

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว
(*Microsorium pteropus*)

The optimum light intensity on Java fern (*Microsorium pteropus*) growth

ชื่อนักศึกษา นางสาวทิพย์วิมล ภูฤทธิ

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 6 เดือน ๖ '๙๕ พ.ศ. ๒๕๓๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตพรรณไม้น้ำชนิดรอกดำใบยาว
(*Microsorium pteropus*)

The optimum light intensity on Java fern (*Microsorium pteropus*) growth



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2547

รฟ.
๗๔๖๑๐
๒๕๔๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
วันเดือนปี.....
เมื่อมีการแก้ไขทุกสิ่งอย่างก็ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดรอกดำใบยาว (*Microsorium pteropus*)

The optimum light intensity on Java fern (*Microsorium pteropus*) growth

การทดลองเลี้ยงพรรณไม้น้ำชนิดรอกดำใบยาวภายใต้ความเข้มแสงต่างกัน พบว่า พรรณไม้น้ำรอกดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 2500-2700 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด เท่ากับ 1.32 ± 0.48 กรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับพรรณไม้น้ำรอกดำใบยาวที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 1000-1200, 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ เท่ากับ -0.51 ± 0.05 , -2.67 ± 0.48 และ -1.96 ± 0.58 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ในการเลี้ยงพรรณไม้น้ำรอกดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ มีตะไคร่น้ำเกิดขึ้นในปริมาณที่มาก และคุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ความนำไฟฟ้า ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 24.4-32.5 องศาเซลเซียส, 2.27-8.05 มิลลิลิตรต่อลิตร, 6.89-7.98, 4-42 มิลลิลิตรต่อลิตร, 300-1700 มิลลิลิตรต่อลิตร, 1.00-1.46 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร, 7.37-14.91 มิลลิลิตรต่อลิตร, 0.00-3.23 มิลลิลิตรต่อลิตร, 0.00-0.76 มิลลิลิตรต่อลิตร และ 1.94-26.45 มิลลิลิตรต่อลิตร ตามลำดับ

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ.ดร.นงนุช เลหาะวิสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการทดลองและแนวทางการแก้ปัญหาระหว่างการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีตลอดมา ขอขอบคุณ พี่มอญ พี่นิพนธ์ พี่ดาว และพี่แสง ที่ช่วยให้คำชี้แนะและอำนวยความสะดวกตลอดการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ ภรรยาณตรี สมบุญโต, นางพะงา เรียงเรียบ, อัญชลี บัวขาว, จริฎ ทองบริสุทธิ, ปิยนารถ ศรชัย และชนะวัฒน์ เทียมบุญประเสริฐ ที่ให้การช่วยเหลือตลอดการทดลอง ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจในระหว่างการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณยาย คุณแม่ลิคณา คุณพ่อทิน น้านอม น้ำศักดิ์ ที่คอยสนับสนุนทรัพย์และเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาการศึกษาของข้าพเจ้า

นางสาว ทิพย์วิมล ภู่อุทธิ
พฤษภาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	7
ผลการทดลองและวิจารณ์	9
สรุปและข้อเสนอแนะ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาวที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ กัน	9
2	คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาวภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ กัน ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	12
ตารางผนวกที่		
1	อุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	22
2	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	24
3	ความนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	26
4	ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	28
5	ความเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	30
6	ความกระด้างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	32
7	แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	34
8	ไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	36
9	ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	38
10	ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำรากดำ ไบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พรรณไม้น้ำรากลำไยยาว (<i>Microsorium pteropus</i>)	2
2	คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงที่ต่างๆ ตลอดเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	13
3	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาวภายใต้ความเข้มแสงที่ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	13
4	ความนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 12 สัปดาห์	14
5	ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	14
6	ความเป็นต่างในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	15
7	ความกระด้างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	15
8	แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลา 15 สัปดาห์	16
9	ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	16
10	ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	17
11	ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากลำไยยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์	17

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ กันที่ใช้ในการเลี้ยง พรรณไม้น้ำรากดำใบยาว (<i>Microsorium pteropus</i>)	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าชนิดรอกดำใบยาว
(*Microsorium pteropus*)

The optimum light intensity on Java fern (*Microsorium pteropus*) growth

คำนำ

พรรณไม้หน้าสวยงามสำหรับประดับตู้ปลาเป็นพรรณไม้หน้าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบันเนื่องจากได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยมีการนำมาตกแต่งในตู้กระจกคล้ายการจัดสวนพรรณไม้หน้าที่มีความงดงามอย่างเป็นธรรมชาติ พรรณไม้นานอกจากจะมีรูปทรงสวยงามแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อปลาอีกด้วยโดยพรรณไม้หน้ามีการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนซึ่งปลานำไปใช้ในการหายใจ และช่วยกำจัดของเสียที่ขับถ่ายจากตัวปลาโดยนำไปใช้เป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้า ในด้านเศรษฐกิจพรรณไม้หน้าเป็นสินค้าส่งออกของไทยที่อนาคตกำลังสดใส ตลาดต่างประเทศมีความต้องการมาก นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีศักยภาพในการเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้หน้าเนื่องจากอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

รอกดำใบยาว (*Microsorium pteropus*) เป็นพรรณไม้หน้าพื้นเมืองของประเทศไทย ทนทานสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีแสงน้อยจนถึงแสงมาก นิยมนำมาตกแต่งบริเวณหน้าตู้เนื่องจากลำต้นและใบเจริญออกทางด้านข้างไม่บังพรรณไม้หน้าที่อยู่ด้านหลังทำให้ดูมีความเป็นธรรมชาติและสวยงามมากขึ้น ด้วยเหตุนี้รอกดำใบยาวจึงเป็นพรรณไม้หน้าที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน รอกดำใบยาวมีการเจริญเติบโตช้าความต้องการของตลาดขยายมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและได้ปริมาณมากในเวลาอันรวดเร็วจึงมีการศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรอกดำใบยาวเพราะแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและความสวยงามของรอกดำใบยาว

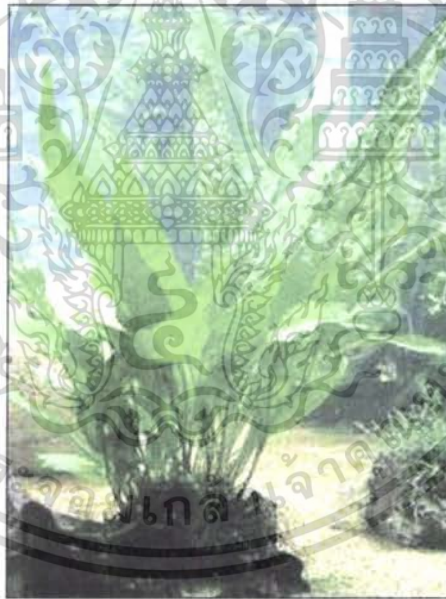
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงระดับความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้ารอกดำใบยาว
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำการเลี้ยงพรรณไม้หน้ารอกดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสงต่างกัน

การตรวจเอกสาร

รากดำใบยาว (Java fern) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Microsorium pteropus* เป็นพรรณไม้้ำน้ำที่จัดอยู่ในวงศ์ Polypodiaceae ซึ่งเป็นวงศ์ของเฟิร์นชนิดต่างๆ มีการแพร่กระจายในทวีปเอเชีย รากดำใบยาวเป็นพรรณไม้้ำน้ำพื้นเมืองของไทยในธรรมชาติพบแพร่กระจายในบริเวณที่สูง เจริญเติบโตตามซอกหินบริเวณลำธารหรือน้ำตก โดยมีลำต้นและใบเจริญเหนือน้ำ แต่สามารถเจริญได้ดีเมื่ออยู่ในน้ำ ขยายพันธุ์โดยใช้สปอร์ที่อยู่ใต้ใบ ใบมีลักษณะเป็นรูปหอก ความยาวของใบประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร มีสีเขียว มีความสูง 25-30 เซนติเมตร นิยมนำมาประดับตู้ปลาหรือตู้พรรณไม้้ำน้ำมาก เนื่องจากเจริญเติบโตในวัสดุหลายชนิด (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543)

ในการเลี้ยง *Microsorium pteropus* นิยมให้เกาะกับขอนไม้ ก้อนหินหรือวัสดุอื่นๆ รากดำใบยาวจัดเป็นพืชที่เจริญเติบโตช้า พรรณไม้้ำน้ำรากดำใบยาวต้องการอุณหภูมิน้ำประมาณ 65-85 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 18-30 องศาเซลเซียส (Anon, 2003) ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.0-8.0 และความกระด้าง 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Ted, 2003)



ภาพที่ 1 รากดำใบยาว (*Microsorium pteropus*)

ที่มา : www.mare2000.it/piante/pteropus.htm

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้้ำน้ำ

1. แสง พรรณไม้้ำน้ำเป็นพืชที่ไม่ต้องการแสงมาก พืชเขตร้อนส่วนใหญ่เจริญเติบโตในแม่น้ำหรือบ่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความเข้มแสง (light intensity) พรรณไม้แต่ละชนิดต้องการความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ความเข้มแสงที่เหมาะสมจะทำให้พืชมีอัตราเมตาบอลิซึม การสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตเร็วขึ้น ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่เป้าหมายวัดเป็น ลักซ์ (LUX) ในระบบเมตริก 1 ลักซ์ เท่ากับ 0.093 footcandle (FC) โดย LUX คือ ปริมาณแสงจากดวงเทียนมาตรฐานส่องไปยังพื้นที่ผิวที่ห่างจากดวงเทียน 1 เมตร ส่วน FC คือ ปริมาณแสงจากดวงเทียนมาตรฐานส่องไปยังพื้นที่ผิวที่ห่างจากดวงเทียน 1 ฟุต (ปฐมพร, 2545)

1.2 ระยะเวลาในการได้รับแสง (light duration) แตกต่างกันตามฤดูกาลและตามเส้นละติจูด (latitude) ประเทศในเขตร้อน ช่วงกลางวัน 12 ชั่วโมง กลางคืน 12 ชั่วโมง ในฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่แตกต่างกัน ประเทศในเขตอบอุ่นฤดูร้อนกลางวัน 16 ชั่วโมง กลางคืน 8 ชั่วโมง ประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วโลกฤดูร้อนกลางวัน 24 ชั่วโมง กลางคืน 24 ชั่วโมง (ไม่ปรากฏผู้แต่ง, 2546)

