

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของความเข้มข้นธาตุอาหารต่อความเข้มสีของใบต้นไต้ปลาไหล
Effect of nutrient concentration on color of *Barclaya longifolia* Wall (Orchid lily)



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....104597
วัน,เดือน,ปี..... - 5 พ.ย. 2552



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของความเข้มข้นธาตุอาหารต่อความเข้มสีของใบต้นไต้ปลาไหล

Effect of nutrient concentration on color of *Barclaya longifolia* Wall (Orchid lily)

ชื่อนักศึกษา นางสาวภาวดี ชุนประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

นงนุช เลาหะวิสุทธิ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ ๑๕ เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๕๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของความเข้มข้นธาตุอาหารต่อความเข้มสีของใบต้นไต้ปลาไหล

Effect of nutrient concentration on color of *Barclaya longifolia* Wall (Orchid lily)

การศึกษาระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มสีของใบต้นไต้ปลาไหล โดยการเพาะเลี้ยงต้นไต้ปลาไหลเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ด้วยปุ๋ย N-P-K สูตร 25-5-5 ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ค่ามุมสีเฉลี่ยต้นไต้ปลาไหลที่เพาะเลี้ยงชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามุมสีเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 36.14 ± 4.28 (มีสีแดงที่สุด) และชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามุมสีเฉลี่ย 52.76 ± 3.88 , 65.01 ± 11.79 , 40.95 ± 3.18 และ 51.83 ± 10.93 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.นงนุช เลหาะวิสุทธิ เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาแนะนำและการแก้ปัญหาข้อบกพร่องในการทดลองมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่ให้ความรู้ในด้านต่างๆ ขอขอบคุณ คุณแสง พักหอม, คุณบุปผา จงพัฒน์, คุณนภาพล เผ่ามนัสและคุณชิตชนก สวัสดิ์ศรี ที่ช่วยให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานการทดลอง และคอยให้คำแนะนำปรึกษาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณป้า คุณพี่ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าสามารถผ่านอุปสรรคๆ ในการทดลองและประสบความสำเร็จ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	11
สรุป	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของต้นไต้ปลาไหล <i>Barclaya longifolia</i> Wall	11
2	ความยาวเฉลี่ยของต้นไต้ปลาไหล <i>Barclaya longifolia</i> Wall	12
3	จำนวนใบเฉลี่ยของต้นไต้ปลาไหล <i>Barclaya longifolia</i> Wall	12
4	แสดงค่ามุมสี่เหลี่ยมของใบต้นไต้ปลาไหล ระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน	13
5	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับ ความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	16
6	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับ ความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	16
7	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความ เข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	17
8	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับ ความเข้มข้นที่ต่างกัน	17
9	ปริมาณความกระด้าง ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความ เข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	18
10	ความเป็นกรดเป็นด่าง ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความ เข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	18
11	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับ ความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	19
12	อุณหภูมิของน้ำ ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย ที่ต่างกัน	19
13	ค่าการนำไฟฟ้า ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย ที่ต่างกัน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นไต้ปลาไหล (<i>Barclaya longifolia</i>)	2
2	มวลชีวภาพและความเข้มข้นของธาตุอาหารภายในเนื้อเยื่อใบ <i>Acer pseudoplatans</i> จากความแตกต่างของสี	4
3	การเพาะเลี้ยงต้นไต้ปลาไหลที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่แตกต่างกัน	13
4	ความเป็นกรดเป็นด่าง ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	20
5	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	21
6	อุณหภูมิของน้ำ ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	21
7	ค่าการนำไฟฟ้า ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	22
8	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	22
9	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	23
10	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	23
11	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน	24
12	ปริมาณความกระด้าง ตลอดจนการทดลอง 6 สัปดาห์ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน	24

คำนำ

พรรณไม้น้ำเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ เนื่องจากตลาดต่างประเทศมีความต้องการและราคาดี พรรณไม้น้ำยังมีสีสันสวยงาม ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ประดับตู้ปลาให้มีความสวยงามเพิ่มขึ้น เพิ่มความมีชีวิตชีวา สามารถพัฒนาเป็นงานศิลปการจัดสวน และสามารถเจริญเติบโตภายในตู้เลี้ยงปลาสวยงาม และตู้พรรณไม้น้ำ โดยเลี้ยงควบคู่กับการเลี้ยงปลาสวยงาม พรรณไม้น้ำและปลาเลี้ยงเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน

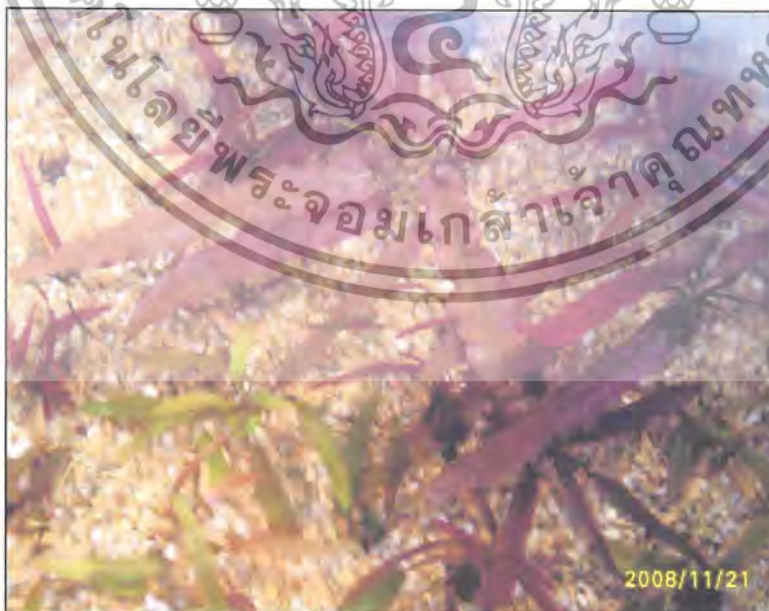
ไล้ปลาไหล (*Bacclaya longifolia*) เป็นพรรณไม้น้ำในวงศ์เดียวกับพริกขี้หนูเป็นพรรณไม้น้ำที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการประดับตกแต่งในตู้เลี้ยงปลาสวยงามและตู้พรรณไม้น้ำ ต้นไล้ปลาไหลเป็นพรรณไม้น้ำที่มีการเจริญเติบโตปานกลาง มีความทนทาน และมีใบสีเขียวจนถึงสีแดง ดังนั้นจึงได้ศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถเพิ่มความเข้มของสีใบต้นไล้ปลาไหล และเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นไล้ปลาไหล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่มีผลต่อความเข้มสีของใบต้นไล้ปลาไหล
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไล้ปลาไหล

การตรวจเอกสาร

ไล้ปลาไหล (Orchid lily) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Barclaya longifolia* Wall เป็นพรรณไม้ล้มลุกที่จัดอยู่ในวงศ์ Nymphaeaceae ซึ่งมีลักษณะเป็นหัวขนาดเล็กเจริญใต้ดิน ใบเจริญใต้น้ำ ก้านใบแตกจากลำต้นเป็นกอ เป็นแผ่นเรียวยาวรูปหอก ยาวสูงสุดประมาณ 30 เซนติเมตร กว้าง 3-4 เซนติเมตร ก้านใบยาว พื้นใบด้านบนจะมีสีเขียวถึงแดง ส่วนพื้นใต้ใบมีสีแดงอมม่วงและขอบใบหยักเป็นลอนคลื่น ดอกเป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศ (สุกัญญา, 2543) ออกดอกเป็นแบบดอกเดี่ยวชูขึ้นเหนือผิวน้ำ ก้านดอกเรียวยาว ส่วนของดอกประกอบด้วยใบประดับ รูปรียาวรี สีเขียวจำนวน 5 ใบ กลีบเลี้ยงและกลีบดอกแยกไม่ออก เรียกว่า กลีบรวม (Perianth) จำนวน 8-9 กลีบเรียงกัน 2 ชั้น ด้านนอกสีเขียว ด้านในสีม่วงแดง ส่วนกลีบรวมชั้นใน มีสีม่วงแดงทั้งสองด้านเกสรตัวผู้มีจำนวนมาก ก้านชูอับเรณู ลักษณะคล้ายเส้นด้ายโค้งลงด้านใน มีอับเรณูติดที่ปลายก้านห้อยหัวลง มีผลชนิดแคปซูล รูปรีคล้ายทรงกลม เมล็ดรูปทรงกลม ผิวนอกเป็นหนามแหลม (สุชาติ, 2530) เป็นพรรณไม้ล้มลุกที่หายาก ในธรรมชาติพบอยู่ตามลำธารที่มีน้ำไหลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในพื้นที่เป็นดินทราย ระดับน้ำลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร มีแสงแดดรำไร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 6.8-7.2 อุณหภูมิ 23-28 องศาเซลเซียส การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด แยกต้นอ่อนที่เกิดจากเหง้าไปชำให้แตกใบใต้น้ำหรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนต่างๆ ของต้นนิยมปลูกบริเวณหลังตู้ปลาขนาดใหญ่เป็นพรรณไม้ล้มลุกที่มีลักษณะใบและสีสวยงาม และมีความทนทาน (ปรัชญา, 2550)



ภาพที่ 1 ต้นไล้ปลาไหล (*Barclaya longifolia*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายวิภาคของพืช

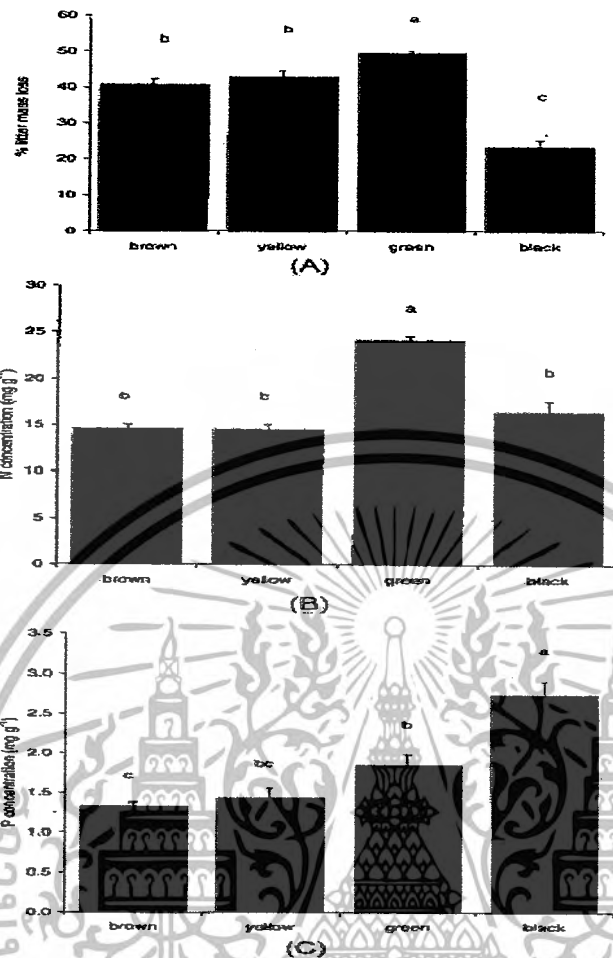
ใบพืชมีลักษณะแบนราบประกอบด้วยเซลล์ผิวที่ยอมให้แสงผ่านไปสู่เซลล์ชั้นอื่นๆ ได้ ใบพืชสามารถจับพลังงานแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศให้เป็นน้ำตาล ซึ่งจะเป็นสารเริ่มต้นของสารอาหารที่ให้พลังงานชนิดอื่นๆ

ใบพืชเจริญมาจากใบเริ่มเกิด (Leaf primordium) มีลักษณะทางกายวิภาคที่จำเพาะ และมีความแตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื้อเยื่อใบแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ เนื้อเยื่อผิว เนื้อเยื่อพื้น และเนื้อเยื่อลำเลียง โดยเนื้อเยื่อผิวในพืชทั่วไปมักพบในด้านล่างของใบมากกว่าพืชที่มีปริมาณน้ำ เช่น บัวสาย และบัวกระดัง มักพบปากใบตามผิวด้านบนของใบเท่านั้น แต่พืชที่ใบจมอยู่ในน้ำจะไม่พบปากใบทั้งด้านบนและด้านล่าง (พวงพกา, 2551)

การเปลี่ยนสีของใบ

ใบไม้ของพืชที่เป็นไม้ผลัดใบในเขตอบอุ่นเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีอื่นพร้อมๆ กันทั้งต้น ทั้งนี้เนื่องจากคลอโรพลาสต์ในใบพืชเมื่อเจริญเต็มที่ประกอบด้วยสีหลายกลุ่ม ได้แก่ คลอโรฟิลล์มีสีเขียว แคโรทีนอยด์ที่มีเหลือง และแซนโทฟิลล์ที่มีสีเหลืองซีด แต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชนิดอื่นๆ จึงเห็นเป็นสีเขียว ในฤดูใบไม้ร่วงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทำให้คลอโรฟิลล์สลาย ทำให้สีอื่นๆ แสดงลักษณะออกมาเด่นชัดขึ้น (พวงพกา, 2551) เช่น สีม่วงแดงของแอนโทไซยานิน (ยุพา, 2541) ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้สองสี ในสภาวะที่เป็นกรดจะเป็นสีแดง ในสภาวะที่เป็นด่างจะมีสีน้ำเงิน และถ้าเป็นกลางจะมีสีม่วง การเปลี่ยนสีของสีใบไม้เกิดขึ้นกับใบไม้ผลัดและขึ้นอยู่กับปริมาณของสาร มีสีต่างๆ ที่พบในใบ เช่น เมเปิลมีสีแดง สีส้มหรือสีทอง ขึ้นอยู่กับบริเวณที่พืชเจริญ แต่มีใบพืชบางชนิดที่เปลี่ยนเป็นสีเดียวพืชชนิดนั้น ได้แก่ ใบของต้นแอชที่มีสีน้ำตาลแดง ใบของแอสเพนมีสีเหลือง ใบของต้นชันแอนด์ต้นวาลูมีสีแดง (พวงพกา, 2551)

Cornelissen *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาจากการสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างสีของใบ *Acer pseudoplatanus* L. ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และการสลายตัวของใบเกิดขึ้นใหม่ พบว่าส่วนประกอบของใบแสดงค่าเฉลี่ยจุดที่สูงในอัตราการผลิตของคลอโรฟิลล์ (100%) พบสีเหลือง (43%) สีน้ำตาล (16%) และสีดำ (4%) แสดงความแตกต่างทางเคมีของใบบริเวณสีเขียวมีความแตกต่างสูงในความเข้มข้นของไนโตรเจนมากกว่าสีอื่นๆ และความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่ลดลง จากสีดำ สีเขียว สีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนสีเหลืองไม่มีความแตกต่างจากสีน้ำตาลและสีเขียว



ภาพที่ 2 มวลชีวภาพและความเข้มข้นของธาตุอาหารภายในเนื้อเยื่อใบ

Acer pseudoplatans จากความแตกต่างของสี

ที่มา: Cornelissen *et al.* (2000)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้

1. แหล่งที่อยู่อาศัย

1.1 แหล่งน้ำ พบน้ำได้ทั่วไปทั้งในแหล่งน้ำเค็มและแหล่งน้ำจืด พรรณไม้สามารถเจริญเติบโตแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำมากกว่าพื้นบนบก เนื่องจากน้ำมีปัจจัยและองค์ประกอบต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณของแสง ก๊าซ สารต่างๆ รวมทั้งสารอาหารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยแตกต่างกันมาก ทำให้พรรณไม้ไม่จำเป็นต้องปรับตัวมากนัก

แหล่งน้ำจืดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แหล่งน้ำไหลและแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ บึง หนองน้ำ ทะเลสาบ ลำธาร และแม่น้ำ หรือเป็นแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เช่น สระน้ำในสวนสาธารณะ บ่อเลี้ยงปลา อ่างเก็บน้ำ ท้องนา เป็นต้น แหล่งน้ำนิ่งที่สุดคือทะเลสาบ ทะเลสาบจะเป็นที่รวมของน้ำจากหลายทาง เช่น จากแม่น้ำและลำธารที่ไหลมา หรือจากกรรเอ่อท่วมของ

แม่น้ำ ลำธารฝน และจากน้ำใต้ดิน ปริมาณของสารอาหารจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีของพื้นที่ ทะเลสาบที่ถูกกักเซาะโดยน้ำ พรณไม้ในทะเลสาบจะพบหลากหลายชนิด ทั้งพรณไม้ น้ำประเภท ลอยน้ำ ใต้น้ำ ริมน้ำ รวมทั้ง ที่ดินเขินหรือที่ขึ้นแฉะริมฝั่ง

Paillisson and Marion (2006) ได้ตรวจสอบมวลชีวภาพที่เหนือดินและการตอบสนองเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของใบที่ลอยของ *Nymphaea alba* ที่งอกขึ้นมาที่ระดับ 0.1-0.5 เมตร มีมวลชีวภาพ 143-198 กรัม ในระดับที่ต่ำ ซึ่งมีความสมบูรณ์น้อยกว่า ระดับน้ำที่สูง มีมวลชีวภาพ 275-339 กรัม

แหล่งน้ำนิ่งขนาดเล็กเช่น หนอง บึง สระ พืชที่จะขึ้นอยู่ได้ต้องมีวงจรชีวิตสั้นๆ เพราะปริมาณน้ำในแหล่งน้ำนี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความเข้มข้นของสารอาหารจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของน้ำ แหล่งน้ำที่เป็นแหล่งน้ำไหล ได้แก่ ลำธารและแม่น้ำ อุณหภูมิมักคงที่ ปริมาณก๊าซออกซิเจน และสารอาหารจะมีมาก พืชที่อาศัยอยู่ได้ต้องมีรากที่แข็งแรงสามารถยึดเกาะกับพื้นน้ำได้ พืชมักสร้างใบใต้น้ำคล้ายดาบแคบๆ

2. แสง จัดว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายพันธุ์ของพรณไม้ในน้ำสวยงาม เพราะแสงมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสง การระเหยของน้ำและกระบวนการอื่นๆ (สุกัญญา, 2543) พรณไม้ในน้ำหลายชนิดเจริญเติบโตได้ดีบริเวณที่น้ำค่อนข้างลึก แสงส่องไปถึงน้อยมาก ได้แก่ พืชสกุล *Potamogeton* บางชนิด หรือพืชในสกุล *Myriophyllum* แต่พืชกลุ่มอื่นๆส่วนใหญ่ต้องการแสงมาก

การปรับตัวของพรณไม้ในน้ำให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้นมีหลายทาง พรณไม้ในน้ำที่มีดอกหลายชนิดสามารถปรับตัวให้ลอยอยู่บนผิวน้ำได้ พืชพวกนี้มีรากอยู่ใต้น้ำ สามารถแย่งสารอาหารในน้ำจากพืชน้ำขนาดเล็กพวกแพลงก์ตอนได้ และการมีใบเหนือน้ำทำให้ได้รับแสงเต็มที่ช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง พืชลอยน้ำเหล่านี้จะพบกระจายอยู่ทั่วไป เช่น ผักตบชวา จอก แหน ใต้น้ำ เป็นต้น ซึ่งหากมีการแพร่กระจายพันธุ์จำนวนมากจะบังแสงที่ส่องไปยังพื้นน้ำ ทำให้เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ความต้องการธาตุอาหารต่างๆ ของพรณไม้ในน้ำเหมือนพืชทั่วไป เช่น พรณไม้ในน้ำต้องการออกซิเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กในปริมาณสูง ในขณะที่ธาตุบางอย่างสำคัญเฉพาะในพืชบางชนิด เช่น แมงกานีส สำคัญในพืชพวกกระจับ เป็นต้น (ปรีชญา, 2550)

