ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา

Effect of nutrient ratio for *Cryptocoryne wendtii* growth

ชื่อนักศึกษา นายปรัชญา มานน้อย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ศักชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 28 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา

Effect of nutrient ratio for *Cryptocoryne wendtii* growth

T099186

โดย

นายปรัชญา มานน้อย รหัส44040582

ปร.
ม14ว1ค
2547

ปก ag

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....9916C
วัน,เดือน,ปี.....19 Jun 2008

b.11563199
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา

Effect of nutrient ratio for *Cryptocoryne wendtii* growth

การศึกษาถึงผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปรแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) 4 อัตราส่วนคือ1:0.41:0.85 (สารละลายธาตุอาหารสูตร AU) , 1:0.5:1.82 (สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland) , 1:0.55:2.01 (สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium) และ 1:0.46:1.36 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1) ต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) ในระบบการปลูกแบบ Deep flow technique (DFT) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยไม่มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารให้แก่พืช แต่มีการเติมน้ำเพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยออกไปทุกสัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 ต้นใบพายศรีลังกามีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 9.77± 1.77 กรัม รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland , AU และ Belgium โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 7.36± 2.23 , 7.83 ± 3.63 และ 4.45 ± 1.64 กรัม ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของต้นใบพายศรีลังกาจากกลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ คือสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 จะทำให้ต้นใบพายศรีลังกามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.75± 0.33 กรัม รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร AU กับ Netherland ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.60 ± 0.37 กับ 0.58 ± 0.17 กรัม ตามลำดับ และต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับธาตุอาหารสูตร Belgium จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.19 ± 0.12 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความรู้ในการทำปัญหาพิเศษเป็นอย่างดี รวมทั้งการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างทดลอง ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่านที่ได้อบรมให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้ และคอยให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณพี่มอญ พี่ดาว พี่แสง พี่นิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และช่วยอำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษ ขอบคุณพี่มัลลิกา มิตรน้อย (พี่ประมงรุ่น 7) ที่คอยดูแล และให้คำปรึกษาข้าพเจ้าตลอดการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงสำหรับความช่วยเหลือ และความห่วงใยที่มีให้ข้าพเจ้าตลอด 4 ปีที่ผ่านมา ขอบคุณน้องๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่มาช่วยในการทำปัญหาพิเศษ และเป็นกำลังใจในการกลับมาทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้อภัยในทุกเรื่องที่ผ่านมา คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ และทุกบาททุกสตางค์ที่บิดามารดาลำบากหามาให้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกคนที่ผ่านเข้ามาในชีวิตที่ให้ประสบการณ์ต่างๆในการใช้ชีวิตแก่ข้าพเจ้า

ปรัชญา มานน้อย

พฤศจิกายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์ และวิธีการ	8
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	11
สรุป และข้อเสนอแนะ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีลังกาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น	12
2	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่4 เทียบกับน้ำหนักของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่ 2	13
3	คุณสมบัติของน้ำในสารละลายธาตุอาหารพืช ในสัปดาห์ที่0 ที่ได้จากการวัด	17
4	ค่าคุณภาพของน้ำในสารละลายธาตุอาหารพืช ในสัปดาห์ที่0 ที่ได้จากการวิเคราะห์	17

ตารางผนวกที่		หน้า
1	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 0	25
2	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 2	26
3	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 4	27
4	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 6	28
5	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 8	29
6	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 10	30
7	น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 12	31
8	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร	32
9	ไนไตรท์-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร	33
10	ไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร	34
11	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร	35
12	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายก่อนเติมน้ำ	36
13	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายหลังเติมน้ำ	37
14	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายก่อนเติมน้ำ	38
15	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายหลังเติมน้ำ	39
16	ค่าอุณหภูมิของสารละลายก่อนเติมน้ำ	40
17	ค่าอุณหภูมิของสารละลายหลังเติมน้ำ	41
18	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำก่อนเติมน้ำ	42
19	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำหลังเติมน้ำ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*)	2
2	น้ำหนักเริ่มต้น และน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม) ของต้นใบพายศรีลังกา	12
3	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่4 เทียบกับน้ำหนักของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่ 2	13
4	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง	15
5	ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง	15
6	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง	16
7	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันการจัดตู้ปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ ได้รับความนิยมสูงขึ้น เพราะนอกจากเป็นงานอดิเรกภายในบ้านแล้ว ตู้ปลาและตู้พรรณไม้น้ำยังสามารถใช้ตกแต่งสถานที่ต่างๆ เช่น โรงแรม โรงพยาบาล ร้านอาหาร ฯลฯ เพื่อสร้างความสวยงามให้แก่สถานที่เหล่านี้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและยังช่วยในการกำจัดของเสียในตู้ปลาอีกด้วย เพราะพรรณไม้น้ำจะนำของเสียภายในตู้ไปใช้เป็นธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต พรรณไม้น้ำสกุล *Cryptocoryne* หรือที่มักเรียกกันว่า คริป (Crypts) ซึ่งเป็นพรรณไม้น้ำที่อยู่ในวงศ์ Araceae ที่สำคัญมากในธุรกิจปลาสวยงาม เนื่องจากมีความสวยงามแปลกตา มีราคาค่อนข้างสูง และสามารถขยายพันธุ์ได้ช้าในธรรมชาติ การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน ก็เป็นวิธีที่ดีในการทำให้พรรณไม้น้ำเจริญเติบโตได้ขนาดตามที่ต้องการเร็วขึ้น และมีความสะอาดปราศจากเชื้อโรค เพราะทำในโรงเรือนจึงสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต สามารถป้องกันศัตรูพืชได้ และปลูกได้ตลอดทั้งปี ทำให้สามารถประมาณจำนวนผลผลิตได้ จึงเหมาะที่จะนำมาขาย และส่งออกต่างประเทศ การปลูกพรรณไม้น้ำจึงเป็นธุรกิจที่น่าสนใจอย่างหนึ่งในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ให้แก่เจ้าของธุรกิจเป็นจำนวนมาก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงอัตราส่วนของธาตุอาหารที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของใบพายศรีสังกา (*Cryptocoryne wendtii*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของใบพายศรีลังกา

ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) (ภาพที่ 1) อยู่ในสกุล *Cryptocoryne* มักเรียกกันว่า คริป (Crypts) เป็นพรรณไม้น้ำที่อยู่ในวงศ์ Araceae จัดเป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว ขึ้นในน้ำจืด ตามหนอง บึงที่ชื้นแฉะ มีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือบริเวณริมคลองที่มีน้ำไหลเอื่อยๆ ลักษณะลำต้นเป็นเหง้าใต้ดิน มีไหลสั้นๆ ใบแตกออกเป็นกระจุกรอบข้อแทงขึ้นมาจากพื้น เส้นใบเรียงตัวขนานกัน ด้านในเป็นโพรง ใบและก้านใบสีเขียวอมแดง ดอกออกเป็นช่อชูขึ้นเหนือน้ำ หุ้มด้วยกาบประดับที่มีลักษณะเป็นหลอด ปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร มีส่วนโคนโป่ง เป็นพรรณไม้น้ำที่มีความสวยงามแปลกตา เนื่องจากเป็นพรรณไม้น้ำขยายพันธุ์ได้ช้า โดยในธรรมชาติจะเกิดต้นอ่อนปีละ 1-3 ต้น จึงจำเป็นต้องขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543)

ภาพที่1 ต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*)

การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยใช้วัสดุอื่นมาแทนดิน โดยพืชจะได้รับสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งสารละลายนี้ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชทุกตัว และอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันที ซึ่งต้องมีการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วย ซึ่งระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะคำนึงถึงการจัดการปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช (อิทธิสุนทร, 2538) การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน ส่วนใหญ่นิยมนำต้นพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาขยายพันธุ์ เพราะสะดวกต่อการทำงาน สามารถกำหนดปริมาณได้แน่นอน และมีความสะอาดปราศจากโรค (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

จากที่ทราบกันอยู่แล้วว่าการที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดี จะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่จำเป็นต้องมีในการเจริญเติบโต ได้แก่ แสง น้ำ ธาตุอาหารพืช อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ทั้งที่รากและส่วนเหนือดิน (อิทธิสุนทร, 2538)

1. ความต้องการธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ (Nutrient requirement)

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ ซึ่งแบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก (macronutrients) และธาตุอาหารรอง (micronutrients)

ธาตุอาหารหลัก (macronutrients) พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารเหล่านี้ในปริมาณที่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ธาตุเหล่านี้ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ตามหลักสากลนิยมวัดสัดส่วน ปุ๋ยเป็นปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ทั้งหมด (N) ฟอสฟอริกแอซิด (P_2O_5) และโปแตสเซียมที่ละลายได้ (K_2O) ซึ่งสูตรที่เหมาะสมต่อการปลูกพรรณไม้น้ำส่วนใหญ่เป็นอันตราส่วนดังนี้ N : P_2O_5 : K_2O พรรณไม้ที่เจริญใต้น้ำควรใช้ประมาณ 0.1-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่พรรณไม้น้ำที่มีใบเจริญเหนือน้ำควรใช้ประมาณ 0.5 – 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (วนาวรรณ, 2539)

ธาตุอาหารรอง (micronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อย แต่ขาดธาตุอาหารเหล่านี้ไม่ได้ ซึ่งธาตุเหล่านี้ได้แก่ คลอรีน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โมลิบดินัม และโบรอน ธาตุอาหารรองที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ซึ่งช่วยให้มีใบสีเขียว แต่ถ้าให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ โดยความหนาแน่นของรากมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหาร (Bar-Tal et al.,1995)

2. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน ถึง 200 เท่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะได้จากการแพร่ผ่านชั้นบรรยากาศ ขบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำ และได้จากการหายใจของพืชและสัตว์ ในช่วงที่มีแสงพรรณไม้น้ำนำแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการดูดซึมจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเข้าเซลล์ จะทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยใช้รงค์วัตถุสีเขียวในเซลล์ หรือคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และแสงสว่างเพื่อผลิตกลูโคส (สมการที่ 1) ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแป้ง (Organics Carbon) หรือคาร์โบไฮเดรต เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งในขบวนการดังกล่าวให้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ (วนาวรรณ, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$ ---------- สมการที่ 1

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

เมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง พรรณไม้น้ำที่อาศัยอยู่ใต้น้ำจะดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพรรณไม้น้ำที่มีใบเจริญอยู่เหนือน้ำจะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรง ก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ อาจได้จากบรรยากาศโดยตรงหรือได้จากขบวนการสังเคราะห์แสง และขบวนการทางด้านเคมีอื่นๆ ในน้ำ พรรณไม้น้ำจะนำก๊าซออกซิเจนไปใช้ในการสลายอาหารเพื่อให้ได้พลังงานออกมา และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากปากใบ (สมการที่ 2) แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่มีพรรณไม้น้ำ จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงเป็นสำคัญ (วนาวรรณ, 2539)

ไม่มีแสง

$$C_6H_{12}O_2 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$ ---------- สมการที่ 2

4. ปริมาณความเข้มแสง (Light intensity)

แสงสว่างมีความสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารของพรรณไม้น้ำ ซึ่งแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มีคุณภาพดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต แต่ยากต่อการควบคุมปริมาณของแสงให้พอดีกับความต้องการของพรรณไม้น้ำแต่ละชนิด ถ้าปริมาณแสงมากเกินไปจะทำให้ตะไคร่น้ำเจริญเติบโตได้ดี พรรณไม้น้ำแต่ละชนิดกันมีความต้องการปริมาณแสงที่แตกต่างกัน โดยพืชต้องการแสงสีแดง และสีน้ำเงินในการสังเคราะห์แสง (วนาวรรณ, 2539)

5. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีผลต่อความสามารถใช้ธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ ตัวความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงหรือต่ำเกินไปพรรณไม้น้ำจะมีการเจริญเติบโตไม่ดี โดยทั่วไปความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำจะอยู่ที่ 6.5-7.5 ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลง โดยที่คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณมากจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเพิ่มขึ้น (วนาวรรณ, 2539)

6. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมกระบวนการทางสรีระ ซึ่งพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดชอบอุณหภูมิที่แตกต่างกัน บางชนิดชอบอุณหภูมิต่ำ บางชนิดชอบอุณหภูมิสูง บางชนิดสามารปรับตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เจริญเติบโตได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่กว้าง (Eurythermic plants) บางชนิดสามารถเจริญเติบโตในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แคบ (Stenothermic plants) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ และการเพิ่มจำนวนของพรรณไม้น้ำในปริมาณที่ต่างกันในประเทศไทยมีอุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำหลายชนิด และพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543)

7. ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical conductivity, EC)

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารวัดในรูปของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลาย ซึ่งค่าความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของพรรณไม้ ช่วงอายุการเจริญเติบโต สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความเข้มแสงเป็นต้น (อิทธิสุนทร, 2538)

8. วัสดุปลูก

หน้าที่ของวัสดุปลูก คือ เป็นที่อยู่ของรากพืช ซึ่งจะอยู่รวมกับสารละลายธาตุอาหารและอากาศ วัสดุปลูกต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้โดยวัสดุปลูกที่เหมาะสมจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

8.1. เป็นวัสดุปลูกที่เมื่อนำมาใช้จะมีคุณสมบัติในการรักษาอัตราส่วนของน้ำและอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก (อัตราส่วนของน้ำ : อากาศที่เหมาะสมอยู่ประมาณ 50 : 50)

8.2. เป็นวัสดุที่ต้องไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆ

8.3. เป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ

8.4. เป็นวัสดุที่รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก

8.5. เป็นวัสดุที่ไม่มีสารพิษเจือปนอยู่

8.6. เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี

8.7. เป็นวัสดุที่ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง

8.8. เป็นวัสดุที่สามารถกำจัดโรคและแมลงได้

ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีวัสดุปลูกชนิดใดที่มีคุณสมบัติครบดังที่กล่าวมานี้ จึงควรเลือกวัสดุปลูกที่รู้ถึงคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้วัสดุนั้นๆ เป็นอย่างดี และยังควรคำนึงถึงในเรื่องของราคาอีกด้วย (อิทธิสุนทร, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทบาทของธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

ธาตุอาหารแต่ละชนิดจะมีบทบาทและหน้าที่ในพืชแตกต่างกันไป โดยธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม

1. ไนโตรเจน

พืชมักจะดูดรับไนโตรเจนในสภาพของไนเตรทไอออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่ อาจพบในสภาพที่เป็นแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) บ้าง ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างโปรตีนของพรรณไม้น้ำ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งให้ใบและลำต้นเจริญได้ดี ทำให้ใบสวยงามและแข็งแรง (วนาวรรณ, 2539) ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนที่มากเกินไปก็ทำให้เกิดผลเสียได้ เช่น จะทำให้พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อน ล้มง่าย โรคและแมลงศัตรูพืชทำลายได้ง่าย ซึ่งการให้ไนโตรเจนในรูปที่ต่างกันก็มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนที่ส่วนต่างๆ ของพืชในปริมาณที่ต่างกัน (Tan et al., 2000) โดยรากเป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของไนโตรเจน (Jones,1997)

นอกจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างโปรตีนแล้ว ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน ฮอร์โมนต่างๆ และสารอื่นๆ เช่น คลอโรฟิลล์ ดังนั้นในสภาพที่พืชขาดไนโตรเจน พืชจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้า หรือไม่โต ใบแก่จะแสดงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ก่อนใบอ่อน โดยใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาลและหลุดร่วงไป หากภาวะขาดไนโตรเจนดำเนินต่อไปเรื่อยๆภาวะพร่องคลอโรฟิลล์จะปรากฏที่ใบอ่อนในที่สุด (กนกวรรณ, 2545)

2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสอาจเข้าสู่พืชในสภาพของออร์โธฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) หรือฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหาร หน้าที่ของฟอสฟอรัสจะเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีระวิทยาที่สำคัญ โดยพลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเมตาโบลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรทจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (อะดิโนซีนไตรฟอสเฟต, ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของ นิวคลีโอไทด์ และฟอสฟอไลปิดอีกด้วย ซึ่งความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี ทำให้พืชมีความแข็งแรงต้านทานต่อโรคและแมลง (สุมิตรา, 2542)

ถ้าพืชอยู่ในภาวะขาดฟอสฟอรัส พืชจะมีลักษณะที่มีสีเขียวเข้มผิดปกติ หรืออาจมีการสะสมสารสีพวกแอนโทไซยานิน มากขึ้นทำให้เห็นลักษณะต้นพืชเป็นสีม่วงแดง โดยอาการเหล่านี้จะเกิดที่ใบแก่ก่อน ใบแก่จะร่วงเร็ว ลำต้นสั้น และไม่แข็งแรง (กนกวรรณ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปแตสเซียม

รากพืชจะดูดโปแตสเซียมในรูปของโปแตสเซียมไอออน (K) โปแตสเซียมมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของพืช การเปิด-ปิดของปากใบ การขนส่งน้ำ และแร่ธาตุในต้นพืช นอกจากนี้โปแตสเซียมยังมีบทบาทในการขนส่งเอนไซม์ และฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช สิ่งสำคัญที่สุดที่จะทำให้กระบวนการขนส่งดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของโปแตสเซียมว่ามีความเพียงพอหรือไม่ (Robert ,1988)

อาการของพืชที่ขาดธาตุโปแตสเซียมจะเกิดที่ใบแก่ก่อน โดยใบจะมีลักษณะเป็นจุดสีเหลืองเนื่องจากเกิดภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ จากนั้นเนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นจุดจะเกิดเป็นแผล ต้นเตี้ยแคระ อ่อนแอต่อโรค และตายไปในที่สุด (กนกวรรณ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พรรณไม้น้ำ (ใบพายศรีลังกา) 204 ต้น
2. รางปลูกแบบ Deep flow technique (DFT) 12 ราง
3. ถังพลาสติก 12 ใบ
4. ปั๊มน้ำ 12 ตัว
5. สารละลายธาตุอาหาร 4 สูตร ที่มีอัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแตสเซียม แตกต่างกัน คือ

   1: 0.41: 0.85 สารละลายธาตุอาหารสูตร Lettuce (AU)

   1: 0.50: 1.82 สารละลายธาตุอาหารสูตร Lettuce in recirculating water (Netherland)

   1: 0.55: 2.01 สารละลายธาตุอาหารสูตร Lettuce NFT (Belgium)

   1: 0.46: 1.36 สารละลายธาตุอาหารสูตร ผักสลัด (KMITL1)
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง
8. เครื่องวัดออกซิเจน
9. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter)
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก
11. สารเคมี กรดไนตริก (HNO_3) สำหรับปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
12. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (SRP)
13. วัสดุปลูก (ใยหิน, ฟองน้ำ และถ้วยปลูก)

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ในแต่ละปัจจัยจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยปัจจัยคือ ปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปแทสเซียม (N : P_2O_5 : K_2O) ที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วน N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 1 : 0.41 : 0.85 (AU)

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วน N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 1 : 0.50 : 1.82 (Netherland)

ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วน N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 1 : 0.55 : 2.01 (Belgium)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 1 : 0.46 : 1.36 (KMITL1)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายปุ๋ย 4 สูตร ตามอัตราส่วนที่กำหนด (ได้จากการคำนวณ)
2. การเตรียมน้ำ