1.3 ความยาวคลื่น (Wave length) ในกระบวนการสังเคราะห์แสงพืชใช้แสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร โดยการเคลื่อนไหวจะใช้แสงสีน้ำเงิน การสร้างราก ลำต้น ใบ จะใช้แสงสีแดง (Conde-Alvarez *et al.*, 2003) แสงที่มีความยาวคลื่น 300-350 นาโนเมตร ที่ไม่ถูกดูดซับด้วยโอโซนในช่วงช่วงกลางวันมีผลให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ของพืชลดลง

1.4 แหล่งของแสง

1.4.1 ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งของแสงที่ได้จากธรรมชาติ

1.4.2 หลอดไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้แสงสว่างและเป็นแหล่งพลังงานให้แก่พรรณไม้ได้มีการสังเคราะห์แสง หลอดไฟมีหลายชนิดดังนี้

(1) Incandescent ลักษณะเหมือนหลอดไฟที่ใช้ในบ้าน จะใช้ติดตั้งในตู้ปลาน้ำจืดที่มีขนาดเล็ก ภายในหลอดมีเส้นทั้งสแตนซึ่งจะทำให้เกิดการเรืองแสงได้ หลอด Incandescent ผลิตความร้อนต่อวัตต์มาก ประสิทธิภาพต่ำและเผาไหม้ได้รวดเร็ว (Hauser, 2001)

(2) Fluorescent เป็นหลอดไฟมาตรฐานที่ให้แสงสำหรับตู้ปลาและพรรณไม้ ซึ่งมีความหลายขนาดและมีหลากสี ตัวหลอดทำจากแก้วภายในมีแร่เรืองแสงเมื่อรวมตัวกับธาตุอื่นๆ จะทำให้เกิดสีที่ต่างกัน หลอด Fluorescent ให้แสงใกล้เคียงธรรมชาติ เป็นหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอด Incandescent โดยหลอด Fluorescent จะให้แสงต่อวัตต์มากกว่าแต่ให้ความร้อนน้อยกว่าเหมาะสำหรับตู้ปลาทั่วไป อายุการใช้งานประมาณ 8-12 เดือน (Hauser, 2001)

(3) Power Compact Fluorescent เป็นหลอด Fluorescent ที่มีรูปร่างเป็นรูปตัวยู มีเส้นผ่านศูนย์กลางครึ่งหนึ่งของหลอด Fluorescent การใช้งานเหมือนหลอด Fluorescent ทั่วไปแต่พื้นที่ผิวของหลอดและสารเรืองแสงจะถูกเพิ่มขึ้น หลอดชนิดนี้ต้องการไฟฟ้ามากกว่าหลอด

luorescent ทั่วไป อายุการใช้งาน 12–18 เดือน ขึ้นอยู่กับความยาวนานในการใช้งานในแต่ละวัน (Hauser, 2001)

(4) Metal Halide คล้ายหลอด Incandescent แต่แตกต่างกันในด้านการทำงาน นิยมใช้ในตู้ที่เลี้ยงปะการังโดยเฉพาะปะการังแข็ง หลอด Metal Halide ใช้ทั้งสแตนด์บายในแรชีลคอนไดออกไซด์ โดยจะมีช่องว่างให้กระแสไฟฟ้าผ่านต่างหาก การกระจายของแสงจะสัมพันธ์กับพื้นที่อายุการใช้งาน 8–12 เดือน (Hauser, 2001)

2. ปุ๋ย ธาตุอาหารเป็นปัจจัยที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ จำแนกตามความต้องการของพรรณไม้น้ำได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1 ธาตุอาหารหลัก เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และซัลเฟอร์ (S) (Baldantoni *et al.*, 2003)

Romero *et al.* (1999) ได้ทดลองถึงผลของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของ *Phragmites australis* ในระบบปลูกแบบไร้ดิน ทำการศึกษาที่ระดับความเข้มข้นแอมโมเนีย 3 ระดับ คือ ระดับความเข้มข้น 50 500 และ 1000 ไมลต่อลิตร และระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 15 และ 50 ไมลต่อลิตร พบว่าที่ไนโตรเจน 1000 ไมลต่อลิตร *Phragmites australis* มีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ 0.037 กรัมต่อวันโดยที่ฟอสฟอรัสมีผลที่ไม่แตกต่างกัน

Diana (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมและไนเตรท-ไนโตรเจน โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายเดนซา (*Elodes nuttallii*) ที่ระดับ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรของแอมโมเนียมและไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่า พืชมีการใช้แอมโมเนียมได้ดีกว่าไนเตรท-ไนโตรเจน เนื่องจากเมื่อวัดระดับแอมโมเนียมและไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่า ระดับแอมโมเนียมมีการลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งลดลงต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรในช่วง 0-32 ชั่วโมงและลดลงเพียงเล็กน้อยในช่วง 32-64 ชั่วโมง สำหรับระดับไนเตรท-ไนโตรเจนมีการลดลงอย่างช้าๆ ในช่วง 0-64 ชั่วโมง เมื่อครบ 64 ชั่วโมงระดับไนเตรท-ไนโตรเจนมีปริมาณสูงกว่า 0.5 มิลลิกรัม

2.2 ธาตุอาหารรอง เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) (Baldantoni *et al.*, 2003)

3. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พรรณไม้น้ำสามารถนำคาร์บอนที่เป็นอินทรีย์สารเข้าได้ 2 รูป คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) โดยทั้งสองตัวนี้จะมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ คาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดี ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและในอากาศที่พบเท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่ในน้ำได้ช้ากว่าในอากาศ 10,000 เท่า (Huebert, 1996) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติแล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากการหายใจของปลาและแบคทีเรีย ปัจจุบันได้มีการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเติมลงในน้ำ แต่หากเติมในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดความเป็นพิษได้เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำ (Johnson, 2000)

4. วัสดุปลูกพรรณไม้น้ำ วัสดุปลูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เป็นที่ยึดรากของพรรณไม้น้ำ และเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ชนิดของวัสดุปลูกมีดังนี้

4.1 กรวด เป็นวัสดุปลูกที่มีขายทั่วไป ราคาถูก กรวดไม่มีแร่ธาตุจึงต้องมีการเติมปุ๋ยเพิ่มลงไป ข้อดีของกรวด คือ ทำหน้าที่ยึดลำต้นที่ปักชำได้ดี ผลผลิตพรรณไม้น้ำที่ปลูกในกรวดจะสะอาด มีการถ่ายเทอากาศได้ดี และถอนต้นมาได้ง่าย จึงนิยมใช้กรวดปลูกพรรณไม้น้ำเพื่อส่งออกข้อเสียของกรวด คือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อย มีน้ำหนักมาก และไม่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต (Johnson, 2000)

4.2 ดินเหนียว เป็นดินละเอียด มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน อนุภาคของดินมีการอัดตัวกันแน่น ดินเหนียวมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในปริมาณน้อยดินเหนียวจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุปลูกพรรณไม้น้ำ แต่ถ้าจะใช้ประโยชน์จากดินเหนียวมาเป็นวัสดุปลูกควรใช้ดินเหนียว 1 ส่วนต่อทราย 10 ส่วน โดยจะใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุรองก้น เพื่อเป็นที่ยึดเกาะของรากพรรณไม้น้ำ (Johnson, 2000)

4.3 Laterite เป็นดินสีแดงที่พบในบริเวณเขตร้อนและเขตร้อนชื้น Laterite เป็นดินที่มีลักษณะค่อนข้างละเอียด มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน อย่างไรก็ตาม Laterite มีพื้นผิวหลายแบบ เช่น Dupla เป็นดินที่มีการผสมกันของโคลน และทรายกับดินละเอียด ซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหาความชุ่มชื้นได้เมื่อทำการปลูก Laterite จะใช้ในธุรกิจพรรณไม้น้ำที่มีราคาแพง (Johnson, 2000)

4.4 ขอนไม้ หรือตอไม้ ชิ้นส่วนของขอนไม้ที่ใช้จะเป็นไม้ที่มีเนื้อแข็ง และพบว่าจมอยู่ในน้ำเป็นเวลานาน (วันเพ็ญ และกาญจนวี, 2543) เพราะไม้เกือบทุกชนิดที่ถูกแช่ในน้ำจะมีการปล่อยสารต่างๆ ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ หรือที่เรียกว่า กรดฮิวมิก ขอนไม้บางชนิดจะเป็นพิษต่อปลา เช่น ขอนไม้ในต้นสน (Johnson, 2000) หากจำเป็นต้องใช้ขอนไม้ หรือตอไม้สดจะต้องตากแดดให้เนื้อไม้แห้งเสียก่อน แล้วนำไปแช่น้ำจนกระทั่งไม่มียาง หรือสีของเนื้อไม้ (น้ำไม่เป็นสีน้ำตาล) (วันเพ็ญ และกาญจนวี, 2543) การใช้ขอนไม้ควรทำความสะอาดก่อนนำมาใช้เพื่อกำจัดสาหร่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายชนิดที่เป็นเส้นสาย (Johnson, 2000)

ปฐมพร (2545) ทำการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมอสชวา พบว่ามอสชวาที่ปลูกบนขอนไม้มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าก้อนหินและตาข่าย

5. คุณสมบัติของน้ำ เป็นปัจจัยที่ช่วยให้พรรณไม้น้ำอยู่ได้ดี พรรณไม้น้ำต้องการน้ำที่มีความใสสะอาดเพราะน้ำที่ขุ่นจะเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง ความกระด้างที่พอเหมาะอยู่ที่

8-16 dH ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อการดูดซับสารอาหารของรากพืช ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.6-7.5 อุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส พรรณไม้จำเป็นต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจ ช่วงเวลากลางคืน และความเป็นด่าง วัดได้จากธาตุหมู่ Alkaline และ Alkaline earth (Ca, Mg) ในสารประกอบ โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง (Johnson, 2000)

