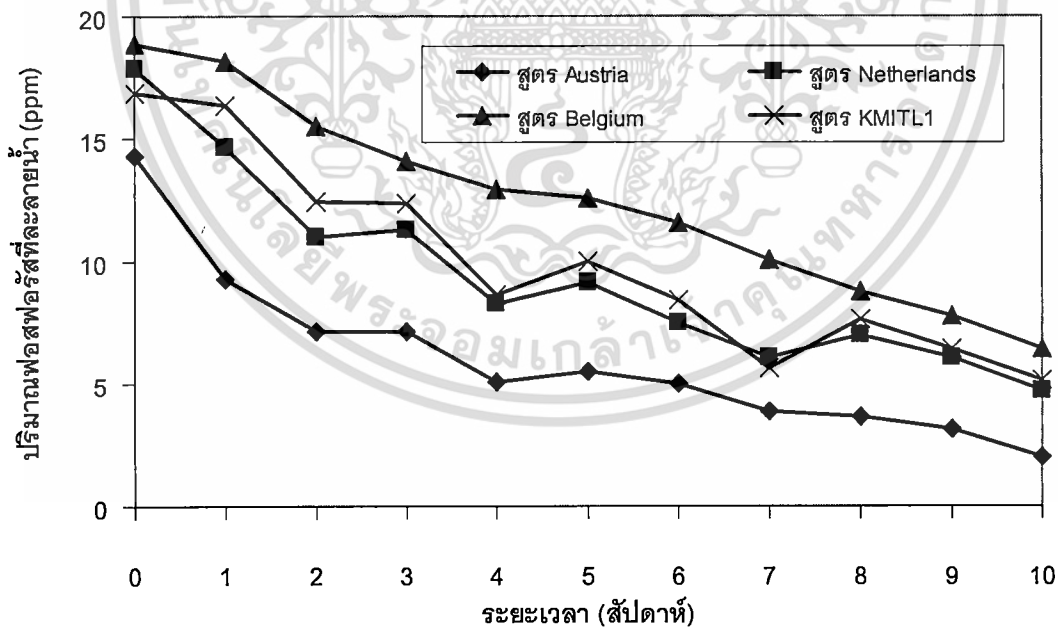
ภาพที่ 5 ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบพาย ศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน



ภาพที่ 6 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบพาย ศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน



ภาพที่ 7 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบพาย ศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน



ภาพที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกพรรณไม้หน้าใบพาย ศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ ใบพายศรีลังกา

2.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้ใบพายศรีลังกา

จากการทดลองศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ใบพายศรีลังกา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm ในระบบ DFT เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักสด ความสูงของต้น และ จำนวนต้นอ่อน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนจำนวนใบของใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3)

น้ำหนักพรรณไม้ใบพายศรีลังกา ผลของการปลูกใบพายศรีลังกาในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน พบว่าน้ำหนักสดสิ้นสุด และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 3) น้ำหนักเริ่มต้นของพรรณไม้ใบพายศรีลังกา ก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51, 3.16, 3.53 และ 3.20 กรัม/ถ้วยปลูก ตามลำดับ น้ำหนักสดสิ้นสุดของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71, 6.73, 7.74 และ 5.86 กรัม/ถ้วยปลูก ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20, 3.57, 4.21 และ 2.66 กรัม/ถ้วยปลูก ตามลำดับ โดยชุดการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่เติมแอมโมเนียม 14.4 ppm มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Jongput et al. (2007) ทดลองเลี้ยงพรรณไม้ใบพายศรีลังกาแอฟริกาในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียม 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm พบว่า พรรณไม้ใบพายศรีลังกาแอฟริกาเจริญเติบโตดีที่สุดที่ 21.6 ppm แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความสูงของต้นใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 14.4 ppm (5.47) มีความยาวใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 7.2 ppm (5.15) 0 ppm (4.90) และ 21.6 ppm (4.50)ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนใบของใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 14.4 ppm (20.21) มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 0 ppm (16.92) 7.2 ppm (14.73) และ 21.6 ppm (14.21) ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 8) ซึ่งใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 14.4 ppm

มีจำนวนใบมากกว่าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 7.2 และ 21.6 ppm ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)

จำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 21.6 ppm (112.67) มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม 14.4 ppm (95.00) 7.2 ppm (88.33) และ 0 ppm (88.33) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2.2 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร

ผลของการศึกษาคุณภาพน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน ได้แก่ เติมแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียมทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณไนเตรต และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของพรรณไม้ใบพายศรีลังกาของสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน

การเจริญเติบโต	สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (ppm)			
	0	7.2	14.4	21.6
น้ำหนักสดเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ถ้วยปลูก)	3.51±0.34 ^a	3.16±0.41 ^a	3.53±0.23 ^a	3.20±0.36 ^a
น้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุด (กรัม/ถ้วยปลูก)	5.71±0.72 ^a	6.73±1.85 ^a	7.74±1.36 ^a	5.86±0.67 ^a
น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ถ้วยปลูก)	2.20±0.63 ^a	3.57±1.44 ^a	4.21±1.27 ^a	2.66±0.74 ^a
ความสูงของต้น (ซม.)	4.90±0.25 ^a	5.15±0.45 ^a	5.47±0.51 ^a	4.50±0.30 ^a
จำนวนใบ (ใบ/ถ้วยปลูก)	16.92±0.99 ^{ab}	14.73±1.39 ^a	20.21±1.14 ^b	14.21±2.15 ^a
จำนวนต้นอ่อน(ต้น/ถ้วยปลูก)	84.00±10.21 ^a	88.33±20.30 ^a	95.00±17.47 ^a	112.67±18.42 ^a

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในทุกชุดการทดลอง ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่มีแอมโมเนียมลงในสารละลาย 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95, 0.98, 0.95 และ 0.96 mS/cm ตามลำดับ (ภาพที่ 9)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในทุกชุดการทดลองค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายที่มีแอมโมเนียมระดับ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36,

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

7.27, 7.15 และ 7.15 ตามลำดับ ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของยูทธนา (2547) ที่ทำการทดลองผลของสารละลายธาตุอาหารและระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ พบว่าถ้าใช้ความเป็นกรดเป็นด่างที่ 5.5 – 6.0 จะเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกผักแต่พบว่าไม่เหมาะสมต่อพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ เนื่องจากมีผลกระทบต่อการทำให้รากเสียหาย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมและพบว่า ระดับที่เหมาะสมคือ 6.5 – 7.5

ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน จากการทดลองพบว่า ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนของสารละลายที่มีแอมโมเนียระดับ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.006, 0.008, 0.006 และ 0.007 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 11)

ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจนของทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นจึงลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจนของสารละลายที่มีแอมโมเนียระดับ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01, 0.01, 0.03 และ 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 12) เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification ซึ่งใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดส์ปฏิกิริยาและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีผลทำให้การตรวจพบไนโตรเจนที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากภาพที่ 14 พบว่าแนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมากที่สุดประมาณสัปดาห์ที่ 2 และค่อยๆ ลดลง แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท

ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่ง สัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง จากการทดลองพบว่า ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนของสารละลายที่มีแอมโมเนียระดับ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.05, 32.34, 30.80 และ 33.31 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 13) ซึ่งปริมาณของไนเตรท – ไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท มีความเสถียรในสารละลาย จนกระทั่งแอมโมเนียคงที่ ไนเตรทจึงค่อยๆ ลดลงจากการใช้แอมโมเนียของพรรณไม้หน้าในการทดลองของ Olsson and Falkengren – Greup (2000)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว ในสัปดาห์แรก และหลังจากนั้นคงที่สิ้นสุดการทดลอง จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของสารละลายที่มีแอมโมเนียระดับ 0, 7.2, 14.4 และ 21.6 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42, 1.66, 1.75 และ 1.61 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 14) การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสมีค่า