   เตรียมน้ำปริมาณ 26 ลิตร ต่อถังแล้วเติมปุ๋ย 4 สูตร โดยคุมค่า EC ให้อยู่ที่ประมาณ 1 mS/cm โดยใส่ปุ๋ยดังนี้

   - สารละลายธาตุอาหารสูตร AU

     สูตร A ≈ 92 มิลลิลิตร สูตร B ≈ 92 มิลลิลิตร

   - สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland

     สูตร A ≈ 55 มิลลิลิตร สูตร B ≈ 55 มิลลิลิตร

   - สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium

     สูตร A ≈ 62 มิลลิลิตร สูตร B ≈ 62 มิลลิลิตร

   - สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1

     สูตร A ≈ 62 มิลลิลิตร สูตร B ≈ 62 มิลลิลิตร

   เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (SRP) ก่อนการปลูกพรรณไม้น้ำ

   ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 7-7.5 ตลอดการทดลอง
3. การปลูกพรรณไม้น้ำ

   นำพรรณไม้น้ำมาชั่งน้ำหนัก และบันทึกข้อมูล (จำนวน 5 ต้นต่อ 1 ซ้ำ)

   นำพรรณไม้นำมาพันด้วยฟองน้ำหรือใยหินและใส่ในถ้วยปลูก และนำใส่รางปลูก

   วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อุณหภูมิ และเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย (NH_3) ไนโตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (SRP) ทุกสัปดาห์

   บันทึกอัตราการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยการชั่งน้ำหนักเปียก ซึ่งทำการทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกค่าแอมโมเนีย (NH_3) ไนโตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (SRP) ที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำทุกสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า (ค่า EC) ก่อนและหลังการเติมน้ำเพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปทุกสัปดาห์
3. บันทึกน้ำหนักของพรรณไม้น้ำทุก 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

น้ำข้อมูลน้ำหนักเปียกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window version 10.0.s

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนชั้น 5 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

เดือนเมษายน 2548 ถึงเดือนกรกฎาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

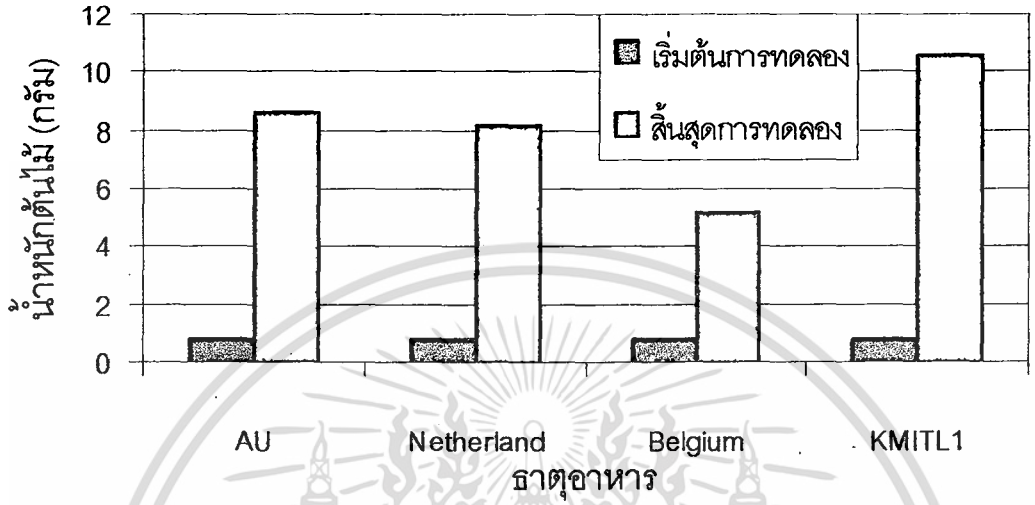
จากการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปรแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) 4 อัตราส่วน 1:0.41:0.85 (สารละลายธาตุอาหารสูตร AU) , 1:0.5:1.82 (สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland) , 1:0.55:2.01 (สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium) และ 1:0.46:1.36 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1) ต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) ในระบบปลูกแบบ Deep flow technique (DFT) ซึ่งเป็นระบบหนึ่งในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยไม่มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารให้แก่พืช แต่มีการเติมน้ำเพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยออกไปทุกสัปดาห์พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองใบพายศรีลังกา จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 1 (ภาพที่2) โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 9.77± 1.77 กรัม รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland , AU และ Belgium มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 คือ 7.36± 2.23 , 7.83 ± 3.63 และ 4.45 ± 1.64 กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำค่าของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของต้นใบพายศรีลังกาในแต่ละชุดการทดลองมาทำการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบสัปดาห์ที่ 0 ของต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 มีความแตกต่างจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของต้นใบพายศรีลังกาจากกลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่1) และเมื่อตรวจสอบข้อมูลของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยในทุก 2 สัปดาห์ พบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลพบว่าต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.75± 0.33 กรัม รองลงมาคือต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร AU กับ Netherland ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.60 ± 0.37 กับ 0.58 ± 0.17 กรัม ตามลำดับ และต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.19 ± 0.12 กรัม (ตารางที่2) (ภาพที่ 3)

ในการทดลองจะทำการควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโต โดยในการให้ธาตุอาหารครั้งแรกจะทำการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงประมาณ 1 ms/cm และทำการควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วง 7-7.5 ตลอดการทดลอง โดยในการทดลองพบว่า

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium และ KMITL1 ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 , 0.98, 1.06 และ 1.00 ms/cm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อนำค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่3)



ภาพที่ 2 น้ำหนักเริ่มต้น และน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม) ของต้นใบพายศรีสังกา

ตารางที่ 1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีสังกาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น

น้ำหนักต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัมต่อต้น)				
ค่าเฉลี่ย	R_1	R_2	R_3	ค่าเฉลี่ย± SE
AU	3.918	8.482	11.08	7.83 ± 3.63^{abc}
Netherland	9.92	5.89	6.256	7.36 ± 2.23^{abc}
Belgium	2.768	4.53	6.054	4.45 ± 1.64^{b}
KMITL1	8.254	9.342	11.722	9.77 ± 1.77^{c}

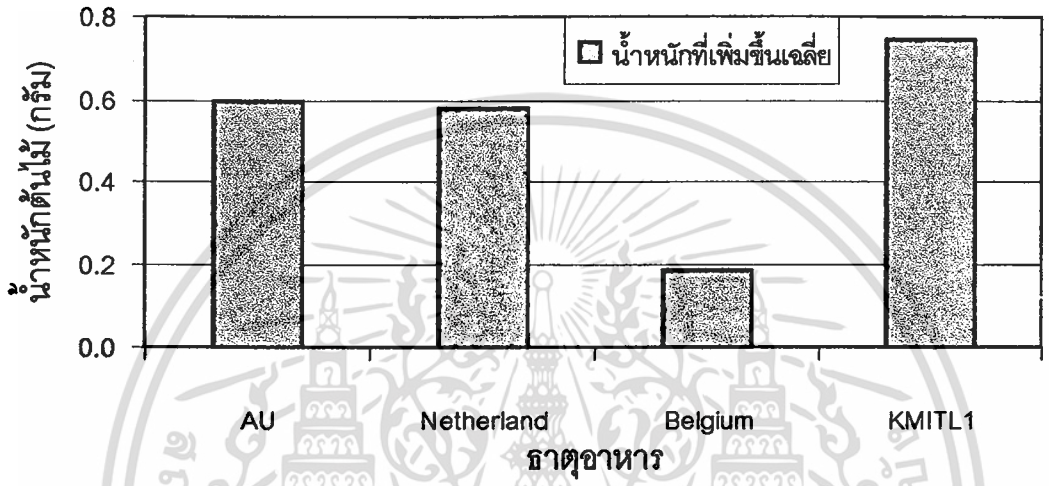
*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium และ KMITL1 ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 , 7.23, 7.21 และ 7.17 ตามลำดับ แต่เมื่อนำค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่3)

อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium และ KMITL1 ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 , 30.9, 30.9 และ 31.41 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าค่าของอุณหภูมิเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่3)



ภาพที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่4 เทียบกับน้ำหนักของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่ 2

ตารางที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่4 เทียบกับน้ำหนักของต้นใบพายศรีลังกาในสัปดาห์ที่ 2

น้ำหนักต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่4 (กรัมต่อต้น)				
ค่าเฉลี่ย	R_1	R_2	R_3	ค่าเฉลี่ย± SE
AU	0.882	0.18	0.734	0.60 ± 0.37^{abc}
Netherland	0.728	0.396	0.608	0.58 ± 0.17^{abc}
Belgium	0.11	0.132	0.32	0.19 ± 0.12^{b}
KMITL1	0.51	0.602	1.13	0.75 ± 0.33^{c}

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในสารละลายธาตุอาหารของธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium และ KMITL1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79, 6.81, 6.66 และ 6.73 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าของออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่3) เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

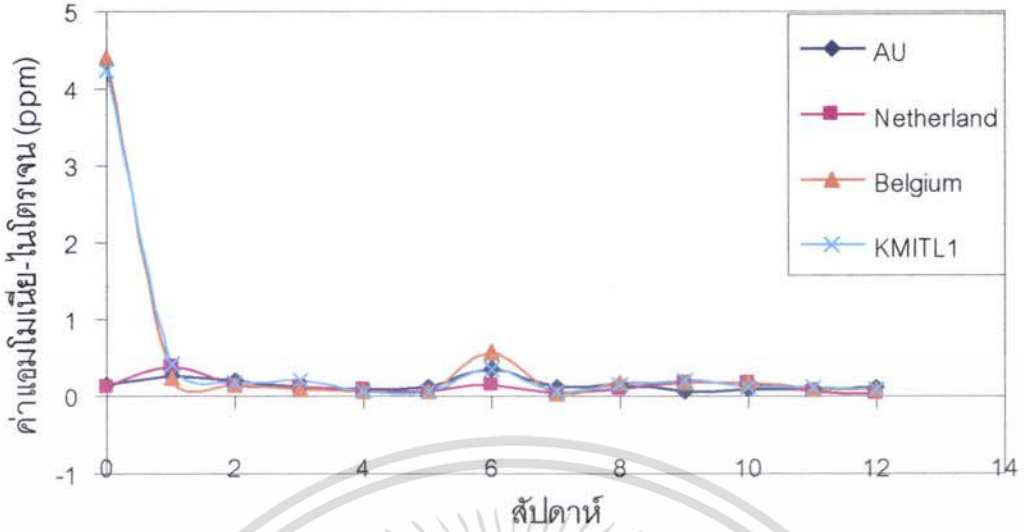
ค่าของคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้ในช่วงเริ่มต้นการทดลอง พบว่าค่าของเฉลี่ยแอมโมเนีย – ไนโตรเจน เฉลี่ย ของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium KMITL1 มีค่าเท่ากับ 0.159 , 0.119, 4.406 และ 4.256 ตามลำดับ เมื่อนำค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่4) โดยที่สารละลายธาตุอาหารสูตร AU กับ Netherland ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Belgium กับ KMITL1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ของธาตุอาหารทั้งหมดจะลดลงจนเกือบจะคงที่เมื่อผ่านไป 1 สัปดาห์ (ภาพที่4)

ค่าไนไตรท์ – ไนโตรเจน เฉลี่ยของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium KMITL1 มีค่าเท่ากับ 72.42 , 64.53, 73.75 และ 69.41 ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ – ไนโตรเจน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่4) ซึ่งค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ – ไนโตรเจน ของสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium และ KMITL1 จะมีค่าสูงขึ้นมากในสัปดาห์ที่1 และจะลดลงจนเกือบจะคงที่ในสัปดาต่อไป (ภาพที่5)

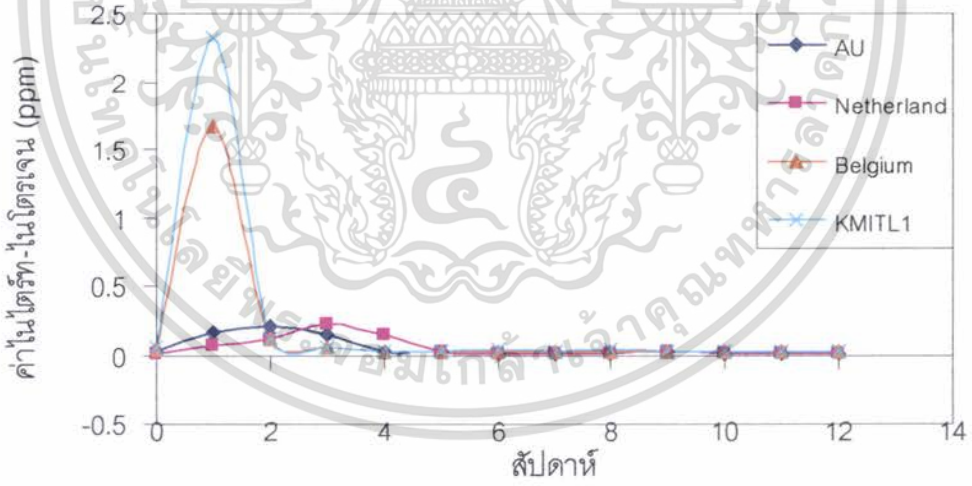
ค่าเฉลี่ยไนเตรท – ไนโตรเจน เมื่อเริ่มต้นทำการทดลองของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium KMITL1 มีค่าเท่ากับ 72.42, 64.53, 73.75 และ 69.41 ตามลำดับเมื่อนำค่าเฉลี่ยของไนเตรท – ไนโตรเจน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยของไนเตรท – ไนโตรเจน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่4) ซึ่งตลอดการทดลองค่าของไนเตรท – ไนโตรเจน ไม่คงที่ (ภาพที่6)

ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเฉลี่ยของสารละลายธาตุอาหารสูตร AU Netherland Belgium และ KMITL1 มีค่าเท่ากับ 14.27, 17.87, 18.85 และ 16.88 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่4) โดยตลอดการทดลองค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีค่าลดลงตลอดเวลา (ภาพที่7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

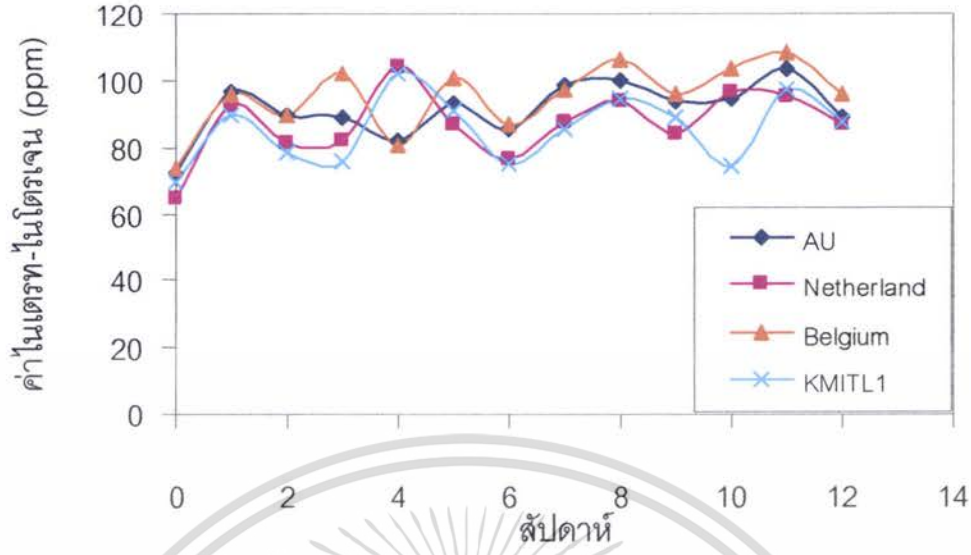


ภาพที่ 4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง

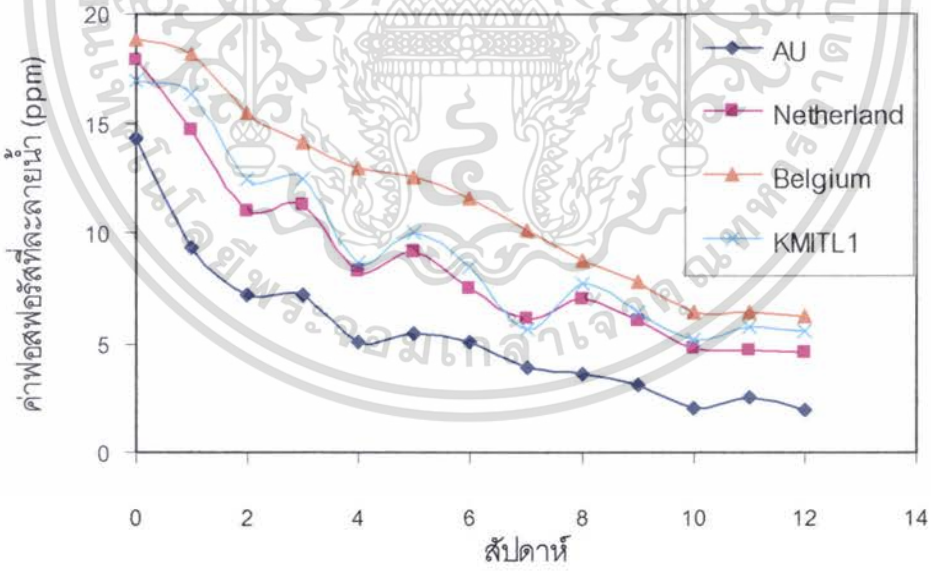


ภาพที่ 5 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง



ภาพที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของน้ำในสารละลายธาตุอาหารพืช ในสัปดาห์ที่0 ที่ได้จากการวัด

สูตรอาหาร	ค่าการนำไฟฟ้า ± SE	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ± SE	ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ± SE	อุณหภูมิของน้ำ ± SE
AU	1.10 ± 0.00^{a}	7.25 ± 0.01^{a}	6.80 ± 0.01^{a}	30.8 ± 0.00^{a}
Netherland	0.98 ± 0.01^{ข}	7.23 ± 0.01^{ข}	6.81 ± 0.03^{ข}	30.9 ± 0.17^{ab}
Belgium	1.06 ± 0.01^{ค}	7.21 ± 0.01^{ค}	6.66 ± 0.01^{ค}	30.9 ± 0.15^{ab}
KMITL1	1.00 ± 0.03^{b}	7.18 ± 0.01^{d}	6.73 ± 0.03^{d}	31.10 ± 0.00^{b}

*อักษรที่แสดงต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าคุณภาพของน้ำในสารละลายธาตุอาหารพืช ในสัปดาห์ที่0 ที่ได้จากการวิเคราะห์

สูตรอาหาร	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ± SE	ไนไตรท์-ไนโตรเจน ± SE	ไนเตรท-ไนโตรเจน ± SE	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ± SE
AU	0.159 ± 0.00^{a}	0.029 ± 0.01^{a}	72.42 ± 0.01^{a}	14.27 ± 0.00^{a}
Netherland	0.119 ± 0.01^{ข}	0.014 ± 0.01^{ข}	64.53 ± 0.03^{ข}	17.87 ± 0.17^{ab}
Belgium	4.406 ± 0.01^{ค}	0.040 ± 0.01^{ค}	73.75 ± 0.01^{ค}	18.85 ± 0.15^{ab}
KMITL1	4.256 ± 0.03^{b}	0.050 ± 0.01^{d}	69.41 ± 0.03^{d}	16.88 ± 0.00^{b}

*อักษรที่แสดงต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

93766

สรุป

จากการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปรแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปรแตสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) ที่ 1:0.46:1.36 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1) ทำให้ต้นใบพายศรีลังกามีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 9.77± 1.77 กรัม รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Netherland , AU และ Belgium ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยแพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 7.36± 2.23 , 7.83 ± 3.63 และ 4.45 ± 1.64 กรัม ตามลำดับ และเมื่อตรวจสอบข้อมูลของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยในทุก 2 สัปดาห์ พบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง โดยต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL1 จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.75± 0.33 กรัม รองลงมาคือต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร AU กับ Netherland ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.60 ± 0.37 กับ 0.58 ± 0.17 กรัม ตามลำดับ และต้นใบพายศรีลังกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.19 ± 0.12 กรัม

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการทดลองถึงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ระดับต่างๆกัน เพื่อเปรียบเทียบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีผลต่อต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกาหรือไม่ และค่าการนำไฟฟ้าเท่าใดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา

2.ควรมีการกำหนดค่าการควบคุมของค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในช่วงที่แคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ เสรีภาพ. 2545. สารอาหารของพืช. เอกสารประกอบการสอนวิชาพฤกษศาสตร์ทั่วไป, ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ. น. 1-6.

วนาวรรณ จันทร์หนูหงษ์. 2539. พรรณไม้น้ำในตู้กระจก. บริษัทเจเนอรัลบุ๊คส์ จำกัด, กรุงเทพ. 94 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ. 122 น.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2542. ปัจจัยที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 2, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ. น.1-13.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ. 143 น.

Bar-Tal, A., A. Feigin, S. Sheinfeld, R. Rosenberg, B. Ternbaum, I. Rylski and E. Pressman. 1995. Root restriction and N-NO_3 solution concentration effect on nutrient uptake,transpiration and dry metter production of tomato. Scientia Hoticulturae 63. 195-208.

Jones, J. B. Jr. 1997. Hydroponic : A practical guide for the soilless grower. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida. 230 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Michael, E. K., G. L. Davis, D. B. Mcconnell andJ. A. Gargiolo. 1999. In vitro propagation of *Cryptocoryne wendtii* . Aquatic Botany 63. 197-202.

Robert Paul H. 2005. The role of potassium. November 1998. http:/www.Aqua Botanic-Role of potassium.htm.

Tan, X. W., H. Ikeda and M. Oda. 2000. The absorption transolocation, and assimilation of urea, nitrate or ammonia in tomato plant at different plant growth stage in hydroponics culture. Scientia Horticulturae 84. 275-283.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่1

สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลอง

ธาตุอาหารสูตร Lettuce (AU)

สารละลาย A	
สารละลาย A	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
$Ca(NO_3)2.4H_2O/12$	1.939
Fe-EDTA	0.076
ละลายในน้ำ 10 ลิตร	

สารละลาย B + ธาตุอาหารรอง			
สารละลาย B	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ธาตุอาหารรอง	น้ำหนัก (กรัม)
KNO_3	0.384	4.$ZnSO4.7H_2O$22%	2.259
KH_2PO_4	0.22	2.$CuSO4.5H_2O$	0.559
$MgSO4.7H_2O$	0.564	1.$MnSO4.H_2O$	12.703
		1.Boric Acid H_3BO_3	8.259
		2.Ammonium Moly	0.171
ละลายในน้ำ 10 ลิตร			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารสูตร Lettuce inrecirculating water (Netherland)

สารละลาย A	
สารละลาย A	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
$Ca(NO_3)2.4H_2O/12$	2.174
Fe-EDTA	0.034
ละลายในน้ำ 10 ลิตร	

สารละลาย B + ธาตุอาหารรอง			
สารละลาย B	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ธาตุอาหารรอง	น้ำหนัก (กรัม)
KNO_3	2.041	4.$ZnSO4.7H_2O$22%	2.378
$NH_4H_2PO_4$	0.232	2.$CuSO4.5H_2O$	0.381
KH_2PO_4	0.272	1.$MnSO4.H_2O$	1.774
$(NH_4)2SO_4$	0.033	1.Boric Acid H_3BO_3	3.812
$MgSO_4.7H_2O$	0.502	2.Ammonium Moly	0.171
ละลายในน้ำ 10 ลิตร			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารสูตร Lettuce NFT (Belgium)

สารละลาย A	
สารละลาย A	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
$Ca(NO_3)2.4H_2O/12$	1.487
Fe-EDTA	0.034
ละลายในน้ำ 10 ลิตร	

สารละลาย B + ธาตุอาหารรอง			
สารละลาย B	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ธาตุอาหารรอง	น้ำหนัก (กรัม)
KNO_3	1.192	4.$ZnSO4.7H_2O$22%	2.378
KH_2PO_4	0.354	2.$CuSO4.5H_2O$	0.406
$MgSO4.7H_2O$	0.350	1.$MnSO4.H_2O$	3.548
		1.Boric Acid H_3BO_3	3.812
		2.Ammonium Moly	0.171
ละลายในน้ำ 10 ลิตร			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารสูตร ผักสลัด (KMITL1)

สารละลาย A	
สารละลาย A	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
$Ca(NO_3)2.4H_2O/12$	1.797
Fe-EDTA	0.047
ละลายในน้ำ 10 ลิตร	

สารละลาย B + ธาตุอาหารรอง			
สารละลาย B	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ธาตุอาหารรอง	น้ำหนัก (กรัม)
KNO_3	1.012	4.$ZnSO4.7H_2O$22%	2.378
$NH_4H_2PO_4$	0.190	2.$CuSO4.5H_2O$	0.508
KH_2PO_4	0.104	1.$MnSO4.H_2O$	7.097
$MgSO_4.7H_2O$	0.500	1.Boric Acid H_3BO_3	4.447
		2.Ammonium Moly	0.171
ละลายในน้ำ 10 ลิตร			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 0 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	0.87	0.88	0.87	0.77 ± 0.01[a]
	2	0.85	0.87	0.85	
	3	0.76	0.78	0.74	
	4	0.69	0.73	0.69	
	5	0.67	0.63	0.64	
Netherland	1	0.88	0.87	0.89	0.77 ± 0.01[a]
	2	0.86	0.84	0.86	
	3	0.74	0.78	0.77	
	4	0.73	0.70	0.69	
	5	0.59	0.67	0.63	
Belgium	1	0.89	0.85	0.87	0.77 ± 0.01[a]
	2	0.86	0.86	0.85	
	3	0.79	0.77	0.76	
	4	0.69	0.71	0.71	
	5	0.65	0.63	0.66	
KMITL1	1	0.87	0.89	0.88	0.77 ± 0.01[a]
	2	0.85	0.86	0.85	
	3	0.79	0.8	0.77	
	4	0.71	0.68	0.73	
	5	0.55	0.66	0.64	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 2 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	1.16	1.52	1.12	1.44 ± 0.02[a]
	2	0.91	2.01	2.05	
	3	2.30	1.29	1.95	
	4	1.66	1.18	1.62	
	5	1.07	1.23	0.56	
Netherland	1	1.51	1.49	1.16	1.37 ± 0.15[a]
	2	1.84	0.92	1.56	
	3	1.57	1.77	1.22	
	4	1.44	1.46	1.08	
	5	1.05	1.45	0.98	
Belgium	1	1.78	0.85	1.21	1.18 ± 0.03[b]
	2	1.34	1.69	0.93	
	3	1.18	0.87	1.21	
	4	1.00	1.77	1.32	
	5	0.46	0.71	1.38	
KMITL1	1	0.82	1.62	1.33	1.49 ± 0.10[a]
	2	1.96	1.66	1.58	
	3	1.65	1.15	1.90	
	4	1.61	1.29	1.96	
	5	1.03	1.56	1.26	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 4 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	1.41	1.21	1.28	2.04 ± 0.36^{abc}
	2	3.06	2.29	3.21	
	3	3.10	1.63	3.10	
	4	2.86	1.74	2.58	
	5	1.08	1.26	0.80	
Netherland	1	1.40	1.74	1.99	1.94 ± 0.23^{abc}
	2	2.66	1.01	1.79	
	3	2.33	3.36	2.01	
	4	2.92	1.19	1.84	
	5	1.74	1.77	1.41	
Belgium	1	2.02	0.58	2.07	1.37 ± 0.14^{b}
	2	1.28	1.82	0.73	
	3	1.14	1.09	1.23	
	4	1.56	2.53	1.65	
	5	0.31	0.53	1.97	
KMITL1	1	0.23	1.75	2.20	2.24 ± 0.44^{c}
	2	3.47	3.07	2.55	
	3	2.01	0.79	3.78	
	4	2.69	2.31	3.38	
	5	1.22	2.37	1.77	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 6 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	1.60	2.20	2.18	2.71 ± 0.68^{abc}
	2	0.27	3.89	5.25	
	3	3.68	2.50	5.52	
	4	3.58	2.50	3.66	
	5	1.26	1.93	0.56	
Netherland	1	2.33	2.33	1.83	2.43 ± 0.49^{abc}
	2	3.63	0.57	2.74	
	3	4.14	3.78	1.83	
	4	2.68	2.37	2.32	
	5	2.21	1.75	1.97	
Belgium	1	2.37	0.82	3.16	1.70 ± 0.37^{b}
	2	1.44	2.74	0.66	
	3	1.56	1.05	1.43	
	4	1.50	2.94	2.61	
	5	0.10	0.43	2.73	
KMITL1	1	0.51	3.13	2.85	3.13 ± 0.79^{c}
	2	3.48	3.64	4.85	
	3	2.62	1.83	5.39	
	4	2.92	2.65	4.59	
	5	2.51	3.79	2.18	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 8 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	2.23	3.60	3.31	3.96 ± 1.29[a]
	2	0.10	5.56	7.64	
	3	4.17	4.01	8.55	
	4	5.15	3.99	5.48	
	5	1.44	3.12	0.99	
Netherland	1	4.03	3.38	2.04	3.52 ± 1.16[a]
	2	6.42	0.41	3.80	
	3	5.99	4.44	2.60	
	4	4.53	3.42	3.37	
	5	3.31	2.39	2.70	
Belgium	1	2.84	1.34	4.53	2.49 ± 0.75[a]
	2	1.79	3.78	1.23	
	3	2.32	2.04	1.92	
	4	1.68	4.18	4.24	
	5	0.20	0.83	4.43	
KMITL1	1	0.76	4.46	3.12	4.14 ± 0.67[a]
	2	5.60	5.64	5.55	
	3	4.03	2.59	6.16	
	4	4.30	3.52	6.25	
	5	3.03	3.80	3.24	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 10 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	3.05	6.45	4.72	5.95 ± 2.19[a]
	2	0.13	9.18	11.15	
	3	4.86	7.18	12.89	
	4	7.68	6.29	7.99	
	5	1.67	4.42	1.57	
Netherland	1	5.62	5.19	2.78	5.16 ± 0.67[a]
	2	9.55	0.59	5.57	
	3	9.00	6.47	4.12	
	4	6.27	4.85	4.78	
	5	5.01	3.44	4.10	
Belgium	1	3.63	1.53	5.59	3.27 ± 0.67[a]
	2	2.40	6.39	1.76	
	3	3.78	1.92	2.11	
	4	2.62	5.52	5.22	
	5	0.77	0.66	5.20	
KMITL1	1	1.15	6.87	4.12	5.76 ± 1.03[a]
	2	8.09	7.00	8.81	
	3	5.53	3.33	8.24	
	4	6.80	4.71	8.78	
	5	3.39	4.92	4.71	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในสัปดาห์ที่ 12 (กรัม)

		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย ± SE
AU	1	4.34	8.34	7.70	8.59 ± 3.62^{abc}
	2	0.48	11.63	16.32	
	3	5.21	9.66	19.92	
	4	11.49	9.41	10.89	
	5	1.91	7.26	4.36	
Netherland	1	8.50	8.50	5.19	8.12 ± 2.22^{abc}
	2	14.30	0.42	9.47	
	3	14.74	10.67	6.57	
	4	9.06	7.82	7.22	
	5	6.80	5.90	6.67	
Belgium	1	5.55	2.33	8.70	5.22 ± 1.64^{b}
	2	3.19	10.72	3.64	
	3	5.33	3.87	3.35	
	4	3.11	8.8	9.23	
	5	0.54	0.75	9.20	
KMITL1	1	2.26	13.82	7.73	10.54 ± 1.78^{c}
	2	15.01	13.61	15.70	
	3	10.56	6.68	14.04	
	4	12.28	7.70	16.01	
	5	4.93	8.79	9.00	

*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0.152	0.278	0.185	0.112	0.096	0.118	0.377	0.117	0.147	0.053	0.098	0.097	0.119
AU	0.152	0.252	0.202	0.103	0.095	0.157	0.340	0.099	0.144	0.047	0.091	0.096	0.160
	0.172	0.258	0.208	0.115	0.111	0.113	0.402	0.121	0.143	0.053	0.101	0.112	0.113
	0.126	0.384	0.154	0.126	0.089	0.059	0.174	0.023	0.111	0.183	0.189	0.065	0.045
Netherland	0.119	0.371	0.156	0.126	0.067	0.062	0.150	0.023	0.093	0.183	0.188	0.074	0.044
	0.112	0.391	0.144	0.121	0.079	0.064	0.162	0.026	0.096	0.181	0.183	0.072	0.046
	4.606	0.219	0.154	0.105	0.070	0.056	0.673	0.026	0.185	0.184	0.163	0.099	0.096
Belgium	4.406	0.205	0.147	0.107	0.068	0.057	0.476	0.028	0.183	0.181	0.177	0.093	0.095
	4.207	0.278	0.156	0.106	0.080	0.055	0.544	0.031	0.187	0.184	0.182	0.102	0.111
	4.234	0.424	0.172	0.216	0.061	0.050	0.353	0.050	0.163	0.216	0.135	0.111	0.089
KMITL1	4.274	0.378	0.183	0.214	0.071	0.049	0.353	0.052	0.159	0.216	0.137	0.111	0.067
	4.260	0.451	0.167	0.209	0.068	0.051	0.340	0.050	0.159	0.212	0.126	0.107	0.079

ค่าเฉลี่ย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AU	0.159	0.263	0.198	0.110	0.101	0.129	0.373	0.113	0.145	0.051	0.097	0.102	0.131
Netherland	0.119	0.382	0.151	0.124	0.078	0.062	0.162	0.024	0.100	0.182	0.187	0.070	0.045
Belgium	4.406	0.234	0.152	0.106	0.073	0.056	0.564	0.028	0.185	0.183	0.174	0.098	0.101
KMITL1	4.256	0.418	0.174	0.213	0.067	0.050	0.349	0.051	0.160	0.215	0.133	0.110	0.078

ตารางผนวกที่ 9 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0.028	0.221	0.230	0.158	0.024	0.021	0.016	0.011	0.013	0.018	0.013	0.012	0.011
AU	0.029	0.124	0.193	0.153	0.029	0.020	0.016	0.010	0.011	0.015	0.011	0.013	0.010
	0.030	0.144	0.210	0.146	0.031	0.019	0.012	0.012	0.013	0.017	0.011	0.010	0.011
	0.014	0.057	0.111	0.241	0.147	0.027	0.013	0.007	0.010	0.018	0.012	0.013	0.012
Netherland	0.014	0.066	0.111	0.224	0.151	0.027	0.015	0.010	0.012	0.016	0.014	0.013	0.012
	0.014	0.066	0.114	0.187	0.131	0.027	0.016	0.012	0.011	0.018	0.014	0.012	0.011
	0.039	1.602	0.111	0.057	0.022	0.022	0.018	0.023	0.023	0.026	0.021	0.019	0.017
Belgium	0.043	1.629	0.138	0.054	0.021	0.025	0.019	0.023	0.020	0.025	0.019	0.014	0.016
	0.037	1.784	0.101	0.054	0.023	0.023	0.019	0.022	0.025	0.027	0.024	0.019	0.016
	0.041	2.231	0.124	0.054	0.020	0.024	0.030	0.021	0.023	0.026	0.015	0.017	0.018
KMITL1	0.053	2.679	0.096	0.059	0.021	0.033	0.030	0.018	0.028	0.026	0.029	0.023	0.018
	0.057	2.026	0.111	0.057	0.022	0.031	0.037	0.021	0.043	0.026	0.019	0.031	0.021

ค่าเฉลี่ย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AU	0.029	0.163	0.211	0.153	0.028	0.020	0.015	0.011	0.013	0.017	0.012	0.011	0.011
Netherland	0.014	0.063	0.112	0.217	0.143	0.027	0.015	0.010	0.011	0.018	0.013	0.013	0.012
Belgium	0.040	1.672	0.117	0.055	0.022	0.023	0.019	0.022	0.023	0.026	0.021	0.017	0.017
KMITL1	0.050	2.312	0.110	0.057	0.021	0.029	0.032	0.020	0.031	0.026	0.021	0.024	0.019

ตารางผนวกที่ 10 ไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	74.84	89.67	89.67	85.20	77.87	86.36	79.64	92.48	91.39	92.93	89.31	100.89	89.75
AU	72.67	99.44	88.95	88.47	83.18	95.21	87.07	100.86	103.41	93.29	103.06	103.42	90.11
	69.77	100.89	88.95	92.84	84.24	96.28	89.73	102.31	105.59	94.01	90.39	105.59	87.38
	65.79	98.72	82.07	87.02	107.60	89.20	83.18	86.29	94.66	84.61	92.56	80.63	87.56
Netherland	63.44	90.39	80.99	81.92	103.00	86.36	74.33	88.11	95.39	84.24	99.44	104.14	85.74
	64.34	87.50	80.26	75.73	100.52	85.30	72.20	87.74	90.66	83.16	97.99	100.52	86.83
	77.37	97.99	90.76	118.34	78.93	100.88	95.92	98.31	108.14	95.82	118.98	111.02	94.48
Belgium	71.94	94.01	88.95	99.40	81.41	100.88	82.47	96.12	104.13	94.74	100.16	104.50	96.49
	71.94	95.46	88.22	88.11	81.05	100.52	82.12	96.49	106.32	96.18	90.03	109.93	95.94
	65.07	90.03	77.91	75.00	106.54	93.09	73.62	83.01	89.57	78.82	84.61	97.63	88.65
KMITL1	71.58	89.67	77.37	76.27	100.17	90.26	74.68	85.56	95.76	86.05	66.52	100.16	87.02
	71.58	88.22	79.18	76.45	98.75	90.26	76.10	87.02	97.58	100.89	72.12	92.93	86.65

ค่าเฉลี่ย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AU	72.42	96.67	89.19	88.84	81.76	92.62	85.48	98.55	100.13	93.41	94.25	103.30	89.08
Netherland	64.53	92.20	81.11	81.55	103.71	86.95	76.57	87.38	93.57	84.00	96.67	95.10	86.71
Belgium	73.75	95.82	89.31	101.95	80.46	100.76	86.84	96.97	106.20	95.58	103.06	108.48	95.64
KMITL1	69.41	89.31	78.15	75.91	101.82	91.20	74.80	85.20	94.30	88.58	74.41	96.91	87.44

ตารางผนวกที่ 11 ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ในสารละลายธาตุอาหาร

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	14.615	9.495	7.031	7.214	5.211	5.647	5.261	3.559	3.296	3.273	1.823	1.641	1.816
AU	14.267	9.063	7.465	7.040	4.863	5.298	4.829	4.080	3.644	3.014	1.823	2.860	2.077
	13.918	9.322	6.944	7.214	5.037	5.472	4.915	3.993	3.905	3.100	2.430	2.947	2.077
	18.707	14.680	11.198	11.567	7.910	9.391	7.335	6.163	6.604	5.347	4.253	3.818	4.254
Netherland	17.314	14.507	10.850	10.871	8.085	8.781	7.507	5.989	6.866	6.038	4.514	4.776	4.341
	17.575	14.766	10.937	11.393	8.781	9.216	7.594	6.076	7.562	6.730	5.468	5.385	5.124
	19.055	18.223	15.972	14.092	13.048	12.351	11.915	10.069	8.694	9.063	7.291	7.649	6.430
Belgium	18.794	18.136	15.191	14.354	12.961	12.438	11.569	10.243	7.910	6.816	5.468	5.647	6.082
	18.707	18.136	15.277	13.831	12.699	12.873	11.310	9.982	9.652	7.421	6.510	5.908	6.082
	16.966	16.408	12.586	12.264	8.433	10.348	8.717	5.295	7.823	7.421	6.510	6.953	5.995
KMITL1	17.053	15.976	12.152	12.438	8.520	9.739	8.372	5.989	7.388	5.088	4.427	5.211	5.298
	16.617	16.667	12.586	12.438	9.042	9.913	8.199	5.642	7.823	6.730	4.427	5.124	5.211

ค่าเฉลี่ย	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AU	14.267	9.293	7.147	7.156	5.037	5.472	5.001	3.877	3.615	3.129	2.025	2.483	1.990
Netherland	17.865	14.651	10.995	11.277	8.259	9.129	7.479	6.076	7.011	6.038	4.745	4.660	4.573
Belgium	18.852	18.165	15.480	14.092	12.902	12.554	11.598	10.098	8.752	7.767	6.423	6.401	6.198
KMITL1	16.879	16.351	12.442	12.380	8.665	10.000	8.429	5.642	7.678	6.413	5.121	5.763	5.502

ตารางผนวกที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายก่อนเติมน้ำ (mS/cm)

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1.10	1.14	1.18	1.10	1.08	1.08	1.01	1.07	1.10	1.05	1.04	1.04	1.06
AU	1.10	1.15	1.18	1.10	1.09	1.10	1.03	1.08	1.13	1.07	1.06	1.04	1.08
	1.10	1.15	1.17	1.10	1.09	1.10	1.04	1.10	1.15	1.08	1.09	1.06	1.12
เฉลี่ย	1.10	1.15	1.18	1.10	1.09	1.09	1.03	1.08	1.13	1.07	1.06	1.05	1.09
	0.98	1.02	1.07	1.00	0.99	1.00	0.93	0.98	1.03	0.96	0.97	0.93	0.97
Netherland	0.98	1.02	1.06	1.00	0.98	0.99	0.93	0.98	1.02	0.94	0.96	0.92	0.96
	0.97	1.01	1.05	0.98	0.97	0.98	0.92	0.97	1.01	0.95	0.97	0.93	0.96
เฉลี่ย	0.98	1.02	1.06	0.99	0.98	0.99	0.93	0.98	1.02	0.95	0.97	0.93	0.96
	1.06	1.06	1.16	1.14	1.13	1.08	1.04	1.08	1.13	1.06	1.07	1.05	1.08
Belgium	1.05	1.08	1.13	1.14	1.12	1.08	1.01	1.07	1.11	1.03	1.04	1.00	1.04
	1.07	1.09	1.15	1.14	1.13	1.09	1.03	1.09	1.13	1.06	1.06	1.03	1.07
เฉลี่ย	1.06	1.08	1.15	1.14	1.13	1.08	1.03	1.08	1.12	1.05	1.06	1.03	1.06
	1.02	1.01	1.06	0.95	0.93	0.98	0.90	0.95	0.98	0.92	0.92	0.95	0.98
KMITL1	0.97	1.02	1.07	0.99	0.97	1.00	0.94	1.00	1.03	0.96	0.95	0.10	1.04
	1.01	1.04	1.10	1.02	0.99	1.02	0.97	1.05	1.08	0.99	0.98	0.98	1.03
เฉลี่ย	1.00	1.02	1.08	0.99	0.96	1.00	0.94	1.00	1.03	0.96	0.95	0.68	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายหลังเติมน้ำ (mS/cm)

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1.10	1.14	1.04	1.03	1.04	1.01	1.01	1.07	0.98	1.02	0.96	1.04	1.06
AU	1.10	1.15	1.05	1.04	1.05	1.04	1.03	1.08	1.03	1.02	1.00	1.04	1.08
	1.10	1.15	1.05	1.04	1.05	1.05	1.04	1.10	1.02	1.04	1.01	1.06	1.12
เฉลี่ย	1.10	1.15	1.05	1.04	1.05	1.03	1.03	1.08	1.01	1.03	0.99	1.05	1.09
	0.98	1.02	0.95	0.96	0.95	0.94	0.93	0.98	0.92	0.94	0.91	0.93	0.97
Netherland	0.98	1.02	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.98	0.92	0.91	0.90	0.92	0.96
	0.97	1.01	0.93	0.94	0.93	0.93	0.92	0.97	0.93	0.92	0.91	0.93	0.96
เฉลี่ย	0.98	1.02	0.94	0.95	0.94	0.93	0.93	0.98	0.92	0.92	0.91	0.93	0.96
	1.06	1.06	1.10	1.09	1.04	1.04	1.04	1.08	1.04	1.03	1.01	1.05	1.08
Belgium	1.05	1.08	1.08	1.08	1.03	1.02	1.01	1.07	1.01	1.00	0.96	1.00	1.04
	1.07	1.09	1.09	1.09	1.05	1.05	1.03	1.09	1.04	1.03	0.99	1.03	1.07
เฉลี่ย	1.06	1.08	1.09	1.09	1.04	1.04	1.03	1.08	1.03	1.02	0.99	1.03	1.06
	1.02	1.01	0.91	0.90	0.93	0.09	0.90	0.95	0.91	0.90	0.92	0.95	0.98
KMITL1	0.97	1.02	0.94	0.93	0.94	0.95	0.94	1.00	0.94	0.92	0.95	0.10	1.04
	1.01	1.04	0.98	0.97	0.97	0.98	0.97	1.05	0.96	0.94	0.94	0.98	1.03
เฉลี่ย	1.00	1.02	0.94	0.93	0.95	0.67	0.94	1.00	0.94	0.92	0.94	0.68	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายก่อนเติมน้ำ

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7.24	7.15	7.30	7.25	7.32	7.19	7.39	7.24	7.30	7.38	7.22	7.23	7.18
AU	7.25	7.38	7.28	7.24	7.35	7.18	7.41	7.24	7.32	7.46	7.23	7.25	7.22
	7.25	7.41	7.30	7.27	7.35	7.19	7.43	7.27	7.38	7.47	7.26	7.26	7.27
เฉลี่ย	7.25	7.31	7.29	7.25	7.34	7.19	7.41	7.25	7.33	7.44	7.24	7.25	7.22
	7.22	7.28	7.22	7.26	7.36	7.25	7.44	7.25	7.45	7.42	7.27	7.17	7.13
Netherland	7.23	7.29	7.24	7.33	7.37	7.30	7.43	7.26	7.44	7.48	7.16	7.08	7.17
	7.23	7.28	7.26	7.33	7.37	7.22	7.41	7.22	7.36	7.44	7.22	7.26	7.28
เฉลี่ย	7.23	7.28	7.24	7.31	7.37	7.26	7.43	7.24	7.42	7.45	7.22	7.17	7.19
	7.20	7.13	7.18	7.15	7.23	7.22	7.38	7.13	7.23	7.42	7.14	7.27	7.25
Belgium	7.22	7.14	7.15	7.01	7.20	7.23	7.43	7.18	7.27	7.46	7.18	7.23	7.26
	7.21	7.15	7.21	7.15	7.18	7.19	7.39	7.16	7.26	7.42	7.17	7.20	7.19
เฉลี่ย	7.21	7.14	7.18	7.10	7.20	7.21	7.40	7.16	7.25	7.43	7.16	7.23	7.23
	7.17	7.13	7.22	7.27	7.35	7.13	7.46	7.23	7.38	7.45	7.35	7.25	7.36
KMITL1	7.19	7.09	7.15	7.26	7.34	7.13	7.43	7.26	7.37	7.46	7.29	7.24	7.23
	7.17	7.04	7.08	7.24	7.33	7.15	7.37	7.20	7.31	7.45	7.32	7.31	7.34
เฉลี่ย	7.18	7.09	7.15	7.26	7.34	7.14	7.42	7.23	7.35	7.45	7.32	7.27	7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 15 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายหลังเติมน้ำ

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7.24	7.15	7.03	7.32	7.42	7.28	7.39	7.24	7.30	7.30	7.40	7.23	7.18
AU	7.25	7.38	7.07	7.30	7.44	7.30	7.41	7.24	7.32	7.41	7.43	7.25	7.22
	7.25	7.41	7.08	7.35	7.44	7.32	7.43	7.27	7.38	7.47	7.49	7.26	7.27
เฉลี่ย	7.25	7.31	7.06	7.32	7.43	7.30	7.41	7.25	7.33	7.39	7.44	7.25	7.22
	7.22	7.28	7.12	7.29	7.47	7.35	7.44	7.25	7.45	7.49	7.50	7.17	7.13
Netherland	7.23	7.29	7.15	7.37	7.46	7.41	7.43	7.26	7.44	7.49	7.46	7.08	7.17
	7.23	7.28	7.12	7.34	7.44	7.34	7.41	7.22	7.36	7.44	7.48	7.26	7.28
เฉลี่ย	7.23	7.28	7.13	7.33	7.46	7.37	7.43	7.24	7.42	7.47	7.48	7.17	7.19
	7.20	7.13	7.08	7.18	7.33	7.29	7.38	7.13	7.23	7.22	7.33	7.27	7.25
Belgium	7.22	7.14	7.01	7.08	7.31	7.33	7.43	7.18	7.27	7.30	7.40	7.23	7.26
	7.21	7.15	7.06	7.20	7.27	7.27	7.39	7.16	7.26	7.19	7.37	7.20	7.19
เฉลี่ย	7.21	7.14	7.05	7.15	7.30	7.30	7.40	7.16	7.25	7.24	7.37	7.23	7.23
	7.17	7.13	7.11	7.32	7.38	7.27	7.46	7.23	7.38	7.45	7.39	7.25	7.36
KMITL1	7.19	7.09	7.07	7.30	7.37	7.26	7.43	7.26	7.37	7.46	7.34	7.24	7.23
	7.17	7.04	7.07	7.28	7.37	7.25	7.37	7.20	7.31	7.49	7.43	7.31	7.34
เฉลี่ย	7.18	7.09	7.08	7.30	7.37	7.26	7.42	7.23	7.35	7.47	7.39	7.27	7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 ค่าอุณหภูมิของสารละลายก่อนเติมน้ำ (องศาเซลเซียส)

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	30.8	30.5	30.0	30.9	29.6	30.0	29.5	29.5	30.3	29.5	30.2	30.7	30.1
AU	30.8	30.5	30.1	30.9	29.6	29.9	29.4	29.4	30.1	29.4	30.2	30.6	29.9
	30.8	30.4	30.1	30.9	29.7	29.9	29.4	29.4	30.1	29.3	30.1	30.6	29.7
เฉลี่ย	30.8	30.5	30.1	30.9	29.6	29.9	29.4	29.4	30.2	29.4	30.2	30.6	29.9
	30.8	30.4	30.2	31.0	29.8	29.9	29.5	29.5	30.2	29.5	30.2	30.6	29.7
Netherland	30.8	30.7	30.2	31.0	30.0	30.1	29.5	29.5	30.2	29.6	30.2	30.6	29.7
	31.1	30.9	30.5	31.2	30.0	30.5	29.5	29.8	30.4	29.9	30.4	30.6	30.0
เฉลี่ย	30.9	30.7	30.3	31.1	29.9	30.2	29.5	29.6	30.3	29.7	30.3	30.6	29.8
	31.1	31.4	30.8	31.5	30.4	30.7	29.8	30.1	30.7	30.3	30.7	30.6	30.5
Belgium	30.9	31.0	30.6	31.4	30.2	30.3	30.1	29.7	30.6	29.9	30.4	31.1	30.5
	30.8	30.9	30.4	31.2	29.9	31.1	29.7	29.6	30.4	29.8	30.3	31.4	30.1
เฉลี่ย	30.9	31.1	30.6	31.4	30.2	30.7	29.9	29.8	30.6	30.0	30.5	31.0	30.4
	31.1	30.9	30.5	31.3	30.0	30.2	29.6	29.7	30.5	29.9	30.4	31.4	30.1
KMITL1	31.1	30.8	30.4	31.2	29.9	30.2	29.7	29.6	30.5	29.8	30.3	31.1	30.1
	31.1	31.0	30.5	31.4	31.1	30.4	29.6	29.9	30.6	29.9	30.5	30.1	30.1
เฉลี่ย	31.1	30.9	30.5	31.3	30.3	30.3	29.6	29.7	30.5	29.9	30.4	30.9	30.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 17 ค่าอุณหภูมิของสารละลายหลังเติมน้ำ (องศาเซลเซียส)

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	30.8	30.5	30.2	30.9	30.2	30.0	29.5	29.5	30.3	29.5	30.2	30.7	30.1
AU	30.8	30.5	30.2	30.8	30.2	30.0	29.4	29.4	30.1	29.4	30.2	30.6	29.9
	30.8	30.4	30.2	30.9	30.3	30.0	29.4	29.4	30.1	29.3	30.1	30.6	29.7
เฉลี่ย	30.8	30.5	30.2	30.9	30.2	30.0	29.4	29.4	30.2	29.4	30.2	30.6	29.9
	30.8	30.4	30.3	31.0	30.3	30.2	29.5	29.5	30.2	29.5	30.2	30.6	29.7
Netherland	30.8	30.7	30.3	31.1	30.3	30.3	29.5	29.5	30.2	29.6	30.2	30.6	29.7
	31.1	30.9	30.6	31.3	30.4	30.6	29.5	29.8	30.4	29.9	30.4	30.6	30.0
เฉลี่ย	30.9	30.7	30.4	31.1	30.3	30.4	29.5	29.6	30.3	29.7	30.3	30.6	29.8
	31.1	31.4	30.9	31.5	30.7	30.7	29.8	30.1	30.7	30.3	30.7	30.6	30.5
Belgium	30.9	31.0	30.6	31.4	30.8	30.5	30.1	29.7	30.6	29.9	30.4	31.1	30.5
	30.8	30.9	30.5	31.2	30.5	30.3	29.7	29.6	30.4	29.8	30.3	31.4	30.1
เฉลี่ย	30.9	31.1	30.7	31.4	30.7	30.5	29.9	29.8	30.6	30.0	30.5	31.0	30.4
	31.1	30.9	30.7	31.3	30.6	30.4	29.6	29.7	30.5	29.9	30.4	31.4	30.1
KMITL1	31.1	30.8	30.6	31.2	30.5	30.4	29.7	29.6	30.5	29.8	30.3	31.1	30.1
	31.1	31.0	30.8	31.4	30.9	30.5	29.6	29.9	30.6	29.9	30.5	30.1	30.1
เฉลี่ย	31.1	30.9	30.7	31.3	30.7	30.4	29.6	29.7	30.5	29.9	30.4	30.9	30.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำก่อนเติมน้ำ

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	6.78	6.59	6.92	6.84	6.84	6.95	7.37	6.67	7.00	6.96	6.92	6.98	6.30
AU	6.80	6.62	6.81	6.78	6.78	6.98	7.38	6.65	6.93	6.95	6.87	6.96	6.32
	6.81	6.63	6.83	6.79	6.74	6.97	7.37	6.69	6.94	6.97	6.90	6.99	6.40
เฉลี่ย	6.80	6.61	6.85	6.80	6.79	6.97	7.37	6.67	6.96	6.96	6.90	6.98	6.34
	6.84	6.69	6.81	6.77	6.73	6.96	7.33	6.68	6.94	6.95	6.87	7.01	6.43
Netherland	6.83	6.60	6.79	6.78	6.70	6.92	7.33	6.65	6.93	6.93	6.87	7.03	6.43
	6.77	6.60	6.74	6.73	6.74	6.91	7.31	6.60	6.89	6.89	6.88	7.01	6.35
เฉลี่ย	6.81	6.63	6.78	6.76	6.72	6.93	7.32	6.64	6.92	6.92	6.87	7.02	6.40
	6.67	6.48	6.74	6.67	6.62	6.82	7.23	6.51	6.89	6.79	6.78	6.89	6.22
Belgium	6.65	6.51	6.70	6.65	6.66	6.85	7.25	6.53	6.86	6.80	6.76	6.90	6.23
	6.65	6.49	6.74	6.69	6.65	6.90	7.33	6.53	6.87	6.84	6.79	6.86	6.29
เฉลี่ย	6.66	6.49	6.73	6.67	6.64	6.86	7.27	6.52	6.87	6.81	6.78	6.88	6.25
	6.70	6.53	6.71	6.65	6.67	6.89	7.24	6.55	6.85	6.80	6.81	6.89	6.32
KMITL1	6.77	6.53	6.72	6.69	6.67	6.87	7.27	6.52	6.82	6.79	6.82	6.92	6.23
	6.71	6.44	6.70	6.65	6.62	6.84	7.15	6.50	6.81	6.78	6.80	6.91	6.25
เฉลี่ย	6.73	6.50	6.71	6.66	6.65	6.87	7.22	6.52	6.83	6.79	6.81	6.91	6.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 19 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำหลังเติมน้ำ

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	6.78	6.59	6.99	6.97	7.06	7.27	7.37	6.67	7.00	6.96	7.28	6.98	6.30
AU	6.80	6.62	7.01	6.90	7.05	7.26	7.38	6.65	6.93	6.95	7.25	6.96	6.32
	6.81	6.63	7.00	6.83	6.98	7.25	7.37	6.69	6.94	6.97	7.32	6.99	6.40
เฉลี่ย	6.80	6.61	7.00	6.90	7.03	7.26	7.37	6.67	6.96	6.96	7.28	6.98	6.34
	6.84	6.69	7.01	6.77	6.95	7.20	7.33	6.68	6.94	6.95	7.31	7.01	6.43
Netherland	6.83	6.60	7.02	6.84	6.93	7.19	7.33	6.65	6.93	6.93	7.33	7.03	6.43
	6.77	6.60	6.98	6.84	6.95	7.17	7.31	6.60	6.89	6.89	7.33	7.01	6.35
เฉลี่ย	6.81	6.63	7.00	6.82	6.94	7.19	7.32	6.64	6.92	6.92	7.32	7.02	6.40
	6.67	6.48	6.99	6.87	6.90	7.13	7.23	6.51	6.89	6.79	7.14	6.89	6.22
Belgium	6.65	6.51	6.96	6.77	6.94	7.12	7.25	6.53	6.86	6.80	7.14	6.90	6.23
	6.65	6.49	6.96	6.80	6.89	7.16	7.33	6.53	6.87	6.84	7.22	6.86	6.29
เฉลี่ย	6.66	6.49	6.97	6.81	6.91	7.14	7.27	6.52	6.87	6.81	7.17	6.88	6.25
	6.70	6.53	6.93	6.77	6.92	7.17	7.24	6.55	6.85	6.80	7.15	6.89	6.32
KMITL1	6.77	6.53	6.93	6.80	6.94	7.15	7.27	6.52	6.82	6.79	7.15	6.92	6.23
	6.71	6.44	6.92	6.78	6.95	7.15	7.15	6.50	6.81	6.78	7.14	6.91	6.25
เฉลี่ย	6.73	6.50	6.93	6.78	6.94	7.16	7.22	6.52	6.83	6.79	7.15	6.91	6.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้