Diana (2003) ได้ทำการศึกษาระดับความเป็นด่างที่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างในรอบวัน พบว่า ค่าความเป็นด่างที่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างในรอบวันมีช่วงกว้าง คือ 7.0-10.3 แต่ที่ระดับความเป็นด่างสูง คือ 50-300 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงแคบ คือ 8.0-8.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถังพลาสติกขนาด 33x43x23 เซนติเมตร จำนวน 16 ถัง
2. รากดำใบยาว (*Microsorium pteropus*)
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Plant growth จำนวน 20 หลอด
4. ขอนไม้จำนวน 16 ขอน
5. ปุ๋ยสำหรับเลี้ยงพรรณไม้น้ำ
6. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ
7. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 9025
8. เครื่องวัดการนำไฟฟ้าและของแข็งที่ละลายในน้ำยี่ห้อ HACH รุ่น 44600
9. เครื่องวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำยี่ห้อ YSI รุ่น 550

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(CRD; Completely Randomized Design) โดยให้ระดับความเข้มแสงเป็นปัจจัย 4 ระดับ ได้แก่

1. การเลี้ยงรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000-1200 ลักซ์
2. การเลี้ยงรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 2500-2700 ลักซ์
3. การเลี้ยงรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 3900-4100 ลักซ์
4. การเลี้ยงรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 5300-5500 ลักซ์

โดยแต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ

วิธีการทดลอง

1. เติมน้ำลงถังให้มีปริมาตร 20 ลิตร จำนวน 16 ถัง
2. นำรากดำใบยาวผูกติดกับขอนไม้ 19-20 กรัม ต่อขอนไม้ 1 อัน จำนวน 16 อัน จากนั้นนำขอนไม้ที่มีรากดำใบยาวผูกติดมาใส่ในถัง 1 ถัง ต่อขอนไม้ 1 อัน
3. ชุดการทดลองประกอบด้วยความเข้มแสงระดับต่างๆ ดังนี้ 1000-1200, 2500-2700, 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ ทำการทดลองความเข้มแสงระดับละ 4 ซ้ำ
4. เติมน้ำที่ระดับความนำไฟฟ้า 1.00 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร
5. วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ถ่ายน้ำประมาณ 30 เพลอร์เซ็นและใส่ปุ๋ยทุกสัปดาห์ โดยทำการบันทึก ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และความนำไฟฟ้า แล้วทำการวิเคราะห์ ปริมาณความกระด้าง ปริมาณความเป็นด่าง ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน แล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำรากดำไปยาวในแต่ละซ้ำของชุดการทดลองมาชั่งน้ำหนักเปียก แล้วบันทึกผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักและคุณภาพน้ำจากการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2547 – มีนาคม 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวที่เลี้ยงในระดับความเข้มแสงที่ต่างๆ กัน

จากการทดลองปลูกพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวบนขอนไม้ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ กัน และใส่ปุ๋ยที่ระดับความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1.00 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร พบว่า เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวในชุดการทดลองที่ความเข้มแสง 2500–2700 ลักซ์ ให้ผลเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวดีที่สุด (1.32±0.48) รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 ลักซ์ (-0.51±0.05) 5300–5500 ลักซ์ (-1.96±0.58) และ 3900–4100 ลักซ์ (-2.67±0.45) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 2500–2700 ลักซ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ซึ่งชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 2500–2700 ลักซ์ แต่ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่สอดคล้องกับ รุจิรา (2547) ที่ทำการทดลองปลูกมอสชวาซึ่งอยู่ในวงศ์ Hypnaceae บนขอนไม้ที่ระดับความเข้มแสง 5300–5500 ลักซ์ ให้การเจริญเติบโตของมอสชวาดีที่สุด (1.00±0.26)

ตารางที่ 1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ ในระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	ค่าเฉลี่ย±SE
1000–1200	-0.51±0.05 ^a
2500–2700	1.32±0.48 ^b
2900–4100	-2.67±0.48 ^c
5300–5500	-1.96±0.58 ^c

*อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. ผลของคุณภาพน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวในระดับความเข้มแสงต่างๆ กัน

ผลของคุณภาพน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวในระดับความเข้มแสงต่างๆ กัน พบว่าคุณสมบัติ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.40 ± 0.27 , 28.59 ± 0.26 , 29.05 ± 0.25 และ 29.36 ± 0.25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 5300–5500 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสงอื่นๆ แต่ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 2500–2700 และ 3900–4100 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Anon(2003) กล่าวว่าพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวเจริญเติบโตได้ที่ประมาณ 65–85 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 18–30 องศาเซลเซียส(ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.0 ± 0.19 , 5.71 ± 0.18 , 5.72 ± 0.18 และ 5.64 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 ลักซ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง แต่ที่ระดับความเข้มแสง 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสงมี 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวตายบางส่วนจึงทำให้เกิดการย่อยสลายจึงต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย รวมถึงการที่มีหอยซึ่งเป็นศัตรูของพรรณไม้ น้ำเกิดขึ้นมากกว่าในชุดระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 2500–2700 ลักซ์ เนื่องจากในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีตะไคร่น้ำที่เป็นอาหารของหอยในปริมาณมาก (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

ความนำไฟฟ้าของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19 ± 0.01 , 1.21 ± 0.02 , 1.16 ± 0.01 และ 1.17 ± 0.01 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 2500–2700 ลักซ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 ± 0.002 , 7.35 ± 0.02 , 7.48 ± 0.03 และ 7.47 ± 0.03 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200 และ 2500–2700 ลักซ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 5)

ความเป็นต่างของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.50 ± 1.08 , 20.40 ± 1.11 , 21.45 ± 1.06 และ 21.20 ± 1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 6)

ความกระด้างของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 725 ± 54.15 , 760 ± 52.60 , 737 ± 49.44 และ 710 ± 43.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 7)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 ± 0.06 , 0.40 ± 0.09 , 0.30 ± 0.06 และ 0.31 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 8)

ไนโตรท-ไนโตรเจนของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 ± 0.03 , 0.17 ± 0.03 , 0.18 ± 0.03 และ 0.18 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 9)

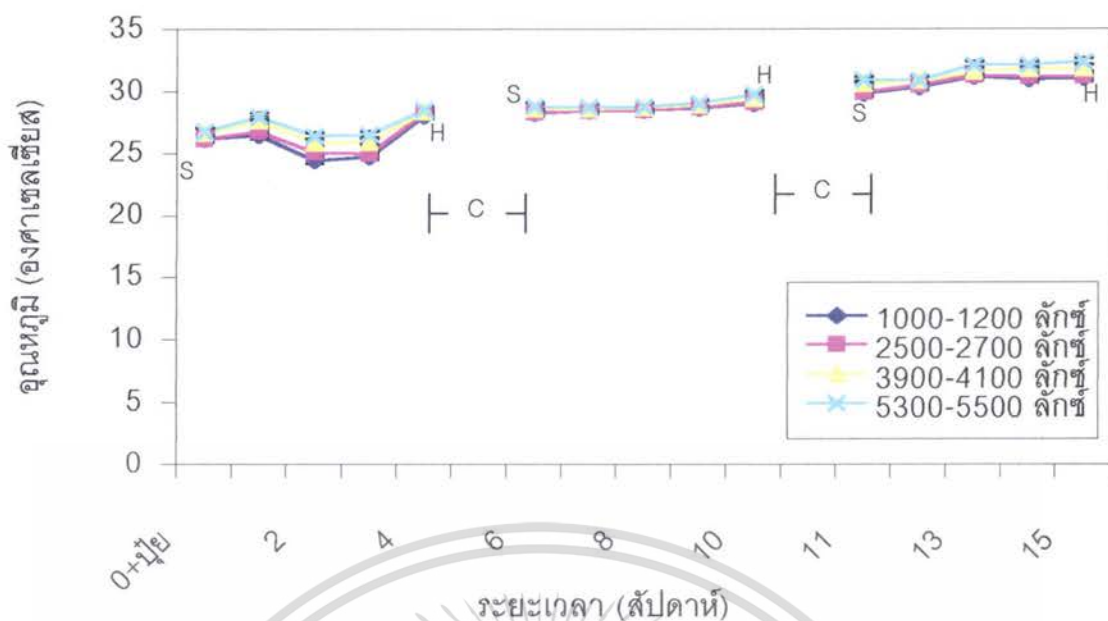
ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.34 ± 1.00 , 13.16 ± 1.17 , 12.76 ± 1.08 และ 12.68 ± 1.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 10)

ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในชุดการทดลองพรรณไม้ น้ำรากดำใบยาวที่ระดับความเข้มแสง 1000–1200, 2500–2700, 3900–4100 และ 5300–5500 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.18 ± 0.30 , 10.86 ± 0.31 , 11.35 ± 0.52 และ 11.31 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 11)

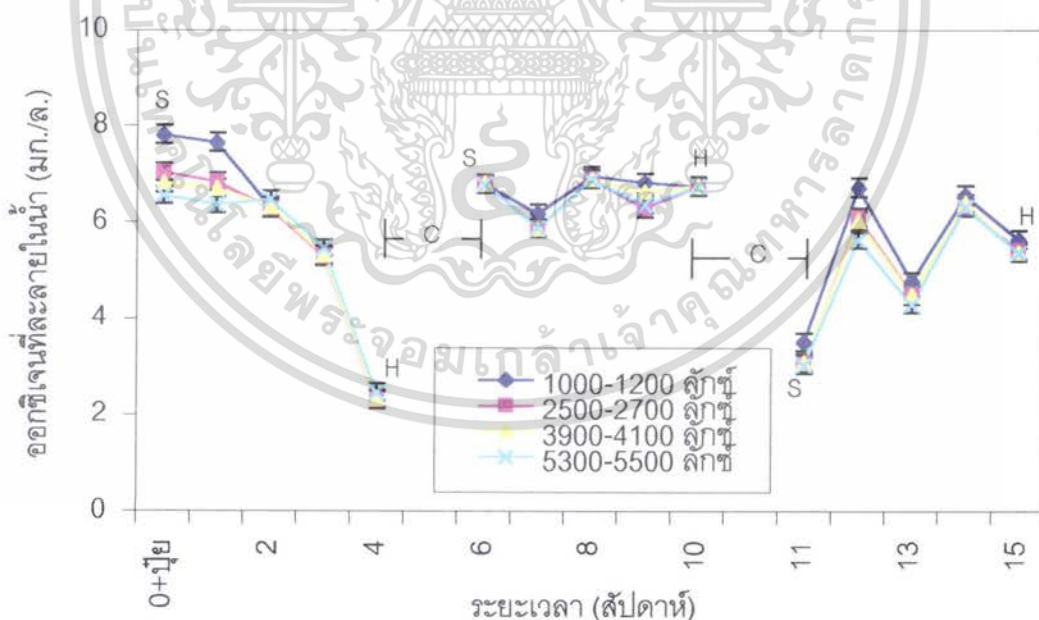
ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำารากดำใบยาวภายใต้ความเข้มแสงต่างๆกัน ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