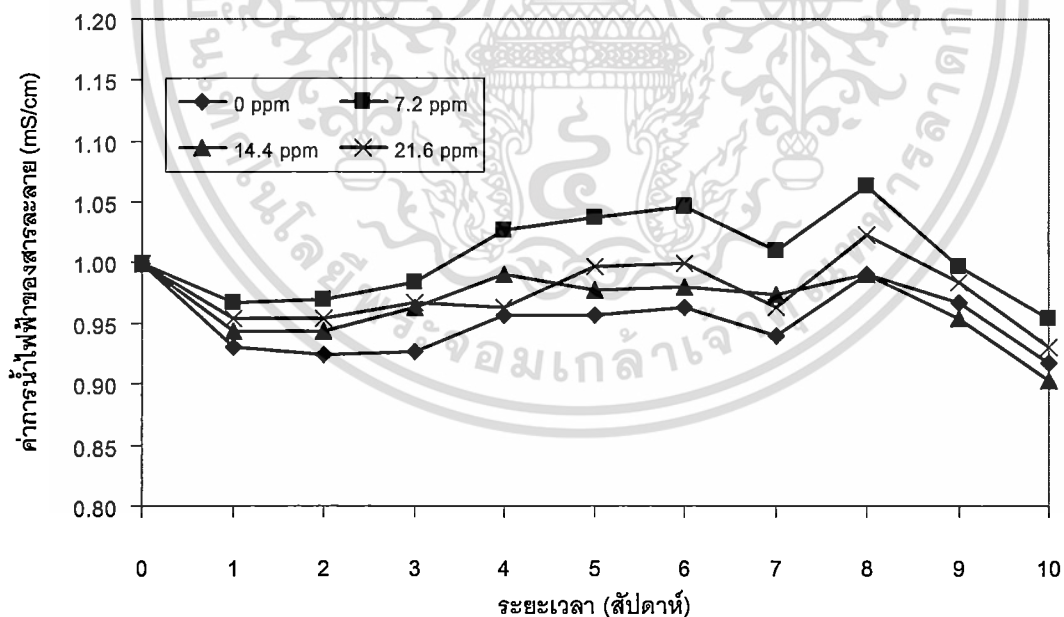
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชดูดใช้ได้เร็วจึงมีปริมาณลดลง เนื่องจากการนำไปใช้ของพรรณไม้ น้ำ เพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม

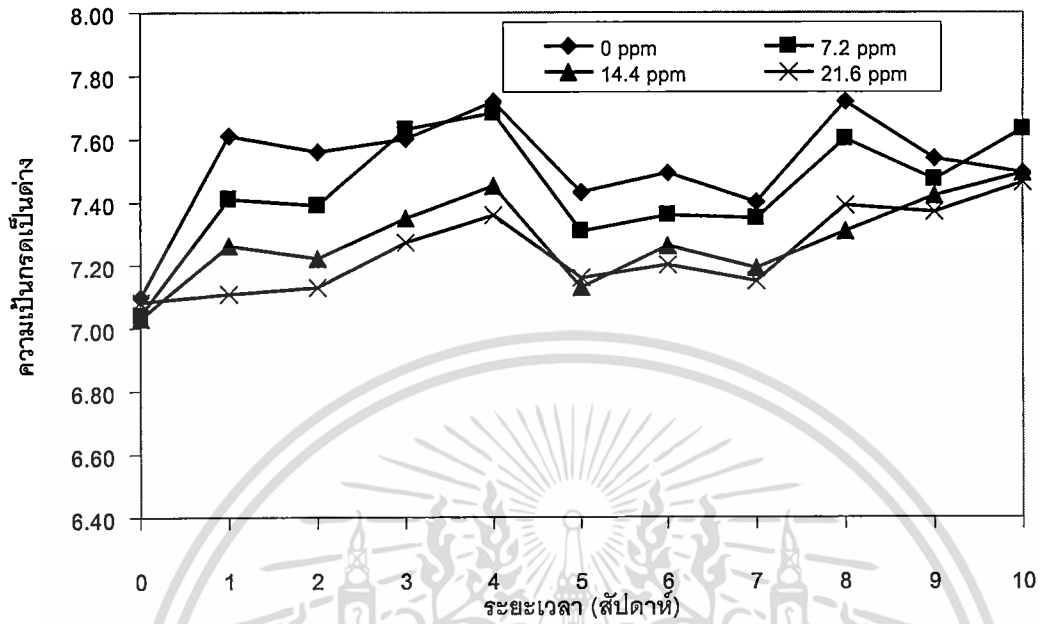
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการปลูกพรรณไม้ น้ำไบพายศรีลังกาที่มีสารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมระดับต่างๆ กัน ในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน

คุณภาพน้ำ	สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (ppm)			
	0	7.2	14.4	21.6
ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (mS/cm)	0.95±0.01 ^a	0.98±0.00 ^a	0.95±0.01 ^a	0.96±0.01 ^a
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.36±0.08 ^a	7.27±0.07 ^a	7.15±0.04 ^a	7.15±0.02 ^a
แอมโมเนียมทั้งหมด (ppm)	0.006±0.001 ^a	0.008±0.003 ^a	0.006±0.001 ^a	0.007±0.00 ^a
ไนโตรที่ ไนโตรเจน (ppm)	0.010±0.002 ^a	0.01±0.00 ^a	0.029±0.017 ^a	0.036±0.017 ^a
ไนเตรท ไนโตรเจน (ppm)	32.05±3.22 ^a	32.34±3.30 ^a	30.80±3.23 ^a	33.31±3.36 ^a
ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm)	1.42±0.66 ^a	1.66±0.69 ^a	1.75±0.68 ^a	1.61±0.61 ^a

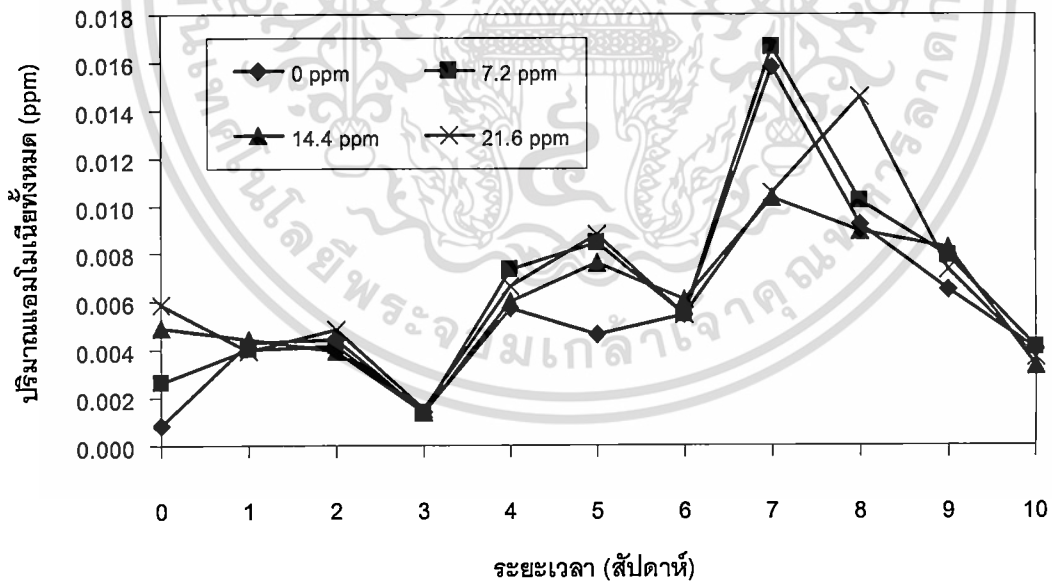
*อักษรที่แสดงต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



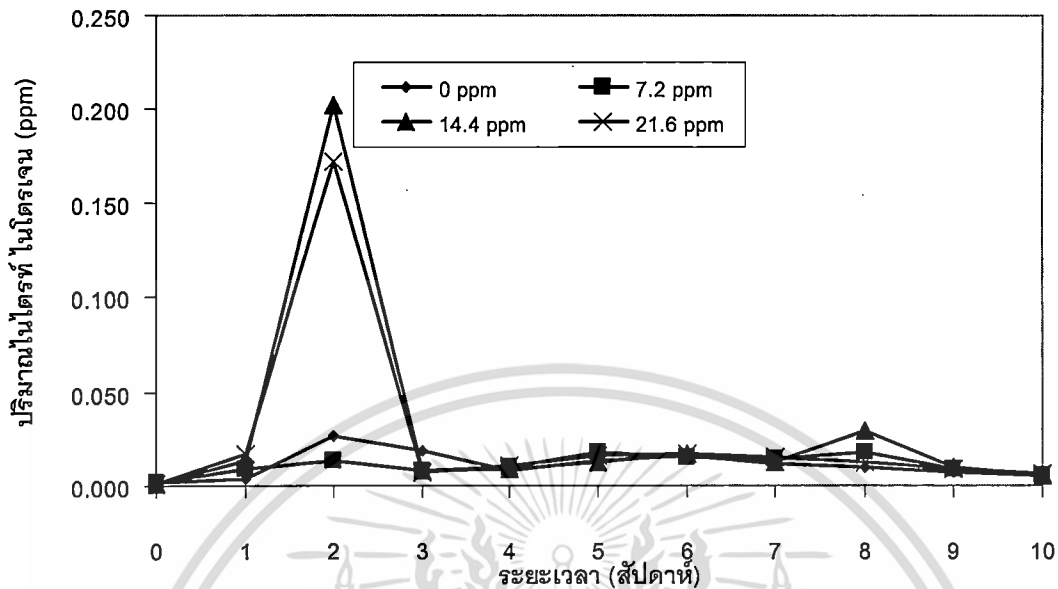
ภาพที่ 9 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm) ของพรรณไม้ น้ำไบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน



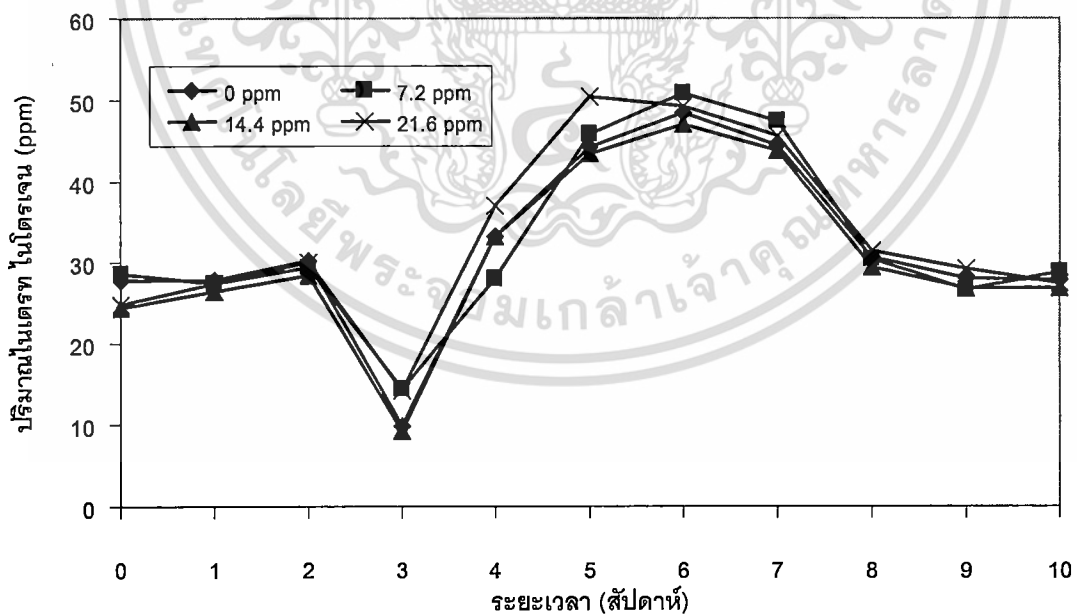
ภาพที่ 10 ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน



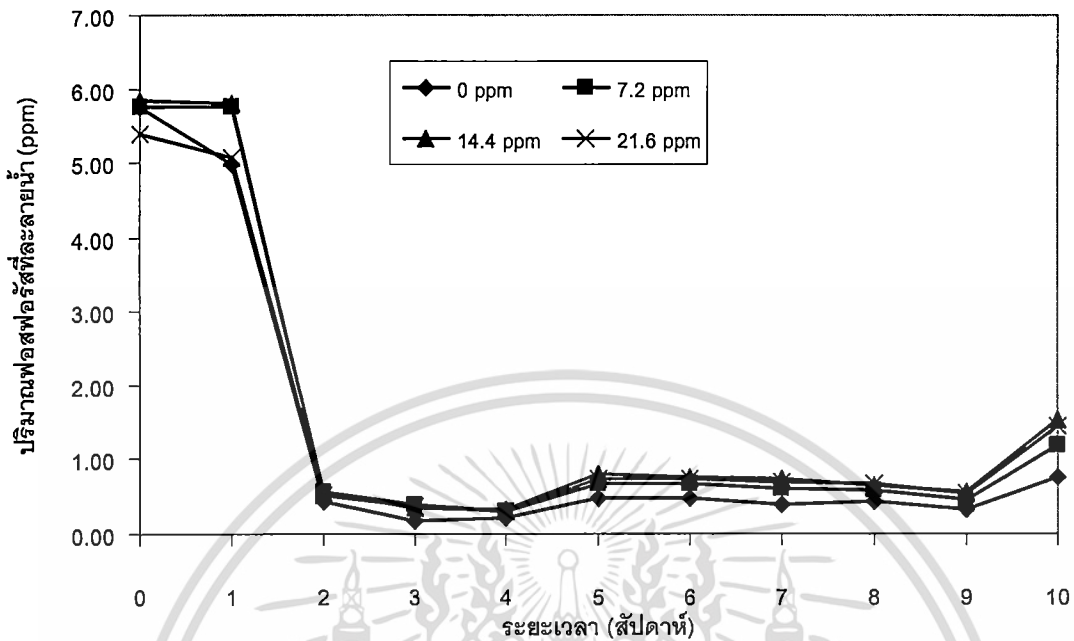
ภาพที่ 11 ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน



ภาพที่ 12 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน



ภาพที่ 13 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (ppm) ของพรรณไม้หน้าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน



ภาพที่ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ของปุ๋ยคอกน้ำใบพวยศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมต่างกัน

สรุป

จากการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพวยศรีลังกา เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) ที่ 1:0.46:1.36 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1) ทำให้ต้นใบพวยศรีลังกามีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherlands สูตร Australia และสูตร Belgium ซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 7.36, 7.83 และ 4.45 กรัม ตามลำดับ คุณภาพน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) 4 อัตราส่วน ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia (1:0.41:0.85) สูตร Netherlands (1:0.5:1.82) สูตร Belgium (1:0.55:2.01) และสูตร KMITL1 (1:0.46:1.36) พบว่า, ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนในไนโตรเจน และ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นการนำไฟฟ้าของสารละลาย และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 640 หน้า.
- นนุช เลหาวิสุทธิ. 2547. การปลูกพรรณไม้หน้าแบบไร้ดิน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 6 ระหว่างวันที่ 10-12 กุมภาพันธ์ 2547 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-7 หน้า.
- นนุช เลหาวิสุทธิ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. สัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. *balansae*). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 151- 154.
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2546. การขยายพันธุ์ใบพายเขาใหญ่โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 16/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 21 หน้า.
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ นนุช เลหาวิสุทธิ และอิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. *balansae*) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 741 - 744.
- มัลลิกา มิตรน้อย. 2550. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอเมวอนแอฟริกา (*Echinodorus africanus* K. Rataj) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep flow technique system. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 75 น.
- ยุพา วรยศ. 2532. พันธุ์ไม้หน้า. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 489 หน้า.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจน์วี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้หน้าสวยงาม. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 123 หน้า.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547. การขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit, 1960) โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารการประมง 57(2) : 148 – 160 น.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 146 หน้า.

- Amon, D.I. and P.R. Stout. 1939. Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant Physiol.* 14: 599-602.
- Hewitt, E.J. and T.A. Smith. 1974. *Plant mineral nutrition.* The English University Press Ltd. pp. 77-104.
- Kane, M. E., E.F. Gilman, M.A. Jenks, and T.J. Sheehan. 1990. Micropropagation of the aquatic plant *Cryptocoryne lucens*. *HortScience* 25(6) : 687-689.
- Kane, M. E., G.L. Davis, D.B. McConnell, and J.A. Gargiulo. 1999. *In vitro* propagation of *Cryptocoryne wendtii*. *Aquatic Botany* 63 : 197-202.
- Jongput, B., N. Laohavisuti and M. Mitnoi. 2007. Effect of ammonium-nitrogen concentration and electrical conductivity on the growth of African Swordplant (*Echinodorus africanus*) in hydroponics culture. International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.
- Rataj, K. and T.J. Horeman. 1977. *Aquarium plants: their Identification, cultivation and ecology.* T.F.H. Publication, Inc., Neptune City. 448 p.
- 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.
- Windelov, H. 1999. *Tropica Aquarium Plants.* Oasis Litho Graphics Pte Ltd. Singapore. 65 p.