พรณไม้ในน้ำทุกชนิดมีการปรับตัวคล้ายกันเพื่อให้อยู่ใต้น้ำได้ที่สำคัญ คือมีเซลล์เกาะกันอยู่หลวมๆ เพื่อให้เบาและลอยตัว มักจะชูใบและดอกขึ้นมาที่ผิวน้ำ หรือมีใบแตกเป็นเส้น เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับแสงมีการกระจายพันธุ์ค่อนข้างกว้างมาก เพราะแหล่งน้ำต่างๆ มักมีสภาพ และส่วนประกอบโดยทั่วไปคล้ายกัน (ปรีชญา, 2550) พรณไม้ในน้ำที่เจริญเติบโตตามธรรมชาติในกลุ่มพรณไม้ในน้ำประเภทใต้น้ำมักจะอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำนิ่งหรือน้ำไหล โดยลำต้นและใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่จะอยู่ใต้น้ำและใฝ่ส่วนของดอก และใบบางส่วนขึ้นมาอยู่บนผิวน้ำ เช่น สาหร่าย สันตะวาใบพาย ไล้ปลาไหล เป็นต้น ส่วนกลุ่มพรรณไม้หน้าประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ หรือที่ขึ้นตาม ชายฝั่งและที่ขึ้นแฉะ ในช่วงฤดูหนาวจนถึงฤดูแล้งซึ่งในแหล่งน้ำลดระดับลง หรือแห้งขอด พรรณไม้เหล่านี้ปรับสภาพโดยมีลำต้นและใบเล็กลง มีดอกเพื่อขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนซึ่งระดับน้ำสูงขึ้น พรรณไม้เหล่านี้สามารถปรับตัวอยู่ใต้น้ำ โดยมีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของลำต้นให้เหมาะสมในการดำรงชีวิตอยู่ใต้น้ำ เช่น พรรณไม้สกุล *Hygrophila* และ สกุล *Cryptocoryne* เป็นต้น (ปรัชญา, 2550)

3. ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้าสวยงามทุกชนิด เป็นอย่างมาก แต่ปริมาณความชื้นที่ต้องการอาจมีความแตกต่างกันแล้วแต่ชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กั บลักษณะประเภทของพันธุกรรมพรรณไม้นั้นๆ ด้วย

4. ปุ๋ย แร่ธาตุอาหาร เป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของ พรรณไม้หน้า แร่ธาตุอาหารที่นิยมใช้ในการปลูกพรรณไม้หน้าสวยงาม คือ ปุ๋ยสูตร 25-5-5, 30-20-10 และ 27-17-10 โดยใช้ในอัตราส่วนความเข้มข้นประมาณ 10-20 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร (สุกัญญา, 2548) ธาตุอาหารแบ่งเป็นธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

4.1 ธาตุอาหารหลัก พรรณไม้หน้าต้องการธาตุอาหารหลักเป็นปริมาณมากในการ เจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) เพื่อช่วยเร่งให้ใบและลำต้นเจริญได้ดี ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อ พรรณไม้หน้า คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (สุกัญญา, 2548)

4.1.1. ไนโตรเจน รากของพืชจะดูดไนโตรเจนในรูปของเกลือไนเตรท (NO_3^-) และรูป เกลือแอมโมเนีย (NH_4^+) ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ ถ้า พืชขาดไนโตรเจนจะเกิดอาการคลอโรซิส (Chlorosis) คือใบจะมีสีเหลือง เนื่องจากการขาด คลอโรฟิลล์

4.1.2. ฟอสฟอรัส พืชจะใช้รูปพวกไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (H_2PO_4^-) และ ไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) โดยฟอสฟอรัสจะเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืช เช่น ฟอสโฟลิพิด กรดนิวคลีอิก และยังมีบทบาทในกระบวนการเมทาบอลิซึม ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสจะ ส่งต่ออัตราการหายใจของพืช ทำให้อัตราการหายใจของพืชลดลง การเจริญเติบโตช้า และเกิดการ สะสมพวกแอนโทไซยานิน

4.1.3. โพแทสเซียม สามารถละลายน้ำได้ดี และมีบทบาทในการควบคุมการ สังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายน้ำตาล การสังเคราะห์โปรตีน และการแบ่งเซลล์ในพืช ถ้าพืชขาดโพแทสเซียมลำต้นจะแคระแกรน ใบจะมีสีเหลือง เนื่องจากการขาดคลอโรฟิลล์ และใบ อ่อนจะมีลักษณะม้วนงอ (สมบุญ, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อให้ปุ๋ย N-P-K (25-5-5) ที่ระดับความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมทั้งมีความสมบูรณ์ของลำต้นและใบดีที่สุด (มณีรัตน์, 2540) การเจริญเติบโตของต้นมอสน้ำดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้นที่ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มณีรัตน์ และคณะ, 2548)

Xie et al. (2004) ศึกษาการสลายตัวและการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในใบ *Eichhornia crassipes*, *Vallisneria natans* และ *Potamogeton maachianus* พบว่าองค์ประกอบทางเคมีภายในใบ *E. crassipes* มีความเข้มข้นไนโตรเจนมากที่สุด *V. natans* มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากที่สุด และปริมาณความจุของธาตุอาหารภายในใบ *E. crassipes* น้อยกว่า *V. natans* และ *P. maachianus* ตามลำดับ

Escutia-Lara et al. (2009) ศึกษาการเพิ่มไนโตรเจน 0.23 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ฟอสฟอรัส 0.17 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน การเพิ่มธาตุอาหารทั้งสองชนิดและไม่มี การเพิ่มธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ *Typha domigensis* พบว่าการเพิ่มธาตุอาหารทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตมากที่สุด 270 ± 77 กรัม การเพิ่มไนโตรเจนมีการเจริญเติบโต 148 ± 39.7 กรัม การไม่เพิ่มธาตุอาหารมีการเจริญเติบโต 158.4 ± 56.5 กรัม และการเพิ่มฟอสฟอรัสมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด 122.8 ± 41.8 กรัม

4.2 ธาตุอาหารรอง พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อยและขาดธาตุอาหารเหล่านี้ไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดีนัม (Mo) และโบรอน (B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญก็คือ ธาตุเหล็ก (นงนุช, 2551) เป็นธาตุอาหารที่ทำหน้าที่สำคัญหลายอย่างในกระบวนการเมทาบอลิซึม เหล็กองค์ประกอบสำคัญของพวกรีม (heme) นอนฮีม (nonheme) เอมไซม์และตัวพาหลายชนิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ และยังเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การสร้างโปรตีนเมมเบรน และไม่ไทคอนเดรียในพืช เมื่อขาดจะทำให้เกิดใบเหลือง โดยในระยะแรกเส้นใบเขียวอยู่พบในใบอ่อนก่อนลุกลามไปยังใบแก่ เพราะการเคลื่อนที่ของเหล็กในโพลีเอมเกิดได้ไม่ดี (สมบุญ, 2538) แต่ถ้าวการให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้

Sinden-Hempstead et al. (1996) ได้ทำการศึกษาการปลูก *Nymphaea odorata* ที่ความลึก 3 ระดับ ฟอสฟอรัสทั้งหมดในบริเวณ และไนโตรเจน พบว่าความลึกของน้ำไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อธิบายจากปริมาณของไนโตรเจน เนื่องจากขนาดของใบ *N. odorata* มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารภายในใบ

Vadas et al. (2008) ได้ทดลองการละลายของฟอสฟอรัสจากการชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน และการดูดซึมในแต่ละวัน พบว่าระดับการละลายของฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโต รูปร่าง และสีของพรรณไม้น้ำ เพราะพรรณไม้น้ำบางชนิดต้องการแร่ธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำ แต่ไม่มีในปุ๋ย Jampeetong and Brixs (2009) ศึกษาผลของสารอินทรีย์ในโตรเจนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Salvinia natans* พบว่า *S. natans* ต้องการเพียงไนเตรทมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำและมีปริมาณของคลอโรฟิลล์น้อยกว่าพืชที่มีความต้องการแอมโมเนีย และแอมโมเนียและไนเตรทร่วมกัน

5.1 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโต รูปร่าง และสีของพรรณไม้น้ำ ระดับ pH ควรอยู่ประมาณ 6.4-7.5 พืชน้ำพวก Alkaline species เช่น สาหร่ายพวงกะโตะ จะชอบน้ำที่มีความกระด้างสูง มีเปอร์เซ็นต์ของสารอาหารและแคลเซียมสูง มี pH 7.0-10.0 เป็นน้ำมีฤทธิ์เป็นด่าง ในขณะที่พืชพวก Acid species เช่น พืช สกุล *Cryptocoryne* ชอบน้ำอ่อนปราศจากแคลเซียม มีค่า pH 5.0-7.0 เป็นน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (ปรัชญา, 2550) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 7.8-9.3

5.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นปัจจัยที่มีบทบาทช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ของพืช สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน (O_2) ถึง 200 เท่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะได้รับการแพร่ผ่านจากชั้นบรรยากาศ โดยพืชและแบคทีเรียใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และให้ผลผลิตขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์วัตถุเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาล เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุกัญญา, 2548)

5.3 อุณหภูมิของน้ำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกัน และการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำแต่ละชนิด ซึ่งเป็นอิทธิพลที่มีต่อความต้องการคล้ายกับปัจจัยทางด้านความชื้นและแสง อุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 22-30 องศาเซลเซียส (สุกัญญา, 2548) เมื่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในช่วงระหว่างอุณหภูมิเท่ากับ 5-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงมากจะส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (สมบุญ, 2538)

5.4 ออกซิเจน ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเพื่อช่วยในการหายใจในตอนกลางคืนหรือขณะที่ไม่มีแสงสว่างเมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง ออกซิเจนจะมีผลต่อการดูดซับสารละลายธาตุอาหารของรากพืช ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม ควรมีมากกว่า 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุกัญญา, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พรรณไม้ น้ำที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ต้นไต้ปลาไหล (*Barclaya longifolia* Wall)
2. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivitymeter)
3. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH รุ่น 9025-2)
4. เครื่องวัดค่าออกซิเจน (DO รุ่น 200)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. ไม้บรรทัด
7. เครื่องวัดสี (Chromameter)
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
9. ถังเลี้ยงพรรณไม้ น้ำ
10. ปุ๋ย N-P-K (25-5-5) สำหรับเลี้ยงพรรณไม้ น้ำ
11. ไมโครปิเปต 0.1 และ 10.0 มิลลิลิตร
12. ขวดน้ำพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 15 ขวด
13. เครื่องแก้ว และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการ

แผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองระดับความเข้มข้นปุ๋ย 5 ระดับ 3 ซ้ำ ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการทดลอง

1. ทำการตัดขนาดทรายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร
2. นำทรายที่ทำการตัดขนาดแล้วใส่ถึงการทดลองให้สูงประมาณ 4-5 เซนติเมตร
3. เติมน้ำใส่ถึงการทดลองปริมาตร 75 ลิตร ทุกถึงการทดลอง
4. ทำการสุ่มต้นไต้ปลาไหลจำนวน 150 ต้น ใส่ถึงการทดลองถึงละ 10 ต้น โดยทำการวัดความยาว นับจำนวนใบ และชั่งน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง
5. ทำการวัดสีของใบพรรณไม้ไต้ปลาไหลเริ่มต้นการทดลอง ด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) บริเวณโคนใบ โดยวัดสีทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เก็บน้ำตัวอย่างก่อนใส่ปุ๋ย และเก็บน้ำตัวอย่างภายหลังจากการใส่ปุ๋ย 1 ชั่วโมงที่มีความเข้มข้น 5 ระดับ ที่มีระดับความเข้มข้นที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกชุด การทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

7. ปรับปริมาตรของน้ำและความเข้มข้นของปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกสัปดาห์

8. วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ โดยทำการวิเคราะห์ ปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical conductivity; EC) อุณหภูมิ (Temperature) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และปริมาณความกระด้าง ทุกๆ สัปดาห์ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกคุณสมบัติของน้ำ ปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical conductivity; EC) อุณหภูมิ (Temperature) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และปริมาณความกระด้าง (Hardness) ทุกๆ สัปดาห์

2. บันทึกค่าการวัดสี ทุกๆ 2 สัปดาห์

3. บันทึกน้ำหนัก ความยาว และจำนวนของใบสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple's range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนมีนาคม 2552 ถึงเดือนเมษายน 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองการปลูกต้นไผ่ปลาไหลด้วยปุ๋ย N-P-K สูตร 25-5-5 ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ระดับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 3.81 ± 0.24 กรัม ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1.34 ± 0.09 , 1.62 ± 0.18 , 2.19 ± 0.05 และ 2.86 ± 0.33 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่สอดคล้องกับมณีรัตน์ และคณะ (2548) ศึกษาการขยายพันธุ์มอสน้ำ โดยใช้ปุ๋ยสูตร 25-5-5 ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด 2.87 ± 0.045 กรัม ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2) การแตกใบใหม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ระดับ 20 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้น 12.00 ± 0.33 ใบ ที่ระดับ 0, 5 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้น 10.00 ± 0.66 , 11.00 ± 0.66 และ 11.00 ± 0.00 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของต้นไผ่ปลาไหล *Barclaya longifolia* Wall

ปุ๋ย (mg/L)	น้ำหนักต้นไผ่ปลาไหล (กรัม)		
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
0	12.07 ± 0.25^a	13.38 ± 0.18^a	1.34 ± 0.09^a
5	12.07 ± 0.30^a	13.77 ± 0.35^{ab}	1.62 ± 0.18^{ab}
10	12.07 ± 0.12^a	14.26 ± 0.07^{ab}	2.19 ± 0.05^b
15	12.07 ± 0.40^a	14.93 ± 0.11^{bc}	2.86 ± 0.33^c
20	12.07 ± 0.84^a	15.88 ± 0.74^c	3.81 ± 0.24^c

*ตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 2 ความยาวเฉลี่ยของต้นไผ่ปลาไหล *Barclaya longifolia* Wall

ปุ๋ย (mg/L)	ความยาวต้นไผ่ปลาไหล (เซนติเมตร)		
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง	ความยาวที่เพิ่มขึ้น
0	9.85±0.79 ^a	10.19±0.91 ^a	0.34±0.16 ^a
5	9.85±0.24 ^a	10.71±0.35 ^a	0.91±0.08 ^a
10	9.85±0.73 ^a	10.60±0.52 ^a	0.75±0.21 ^a
15	9.85±0.52 ^a	10.74±0.41 ^a	0.90±0.11 ^a
20	9.85±0.67 ^a	10.55±0.91 ^a	0.70±0.23 ^a

*ตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 3 จำนวนใบเฉลี่ยของต้นไผ่ปลาไหล *Barclaya longifolia* Wall

ปุ๋ย (mg/L)	จำนวนของใบต้นไผ่ปลาไหล		
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง	จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น
0	11.00±1.15 ^a	21.00±0.66 ^a	10.00±0.66 ^a
5	11.00±0.33 ^a	22.00±1.00 ^a	11.00±0.66 ^{ab}
10	11.00±0.88 ^a	23.00±1.15 ^a	12.00±0.33 ^b
15	11.00±0.88 ^a	22.00±0.88 ^a	11.00±0.00 ^{ab}
20	11.00±0.66 ^a	23.00±1.33 ^a	12.00±0.33 ^b

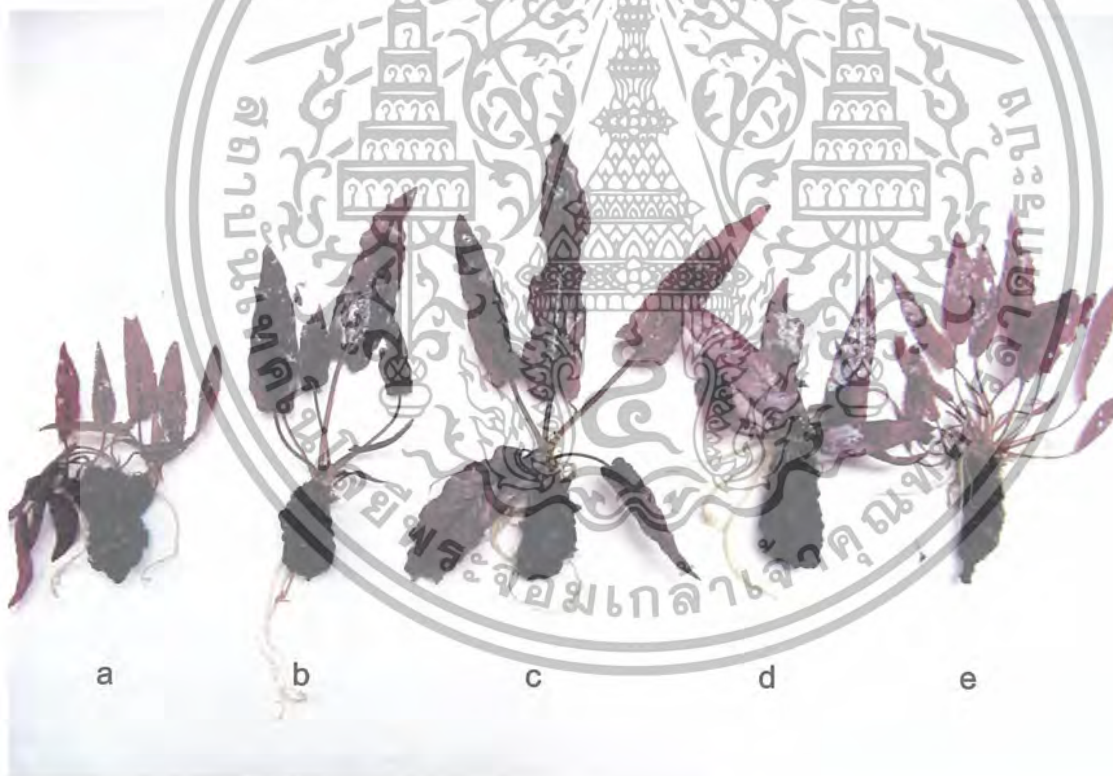
*ตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการศึกษาค่ามูมสีเฉลี่ย (H^0) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่ามูมสีเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามูมสีเฉลี่ยน้อยที่สุด 36.14 ± 4.28 ซึ่งแสดงค่าสีแดงมากที่สุด และระดับความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามูมสีเฉลี่ย 52.76 ± 3.88 , 65.01 ± 11.79 , 40.95 ± 3.18 และ 51.83 ± 10.93 ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับยพวา (2541) กล่าวว่าพืชส่วนใหญ่ไม่มีแอนโทไซยานินในฤดูร้อน แต่จะมีในฤดูหนาว พืชที่ขึ้นในดินที่แห้งแล้งที่มีไนโตรเจนน้อยและมีอุณหภูมิต่ำ พืชจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่ามูมิเฉลี่ย (H°) ของใบต้นไผ่ปลาไหล ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน
ระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์

ปุ๋ย (mg/L)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	0	2	4	6
0	36.48±17.35 ^a	43.07±1.93 ^a	33.99±8.09 ^a	52.76±3.88 ^{ab}
5	36.49±3.05 ^a	33.70±8.72 ^a	40.49±7.28 ^a	65.01±11.79 ^b
10	36.48±12.71 ^a	28.75±9.79 ^a	27.11±13.05 ^a	40.95 ±3.18 ^{ab}
15	36.25±11.71 ^a	30.37±16.26 ^a	40.36±3.39 ^a	51.83±10.93 ^{ab}
20	36.48±12.71 ^a	38.00±6.25 ^a	28.41±12.00 ^a	36.14±4.28 ^a



ภาพที่ 3 การเพาะเลี้ยงต้นไผ่ปลาไหลที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่แตกต่างกัน 0 (a), 5 (b), 10 (c),
15 (d) และ 20 (e) มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการศึกษา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย 0, 5, 10, 15 และ 20

มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.00-8.3
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่สัปดาห์ที่ 0 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 7.3 ± 0.04 และ น้อยที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 6.27 ± 0.04 เมื่อสิ้นสุด การทดลองค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากที่สุด คือ 7.37 ± 0.94 และ น้อยที่สุด คือ 6.00 ± 0.09 ที่ระดับ ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 4)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 8.34 ± 0.02 ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยที่สุด 7.56 ± 0.11 โดยตลอดการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ใน ช่วง 5.23-9.6 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับสถิติ (2548) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ควรมีค่ามากกว่า 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร

อุณหภูมิของน้ำที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อุณหภูมิตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 29-34 องศาเซลเซียส โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 5 อุณหภูมิของน้ำ มากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอุณหภูมิของน้ำ 33.97 ± 0.27 องศาเซลเซียส และ น้อยที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิของน้ำ 33.63 ± 0.08 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12 และ ภาพที่ 6)

ค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าระดับ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 0.35 ± 0.00 mS/cm รองลงมา คือ 15, 10, 5 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้า 0.34 ± 0.00 , 0.33 ± 0.00 , 0.32 ± 0.00 และ 0.31 ± 0.00 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 7)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ช่วงสัปดาห์ที่ 0 มีค่าเพิ่มขึ้น 0.00 ± 0.06 , 0.73 ± 0.17 , 1.54 ± 0.23 , 2.29 ± 0.24 และ 3.07 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 6 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงคงที่ และไม่มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ โดยขบวนการ Nitrification (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 8)

ไนไตรท์-ไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1 มีปริมาณไนไตรท์มีมากที่สุด โดยที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.738 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร มากที่สุด รองลงมา คือ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.688 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 20, 5 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.61 ± 0.12 , 0.279 ± 0.11 และ 0.016 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ ซึ่งทดลองการทดลอง 6 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 9)

ไนเตรท-ไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีมากที่สุด ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 3.79 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร 3.28 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 10, 5 และ 0 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 2.89 ± 0.07 , 1.94 ± 0.09 และ 1.20 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 10)

ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ 0.65 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ 15, 10, 5 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ 0.49 ± 0.05 , 0.45 ± 0.01 , 0.28 ± 0.00 และ 0.19 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 0.53 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเข้มข้นที่ 15, 10, 5 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ คือ 0.48 ± 0.03 , 0.48 ± 0.03 , 0.38 ± 0.02 และ 0.42 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่สอดคล้องกับมณีรัตน์ และคณะ (2005) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.001-0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 11)

ค่าความกระด้างของน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่าความกระด้างของน้ำในช่วงสัปดาห์ที่ 6 มีมากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างของน้ำ 208.00 ± 6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ 15, 10, 0 และ 5 ค่าความกระด้างของน้ำ 130.00 ± 5.00 , 125.00 ± 5.03 , 121.00 ± 2.0 และ 113.00 ± 11.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 12)

ตารางที่ 5 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะทดลอง 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	0.000±0.000 ^a	0.733±0.168 ^b	1.549±0.234 ^c	2.292±0.234 ^d	3.076±0.258 ^e
1	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
2	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
3	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
4	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
5	0.005±0.005 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.010±0.010 ^a
6	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 6 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	0.003±0.000 ^a	0.005±0.000 ^a	0.005±0.000 ^a	0.005±0.000 ^a	0.006±0.000 ^a
1	0.003±0.002 ^a	0.002±0.001 ^a	0.004±0.003 ^a	0.271±0.269 ^a	0.285±0.258 ^a
2	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
3	0.002±0.001 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.001±0.001 ^a	0.000±0.000 ^a
4	0.005±0.003 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.001±0.001 ^a
5	0.004±0.003 ^a	0.000±0.000 ^a	0.002±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a
6	0.006±0.001 ^b	0.002±0.000 ^a	0.003±0.000 ^a	0.002±0.001 ^a	0.002±0.000 ^a

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	0.25±0.02 ^a	0.29±0.04 ^a	0.31±0.03 ^a	0.32±0.02 ^a	0.24±0.00 ^a
1	0.53±0.04 ^a	0.86±0.11 ^b	1.48±0.06 ^c	1.69±0.02 ^c	2.21±0.07 ^d
2	0.90±0.26 ^a	1.00±0.08 ^a	1.66±0.04 ^b	1.90±0.15 ^b	2.47±0.20 ^c
3	1.20±0.25 ^a	1.94±0.09 ^b	2.89±0.09 ^c	3.28±0.16 ^c	3.79±0.13 ^d
4	0.57±0.00 ^a	1.07±0.12 ^{ab}	1.56±0.01 ^{bc}	1.86±0.13 ^{cd}	2.27±0.36 ^d
5	0.60±0.17 ^a	1.05±0.10 ^a	1.57±0.06 ^b	1.99±0.18 ^b	2.48±0.19 ^c
6	1.16±0.10 ^a	1.30±0.11 ^a	1.79±0.08 ^b	2.37±0.14 ^b	2.87±0.17 ^c

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	0.19±0.01 ^a	0.28±0.00 ^b	0.45±0.01 ^b	0.49±0.03 ^c	0.65±0.00 ^d
1	0.26±0.03 ^{ab}	0.19±0.00 ^a	0.31±0.02 ^b	0.29±0.02 ^b	0.39±0.02 ^c
2	0.26±0.02 ^a	0.20±0.00 ^a	0.26±0.02 ^a	0.26±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a
3	0.22±0.02 ^{ab}	0.18±0.00 ^a	0.26±0.02 ^{ab}	0.24±0.02 ^{ab}	0.34±0.00 ^b
4	0.21±0.02 ^a	0.17±0.01 ^a	0.25±0.03 ^{ab}	0.24±0.03 ^{ab}	0.33±0.01 ^c
5	0.42±0.03 ^a	0.38±0.02 ^a	0.48±0.03 ^{ab}	0.48±0.03 ^{ab}	0.53±0.00 ^b
6	0.20±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a	0.26±0.04 ^a	0.22±0.04 ^a	0.31±0.01 ^a

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 9 ปริมาณความกระด้าง ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	109.0±0.57 ^{ab}	106.6±0.60 ^a	108.3±1.20 ^a	115.6±3.84 ^b	110.5±0.50 ^{ab}
1	112.3±0.33 ^a	107.5±0.28 ^a	136.5±14.02 ^a	136.7±19.1 ^a	129.5±12.5 ^a
2	120.0±4.51 ^a	114.3±1.85 ^a	132.0±18.1 ^a	119.0±2.64 ^a	122.5±3.50 ^a
3	131.7±19.2 ^a	115.0±7.00 ^a	118.3±2.30 ^a	118.3±0.88 ^a	126.0±1.89 ^a
4	121.3±2.33 ^{abc}	116.7±1.33 ^a	120.3±1.20 ^{ab}	124.7±2.70 ^{ab}	127.5±2.50 ^c
5	121.0±0.58 ^{ab}	117.0±2.08 ^a	120.6±0.66 ^{ab}	126.0±0.88 ^b	134.0±3.00 ^c
6	121.0±2.00 ^a	113.0±8.00 ^a	125.0±5.03 ^a	130.0±5.03 ^a	208.0±64.0 ^b

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 10 ความเป็นกรดเป็นด่าง ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	6.27±0.04 ^a	6.46±0.04 ^b	6.69±0.04 ^c	7.03±0.04 ^d	7.3±0.04 ^e
1	6.71±0.14 ^a	6.81±0.21 ^{ab}	6.87±0.25 ^{ab}	7.02±0.19 ^{ab}	7.42±0.12 ^b
2	6.83±0.10 ^a	7.07±0.01 ^b	7.06±0.01 ^b	7.15±0.03 ^{bc}	7.28±0.03 ^c
3	6.63±0.04 ^a	6.92±0.06 ^b	7.25±0.08 ^c	7.63±0.13 ^d	8.29±0.02 ^e
4	7.66±0.71 ^a	7.72±0.57 ^a	7.97±0.64 ^a	7.55±0.31 ^a	7.38±0.16 ^a
5	7.18±0.22 ^a	7.37±0.13 ^a	7.48±0.07 ^a	7.53±0.06 ^a	7.57±0.06 ^a
6	6.00±0.09 ^a	6.64±0.14 ^b	7.09±0.09 ^c	7.21±0.05 ^c	7.37±0.94 ^c

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	8.23±0.19 ^b	8.34±0.02 ^b	8.23±0.01 ^b	8.18±0.05 ^b	7.56±0.11 ^a
1	8.04±0.22 ^b	7.94±0.13 ^a	7.76±0.06 ^a	7.59±0.37 ^a	7.52±0.19 ^a
2	9.55±0.27 ^a	8.01±0.04 ^a	7.68±0.07 ^a	7.92±0.13 ^a	7.97±0.09 ^a
3	6.09±0.07 ^{ab}	6.17±0.12 ^a	5.92±0.05 ^{ab}	5.81±0.07 ^a	5.84±0.08 ^a
4	5.81±0.15 ^a	6.00±0.12 ^{ab}	6.01±0.08 ^{ab}	5.96±0.02 ^{ab}	6.18±0.04 ^b
5	9.17±0.09 ^b	6.74±0.69 ^a	6.05±0.19 ^a	6.02±0.15 ^a	5.99±0.01 ^a
6	5.54±0.14 ^b	5.43±0.04 ^{ab}	5.23±0.08 ^a	5.27±0.06 ^{ab}	5.36±0.05 ^{ab}

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 12 อุณหภูมิของน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกันระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	31.06±0.18 ^a	30.97±0.18 ^a	30.96±0.21 ^a	30.87±0.12 ^a	30.90±0.00 ^a
1	30.70±6.11 ^a	29.93±0.66 ^a	30.00±0.12 ^a	30.40±0.17 ^a	30.83±0.23 ^a
2	30.07±0.07 ^a	30.00±0.05 ^a	30.00±0.11 ^a	30.10±0.05 ^a	30.10±0.10 ^a
3	33.50±0.10 ^a	33.43±0.13 ^a	33.63±0.26 ^a	33.23±0.08 ^a	33.30±0.10 ^a
4	33.33±0.08 ^a	33.40±0.05 ^a	33.30±0.20 ^a	33.26±0.03 ^a	33.41±0.09 ^a
5	33.73±0.12 ^a	33.63±0.08 ^a	33.73±0.20 ^a	33.97±0.27 ^a	33.87±0.14 ^a
6	33.20±0.15 ^a	33.10±0.05 ^a	33.10±0.15 ^a	33.00±0.20 ^a	33.20±0.15 ^a

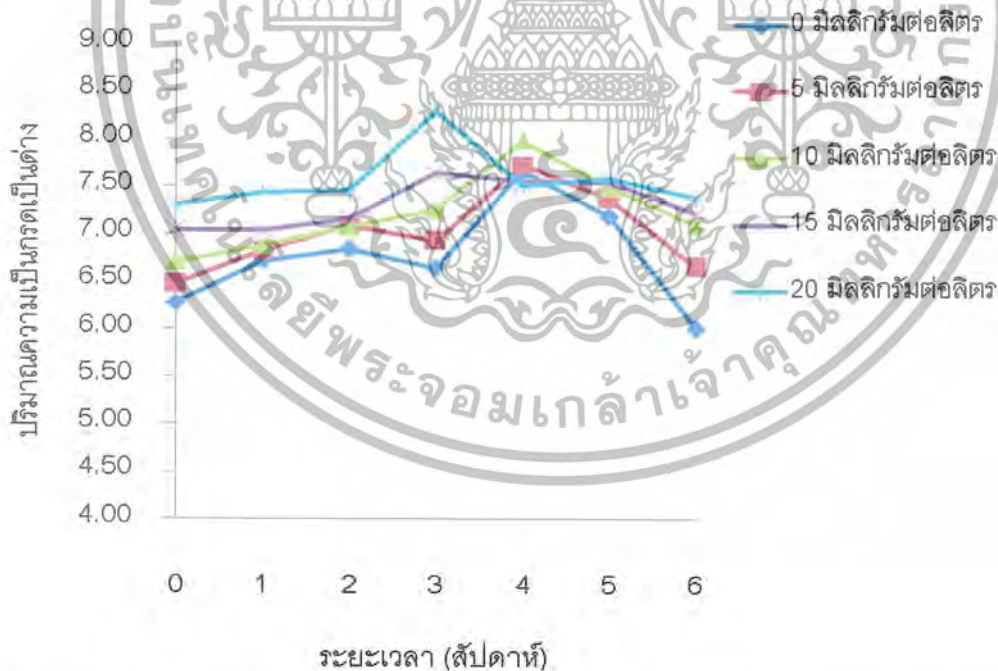
*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ค่าการนำไฟฟ้า ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

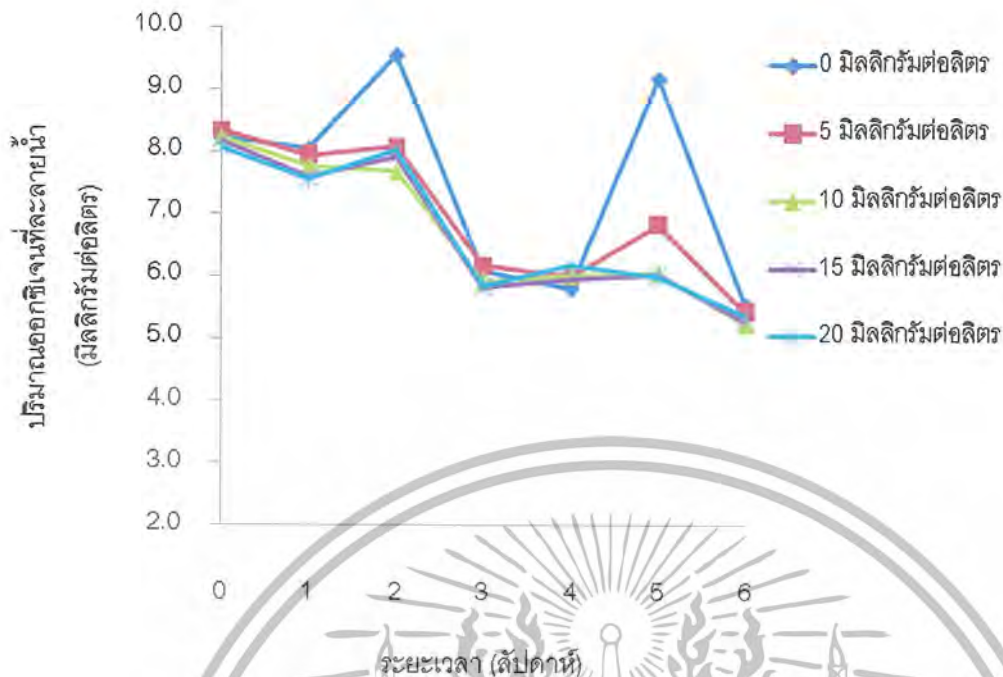
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้น (mg/L)				
	0	5	10	15	20
0	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
1	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
2	0.31±0.00 ^a	0.32±0.0 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
3	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
4	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
5	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e
6	0.31±0.00 ^a	0.32±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.34±0.00 ^d	0.35±0.00 ^e

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่าง ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

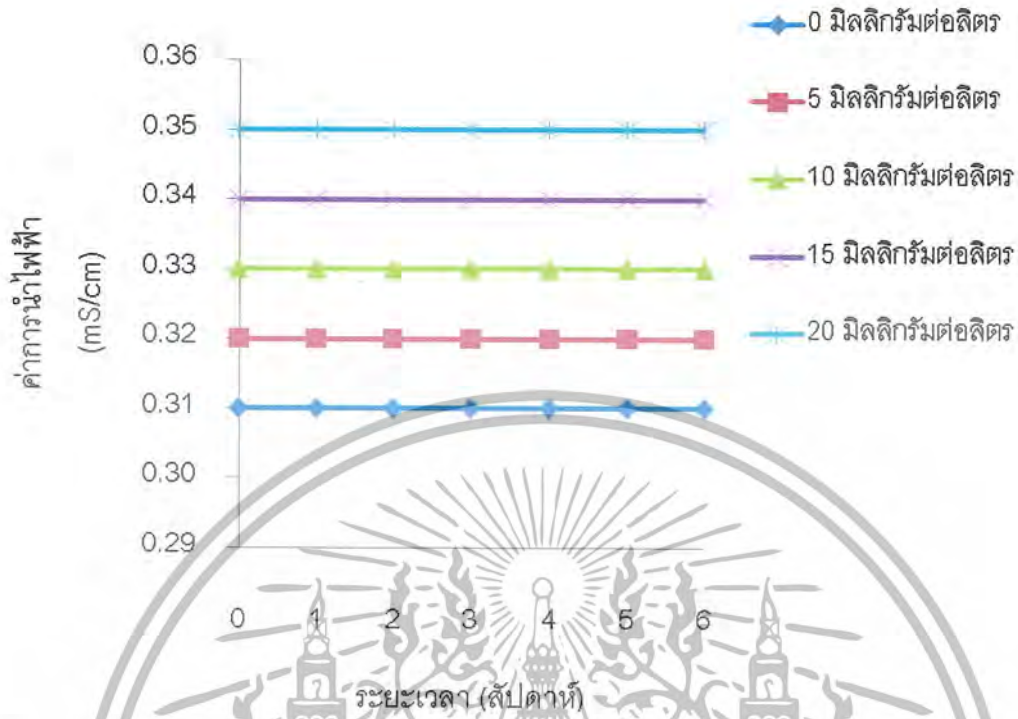


ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

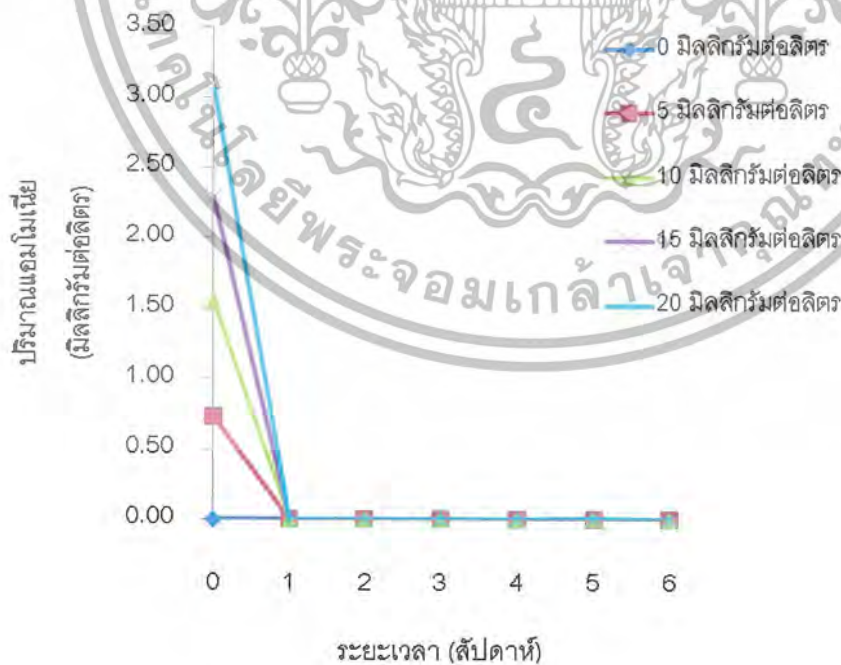


ภาพที่ 6 อุณหภูมิภายในน้ำ ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

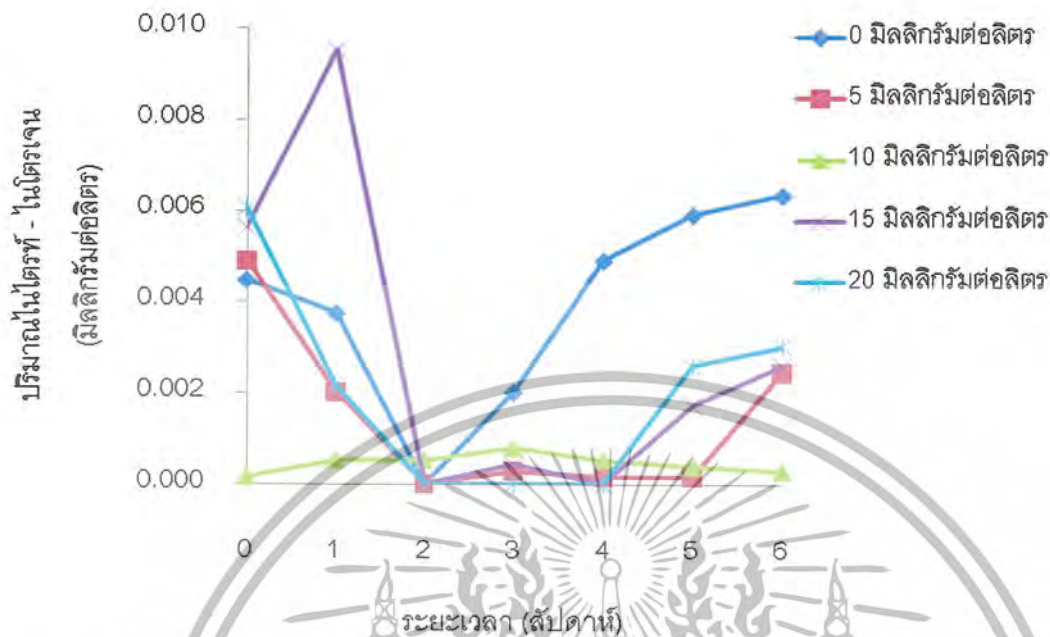


ภาพที่ 7 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์



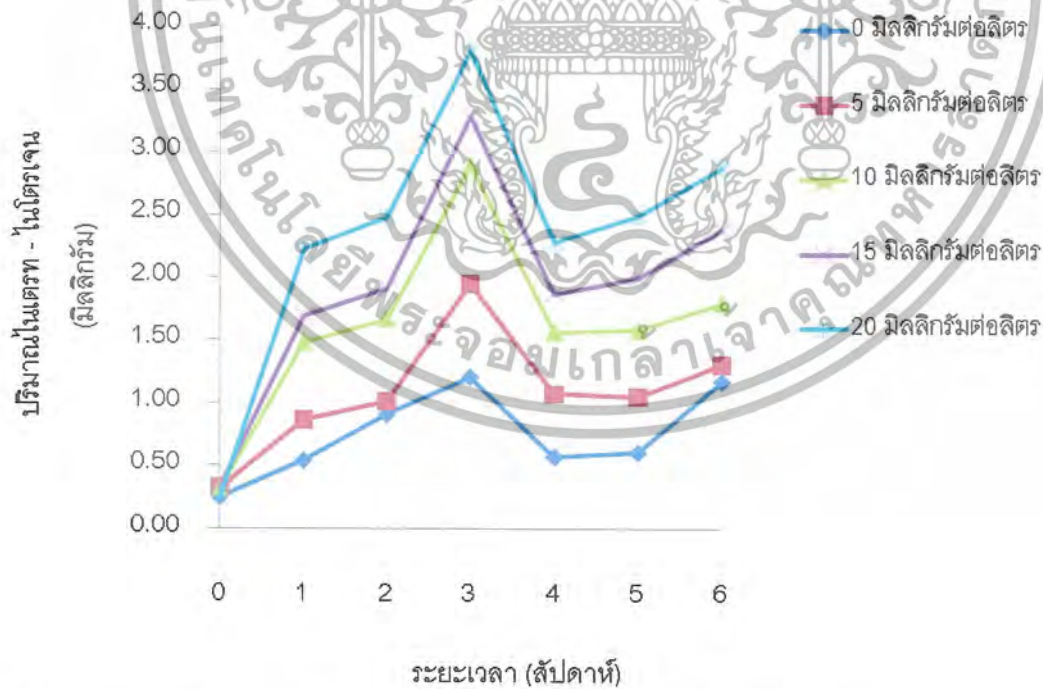
ภาพที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6

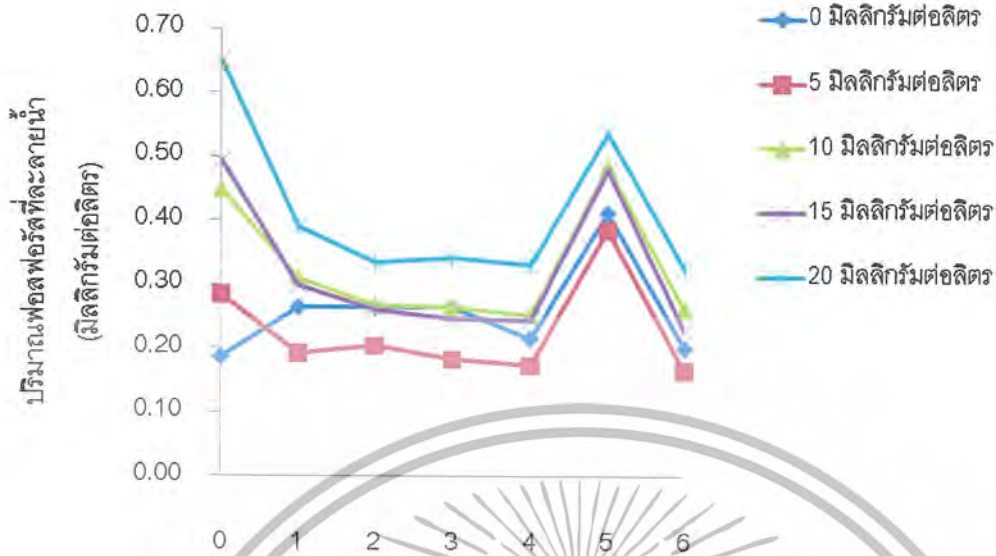
สัปดาห์



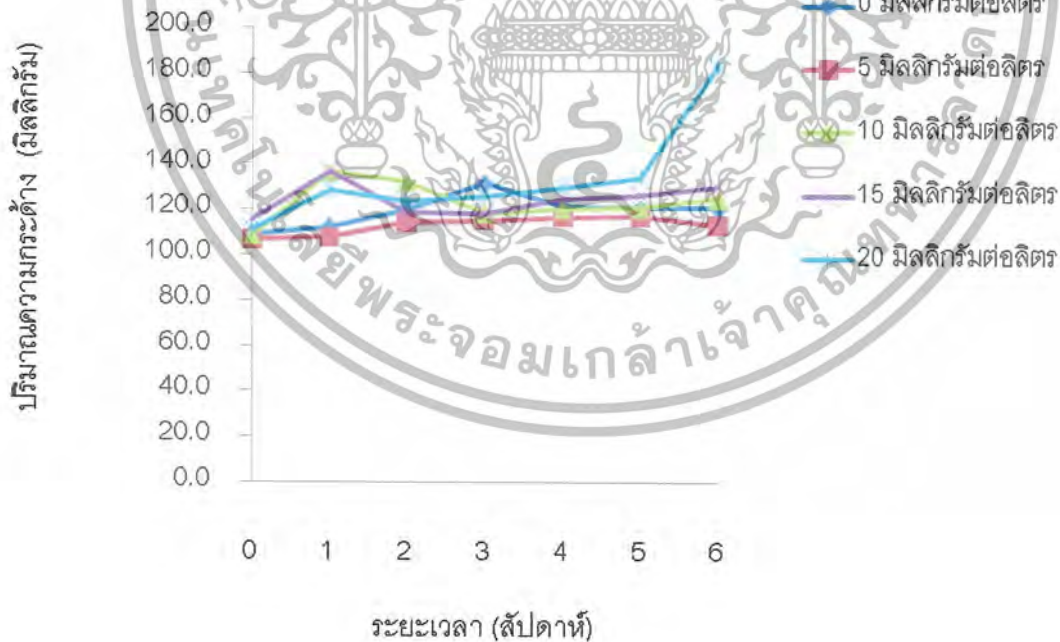
ภาพที่ 10 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6

สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพที่ 12 ปริมาณความกระต่าง ภายใต้ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ระดับความเข้มข้น N-P-K ที่แตกต่างกัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด 3.81 ± 0.24 กรัม ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) การแตกใบใหม่ใบใหม่ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้น 12 ± 0.33 ใบ

ค่ามุมสีเฉลี่ย (H°) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่ามุมสีเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามุมสีเฉลี่ยน้อยที่สุด 36.14 ± 4.28 ซึ่งแสดงค่าสีแดงมากที่สุด และระดับความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามุมสีเฉลี่ย 52.76 ± 3.88 , 65.01 ± 11.79 , 40.95 ± 3.18 และ 51.83 ± 10.93 ตามลำดับ



เอกสารอ้างอิง

- ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2550. การปลูกและดูแลรักษาพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก. สำนักพิมพ์เพชรกระรัต. กรุงเทพฯ. 103 หน้า
- พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง. 2551. กายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืชมีดอก. สำนักพิมพ์ท็อป, กรุงเทพฯ. 300 หน้า
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และศิริ วัดสว่าง. 2540. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย *Hygrophila difformis*. สำนักวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กรมประมง. 24 หน้า
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, นงนุช เลาะวิสุทธิ และถาวร ทันใจ. 2548. การขยายพันธุ์มอสน้ำ *Vesicularia dubyana* (C. Muell) Broth, 1925. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรมประมง. 37 หน้า
- ยุพา วยศ. 2541. สัณฐานของพืช. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ. 188 หน้า
- สุชาติ ศรีเพ็ญ. 2530. พรรณไม้น้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 350 หน้า
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 203 หน้า
- สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำและปลาสวยงาม. สำนักพิมพ์นิออน บুক มีเดีย. 130 หน้า
- Cornelissen J.H.C., N. Perez-Harguindeguy, D. Gwynn-Jones., S. Diaz., T.V. Callaghan and R. Aerts. 2000. Autumn leaf colour as indicators of decomposition rate in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) *Plant and Soil*. 225: 33-38.
- Escutia-Lara Y., M. Gomez-Romero and R. Lindig-Cisneros. 2009. Nitrogen and phosphorus effect on *Typha domingensis* Presl. Rhizome growth in a matrix of *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz and Keller. *Aquatic Botany*. 90: 74-77.
- Jampeetong A. and H. Brix. 2009. Nitrogen nutrition of *Salvinia naiana*: Effects of inorganic nitrogen form on growth, morphology, nitrate reductase activity and uptake kinetics of ammonium and nitrate. *Aquatic Botany*. 90: 67-73.
- Jayanthi C. 2001. *Chemistry of Colours*.
- Paillisson J. and L. Marion. 2006. Can small water Flutuations affect the biomass of *Nymphaea alba* in large lakes. *Aquatic Botany*. 84: 259-266.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sinden-Hempstead M. and K.T. Killingbeck. 1996. Influences of water depth and substrate nitrogen on leaf surface area and maximum bed extension in *Nymphaea odorata*. *Aquatic Botany*. 53: 151-162.
- Vadas P.A., L.B. Owens and A.N. Sharpley. 2008. An empirical model for dissolved phosphorus in runoff from surface-applied fertilizers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 127:59-65
- Xie Y., D. Yu and B. Ren. 2004. Effects of nitrogen and phosphorus availability on the decomposition of aquatic plants. *Aquatic Botany*. 80: 29-37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

**ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย
ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์**

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T1R2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T1R3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000
T2R1	0.938	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T2R2	0.862	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T2R3	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T3R1	1.631	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T3R2	1.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000
T3R3	1.108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T4R1	2.585	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T4R2	2.477	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T4R3	1.815	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T5R1	3.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000
T5R2	3.246	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T5R3	2.569	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน
ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	0.004	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001	0.010
T1R2	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004
T1R3	0.005	0.008	0.000	0.004	0.013	0.015	0.005
T2R1	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
T2R2	0.005	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
T2R3	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
T3R1	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003
T3R2	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003
T3R3	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
T4R1	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T4R2	0.006	0.810	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003
T4R3	0.005	0.002	0.000	0.003	0.000	0.001	0.003
T5R1	0.007	0.802	0.000	0.001	0.000	0.001	0.004
T5R2	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
T5R3	0.006	0.051	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน
ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	0.220	0.480	0.730	0.746	0.564	0.323	1.372
T1R2	0.289	0.507	0.577	1.613	0.573	0.584	1.028
T1R3	0.234	0.631	1.411	1.251	0.575	0.904	1.102
T2R1	0.337	1.075	0.940	1.976	0.983	1.028	1.501
T2R2	0.328	0.672	0.913	1.776	0.924	0.886	1.095
T2R3	0.307	0.850	1.174	2.086	1.307	1.235	1.314
T3R1	0.259	1.613	1.717	3.017	1.550	1.474	1.960
T3R2	0.369	1.420	1.571	2.722	1.555	1.575	1.733
T3R3	0.324	1.415	1.719	2.952	1.586	1.690	1.688
T4R1	0.318	1.636	2.172	3.148	1.821	2.199	2.494
T4R2	0.307	1.728	1.927	3.098	1.672	1.634	2.102
T4R3	0.357	1.712	1.629	3.598	2.111	2.156	2.530
T5R1	0.242	2.104	2.080	3.560	1.562	2.093	3.082
T5R2	0.230	2.352	2.614	3.846	2.584	2.690	2.999
T5R3	0.264	2.190	2.744	3.988	2.681	2.674	2.542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ย
ต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	0.183	0.330	0.181	0.183	0.159	0.346	0.243
T1R2	0.209	0.252	0.231	0.256	0.239	0.433	0.204
T1R3	0.169	0.213	0.267	0.233	0.252	0.459	0.157
T2R1	0.294	0.207	0.224	0.174	0.150	0.344	0.206
T2R2	0.280	0.193	0.196	0.174	0.176	0.387	0.154
T2R3	0.281	0.181	0.194	0.202	0.198	0.426	0.139
T3R1	0.426	0.289	0.270	0.230	0.207	0.433	0.343
T3R2	0.437	0.289	0.230	0.261	0.233	0.465	0.233
T3R3	0.481	0.356	0.307	0.307	0.319	0.556	0.211
T4R1	0.517	0.317	0.230	0.226	0.228	0.481	0.309
T4R2	0.422	0.254	0.270	0.211	0.196	0.413	0.159
T4R3	0.543	0.324	0.285	0.300	0.311	0.546	0.217
T5R1	0.650	0.413	0.348	0.344	0.324	0.526	0.333
T5R2	0.644	0.409	0.348	0.354	0.354	0.554	0.330
T5R3	0.659	0.352	0.311	0.326	0.315	0.533	0.315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	108	113	129	170	126	120	125
T1R2	109	112	115	115	119	121	119
T1R3	110	112	116	110	119	122	119
T2R1	107	108	113	117	114	114	120
T2R2	105.5	107.5	112	102	118	116	122
T2R3	107.5	107	118	126	118	121	97
T3R1	110	108.5	110	122	121	122	126
T3R2	106	152	118	119	118	120	124
T3R3	109	149	168	114	122	120	125
T4R1	110	118	120	117	122	126	126
T4R2	123	175	123	120	130	128	140
T4R3	114	117	114	118	122	125	124
T5R1	110	117	119	123	125	128	144
T5R2	111	142	126	125.5	130	137	272
T5R3	113	128	126	129.5	135	137	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ความเป็นกรดเป็นด่าง ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	6.18	6.42	6.67	6.56	6.24	7.44	5.83
T1R2	6.3	6.83	6.82	6.7	8.35	7.37	6.07
T1R3	6.33	6.89	7.02	6.65	8.4	6.74	6.12
T2R1	6.53	6.38	7.04	6.8	6.58	7.51	6.37
T2R2	6.48	6.99	7.09	6.95	8.3	7.49	6.72
T2R3	6.39	7.08	7.1	7.02	8.3	7.11	6.85
T3R1	6.62	6.38	7.07	7.1	6.69	7.57	6.9
T3R2	6.72	7.09	7.09	7.25	8.69	7.55	7.16
T3R3	6.75	7.14	7.04	7.4	8.55	7.34	7.21
T4R1	6.97	6.64	7.09	7.49	6.92	7.62	7.12
T4R2	7.01	7.19	7.15	7.53	7.93	7.58	7.22
T4R3	7.12	7.25	7.21	7.89	7.8	7.41	7.31
T5R1	7.23	7.29	7.25	8.24	7.22	7.67	7.33
T5R2	7.28	7.31	7.32	8.32	7.55	7.61	7.41
T5R3	7.39	7.67	7.8	8.31	7.74	7.45	7.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน
ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	7.85	8.37	9.66	6.18	6	9.01	5.39
T1R2	8.52	8.16	9.97	5.95	5.92	9.34	5.41
T1R3	8.33	7.61	9.03	6.14	5.51	9.18	5.82
T2R1	8.34	8.11	8.14	6.4	6.23	8.41	5.48
T2R2	8.38	8.02	8	6.12	5.96	5.99	5.35
T2R3	8.31	7.69	8.12	6.01	5.81	6.1	5.46
T3R1	8.25	7.69	7.78	6.04	6.11	6.43	5.1
T3R2	8.26	7.9	7.73	5.86	6.1	5.94	5.4
T3R3	8.2	7.71	7.54	5.87	5.84	5.79	5.2
T4R1	8.17	8.04	8.04	5.87	5.96	6.33	5.39
T4R2	8.09	6.85	7.66	5.66	5.92	5.88	5.17
T4R3	8.29	7.88	8.06	5.92	6.01	5.87	5.25
T5R1	7.97	7.33	7.88	5.68	6.11	5.98	5.34
T5R2	7.98	7.72	7.99	5.93	6.2	6.01	5.47
T5R3	8.23	7.62	8.2	5.93	6.23	6	5.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	32.1	32.4	29.5	32.8	32.6	32.5	33.3
T1R2	31.8	32	29.7	31.8	31.5	32	32.2
T1R3	31.6	31.6	29.9	31.8	30.5	31.3	31.9
T2R1	32	32	29.5	31.8	31.7	32.2	32.1
T2R2	31.8	32	29.6	31.5	31.6	32	32.1
T2R3	31.7	32.1	30	31.4	31.9	32.1	32.2
T3R1	31.9	32.1	29.5	31.8	31.8	32	32.1
T3R2	31.6	31.9	29.4	31.4	31.6	31.9	32.2
T3R3	31.6	31.8	29.6	31.7	31.8	32	32.2
T4R1	31.9	32.3	29.9	31.9	31.5	32	32.1
T4R2	31.6	31.9	29.8	31.6	31.4	31.7	31.9
T4R3	31.4	32	29.7	31.5	31.4	31.9	32.2
T5R1	31.9	32.3	29.7	31.7	31.5	32	32.1
T5R2	31.4	31.8	29.5	31.3	31.11	31.5	31.9
T5R3	31.3	31.6	29.5	31.2	31.3	31.8	31.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1R1	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
T1R2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
T1R3	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
T2R1	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
T2R2	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
T2R3	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
T3R1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
T3R2	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
T3R3	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
T4R1	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
T4R2	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
T4R3	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
T5R1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
T5R2	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
T5R3	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 ค่ามุมสี่เหลี่ยม (H°) ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน ตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์

ชุดการ ทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	0	2	4	6
T1R1	53.67	45.00	31.79	45.00
T1R2	1.775	39.21	48.99	57.00
T1R3	54.01	45.00	21.20	56.30
T2R1	21.30	7.69	24.70	21.30
T2R2	12.40	26.56	27.69	61.99
T2R3	11.85	29.24	25.17	48.23
T3R1	60.11	35.75	12.78	43.44
T3R2	34.99	23.55	53.79	45.92
T3R3	16.22	1.830	16.27	35.37
T4R1	16.17	5.99	34.99	21.80
T4R2	13.39	2.69	25.12	59.53
T4R3	59.53	53.06	41.66	45.00
T5R1	48.23	38.83	21.20	46.13
T5R2	16.59	28.67	21.16	32.62
T5R3	58.93	55.03	52.43	43.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้