คุณสมบัติน้ำ	ช่วงแสง 1000 - 1200 ลักซ์		ช่วงแสง 2500 - 2700 ลักซ์		ช่วงแสง 3900 - 4100 ลักซ์		ช่วงแสง 5300 - 5500 ลักซ์	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE
อุณหภูมิ (°ซ)	24.4 - 31.2	28.43±0.27 ^a	24.9 - 31.4	28.59±0.26 ^b	25.8 - 32	29.05±0.25 ^b	26.3 - 32.5	29.36±0.25 ^c
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล)	2.29 - 8.05	6.00±0.19 ^a	2.27 - 7.18	5.71±0.18 ^b	2.29 - 6.94	5.72±0.18 ^b	2.43 - 6.94	5.64±0.17 ^b
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.89 - 7.53	7.27±0.02 ^a	7.03 - 7.92	7.35±0.02 ^b	7.02 - 7.98	7.48±0.03 ^c	7.06 - 7.96	7.47±0.03 ^c
ความเป็นด่าง (มก./ล)	4.00 - 30.00	17.5±1.08 ^a	6.00 - 3.00	20.4±1.11 ^a	10.00 - 34.00	21.45±1.06 ^a	10.00 - 42.00	21.20±1.17 ^a
ความกระด้าง (มก./ล)	300 - 1500	725.00±54.15 ^a	300 - 1700	760.00±52.60 ^a	300 - 1500	737.50±49.44 ^a	300 - 1300	710±43.68 ^a
ความนำไฟฟ้า (mS/cm)	1.00 - 1.35	1.19±0.01 ^a	1.00 - 1.46	1.21±0.02 ^a	1.00 - 1.29	1.16±0.01 ^a	1.00 - 1.30	1.17±0.01 ^a
ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (มก./ล)	7.82 - 16.64	11.18±0.30 ^a	7.37 - 14.91	10.86±0.31 ^a	8.48 - 27.16	11.35±0.52 ^a	8.00 - 16.86	11.31±0.31 ^a
แอมโมเนีย - ไนโตรเจน (มก./ล)	0.00 - 1.74	0.34±0.06 ^a	0.00 - 3.23	0.40±0.09 ^a	0.00 - 2.01	0.30±0.06 ^a	0.00 - 1.41	0.31±0.05 ^a
ไนโตรท์ - ไนโตรเจน (มก./ล)	0.01 - 0.69	0.16±0.03 ^a	0.00 - 0.70	0.17±0.03 ^a	0.00 - 0.74	0.18±0.03 ^a	0.01 - 0.76	0.18±0.03 ^a
ไนเตรท - ไนโตรเจน (มก./ล)	1.94 - 21.45	12.34±1.00 ^a	2.07 - 26.45	13.16±1.17 ^a	2.51 - 21.35	12.76±1.08 ^a	2.30 - 22.91	12.68±1.01 ^a

*อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

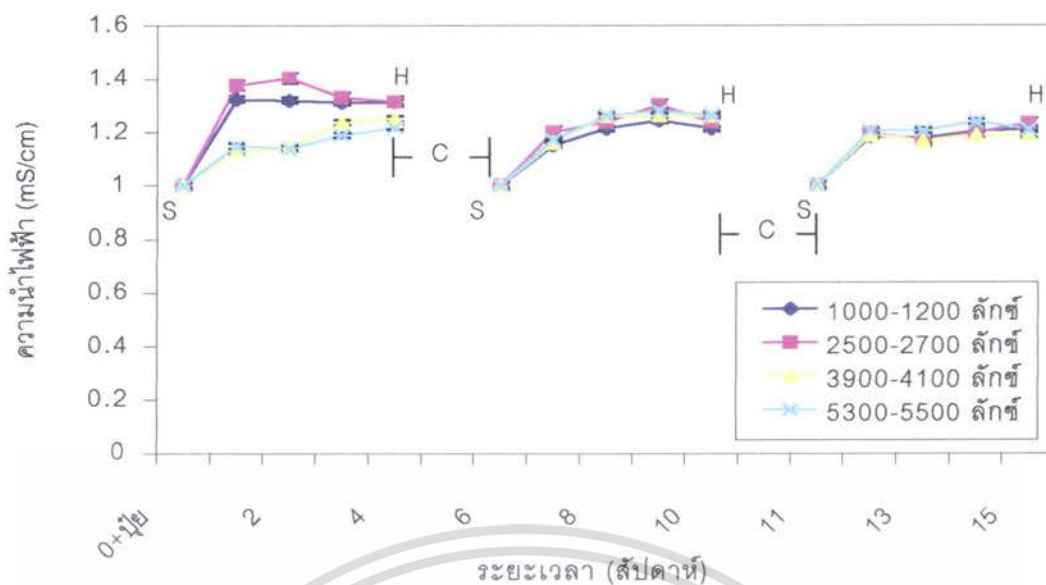


ภาพที่ 2 คุณภาพของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงที่ต่างๆ ตลอดเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

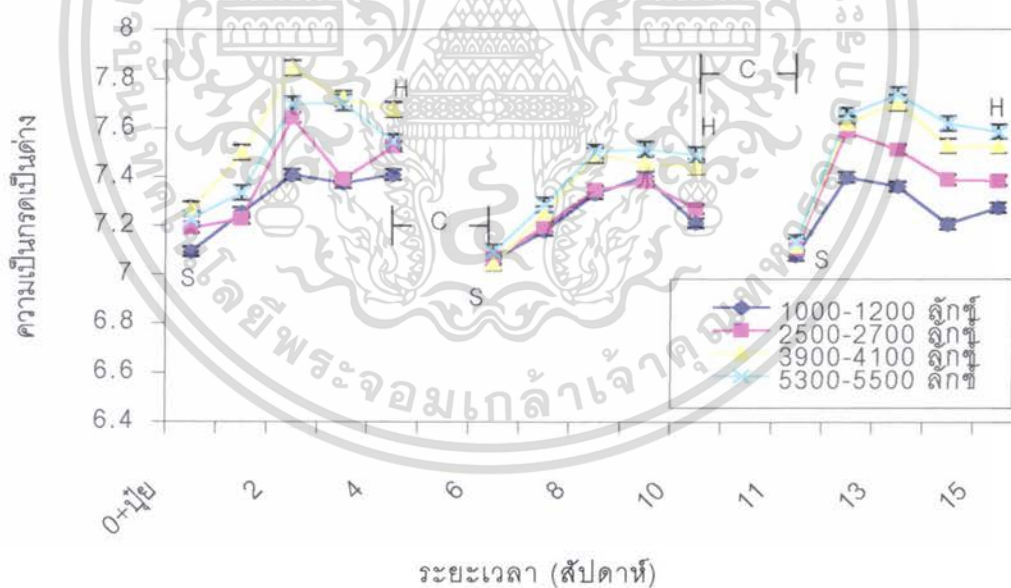


ภาพที่ 3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวภายใต้ความเข้มแสงที่ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

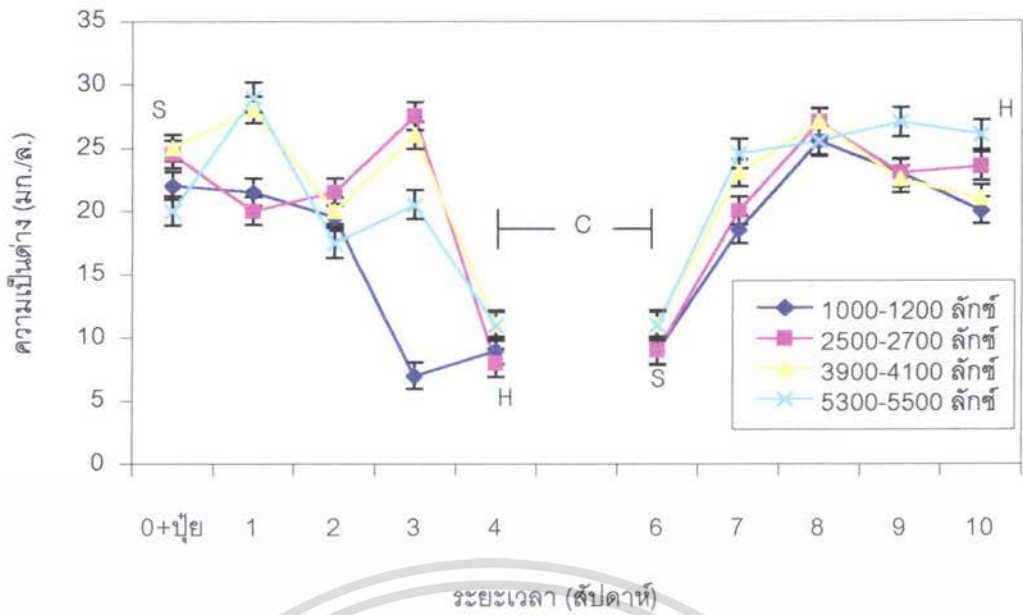


ภาพที่ 4 ความนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้รากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 12 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

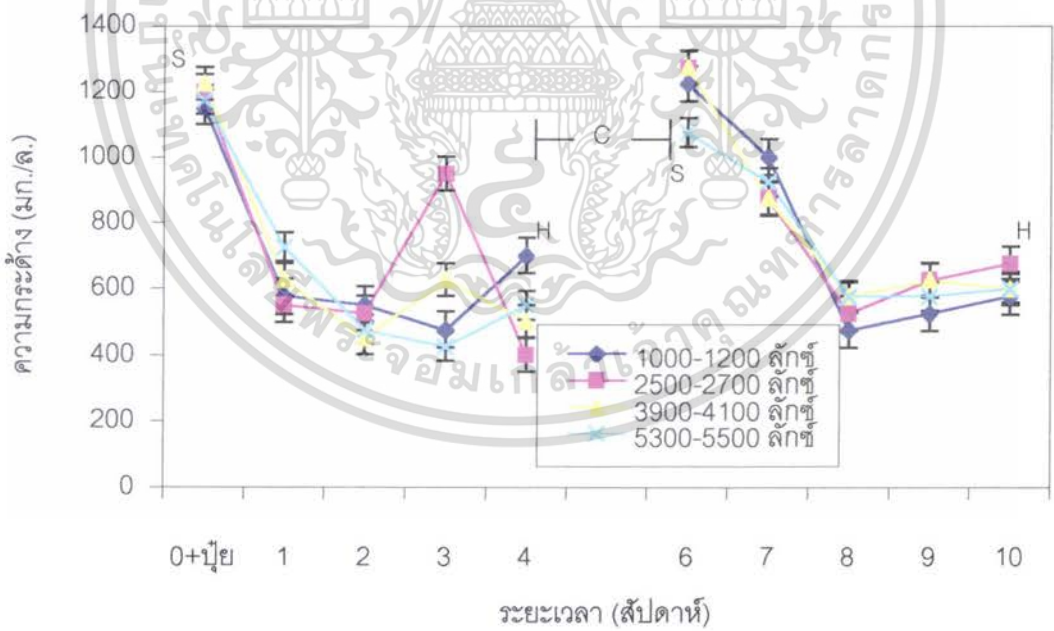


ภาพที่ 5 ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้รากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

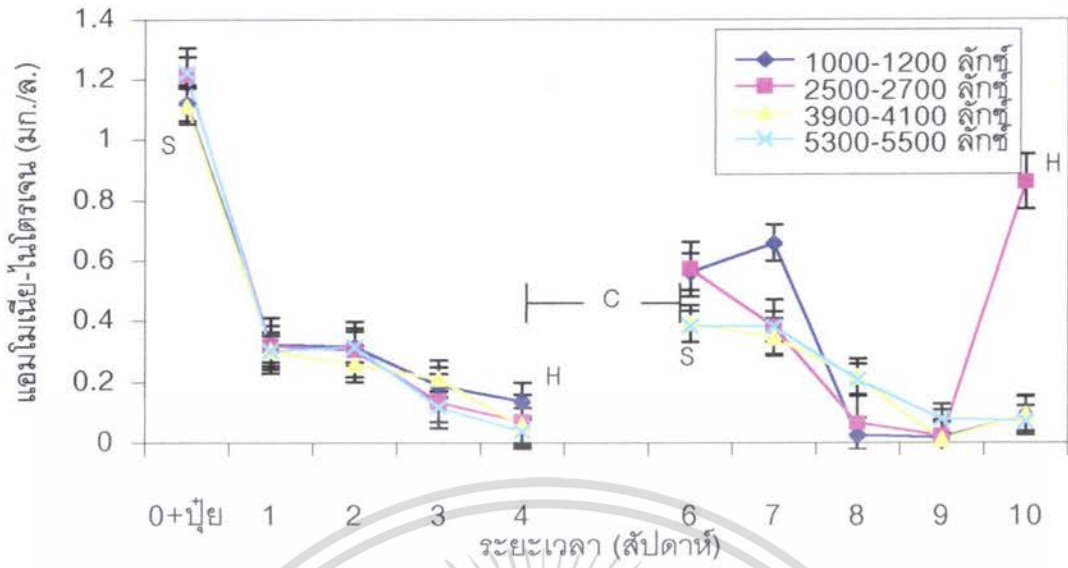


ภาพที่ 6 ความเป็นต่างในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

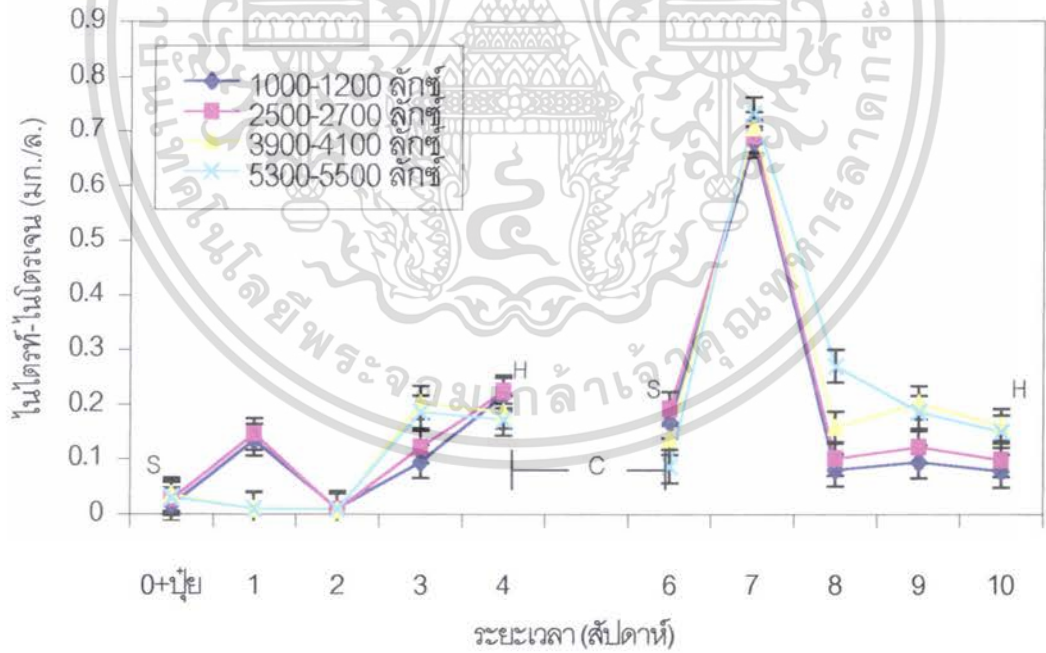


ตารางที่ 7 ความกระด้างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

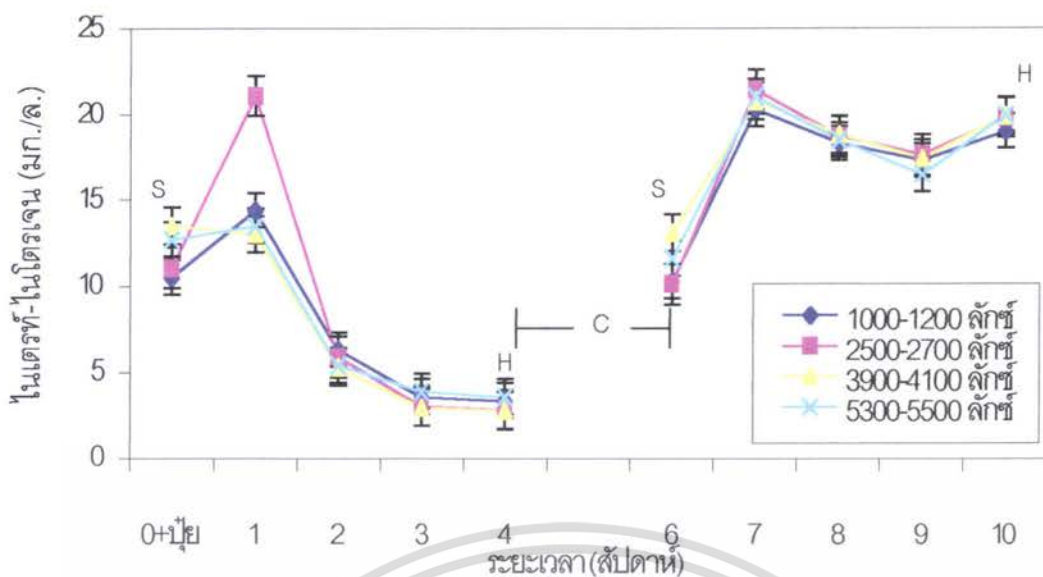


ภาพที่ 8 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลา 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

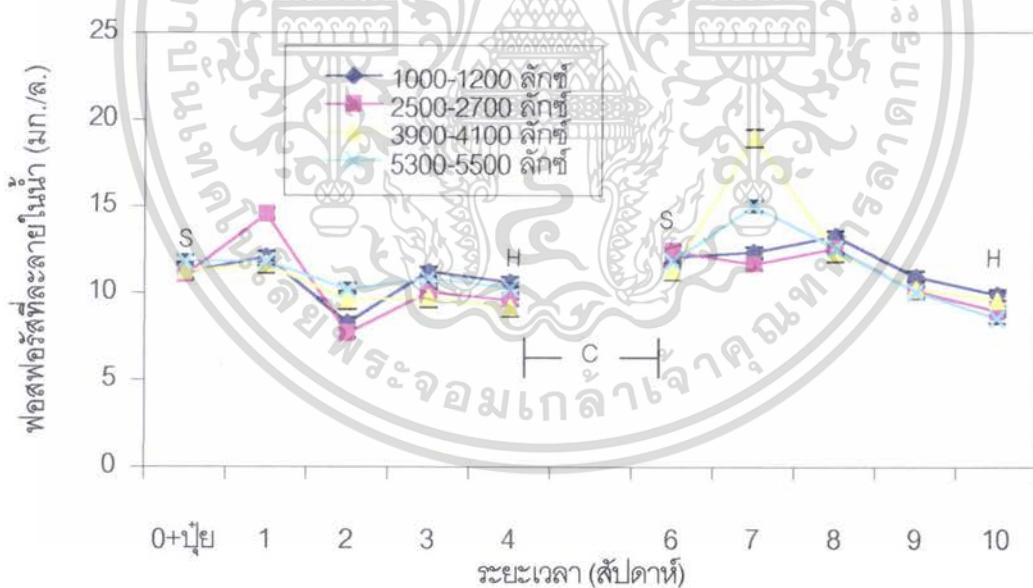


ภาพที่ 9 ไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)



ภาพที่ 11 ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 สัปดาห์ (S คือ สัปดาห์ที่เริ่มใส่ปุ๋ย, H คือ สัปดาห์ที่ทำการล้างถัง, C คือ สัปดาห์ที่รอการเตรียมปุ๋ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล

จากการทดลองเลี้ยงพรรณไม้ในรอกดำไบบายวภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ กัน พบว่าระดับความเข้มแสงที่ 2500-2700 ลักซ์ ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับพรรณไม้ในรอกดำไบบายวที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 1000-1200, 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ ซึ่งในชุดการทดลองอื่นๆ การเจริญเติบโตของรอกดำไบบายวลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักที่ได้มีค่าน้อยกว่าน้ำหนักเริ่มต้น นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มแสง 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ ยังมีการเกิดตะไคร่น้ำในถังในปริมาณที่มากอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองหากทำการเลี้ยงพรรณไม้ในรอกดำไบบายวที่ระดับความเข้มแสง 3900-4100 และ 5300-5500 ลักซ์ ควรมีการถ่ายน้ำและทำความสะอาดถังเลี้ยงทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร่น้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจน์ พงษ์จวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถาบันแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 122 น.
- ปฐมพร ปานคล้า. 2545. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมอสชาวา (*Vesicularia dubyana*). ปัญหาพิเศษ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 84 น.
- รุจิรา เจริญศักดิ์. 2546. ผลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของมอสชาวา (*Vesicularia dubyana*). ปัญหาพิเศษ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 น.
- ไม่ปรากฏผู้แต่ง. 2546. ความสัมพันธ์ระหว่างพืชและสิ่งแวดล้อม. [online]. <http://geocities.com/mkittima/cropa.htm>
- Baldantoni, D.,A. Anna, P.D. Tomasi, G. Bartoli and A.V.D. Santo. 2004 Assessment of macroelement accumulation capability of two aquatic plants. *Environmental Pollution*. 130: 149-156.
- Conde-Alvarez, R.m., E.Perez-Rodriguez., J.M. nieto., R. Abdala., F.L. figueroa and A. Flore-Moya. 2002 Photosynthetic performance and pigment content in the aquatic livewort *Riella helicophyla* under natural solar irradiance and solar irradiance without ultraviolet light. *Aquatic Botany* 73: 47-61
- Smith D.H., J.D. Madsen, K.L. Dickson and T.L. Beitinge. 2002. Nutrient effects on autofragmentation of *Myriophyllum spicatum*. *Aquatic Botany*. 74: 1-17
- Romero J.A.,H. Brix and F.A. comin. 1999. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH_4 uptake kinetics by *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*. 64: 369-380
- Diana W. 2003. Carbon. Ecology of the planted aquarium. Published by Echinodorus Publishing. 194 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anon. 2000. Java Fern (*Microsorium pteropus*). [online]. <http://mare2000.it/piante/pteropus.htm>

Anon. 2003. *Microsorium pteropus*. [online]. <http://www.vaquariumthailand.com/plant/m2.htm>

Ted, C. 2003. The Java Fern (*Microsorium pteropus*). [online]. <http://www.aquaworldnet.com/awmag/javaen.htm>

Johnson, J. S. 2000. Substrate for Aquarium planted. [online]. <http://home.infinet.net/teban>

Hauser, D. 2001. Aquarium Lamp Type Explained. [online]. <http://www.aquariumpros.com/articlesPDF/lamptypes1.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20490



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ตารางผนวกที่ 1 คุณภาพของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1000-1200	26.4	26.6	24.4	24.8	28.0	28.2	28.5	28.5	28.7	29.0	30.0	30.0	31.2	31.0	31.1
	26.3	26.6	24.5	24.8	28.1	28.2	28.5	28.6	28.7	29.0	29.8	30.6	31.2	31.1	31.1
	26.1	26.3	24.5	24.7	28.1	28.3	28.4	28.5	28.7	29.1	29.8	30.4	31.2	31.0	31.1
	26.0	26.5	24.5	24.8	28.1	28.2	28.4	28.4	28.6	29.0	29.9	30.5	31.2	30.9	31.0
ค่าเฉลี่ย	26.2	26.5	24.5	24.8	28.1	28.2	28.5	28.5	28.7	29.0	29.9	30.4	31.2	31.0	31.1
STDEV	0.18	0.14	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05	0.10	0.26	0.00	0.08	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.09	0.07	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.13	0.00	0.04	0.02
2500-2700	26.3	26.9	25.1	24.9	28.3	28.3	28.5	28.5	28.7	29.1	29.9	30.6	31.3	31.1	31.3
	26.3	26.9	25.2	25.0	28.3	28.3	28.5	28.5	28.7	29.1	30.0	30.5	31.3	31.2	31.2
	26.1	26.8	25.1	25.1	28.3	28.3	28.5	28.5	28.8	29.2	30.0	30.4	31.4	31.2	31.2
	26.2	26.7	25.0	25.0	28.4	28.4	28.4	28.5	28.7	29.1	29.9	30.6	31.3	31.2	31.2
ค่าเฉลี่ย	26.2	26.8	25.1	25.0	28.3	28.3	28.5	28.5	28.7	29.1	30.0	30.5	31.3	31.2	31.2
STDEV	0.10	0.10	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.06	0.10	0.05	0.05	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) คุณภูมิของน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3900-4100	26.4	27.1	25.9	25.8	28.4	28.6	28.6	28.6	28.9	29.3	30.6	30.8	31.5	31.7	31.7
	26.6	27.7	26.0	26.0	28.4	28.6	28.6	28.7	28.8	29.5	30.7	30.9	31.7	31.8	31.9
	26.9	27.9	26.0	26.0	28.3	28.7	28.6	28.7	29.0	29.5	30.5	30.9	31.6	31.8	31.9
	26.8	28.0	25.8	26.1	28.5	28.6	28.7	28.8	29.0	29.6	30.6	30.9	31.7	32.0	32.0
ค่าเฉลี่ย	26.7	27.7	25.9	26.0	28.4	28.6	28.6	28.7	28.9	29.5	30.6	30.9	31.6	31.8	31.9
STDEV	0.22	0.40	0.10	0.13	0.08	0.05	0.05	0.08	0.10	0.13	0.08	0.05	0.10	0.13	0.13
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.11	0.20	0.05	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.05	0.06	0.06
5300-5500	26.6	28.1	26.6	26.4	28.5	28.8	28.7	28.9	29.1	29.8	30.9	30.9	32.1	32.1	32.5
	27.0	27.9	26.5	26.6	28.5	28.8	28.7	28.8	29.1	29.8	30.8	30.9	32.3	32.3	32.4
	26.9	28.1	26.4	26.6	28.6	28.8	28.8	28.8	29.0	29.8	31.0	30.9	32.2	32.1	32.5
	26.7	28.0	26.3	26.7	28.5	28.9	28.8	28.8	29.1	29.9	31.1	31.0	32.1	32.2	32.3
ค่าเฉลี่ย	26.8	28.0	26.5	26.6	28.5	28.8	28.8	28.8	29.1	29.8	31.0	30.9	32.2	32.2	32.4
STDEV	0.18	0.10	0.13	0.13	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.13	0.05	0.10	0.10	0.10
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.09	0.05	0.06	0.06	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.05	0.05	0.05

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ป๋วย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1000-1200	8.0	8.1	6.3	5.2	2.3	6.8	6.4	7.4	7.0	6.8	3.5	7.2	4.9	6.7	5.7
	7.9	7.6	6.3	5.3	2.3	6.8	6.2	6.9	6.9	6.7	3.5	7.2	4.8	6.6	5.6
	7.8	7.5	6.3	5.3	2.3	6.8	6.3	6.8	6.7	6.8	3.5	6.4	4.7	6.5	5.6
	7.6	7.4	6.3	5.3	2.3	6.8	5.8	6.8	6.6	6.7	3.5	6.1	4.6	6.5	5.7
ค่าเฉลี่ย	7.8	7.7	6.3	5.3	2.3	6.8	6.2	6.9	6.8	6.7	3.5	6.7	4.8	6.6	5.6
STDEV	0.17	0.28	0.01	0.04	0.01	0.02	0.24	0.29	0.18	0.02	0.02	0.54	0.13	0.11	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.09	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.12	0.14	0.09	0.01	0.01	0.27	0.06	0.06	0.02
2500-2700	7.0	7.1	6.3	5.3	2.3	6.8	6.0	6.9	6.3	6.7	3.1	6.2	4.5	6.3	5.3
	7.2	7.0	6.3	5.3	2.3	6.8	5.9	6.9	6.3	6.8	3.0	6.2	4.5	6.4	5.4
	7.0	6.7	6.3	5.3	2.3	6.8	5.9	6.9	6.3	6.7	3.1	6.1	4.5	6.3	5.3
	7.0	6.6	6.2	5.3	2.3	6.8	5.8	6.9	6.2	6.8	3.1	5.9	4.5	6.3	5.6
ค่าเฉลี่ย	7.0	6.8	6.3	5.3	2.3	6.8	5.9	6.9	6.3	6.7	3.1	6.1	4.5	6.3	5.4
STDEV	0.10	0.22	0.05	0.03	0.03	0.02	0.06	0.02	0.05	0.03	0.04	0.12	0.03	0.04	0.15
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.05	0.11	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.06	0.01	0.02	0.08

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ปุย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3900-4100	6.8	6.5	6.3	5.3	2.3	6.8	5.8	6.9	6.5	6.8	3.1	6.2	4.5	6.2	5.2
	6.8	6.8	6.3	5.3	2.3	6.7	5.9	6.8	6.8	6.7	3.1	6.0	4.5	6.3	5.3
	6.8	6.7	6.3	5.3	2.3	6.8	5.9	6.9	6.3	6.8	3.1	6.0	4.5	6.3	5.2
	6.8	6.9	6.4	5.4	2.4	6.8	5.9	6.9	6.9	6.7	3.1	5.9	4.4	6.7	5.7
ค่าเฉลี่ย	6.8	6.7	6.3	5.3	2.3	6.8	5.9	6.9	6.6	6.7	3.1	6.0	4.5	6.4	5.4
STDEV	0.01	0.14	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.05	0.24	0.05	0.03	0.11	0.03	0.23	0.25
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.12	0.03	0.02	0.06	0.02	0.11	0.12
5300-5500	6.5	6.5	6.5	5.5	2.5	6.7	5.9	6.8	6.5	6.7	3.0	5.8	4.3	6.3	5.3
	6.5	6.4	6.5	5.5	2.5	6.8	5.9	6.9	6.4	6.8	3.0	5.8	4.3	6.3	5.4
	6.6	6.3	6.4	5.4	2.4	6.8	5.9	6.8	6.3	6.7	3.1	5.7	4.3	6.3	5.4
	6.6	6.3	6.5	5.5	2.5	6.8	5.9	6.9	6.3	6.8	3.0	5.1	4.3	6.4	5.4
ค่าเฉลี่ย	6.6	6.4	6.5	5.5	2.5	6.8	5.9	6.9	6.4	6.7	3.0	5.6	4.3	6.3	5.4
STDEV	0.03	0.09	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.09	0.05	0.03	0.34	0.03	0.05	0.07
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0.02	0.01	0.17	0.02	0.02	0.04

ตารางผนวกที่ 3 ความนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1000-1200	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.3	1.2	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.3	1.3	1.3	1.4	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
ค่าเฉลี่ย	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
STDEV	0.00	0.04	0.05	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
2500-2700	1.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.2	1.4	1.3	1.3	1.0	1.3	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.5	1.4	1.4	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3
ค่าเฉลี่ย	1.0	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
STDEV	0.00	0.13	0.01	0.03	0.02	0.00	0.04	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.07	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ความนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ในรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+บู่ย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3900-4100	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.0	1.1	1.3	1.2	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.1	1.1	1.3	1.3	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
ค่าเฉลี่ย	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
STDEV	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
5300-5500	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.1	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2
	1.0	1.2	1.1	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2
ค่าเฉลี่ย	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
STDEV	0.00	0.02	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02	0.03	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00

ตารางผนวกที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1000-1200	7.2	7.4	7.5	7.4	7.5	7.0	7.2	7.4	7.4	7.3	7.0	7.4	7.4	7.1	7.2
	7.1	7.1	7.3	7.3	7.3	7.1	7.2	7.3	7.4	7.2	7.1	7.4	7.4	7.2	7.3
	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.1	7.2	7.3	7.4	7.2	7.1	7.4	7.3	7.3	7.3
	6.9	7.2	7.4	7.4	7.4	7.1	7.2	7.4	7.4	7.2	7.1	7.4	7.4	7.2	7.3
ค่าเฉลี่ย	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.1	7.2	7.3	7.4	7.2	7.1	7.4	7.4	7.2	7.3
STDEV	0.16	0.12	0.10	0.06	0.10	0.04	0.02	0.04	0.02	0.05	0.05	0.03	0.04	0.09	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.08	0.06	0.05	0.03	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02
2500-2700	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.1	7.1	7.4	7.4	7.3	7.1	7.6	7.5	7.4	7.4
	7.2	7.2	7.9	7.5	7.4	7.1	7.2	7.4	7.4	7.2	7.1	7.6	7.5	7.4	7.4
	7.2	7.3	7.6	7.3	7.6	7.0	7.3	7.3	7.4	7.3	7.1	7.6	7.6	7.3	7.3
	7.1	7.2	7.7	7.4	7.7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.3	7.1	7.6	7.5	7.4	7.4
ค่าเฉลี่ย	7.2	7.2	7.6	7.4	7.5	7.1	7.2	7.3	7.4	7.3	7.1	7.6	7.5	7.4	7.4
STDEV	0.09	0.06	0.23	0.07	0.15	0.03	0.06	0.05	0.03	0.05	0.01	0.03	0.04	0.05	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.05	0.03	0.11	0.03	0.08	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่														
	0+น้อย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3900-4100	7.2	7.4	7.8	7.7	7.8	7.0	7.3	7.5	7.5	7.4	7.1	7.6	7.7	7.5	7.5
	7.5	7.7	7.8	7.7	7.8	7.0	7.2	7.5	7.4	7.5	7.1	7.6	7.7	7.5	7.6
	7.2	7.5	8.0	7.8	7.7	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.2	7.6	7.7	7.6	7.5
	7.3	7.5	7.9	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.4	7.1	7.6	7.8	7.5	7.6
ค่าเฉลี่ย	7.3	7.5	7.8	7.7	7.7	7.0	7.3	7.5	7.5	7.4	7.1	7.6	7.7	7.5	7.5
STDEV	0.16	0.13	0.11	0.07	0.12	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.06
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.07	0.06	0.05	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
5300-5500	7.2	7.3	7.5	7.6	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.1	7.6	7.6	7.6	7.6
	7.3	7.4	7.5	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.2	7.7	7.7	7.5	7.6
	7.2	7.3	7.9	7.7	7.6	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.1	7.7	7.9	7.6	7.6
	7.2	7.4	8.0	7.8	7.6	7.1	7.3	7.5	7.6	7.5	7.1	7.6	7.8	7.7	7.5
ค่าเฉลี่ย	7.2	7.3	7.7	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.1	7.7	7.7	7.6	7.6
STDEV	0.05	0.03	0.25	0.07	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.12	0.07	0.05
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.02	0.02	0.12	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02

ตารางผนวกที่ 5 ความเป็นต่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	30	24	20	6	10	8	20	24	28	22
	18	20	18	4	8	10	14	26	20	20
	24	22	20	10	10	10	20	24	22	18
	16	20	20	8	8	8	20	28	22	20
ค่าเฉลี่ย	22	22	20	7	9	9	19	26	23	20
STDEV	6.32	1.91	1.00	2.58	1.15	1.15	3.00	1.91	3.46	1.63
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	3.16	0.96	0.50	1.29	0.58	0.58	1.50	0.96	1.73	0.82
2500-2700	22	24	20	28	10	8	18	22	24	22
	24	20	24	26	8	10	24	26	26	24
	22	20	24	30	8	12	16	32	22	26
	30	16	18	26	6	6	22	28	20	22
ค่าเฉลี่ย	25	20	22	28	8	9	20	27	23	23.5
STDEV	3.79	3.27	3.00	1.91	1.63	2.58	3.65	4.16	2.58	1.91
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	1.89	1.63	1.50	0.96	0.82	1.29	1.83	2.08	1.29	0.96

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) ความเป็นต่างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำจากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+1 ุ้ย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	7.2	7.4	7.8	7.7	7.8	7.0	7.3	7.5	7.5	7.4
	7.5	7.7	7.8	7.7	7.8	7.0	7.2	7.5	7.4	7.5
	7.2	7.5	8.0	7.8	7.7	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5
	7.3	7.5	7.9	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.4
ค่าเฉลี่ย	7.3	7.5	7.8	7.7	7.7	7.0	7.3	7.5	7.5	7.4
STDEV	0.16	0.13	0.11	0.07	0.12	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.08	0.07	0.05	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5300-5500	7.2	7.3	7.5	7.6	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5
	7.3	7.4	7.5	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5
	7.2	7.3	7.9	7.7	7.6	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5
	7.2	7.4	8.0	7.8	7.6	7.1	7.3	7.5	7.6	7.5
ค่าเฉลี่ย	7.2	7.3	7.7	7.7	7.5	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5
STDEV	0.05	0.03	0.25	0.07	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.02	0.02	0.12	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 6 ความกระต้างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฎัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	1100	600	400	400	1500	1300	700	700	600	700
	1300	800	700	600	400	1000	1300	400	700	600
	1100	300	500	400	500	1100	1000	400	400	500
	1100	600	600	500	400	1500	1000	400	400	500
ค่าเฉลี่ย	1150	575	550	475	700	1225	1000	475	525	575
STDEV	100.00	206.16	129.10	95.74	535.41	221.74	244.95	150.00	150.00	95.74
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	50.00	103.08	64.55	47.87	267.71	110.87	122.47	75.00	75.00	47.87
2500-2700	1000	600	600	700	500	1100	800	400	500	700
	1500	400	600	1400	400	1700	1000	700	700	800
	1100	600	300	600	400	1100	900	500	600	600
	1200	600	600	1100	300	1200	800	500	700	600
ค่าเฉลี่ย	1200	550	525	950	400	1275	875	525	625	675
STDEV	216.02	100.00	150.00	369.68	81.65	287.23	95.74	125.83	95.74	95.74
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	108.01	50.00	75.00	184.84	40.82	143.61	47.87	62.92	47.87	47.87

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ) ความกระด้างในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+บวบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	1200	700	300	600	600	1100	500	500	600	500
	1100	500	600	600	500	1200	800	600	700	600
	1100	500	600	600	500	1300	900	600	600	600
	1500	800	300	700	400	1500	1300	600	600	700
ค่าเฉลี่ย	1225	625	450	625	500	1275	875	575	625	600
STDEV	189.30	150.00	173.21	50.00	81.65	170.78	330.40	50.00	50.00	81.65
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	94.65	75.00	86.60	25.00	40.82	85.39	165.20	25.00	25.00	40.82
5300-5500	1300	1000	500	600	600	1300	1000	600	500	700
	1200	700	400	300	500	1000	800	600	400	600
	1100	600	500	500	600	800	900	400	600	600
	1100	600	500	300	500	1200	1000	700	800	500
ค่าเฉลี่ย	1175	725	475	425	550	1075	925	575	575	600
STDEV	95.74	189.30	50.00	150.00	57.74	221.74	95.74	125.83	170.78	81.65
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	47.87	94.65	25.00	75.00	28.87	110.87	47.87	62.92	85.39	40.82

ตารางผนวกที่ 7 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.6	0.4	0.0	0.0	0.1
	1.0	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.8	0.0	0.0	0.1
	1.7	0.3	0.3	0.1	0.1	0.8	0.7	0.0	0.0	0.1
	1.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.4	0.8	0.1	0.0	0.1
ค่าเฉลี่ย	1.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.1
STDEV	0.50	0.02	0.07	0.12	0.10	0.20	0.20	0.03	0.01	0.03
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.25	0.01	0.04	0.06	0.05	0.10	0.10	0.01	0.00	0.01
2500-2700	1.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.5	0.3	0.0	0.0	3.2
	1.6	0.4	0.3	0.0	0.1	0.5	0.5	0.1	0.0	0.1
	0.8	0.3	0.3	0.3	0.1	0.8	0.7	0.1	0.0	0.0
	1.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1
ค่าเฉลี่ย	1.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.6	0.4	0.1	0.0	0.9
STDEV	0.30	0.04	0.03	0.15	0.02	0.13	0.25	0.03	0.01	1.58
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.15	0.02	0.02	0.07	0.01	0.06	0.12	0.01	0.01	0.79

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ) แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปุ๋่ย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2
	0.8	0.3	0.3	0.1	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.1
	0.8	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4	0.0	0.1
	2.0	0.3	0.3	0.3	0.1	0.6	0.5	0.4	0.0	0.1
ค่าเฉลี่ย	1.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.0	0.1
STDEV	0.60	0.04	0.02	0.09	0.04	0.20	0.08	0.23	0.00	0.06
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.30	0.02	0.01	0.05	0.02	0.10	0.04	0.12	0.00	0.03
5300-5500	0.9	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1
	1.4	0.3	0.3	0.1	0.0	0.3	0.4	0.1	0.0	0.1
	1.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1
	1.4	0.2	0.3	0.1	0.0	0.5	0.4	0.3	0.0	0.0
ค่าเฉลี่ย	1.2	0.3	0.3	0.1	0.0	0.4	0.4	0.2	0.1	0.1
STDEV	0.25	0.05	0.02	0.12	0.04	0.09	0.05	0.11	0.07	0.04
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.13	0.02	0.01	0.06	0.02	0.05	0.02	0.06	0.03	0.02

ตารางผนวกที่ 8 ไนโตรท์-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	0.0	0.4	0.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1
	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1
ค่าเฉลี่ย	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
STDEV	0.00	0.15	0.00	0.02	0.06	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.08	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
2500-2700	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
	0.0	0.4	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
ค่าเฉลี่ย	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1
STDEV	0.01	0.14	0.00	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.01	0.07	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ) ไนโตรที่-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.1	0.2	0.2
	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.2	0.2
	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.7	0.2	0.3	0.2
ค่าเฉลี่ย	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.2	0.2
STDEV	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.04
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02
5300-5500	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.3	0.2	0.2
	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.1	0.8	0.3	0.3	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.7	0.3	0.2	0.1
ค่าเฉลี่ย	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.7	0.3	0.2	0.2
STDEV	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.02	0.02	0.07	0.06	0.04
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.02

ตารางผนวกที่ 9 ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏึย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	11.0	11.4	6.1	3.5	3.5	9.7	18.5	17.4	16.5	17.9
	10.1	14.5	4.0	1.9	1.9	10.6	21.5	20.2	17.7	19.4
	9.6	15.1	6.5	3.9	3.9	10.1	20.7	17.7	17.7	19.9
	11.4	16.5	8.6	5.0	4.1	10.7	20.6	18.0	17.4	19.0
ค่าเฉลี่ย	10.5	14.4	6.3	3.6	3.4	10.3	20.3	18.3	17.3	19.0
STDEV	0.84	2.15	1.87	1.27	0.99	0.46	1.28	1.28	0.54	0.86
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.42	1.08	0.94	0.64	0.49	0.23	0.64	0.64	0.27	0.43
2500-2700	10.8	15.5	4.9	3.3	2.5	9.8	20.8	20.6	19.7	21.1
	13.5	26.4	2.1	3.3	3.3	9.8	22.0	18.6	17.5	19.4
	8.1	23.6	8.7	2.6	2.6	10.2	21.8	17.8	16.8	19.4
	11.8	18.8	7.8	2.9	2.9	10.6	21.2	17.9	16.5	19.4
ค่าเฉลี่ย	11.0	21.1	5.9	3.0	2.8	10.1	21.5	18.7	17.6	19.8
STDEV	2.26	4.90	3.01	0.38	0.40	0.36	0.52	1.30	1.44	0.88
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	1.13	2.45	1.50	0.19	0.20	0.18	0.26	0.65	0.72	0.44

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ) ไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ป๋ัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	8.6	13.2	3.4	2.6	2.6	9.7	21.3	18.0	17.0	19.7
	11.5	11.6	4.7	3.1	3.1	15.3	21.1	17.5	15.8	19.2
	16.9	14.2	8.1	3.2	2.5	14.9	21.1	19.9	18.6	20.4
	16.9	13.0	5.0	2.9	2.9	12.4	19.6	19.9	18.3	20.4
ค่าเฉลี่ย	13.5	13.0	5.3	3.0	2.8	13.1	20.8	18.8	17.4	19.9
STDEV	4.13	1.05	1.98	0.27	0.27	2.59	0.82	1.27	1.28	0.61
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	2.06	0.53	0.99	0.13	0.13	1.29	0.41	0.63	0.64	0.30
5300-5500	14.5	12.0	3.6	2.3	2.3	11.5	22.9	17.9	16.5	20.3
	11.5	14.1	5.7	2.7	2.7	11.6	20.8	17.8	15.9	19.2
	14.2	13.1	8.1	4.6	4.6	11.8	19.9	19.8	17.2	20.9
	10.6	14.7	4.2	6.2	4.7	11.5	20.6	18.5	16.4	19.6
ค่าเฉลี่ย	12.7	13.5	5.4	3.9	3.6	11.6	21.1	18.5	16.5	20.0
STDEV	1.98	1.21	2.02	1.79	1.27	0.14	1.30	0.93	0.54	0.77
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.99	0.60	1.01	0.90	0.64	0.07	0.65	0.47	0.27	0.38

ตารางผนวกที่ 10 ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปฏัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000-1200	11.3	13.8	9.0	16.6	13.4	13.7	12.1	14.7	11.7	10.0
	11.3	11.2	8.1	9.1	9.3	11.7	12.0	13.1	11.1	9.9
	11.1	11.8	8.1	9.3	9.9	11.9	11.8	12.6	10.5	9.9
	11.0	11.6	7.8	9.8	9.8	11.0	13.5	12.8	10.4	9.6
ค่าเฉลี่ย	11.2	12.1	8.3	11.2	10.6	12.1	12.4	13.3	10.9	9.9
STDEV	0.14	1.17	0.51	3.64	1.91	1.14	0.77	0.97	0.61	0.18
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.07	0.59	0.26	1.82	0.96	0.57	0.39	0.48	0.31	0.09
2500-2700	11.0	14.4	7.4	9.9	9.9	12.8	12.7	12.9	10.4	9.6
	11.1	14.4	7.5	10.7	8.8	12.6	11.4	12.8	10.1	8.8
	11.1	14.9	7.7	9.4	9.4	12.8	12.0	12.3	9.6	8.6
	11.0	14.6	8.1	10.1	10.1	11.6	10.6	12.5	10.4	8.6
ค่าเฉลี่ย	11.0	14.6	7.7	10.0	9.6	12.4	11.7	12.6	10.1	8.9
STDEV	0.09	0.27	0.32	0.53	0.58	0.58	0.88	0.27	0.35	0.47
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.04	0.13	0.16	0.26	0.29	0.29	0.44	0.14	0.18	0.23

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ) ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงพรรณไม้ในน้ำรากดำใบยาว ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ ตลอดการทดลอง 15 สัปดาห์

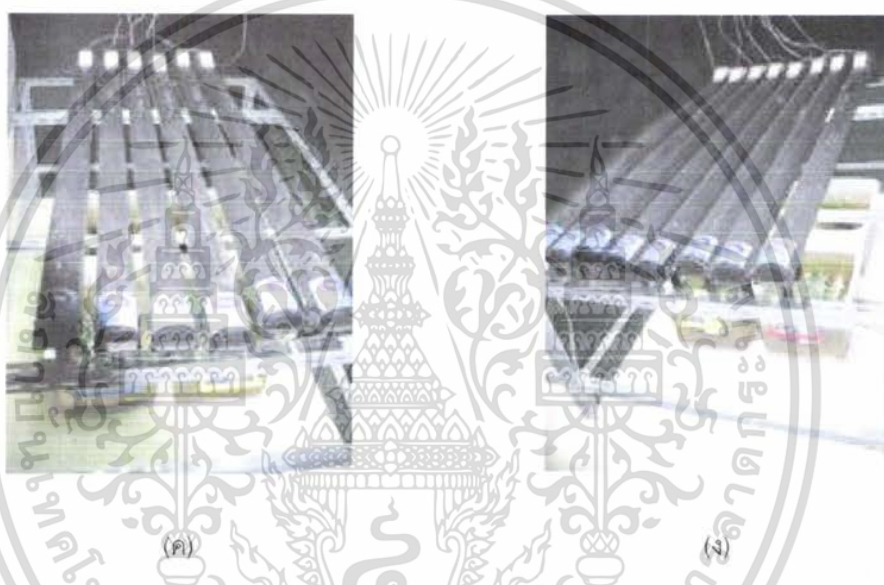
ความเข้มแสง (ลักซ์)	สัปดาห์ที่									
	0+ปุ๋ย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3900-4100	11.4	11.7	10.0	10.4	10.4	11.3	18.5	12.3	10.4	9.9
	11.4	11.8	9.4	10.7	8.5	10.7	12.7	11.9	10.4	8.6
	11.3	13.1	9.7	9.1	9.1	11.1	27.2	13.1	9.6	9.8
	10.8	9.9	9.0	8.5	8.5	12.0	17.3	12.2	10.4	9.8
ค่าเฉลี่ย	11.2	11.6	9.6	9.7	9.1	11.3	18.9	12.4	10.2	9.5
STDEV	0.28	1.32	0.44	1.06	0.91	0.56	6.05	0.51	0.37	0.58
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.14	0.66	0.22	0.53	0.45	0.28	3.02	0.25	0.19	0.29
5300-5500	11.6	11.3	10.5	11.4	11.4	11.6	16.9	12.9	9.3	8.4
	12.0	11.6	10.6	12.8	10.7	12.6	14.6	12.5	8.6	8.1
	12.2	12.4	10.3	11.0	11.0	11.4	15.3	12.9	9.9	8.8
	11.7	12.1	9.4	8.0	8.0	11.9	13.2	12.2	12.3	8.8
ค่าเฉลี่ย	11.9	11.8	10.2	10.8	10.3	11.9	15.0	12.6	10.0	8.5
STDEV	0.27	0.51	0.53	2.02	1.54	0.53	1.51	0.37	1.62	0.34
SQRT	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
SE	0.14	0.25	0.27	1.01	0.77	0.27	0.75	0.18	0.81	0.17



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ 1 ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ กันที่ใช้ในการเลี้ยงพรรณไม้น้ำ รากดำไวยาว (*Microsorium pteropus*) เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กำหนดให้ (ก) ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 1000-1200 ลักซ์, (ข) ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 2500-2700 ลักซ์, (ค) ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3900-4100 ลักซ์ และ(ง) ชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 5300-5500 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้