ภาคผนวก

สารละลายธาตุอาหารในการทดลองที่ 1

1. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Australia

1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.357	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.053	กิโลกรัม

1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	0.269	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.248	กิโลกรัม
1.2.3 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.395	กิโลกรัม
1.2.4 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1.581	กรัม
1.2.5 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.391	กรัม
1.2.6 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	8.892	กรัม
1.2.7 Boric Acid (H_3BO_3)	5.781	กรัม
1.2.8 Ammonium Molybdate ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)	0.120	กรัม

2. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Netherlands

2.1 สารละลาย A

2.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.522	กิโลกรัม
2.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.024	กิโลกรัม

2.2 สารละลาย B

2.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	1.428	กิโลกรัม
2.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.190	กิโลกรัม
2.2.3 Ammonium Phosphate ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	0.163	กิโลกรัม
2.2.4 Ammonium Sulphate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.023	กิโลกรัม

2.2.4 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.352	กิโลกรัม
2.2.5 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1.665	กรัม
2.2.6 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.267	กรัม
2.2.7 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	1.242	กรัม
2.2.8 Boric Acid (H_3BO_3)	2.668	กรัม
2.2.9 Ammonium Molybdate ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)	0.120	กรัม

3. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Belgium

3.1 สารละลาย A

3.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.041	กิโลกรัม
3.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.024	กิโลกรัม

3.2 สารละลาย B

3.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	0.835	กิโลกรัม
3.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.248	กิโลกรัม
3.2.3 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.245	กิโลกรัม
3.2.4 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1.665	กรัม
3.2.5 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.284	กรัม
3.2.6 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	2.484	กรัม
3.2.7 Boric Acid (H_3BO_3)	2.668	กรัม
3.2.8 Ammonium Molybdate ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)	0.120	กรัม

4. สารละลายธาตุอาหารสูตรของ KMITL1

4.1 สารละลาย A

4.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.258	กิโลกรัม
4.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.033	กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 26 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สารละลาย B

4.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	0.708	กิโลกรัม
4.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.073	กิโลกรัม
4.2.3 Ammonium phosphate ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	0.133	กิโลกรัม
4.2.4 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.350	กิโลกรัม
4.2.5 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1.665	กรัม
4.2.6 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.356	กรัม
4.2.7 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	4.968	กรัม
4.2.8 Boric Acid (H_3BO_3)	3.113	กรัม
4.2.9 Ammonium Molybdate ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)	0.120	กรัม

สารละลายธาตุอาหารในการทดลองที่ 2

1. สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 1 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0 ppm

1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.487	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.122	กิโลกรัม

1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	1.192	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.354	กิโลกรัม
1.2.3 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.350	กิโลกรัม
1.2.4 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.378	กรัม
1.2.5 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.508	กรัม
1.2.6 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	7.452	กรัม
1.2.7 Boric Acid (H_3BO_3)	6.226	กรัม

2 สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 7.2 ppm

2.1 สารละลาย A

2.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.487	กิโลกรัม
2.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.122	กิโลกรัม

2.2 สารละลาย B

2.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	1.192	กิโลกรัม
2.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.354	กิโลกรัม
2.2.3 Ammonium Sulphate ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.053	กิโลกรัม
2.2.4 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.350	กิโลกรัม
2.2.5 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.378	กรัม
2.2.6 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.508	กรัม
2.2.7 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	7.452	กรัม
2.2.8 Boric Acid (H_3BO_3)	6.226	กรัม

3. สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 14.4 ppm

3.1 สารละลาย A

3.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.487	กิโลกรัม
3.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA)	0.122	กิโลกรัม

3.2 สารละลาย B

3.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3)	1.192	กิโลกรัม
3.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)	0.354	กิโลกรัม
3.2.3 Ammonium Sulphate ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.106	กิโลกรัม
3.2.4 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.350	กิโลกรัม
3.2.5 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.378	กรัม
3.2.6 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.508	กรัม

3.2.7 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 7.452 กรัม

3.2.8 Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม

4. สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 21.6 ppm

4.1 สารละลาย A

4.1.1 Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 1.487 กิโลกรัม

4.1.2 Iron Chelate (Fe-EDTA) 0.122 กิโลกรัม

4.2 สารละลาย B

4.2.1 Potassium Nitrate (KNO_3) 1.192 กิโลกรัม

4.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 0.354 กิโลกรัม

4.2.3 Ammonium Sulphate ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 0.158 กิโลกรัม

4.2.4 Magnesium Sulphate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.350 กิโลกรัม

4.2.5 Zinc Sulphate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 2.378 กรัม

4.2.6 Copper Sulphate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.508 กรัม

4.2.7 Manganese Sulphate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 7.452 กรัม

4.2.8 Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม