สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของธาตุอาหารและความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบปลูกไร้ดินแบบ DEEP FLOW TECHNIQUE

EFFECTS OF NUTRIENT AND pH ON GROWTH OF *Anubias barteri* IN DEEP FLOW TECHNIQUE

สุรภี ประชุมพล

SURAPEE PRACHUMPON

วท.
ส852ผ
2556

เลขหมู่.....125099
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 5 ต.ค. 2556

b.12508108
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL–2013–AG–M–081-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF NUTRIENT AND pH ON GROWTH OF *Anubias barteri* IN DEEP FLOW TECHNIQUE

SURAPEE PRACHUMPON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

KMITL–2013–AG–M–081-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของธาตุอาหารและความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique

Effects of Nutrient and pH on Growth of *Anubias barteri* in Deep Flow Technique

นักศึกษา นางสาวสุรภี ประชุมพล

รหัสประจำตัว 52641052

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมชาย	หวังวิบูลย์กิจ	
ผศ.ดร.อุมา	แสงคร้าม	
รศ.ดร.นงนุช	เลาหะวิสุทธิ์	
รศ.ดร.อิทธิสุนทร	นันทกิจ	
ผศ.ดร.อัจฉรี	เรืองเดช	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 28 มีนาคม 2556 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม A209 (ชั้น 2 อาคารเจ้าคุณทหาร)

คณบดีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของธาตุอาหารและความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique
นักศึกษา	นางสาว สุรภี ประชุมพล
รหัสประจำตัว	52641052
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของธาตุอาหารและความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่ แบ่งเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ โดยเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่างกัน 4 สูตร คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร 14: 12: 2 (KMITL 2) สูตร 11: 12: 21 (KMITL 2, K-1) สูตร 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1) และสูตร 20: 12: 2 (KMITL 2, K+2) พบว่า การเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ทั้ง 4 อัตราส่วน มีการเจริญเติบโตดี ($P>0.05$) การทดลองที่ 2 ศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ โดยใช้ธาตุเหล็ก 5 รูปแบบ คือ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA พบว่า ธาตุเหล็กทั้ง 5 รูปแบบ ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ดี ($P>0.05$) และรูปแบบเหล็ก Fe-EDDHA ทำให้มีความยาวใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ เปลี่ยนแปลงไปดีที่สุด ($P<0.05$) และการทดลองที่ 3 ศึกษาค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ โดยเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่าง 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3,7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่างที่ (pH) 7±0.3 ทำให้ความยาวใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปดีที่สุด ($P<0.05$) และระดับความเป็นกรด- ด่างที่เหมาะสมของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟอยู่ในช่วงระหว่าง pH 4.7-8.08 ซึ่งให้การเจริญเติบโตดี ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effects of Nutrient and pH on Growth of *Anubias barteri* in Deep Flow Technique
Student	Miss Surapee Prachumpon
Student ID.	52641052
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Nongnuch Laohavisuti

ABSTRACT

Study on nutrient and pH of aquatic plant, *Anubias barteri* growth was conducted. Three experiments were designed, firstly to be affected of potassium, calcium and magnesium ratio on the growth of *A. barteri*. Four formula of nutrient solutions with potassium, calcium and magnesium ratio (K: Ca: Mg) ratio of 14: 12: 2 formula (KMITL 2), 11: 12: 2 formula (KMITL2, K-1), 17: 12: 2 formula (KMITL 2, K+1) and 20: 12: 2 formula (KMITL 2, K+2) were used to investigated *A. barteri* and *A. barteri* "broad leaf" growth. There was no significant difference all treatment ($P>0.05$). The second experiment was carried out to determine the optimum of different iron chelates (Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA and Fe-EDTA+ Fe-EDDHA) on growth performance. After 16 weeks, the results showed that the *A. barteri* growth no significant difference among treatments ($P>0.05$) and *A. barteri* "broad leaf" in the nutrient solution which adding Fe-EDDHA had leaf length higher than the other treatments ($P<0.05$). The third experiment was determined the optimum pH nutrient on growth performance. Four different pH levels were 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 and no control pH (6.90-8.08). The result showed that leaf length of *A. barteri* the growth was highest at pH 7±0.3 ($P<0.05$) and *A. barteri* "broad leaf" the growth was highest at pH 4.7-8.08 ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยชี้แนะ แนะนำและให้คำปรึกษาที่ดี ให้แนวทางแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้และอบรมสั่งสอนแก่ข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ผศ.ดร.ปวีณา ทวีกิจการ และ ผศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ และผศ. ดร อุมา แสงคร้าม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ. สมเกียรติ สีสนอง ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำแนะนำ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรือนพรรณไม้น้ำ

ขอขอบพระคุณพ่อและคุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ อบรมสั่งสอนแก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณญาติพี่น้องที่ให้กำลังใจมาตลอด

ขอขอบคุณคุณบุปผา จงพัฒน์ และ คุณแสง ฟักหอม ที่คอยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ที่ให้การช่วยเหลือ คำแนะนำและเป็นกำลังใจ และขอบคุณน้องๆ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงทุกคนที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในขณะทำการทดลอง

สุรภี ประชุมพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส	4
2.2 ระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน (hydroponic system)	5
2.2.1 การปลูกพรรณไม้น้ำในทรายหยาบ (coarse sand culture)	5
2.2.2 การปลูกพรรณไม้น้ำแบบในสารละลาย (water culture)	5
2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช	7
2.3.1 ปัจจัยภายใน ได้แก่พันธุกรรมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	7
2.3.2 ปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อม	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 พรรณไม้น้ำทดลอง	15
3.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	15
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT..... 16

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT..... 18

3.3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT..... 20

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 22

3.5 สถานที่ทำการวิจัย..... 22

3.6 ระยะเวลาในการทำวิจัย..... 22

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 23

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT..... 23

4.1.1 ผลของอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่..... 23

4.1.2 ผลของอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ ดินแบบ DFT..... 44

4.2.1 ผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่..... 44

4.2.2 ผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ..... 55

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT..... 66

4.3.1 ผลของระดับค่า pH ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่..... 66

4.3.2 ผลของระดับค่า pH ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ..... 76

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 87

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 92

บรรณานุกรม..... 93

ภาคผนวก 98

ประวัติผู้เขียน..... 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตรในการทดลองอัตราส่วน K: Ca: Mg	18
3.2	เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช สูตร KMITL 2 มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร ที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตต่างกัน	20
3.3	เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช สูตร KMITL 2 มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร	22
4.1	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	24
4.2	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	25
4.3	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	26
4.4	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	28
4.5	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	29
4.6	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	30
4.7	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	31
4.8	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	32
4.9	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.10	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	35
4.11	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	36
4.12	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	38
4.13	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	39
4.14	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	41
4.15	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน	42
4.16	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนK: Ca: Mg ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	43
4.17	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	44
4.18	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	46
4.19	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	47
4.20	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	49
4.21	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.22	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	52
4.23	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	53
4.24	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	54
4.25	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	55
4.26	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	57
4.27	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	58
4.28	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	60
4.29	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	61
4.30	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกัน	63
4.31	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน	64
4.32	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	65
4.33	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	66
4.34	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.35	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	69
4.36	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	71
4.37	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	72
4.38	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	73
4.39	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	74
4.40	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหาร pH ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	75
4.41	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	76
4.42	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	78
4.43	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	79
4.44	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	80
4.45	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	82
4.46	จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	83
4.47	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.48	การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหาร pH ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	85

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	พรรณไม้น้ำ (A) *Anubias barteri* และ (B) *Anubias bateri* "broad leaf"	4
2.2	ระบบ Nutrient film technique (NFT)	5
2.3	ระบบ deep flow technique (DFT)	6
2.4	ระบบ floating system	6
2.5	โครงสร้างเหล็กคีเลต	12
3.1	ชุดรางปลูกพรรณไม้น้ำไร้ดินแบบ DFT	16
4.1	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	24
4.2	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	25
4.3	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	27
4.4	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	28
4.5	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	29
4.6	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.7	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	32
4.8	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	34
4.9	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	35
4.10	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	37
4.11	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	38
4.12	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	40
4.13	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์	42
4.14	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	43
4.15	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	45
4.16	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	46
4.17	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	48
4.18	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	49
4.19	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.20	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	53
4.21	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	54
4.22	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	56
4.23	จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	57
4.24	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	59
4.25	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16สัปดาห์.....	60
4.26	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	62
4.27	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	64
4.28	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	65
4.29	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	67
4.30	จำนวนใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	68
4.31	ความกว้างใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	70
4.32	ความยาวใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.33	ความหนาใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	72
4.34	ปริมาณคลอโรฟิลล์เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	74
4.35	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	75
4.36	ความสูงต้นเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	77
4.37	ความสูงต้นเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	78
4.38	ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	79
4.39	ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	81
4.40	ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	82
4.41	ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	84
4.42	ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพรรณไม้น้ำสวยงามเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากพรรณไม้น้ำเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำสวยงามที่นำมาจัดในตู้มักมีสีสันสดใสแปลกตา มีความหลากหลายของชนิดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้พรรณไม้น้ำสวยงามยังมีประโยชน์ต่อคุณภาพน้ำและ การดำรงชีวิตของปลาในตู้ด้วย พรรณไม้น้ำกลุ่มอนูเบียส (*Anubias* sp.) เป็นพรรณไม้น้ำที่สวยงามอีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่ต้องการในตลาด จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่ดูแลรักษาง่าย เนื่องจากมีความทนทาน สามารถอยู่ใต้น้ำได้ยาวนาน และมีการเจริญเติบโตช้า นิยมปลูกกลางตู้และฉากหลังของตู้ จากลักษณะดังกล่าวทำให้ต้นอนูเบียสเป็นที่นิยมของตลาดและมีมูลค่าการส่งออกสูง ซึ่งการส่งออกพรรณไม้น้ำในปี 2547 มีปริมาณการส่งออกต้นอนูเบียสเป็นอับดับสามรองจากสาหร่ายคาบอมบาและเดนซ่า และในปี 2550 ชนิดพรรณไม้น้ำที่มีการส่งออกมากที่สุดได้แก่ ต้นอนูเบียส มีสัดส่วนการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 16.85 ของมูลค่ารวมพรรณไม้น้ำที่ส่งออกทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร. 2550) เห็นได้ว่าการส่งออกต้นอนูเบียสมีสัดส่วนการส่งออกเพิ่มสูงขึ้น ต้นอนูเบียสมีการขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อ การตัดไรโซมหรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อนูเบียสมีการปลูกแบบครึ่งบกครึ่งน้ำ และต้องการสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงแต่ในการขยายพันธุ์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรทำให้ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้

การปลูกพรรณไม้น้ำเพื่อการค้าในเชิงพาณิชย์นิยมเลี้ยงกันในโรงเรือนแบบปิด โดยใช้วิธีการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) โดยเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน พืชสามารถเจริญเติบโตได้ด้วยการดูดสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำได้โดยตรงและอยู่ในรูปที่ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงกว่าพืชที่ปลูกพืชบนดิน ที่ไม่สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้พอดีกับความต้องการของพืช และยังสามารถป้องกันปัญหาโรคและแมลงที่อยู่ในดินรวมทั้งควบคุมสภาพแวดล้อม (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538) ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ โดยที่ธาตุอาหารพืชมีการส่งผลต่อกันจึงต้องมีการพิจารณาแต่ละธาตุว่ามีปริมาณน้อย เพียงพอ หรือสูงเกินไปอาจส่งผลต่อการทำงานของอีกธาตุได้ ดังนั้นการมีธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าธาตุอาหารอื่นๆ จะมีผลทำให้พืชดูดธาตุอาหารอื่นน้อยลงเนื่องจากมีความไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพันธ์กันในการแก่งแย่งการดูดธาตุอาหารทำให้พืชขาดธาตุอาหาร เช่น ความสัมพันธ์ของปริมาณไอออนบวก อย่างเช่น โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ถ้ามี K มากกว่า Ca และ Mg พืชจะขาด Mg และถ้าความสัมพันธ์ของทั้งสามธาตุไม่ดีพอ พืชจะขาด Ca (ดิเรก ทองอร่าม. 2546) นอกจากสัดส่วนของธาตุอาหารแล้ว โครงสร้างของธาตุก็มีผล เช่น รูปแบบของเหล็กที่ใช้มีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็ก เนื่องจากมีการตกตะกอนของเหล็กซัลเฟตทำให้พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารมาใช้ประโยชน์ได้ จึงมีการนำเหล็กคีเลตมาใช้ ซึ่งตัวคีเลตทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้มธาตุเหล็กเอาไว้ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับสารอื่น โดยธาตุอาหารจะสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พืชจะสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ดีต้องมีการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งค่านี้ในสารละลายธาตุอาหารพืชมีผลต่อการละลายธาตุต่างๆ และการดูดซึมของรากที่จะดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้

ดังนั้น การศึกษาสัดส่วนธาตุอาหาร รูปแบบธาตุอาหาร และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส ได้แก่ อัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม (K: Ca: Mg) รูปแบบของธาตุเหล็กและระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponics) จึงน่าจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนาการปลูกพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสให้เพียงพอกับความต้องการของตลาดในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบการปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT)

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบการปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT)

1.2.3 เพื่อศึกษาระดับของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบการปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT)

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงปริมาณของธาตุอาหารหลักและรองของพืชและระดับ pH ของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสบาร์เทอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 สามารถจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสบาร์เทอรี่และเผยแพร่กับเกษตรกรผู้ที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส

ต้นอนูเบียส (*Anubias* sp.) จัดเป็นพรรณไม้น้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำที่อยู่ในวงศ์ Araceae (สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548) มีการแพร่กระจายในแอฟริกาตะวันตก (Rataj and Horeman. 1997; Muhlberg. 1982) จัดเป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงคู่ เป็นพืชล้มลุกหลายฤดู มีต้นเป็นแท่งใต้ดินและแทงขึ้นมาบนดิน มีใบแตกออกจากโคนต้น มีดอกขนาดเล็กไม่มีก้านดอกออกรวมกันเป็นช่อแบบสแปดิก (spadix) มีกาบประดับลักษณะคล้ายใบ มีสีน้ำตาลหรือขาว ชอบขึ้นในที่ร่ม ชื้นแฉะและมีความชื้นสูง (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543) ต้นอนูเบียสสามารถปรับมาเลี้ยงในตู้ได้ดี และสามารถเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมเขตร้อน (Stodola. 1967, 1987) ต้นอนูเบียสมีการขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อ การตัดไรโซมหรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกในสภาพครึ่งบกครึ่งน้ำ ชนิดที่มีการเพาะขยายพันธุ์ได้แก่ *Anubias nana* (dwarf anubias) นอกจากนี้ยังมีชนิดอื่นที่มีต้นขนาดใหญ่กว่าได้แก่ *Anubias barteri* , *Anubias congensis* และ *Anubias afzeli* (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543) *A. barteri* มีลักษณะใบเป็นรูปไข่จนถึงคล้ายหอก ก้านใบยาว ใบมีความยาว 7-11 เซนติเมตร และความกว้างใบ 4-11 เซนติเมตร ความสูงต้นประมาณ 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 2.1A) (Han, 2002; Hiscock. 2003) *A. barteri* "broad leaf" มีความสูง 25-45 เซนติเมตร ต้องการแสงน้อย ดูแลรักษาง่าย (Anonymous. 2011a) (ภาพที่ 2.1B)

A B

ภาพที่ 2.1 พรรณไม้น้ำ (A) *Anubias barteri* และ (B) *Anubias barteri* "broad leaf"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน (hydroponics system)

การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน คือการปลูกไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้วัสดุปลูกหรือปลูกในสารละลาย ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบคือ

2.2.1 การปลูกพรรณไม้น้ำในทรายหยาบ (coarse sand culture) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุปลูก ซึ่งทรายหยาบมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้น้อยมาก เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ความพรุนระหว่างก้อนมาก และมีอายุการใช้งานนาน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-3 มิลลิเมตร และในการปลูกจะใช้ความหนาของทรายหยาบประมาณ 15-20 เซนติเมตร (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

2.2.2 การปลูกพรรณไม้น้ำแบบในสารละลาย (water culture) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยที่รากพรรณไม้น้ำจะเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยไม่มีวัสดุปลูกสามารถจำแนกได้ 3 แบบคือ

2.2.2.1 ระบบ nutrient film technique (NFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพรรณไม้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นแผ่นฟิล์มที่มีความบางประมาณ 5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2.2) ระบบนี้ประกอบด้วยรางปลูกพรรณไม้น้ำขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ยาว 4-18 เซนติเมตร (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

ภาพที่ 2.2 ระบบ Nutrient film technique (NFT)

ที่มา: http://www.container-gardening-for-you.com/nft-hydroponics.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ระบบ deep flow technique (DFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในน้ำประมาณ 3 เซนติเมตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านช่องว่างภายในตลอดเวลา (ภาพที่ 2.3) ซึ่งประกอบด้วยท่อปลูก ทำมาจากท่อ PVC สีขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 4-18 เมตร และด้านบนของท่อเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

ภาพที่ 2.3 ระบบ deep flow technique (DFT)

ที่มา : http://webhost.wu.ac.th/msomsak/soilless/Chapter03/Hydroponics

2.2.2.3 ระบบ floating system เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในน้ำ (ภาพที่ 2.4) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ และแผ่นโฟมดังกล่าวนี้ลอยอยู่ในถาดที่ใส่สารละลายธาตุอาหารพืช (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

ภาพที่ 2.4 ระบบ floating system

ที่มา: http://www.giardinaggioindoor.it/2009/04/27/floating-system-per-una-nutrizione-migliore/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยุทธนา เกียรติธร (2547) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นใบพายเขาใหญ่ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 4 ระบบ คือ DFT โดยใช้ท่อ PVC, sand culture, NFT และ DFT แบบถาดโฟม พบว่า การเจริญเติบโตของต้นใบพายเขาใหญ่ที่ปลูกในระบบ DFT โดยใช้ท่อ PVC ดีที่สุด โดยน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด

2.3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

2.3.1 ปัจจัยภายใน ได้แก่พันธุกรรมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.3.1.1 พันธุกรรมของพืชเกี่ยวข้องกับเรื่องของยีน ซึ่งเป็นตัวควบคุมคุณลักษณะและการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของพ่อและแม่ไปสู่ลูกหลาน ควบคุมปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์และกำหนดโครงสร้างของโปรตีนภายในเซลล์พืช ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดพันธุกรรมนี้สามารถนำไปปรับปรุงพันธุ์พืชได้เป็นอย่างดี การควบคุมของยีนอาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ดังนั้นยีนและสภาพแวดล้อมจึงมีผลต่อพันธุกรรมของพืช (ดิเรก ทองอร่าม. 2550)

2.3.1.2 สารควบคุมการเจริญเติบโตจำแนกออกเป็นฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นเอง (plant hormones) และสารสังเคราะห์ที่มนุษย์สร้างขึ้นที่สามารถทดแทนหรือเปลี่ยนแปลงบทบาทหรืออิทธิพลของฮอร์โมนพืชตามธรรมชาติที่เรียกว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant bioregulators: PBR) สารเหล่านี้มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป เช่น กระตุ้น หรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของพืช ฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นเองและสารสังเคราะห์จำแนกออกได้เป็นกลุ่มต่างๆ คือ ออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน เอทิลีนและสารปลดปล่อยเอทิลีน สารชะลอการเจริญเติบโต สารยับยั้งการเจริญเติบโต (ดิเรก ทองอร่าม. 2550)

2.3.2 ปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อม

2.3.2.1 แสงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นสิ่งสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544) เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุต่างๆให้เป็นอาหารใช้ในการเจริญเติบโตของไม้น้ำ และแสงยังเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพรรณไม้น้ำ พรรณไม้น้ำเจริญเติบโตในความเข้มแสงค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผัก พรรณไม้น้ำต่างชนิดกันมีความต้องการแสงที่แตกต่างกัน (วนาวรรณ จันทร์หนูหงษ์. 2539) พรรณไม้น้ำส่วนใหญ่ต้องการความเข้มแสงประมาณ 3,000-7,500 ลักซ์ (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552) มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และคณะ (2548) ศึกษาผลของแสงต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ 3 ชนิดได้แก่ มอสน้ำ สาหร่ายคาบอมบา และโลบิเลียที่ระดับความเข้มแสง 1,000, 2,000 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3,000 ลักซ์ พบว่ามอสน้ำและโลบิเลียเจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ มอสน้ำเจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์

2.3.2.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชชั้นสูงโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็ว (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544) อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และช่วงการพัฒนาของพืชด้วย กระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเชิงปริมาณ กระบวนการเหล่านี้ได้แก่ กระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสง (ดิเรก ทองอร่าม. 2550) พรรณไม้น้ำมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 28-30 องศาเซลเซียส (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

2.3.2.3 ความชื้นจัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้ามีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544) และผลผลิตของพืช ซึ่งปริมาณความต้องการจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดพรรณไม้น้ำนั้นๆ ด้วย เช่น ตระกูลมอสและเฟิร์นต้องการปริมาณสูง (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551) ถ้าพืชขาดน้ำจนรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืชแล้วพืชจะเหี่ยวเฉา หากไม่ได้รับน้ำแล้วพืชจะตายในที่สุด ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยสเปรย์น้ำทุกๆ 15-20 นาที ครั้งละ 10 วินาที (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

2.3.2.4 ธาตุอาหาร (nutrients)

ธาตุอาหารหรือปุ๋ยที่พรรณไม้น้ำต้องการนำไปใช้ประโยชน์นั้นมีทั้งในรูปของสารบริสุทธิ์และสารประกอบ ซึ่งพบว่าละลายอยู่ในธรรมชาติอย่างเพียงพอ สังเกตได้จากพรรณไม้น้ำบางชนิด สามารถเจริญงอกงามอยู่ได้บนก้อนหินในลำธารที่มีน้ำไหลผ่าน ทั้งนี้เนื่องจากมีธาตุอาหารละลายอยู่ในน้ำและพรรณไม้น้ำสามารถดูดซึมเอาไปใช้ประโยชน์ได้ (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และคณะ. 2535) สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท

(1) ธาตุอาหารหลัก (macronutrients)

พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารหลักเป็นปริมาณมากในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกัมมะถัน (S) ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแตสเซียม ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเร่งให้ใบและลำต้นเจริญได้ดี (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552) ส่วนธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ถึงแม้ต้องการในปริมาณมากเช่นกันแต่มักไม่ขาดหรือไม่พบอาการที่รุนแรง (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.1) ไนโตรเจน (nitrogen, N) เป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 0.5-5 % ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อขบวนการเมตาบอลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ใบสีเขียวเข้ม แต่เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนที่ไม่เพียงพอ ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในส่วนที่เป็นใบแก่จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เป็นใบอ่อน ทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติที่บริเวณใบแก่ (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544)

(1.2) ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่ช่วยในเจริญเติบโตของพืชคือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนายอดและราก (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544) ฟอสฟอรัสช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรง ต้านทานต่อโรคและแมลง เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสทำให้ต้นพืชมีขนาดเล็ก ลำต้นและใบแคระแกรน แตกกิ่งก้านไม่ดี การเติบโตของรากน้อย ใบแก่ของพืชจะมีสีเขียวเข้มหรือสีม่วง เนื่องจากมีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป แต่ถ้าได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปทำให้จุลธาตุโดยเฉพาะสังกะสีและเหล็กไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชทำให้ขาดธาตุทั้งสองชนิดนี้ได้

(1.3) โพแทสเซียม (potassium, K) รูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ K^+ พืชมีการดูดไอออนนี้ด้วยกลไกที่มีการคัดเลือกอย่างเข้มงวด (highly selective) แบบแอกทีฟ เมื่ออยู่ในพืชโพแทสเซียมเคลื่อนที่ง่ายมากไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ภายในเซลล์ ระหว่างเซลล์และการเคลื่อนย้ายระยะไกลทางไซเลมและโฟลเอ็ม (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) โพแทสเซียมช่วยในการกระตุ้นเอนไซม์และสังเคราะห์โปรตีน (Jordan-Meille and Pellerin. 2008) แม้พืชแต่ละชนิดจะต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่แตกต่างกัน ความต้องการของพืชอยู่ในช่วง 2-5% ของน้ำหนักแห้ง ยกเว้นพืชที่ชอบโซเดียม (natrophilic species) ต้องการโพแทสเซียมที่น้อยกว่าพืชทั่วไป แต่ถ้าได้รับธาตุนี้น้อยเกินไปย่อมเกิดสภาวะการขาดแคลน ถ้าพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการขอบใบไหม้หรือขอบใบเหลือง แต่ถ้าพืชได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปจะทำให้การดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมของพืชลดลง (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544)

(1.4) แมกนีเซียม (magnesium, Mg) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในพืชสีเขียวเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ สัดส่วนของธาตุนี้ในคลอโรฟิลล์ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) ถ้าพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหลืองเป็นหย่อมๆ ยังคงมีสีเขียวบริเวณฐานใบและพื้นที่เหนือฐานใบเป็นรูปสามเหลี่ยมบางกรณีมีอาการระหว่างเส้นใบเป็นสีแดงเข้มหรือสีส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.5) แคลเซียม (calcium, Ca) ดินเป็นแหล่งแคลเซียมที่รากพืชดูดไปใช้และพืชจะได้รับธาตุนี้อย่างเพียงพอเมื่ออยู่ในรูปซึ่งเป็นประโยชน์มีอยู่ในระดับที่เหมาะสม (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) ความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชแตกต่างกันตามสภาพการปลูก พันธุ์พืช และอวัยวะ ถ้าพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการปลายยอดอ่อนตาย แคลเซียมสำหรับพืชในตู้ควรมี 20-40 มิลลิกรัมต่อลิตร (Han. 2002)

(1.6) กำมะถัน (sulfur, S) กำมะถันจะไม่มีการเคลื่อนย้ายในพืช อาการขาดจะเกิดที่ใบอ่อนหรือส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้พืชโตช้า แคระแกรน ลำต้นผอมสูง เกิดอาการเหลืองทั้งต้น ใบอ่อนจะมีสีเหลืองบริเวณระหว่างเส้นกลางใบ (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544)

ธาตุอาหารพืชมีการส่งผลต่อกันจะต้องมีการพิจารณาแต่ละธาตุว่ามีปริมาณน้อย เพียงพอ หรือสูงเกินไป ถ้ามีธาตุใดมากเกินไปจะส่งผลต่อการทำงานของอีกธาตุหนึ่ง ต้องมีการพิจารณาอัตราส่วนของธาตุอาหารบางคู่ด้วย หากทุกธาตุอยู่ในเกณฑ์เพียงพอแสดงว่าอัตราส่วนระหว่างธาตุพอเหมาะแต่ถ้าธาตุหนึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำแต่อีกธาตุอยู่ในเกณฑ์สูงมาก หากธาตุคู่นี้มีการส่งผลต่อกันในทางลบ อาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น พืชที่ได้รับไนโตรเจนรูปไนเทรตมากจะสะสมไอออนนี้สูงเกินไปจะทำให้ขาดโมลิบดินัม พืชที่ได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปอาจมีผลกระทบต่อเมตาบอลิซึมของแคลเซียม และเมื่อให้ปุ๋ยฟอสเฟสมากเกินไปทำให้พืชขาดสังกะสี (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) ทิพาภรณ์ เต็มพร้อม (2550) ศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์: ไดโปแตสเซียมออกไซด์ (N: P_2O_5: K_2O) ต่างกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดอนูเบียสบาเทอรี่และนานาพบว่า อนูเบียสบาร์เทอรี่และนานาที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน N: P_2O_5: K_2O 1: 0.50: 1.47 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

(2) ธาตุอาหารรอง (micronutrients)

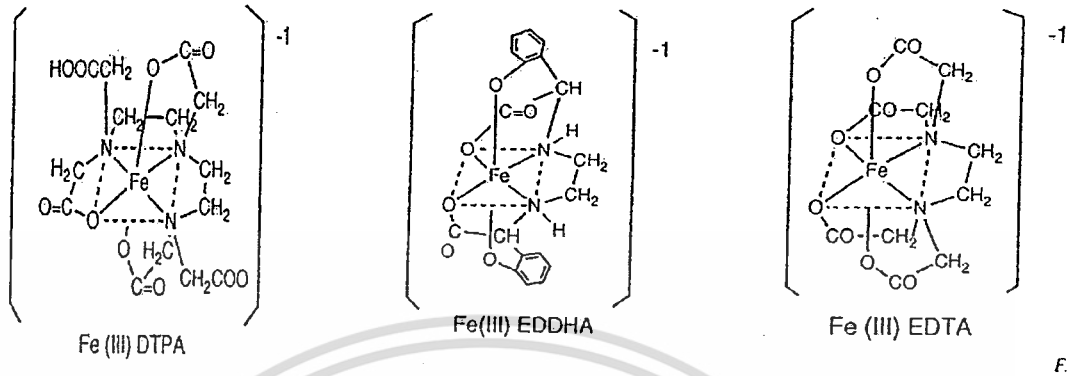
พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อยและขาดธาตุอาหารกลุ่มนี้ไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดินัม (Mo) และโบรอน (B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญก็คือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

ธาตุเหล็ก ที่พบในดินมีสองส่วนคือ เหล็กในสารประกอบที่สลับซับซ้อนและละลายยาก เช่น แร่ไพรอกซีน แอมฟิโบล ไพไรต์ ไลมอไนต์ และฮีมาไทต์ เป็นสารที่ละลายยากจึงไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ต่อเมื่อมีการสลายตัวทางเคมีและปลดปล่อยเฟอรัสหรือเฟอริกไอออนพืชจึงใช้ประโยชน์ได้ และรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ เฟอรัสหรือเฟอริกไอออน (Fe^{2+} หรือ Fe^{3+}) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายดินหรือที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Fe) และรวมไปถึงเหล็กคีเลตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเหล็กไอออนกับสารคีเลตธรรมชาติเช่น กรดฮิวมิก (humic acid) ด้วย (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) เหล็กเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (Ylivainio *et al.* 2004) เพราะเหล็กมีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโครงสร้างคลอโรพลาสต์ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการเหล็กแตกต่างกัน (Christ. 1974) :ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการ enzymatic transformations ของเอนไซม์หลายชนิดในพืช และในกลุ่มนี้มี enzyme หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับ การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ดังนั้นเมื่อพืชขาดเหล็ก การผลิต คลอโรฟิลล์ จึงลดลง ส่งผลให้เกิดลักษณะ chlorosis symptoms ใบพืชจะมีสีเหลือง (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551) ในภาวะการขาดแคลนธาตุเหล็กมีมากโดยเฉพาะพื้นที่ที่มี pH สูง และมี $CaCO_3$ (Avramaki *et al.* 2006) ในการปลูกพืชแบบไร้ดินมักเกิดการขาดแคลนธาตุเหล็กโดยเกิดจากการตกตะกอนของเหล็กซัลเฟตในระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารทำให้ต้นพืชแสดงการขาดธาตุเหล็ก จึงมีการนำธาตุเหล็กในรูปเหล็กคีเลตมาใช้ ซึ่งธาตุเหล็กคีเลตมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีคีเลตเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้มธาตุเหล็กเอาไว้ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับสารอื่น พืชสามารถดูดธาตุเหล็กไปใช้ได้โดย ธาตุเหล็ก คีเลตแตกตัวก่อนดูดเข้าไปในเซลล์หรือเซลล์ดูดธาตุเหล็กคีเลตเข้าไปทั้งโมเลกุล (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) ซึ่งเหล็กคีเลตที่นำมาใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปด้วยกัน เช่น iron (III) ethylenediamine tetraacetic acid (Fe-EDTA), iron (III) ethylenediamine di (o–hydroxyphenylacetic acid) (Fe-EDDHA) และ iron (III) diethylenetriamine pentaacetic acid (Fe-DTPA) (มนูญ ศิรินุพงศ์ และคณะ. 2551) มีโครงสร้างดังภาพที่ 2.5 สารคีเลตที่เกิดขึ้นเองหรือสังเคราะห์แต่ละชนิดอาจมีข้อดีข้อเสียต่างกัน เช่น EDTA สามารถรวมตัวกับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าจุลธาตุประจุบวก จึงไม่เหมาะสำหรับดินด่าง (วิจิตร วังใน. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างเหล็กคีเลต

ที่มา: Clemems *et al.* 1990

Lucena *et al.* (1990) ได้ทดลองปลูกสตรอเบอรี่ด้วยเหล็กคีเลตรูปแบบต่างๆ คือ Fe-EDTA, Fe-EDDHA และ Fe-polyflavonoid ในระบบปลูกไม่ใช้ดินพบว่า การใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-EDDHA ทำให้ได้ผลผลิตสตรอเบอรี่สูงสุด นอกจากนี้ มนูญ และคณะ (2551) ได้ทดลองปลูกกะน้าที่มีสารละลายธาตุอาหารที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตต่างกันคือ Fe-DTPA, Fe- EDTA, Fe-DTPA และ $FeSO_4$ ในสารละลายระบบ Nutrient Film Technique (NFT) พบว่าการใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-DTPA ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด จักรพันธ์ ไพรดี (2550) ศึกษาผลของรูปแบบธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวคือ Fe-DTPA, Fe-EDDHA และ Fe-EDTA พบว่าการพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวที่ปลูกในสารละลายที่มีรูปแบบเหล็ก Fe-EDDHA มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Laohavisuti and Seesanong (2007) ศึกษาการปลูก *Echinodorus martii* ในสารละลายธาตุอาหารที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA ในระบบปลูกไม่ใช้ดินพบว่า การใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-EDDHA มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

2.3.2.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะมีผลต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชจะนำไปใช้ได้ เนื่องจากธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุที่อยู่สารละลายธาตุอาหารนั้นรากพืชจะดูดนำมาใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่า pH ที่แตกต่างกันไป ถ้า pH สูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดการตกตะกอน ดังนั้นค่าของ pH ในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ เนื่องจาก pH ของสารละลายที่ต่ำจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้พืชดูดธาตุอาหารหลัก เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และดูดธาตุอาหารรอง เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง ในขณะเดียวกันถ้า pH ของสารละลายสูงจะทำให้พืชดูดธาตุพวกจุลธาตุเช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ได้น้อยลง (ดิเรก ทองอร่าม. 2550) ค่า pH ของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้น้ำควรมีค่าเป็นกลางๆ อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551) ในพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกามีการเจริญเติบโตดีที่ระดับค่า pH 7.0-7.5 (มัลลิกา มิตรน้อย. 2550) นอกจากนั้น วันวิสาข์ บุญเรือง (2552) ศึกษาระดับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา พบว่า อนูเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ไม่เฉพาะพรรณไม้น้ำ pH ของสารละลายยังมีผลต่อพืชชนิดอื่นด้วย Arduini *et al.* (1998) ศึกษาผลของ pH ที่ระดับ 3.5-6.5 ต่อการเจริญของรากและการดูดธาตุอาหารของต้น *Pinus pinaster* พบว่า สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH 3.5 รากยาวลดลง และสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้น้อย โดยสารละลายที่ pH 3.5 และ4.5 มีปริมาณของ ฟอสฟอรัส เหล็ก และอะลูมิเนียม ในรากสูง แต่ในสารละลายที่ pH 3.5 ปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยเฉพาะ แมงกานีสในรากต่ำ แต่ในการทดลองของ Inoue *et al.* (2000) ศึกษาผลของ pH ต่ำต่อการเจริญเติบโตของเมล็ด lettuce (กะหล่ำ) พบว่าเมล็ด lettuce ที่ปลูกในสารละลายที่ pH 5.5-4.0 ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของยอดและราก แต่สารละลายที่ pH 4-4.5 มีจำนวนขนรากเป็น 7 เท่าเมื่อเทียบกับสารละลายที่ pH 5.5

2.3.2.6 ก๊าซ

(1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พรรณไม้น้ำใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุเป็นสารอาหาร และคายออกซิเจนออกมาให้สัตว์น้ำทั้งหลายใช้ในการดำรงชีวิตเป็นวัฏจักรของระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 5-15 มิลลิกรัม/ลิตร (สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548)

(2) ก๊าซออกซิเจนนั้นก็มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ซึ่งพืชสามารถปรับเปลี่ยนธาตุอาหารที่อยู่ในเซลล์ได้นั้นต้องมีออกซิเจนที่เพียงพอในการเข้าไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประโยชน์ต่อพืช (Lorenzen *et al.* 2001) หากรากได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอแล้วพืชจะมีรากยาว มีสีขาวและมีรากฝอยมาก แต่ถ้าหากได้รับไม่เพียงพอจะทำให้รากเจริญเติบโตไม่ดีและมีรากน้อย (ดิเรก ทองอร่าม. 2550) นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการหายใจในตอนกลางคืนหรือในขณะที่ไม่มีแสงสว่างเมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง พรรณไม้น้ำที่อยู่ใต้น้ำจะดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพรรณไม้น้ำที่มีใบอยู่เหนือน้ำจะจะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรง แต่ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่มีพรรณไม้น้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความเข้มแสงเป็นสำคัญ ถ้าแหล่งน้ำนั้นได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ พรรณไม้น้ำจะใช้ออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงได้อย่างเพียงพอ ออกซิเจนควรมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พรรณไม้น้ำทดลอง

3.1.1 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ (*Anubias barteri*) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

3.1.2 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ (*Anubias barteri* " broad leaf") ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

3.2 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

3.2.1 โรงเรือนพรรณไม้น้ำแบบกึ่งปิดขนาด 6x12 เมตร

3.2.2 ชุดรางปลูกแบบ DFT ทำมาจากท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 16 ราง ด้านบนเจาะช่องปลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร จำนวน 20 ช่อง โดยมีระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร (ภาพที่ 3.1)

3.2.3 ถังใส่สารละลายธาตุอาหารขนาด 20 ลิตร จำนวน 16 ถัง

3.2.4 ปั๊มน้ำขนาด 2,500 ลิตรต่อชั่วโมง จำนวน 16 ตัว

3.2.5 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity meter)

3.2.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) รุ่น HI 98150

3.2.7 เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502)

3.2.8 กรดไนตริก 10 % (HNO_3 10 %) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 % (KOH 10 %)

3.2.9 สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ที่มีอัตราส่วน K:Ca:Mg ต่างกัน (ตารางที่ 3.1)

3.2.10 สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีเหล็กคีเลตต่างกัน (ตารางที่ 3.2)

3.2.11 สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 (ตารางที่ 3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 ชุดรางปลูกพรรณไม้น้ำไร้ดินแบบ DFT

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

3.3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ซึ่งอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) เป็นปัจจัยในการศึกษา แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วน K: Ca: Mg เท่ากับ 14: 12: 2 (สูตร KMITL 2)

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วน K: Ca: Mg เท่ากับ 11: 12: 2 (สูตร KMITL 2, K-1)

ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วน K: Ca: Mg เท่ากับ 17: 12: 2 (สูตร KMITL 2, K+1)

ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน K: Ca: Mg เท่ากับ 20: 12: 2 (สูตร KMITL 2, K+2)

ระยะการทดลอง 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3.1.2 วิธีการทดลอง

(1) นำต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ชนิดละ 160 ต้น ตัดรากและใบออกบางส่วน พันด้วยใยหิน (rock wool) ใส่ลงถ้วยปลูกนำไปอนุบาลในกระบะที่คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นเปิดพลาสติกคลุมออกเมื่อพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

(2) คัดเลือกต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาใช้ทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ที่มีอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง (ตารางที่ 3.1) ปรับ pH 6.5-7 โดยใช้กรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ปรับระดับการนำไฟฟ้า (EC) 1.50 mS/cm โดยมีการปรับระดับการนำไฟฟ้าทุกๆ สัปดาห์เริ่มจาก 0.75 จนถึง 1.50 mS/cm มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเดือนละ 1 ครั้ง

3.3.1.3 การเก็บข้อมูล

(1) บันทึกผลการทดลอง วัดความสูงต้น นับจำนวนใบ วัดความกว้างใบ วัดความยาวใบ วัดความหนาใบ นับจำนวนยอด วัดคลอโรฟิลล์ โดยบันทึกก่อนการทดลองและระหว่างการทดลองทุกๆ 4 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

(2) วิธีการเก็บข้อมูล

(2.1) ความสูงของต้น วัดจากบริเวณโคนต้นจนถึงปลายของใบที่ยาวที่สุด (หน่วย เซนติเมตร)

(2.2) จำนวนใบ นับใบที่คลี่กางเต็มที่ (หน่วย ใบต่อต้น)

(2.3) ความกว้างใบ ใช้ไม้บรรทัดวัดบริเวณที่กว้างที่สุดของใบที่ 3 (หน่วย เซนติเมตร)

(2.4) ความยาวใบ ใช้ไม้บรรทัดวัดจากบริเวณโคนใบจนถึงปลายใบที่ 3 (หน่วย เซนติเมตร)

(2.5) ความหนาใบ ใช้ vernier caliper วัดบริเวณที่หนาที่สุดของใบที่ 3 (หน่วย มิลลิเมตร)

(2.6) จำนวนยอด นับยอดที่เกิดขึ้น (หน่วย ยอดต่อต้น)

(2.7) คลอโรฟิลล์ ใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502) วัดบริเวณกลางใบของใบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
125099

ตารางที่ 3.1 เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตรในการทดลอง อัตราส่วน K: Ca: Mg

สารเคมี	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
	KMITL 2	KMITL 2 K-1	KMITL 2 K+1	KMITL 2 K+2
K: Ca: Mg (wet by wet)	14: 12: 2	11: 12: 2	17: 12: 2	20: 12: 2
สารละลาย A				
$(Ca(NO_3)_2.4H_2O$ (กก.)	3.767	4.078	3.489	3.256
Fe-EDDHA (กก.)	0.303	0.303	0.303	0.303
สารละลาย B				
KNO_3 (กก.)	1.769	1.534	2.031	2.228
KH_2PO_4 (กก.)	0.653	0.653	0.653	0.653
$MgSO_4.7H_2O$ (กก.)	1.037	1.131	1.105	0.899
$ZnSO_4$ (ก.)	4.756	4.756	4.756	4.756
$CuSO_4.5H_2O$ (ก.)	1.016	1.016	1.016	1.016
$MnSO_4.H_2O$ (ก.)	14.194	14.194	14.194	14.194
H_3BO_3 (ก.)	8.894	8.894	8.894	8.894
$(NH_4)_2MoO_4$ (ก.)	0.343	0.343	0.343	0.343

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นอนุเบียสบาร์เทอรี่และอนุเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

3.3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยใช้เหล็กคีเลต 5 รูปแบบคือ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นปัจจัยในการศึกษา แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-DTPA

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDDHA

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA+ Fe-DTPA (1:1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA+Fe-EDDHA (1:1) ระยะการทดลอง 16 สัปดาห์

3.3.2.2 วิธีการทดลอง

(1) นำต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ชนิดละ 160 ต้น ตัดรากและใบออกบางส่วน พันด้วยใยหิน (rock wool) ใส่ลงถ้วยปลูกนำไปอนุบาลในกระบะที่คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นเปิดพลาสติกคลุมออกเมื่อพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

(2) คัดเลือกต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาใช้ทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ที่มีธาตุเหล็ก 5 รูปแบบคือ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง (ตารางที่ 3.2) ปรับ pH เป็น 6.5-7 โดยใช้กรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ปรับระดับการนำไฟฟ้า 1.50 mS/cm โดยมีการปรับระดับการนำไฟฟ้าทุกๆ สัปดาห์เริ่มจาก 0.75 จนถึง 1.50 mS/cm มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเดือนละ 1 ครั้ง

3.3.2.3 การเก็บข้อมูล

(1) บันทึกผลการทดลอง วัดความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ จำนวนยอด คลอโรฟิลล์ บันทึกก่อนและระหว่างการทดลองทุกๆ 4 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

(2) วิธีการเก็บข้อมูล ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช สูตร KMITL 2 มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร ที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตต่างกัน

สารเคมี	Fe-EDTA	Fe-DTPA	Fe-EDDHA	Fe-EDTA+ Fe-DTPA (1:1)	Fe-EDTA+ Fe-EDDHA (1:1)
สารละลาย A					
$(Ca(NO_3)_2.4H_2O$ (กก.)	3.767	3.767	3.767	3.767	3.767
รูปแบบเหล็กคีเลต (กก.)	0.128	0.148	0.303	0.064+0.075	0.064+0.152
สารละลาย B					
KNO_3 (กก.)	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769
KH_2PO_4 (กก.)	0.653	0.653	0.653	0.653	0.653
$MgSO_4.7H_2O$ (กก.)	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037
$ZnSO_4$ (ก.)	4.756	4.756	4.756	4.756	4.756
$CuSO_4.5H_2O$ (ก.)	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
$MnSO_4.H_2O$ (ก.)	14.194	14.194	14.194	1.016	1.016
H_3BO_3 (ก.)	8.894	8.894	8.894	8.894	8.894
$(NH_4)_2MoO_4$ (ก.)	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343

หมายเหตุ : Fe-EDTA มีปริมาณเปอร์เซ็นต์เหล็ก 13.5 %
Fe-DTPA มีปริมาณเปอร์เซ็นต์เหล็ก 11.6 %
Fe-EDDHA มีปริมาณเปอร์เซ็นต์เหล็ก 5.7 %

3.3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

3.3.3.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยมีค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารเป็นปัจจัยในการศึกษา แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองการทดลองละ 4 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับค่า pH 5.0 ± 0.3

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับค่า pH 6.0 ± 0.3

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับค่า pH 7.0 ± 0.3

ชุดการทดลองที่ 4 ไม่มีการปรับ pH (pH ระหว่างการทดลอง 6.90-8.08)

ระยะการทดลอง 16 สัปดาห์

3.3.3.2 วิธีการทดลอง

(1) นำต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ชนิดละ 160 ต้น ตัดรากและใบออกบางส่วนเพื่อป้องกันการเน่าของราก พันด้วยใยหิน (rock wool) ใส่ลงถ้วยปลูกนำไปอนุบาลในกระบะที่คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นเปิดพลาสติกคลุมออกเมื่อพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

(2) คัดเลือกต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟจากข้อที่ 1 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาใช้ทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ที่มีสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 (ตารางที่ 3.3) ปรับค่า pH ตามชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น โดยใช้กรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ปรับระดับการนำไฟฟ้า 1.50 mS/cm โดยมีการปรับระดับการนำไฟฟ้าทุกๆ สัปดาห์เริ่มจาก 0.75 จนถึง 1.50 mS/cm มีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเดือนละ 1 ครั้ง

3.3.3.3 การเก็บข้อมูล

(1) บันทึกผลการทดลอง วัดความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ จำนวนยอด คลอโรฟิลล์ บันทึกก่อนและระหว่างการทดลองทุกๆ 4 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

(2) วิธีการเก็บข้อมูล ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช สูตร KMITL 2 มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร

สารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (น้ำ 20 ลิตร)
สารละลาย A	
$(Ca(NO_3)_2.4H_2O$ (กก.)	3.767
Fe-EDDHA (กก.))	0.303
สารละลาย B	
KNO_3 (กก.)	1.769
KH_2PO_4 (กก.)	0.653
$MgSO_4.7H_2O$ (กก.)	1.037
$ZnSO_4$ (กรัม)	4.756
$CuSO_4.5H_2O$ (ก.)	1.016
$MnSO_4.H_2O$ (ก.)	14.194
H_3BO_3 (ก.)	8.894
$(NH_4)_2MoO_4$ (ก.)	0.343

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี duncan's new multiple range test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 for windows

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

โรงเรือนพรรณไม้น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 ระยะเวลาในการทำวิจัย

เดือนกุมภาพันธ์ 2553 – เดือนธันวาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.1.1 ผลของอัตราส่วนโปแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม(K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

4.1.1.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

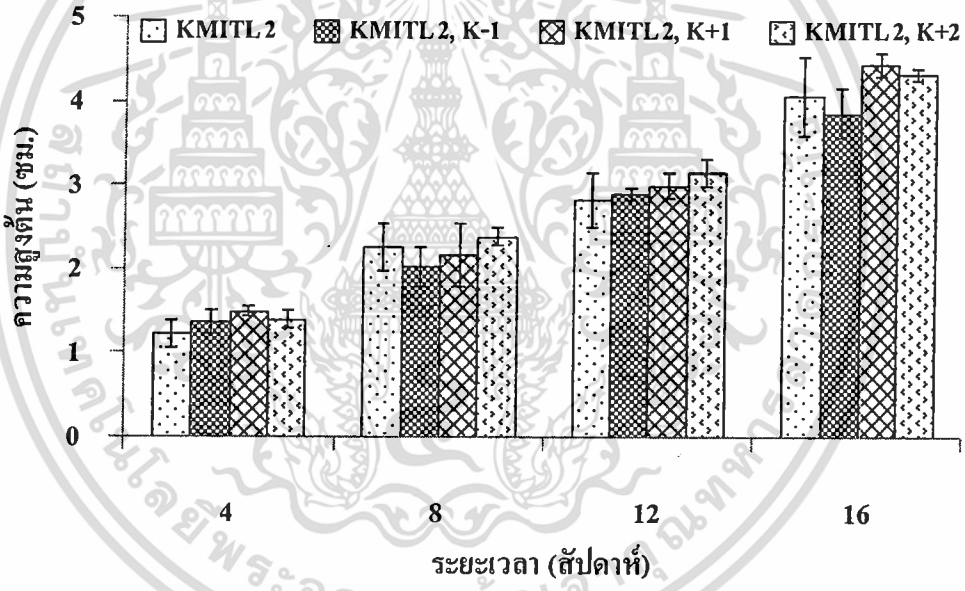
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 1.24±0.16-1.50±0.06 เซนติเมตร เป็น 3.87±0.29-4.44±0.14 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย (K: Ca: Mg)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
KMITL 2	1.24±0.16	2.28±0.28	2.83±0.32	4.07±0.48
KMITL 2,K-1	1.38±0.13	2.04±0.23	2.90±0.07	3.87±0.29
KMITL 2,K+1	1.50±0.06	2.18±0.38	3.00±0.16	4.44±0.14
KMITL 2,K+2	1.41±0.11	2.40±0.10	3.16±0.16	4.33±0.06
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.1.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวน

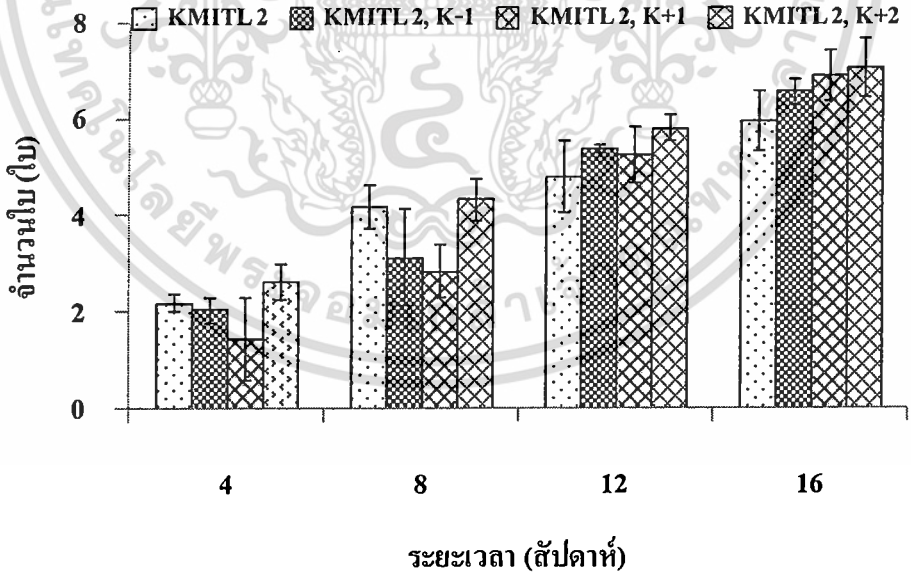
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1.45±0.85-2.65±0.36 ใบ เป็น 5.95±0.63-7.05±0.62 ใบ เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย (K: Ca: Mg)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
KMITL 2	2.20±0.18	4.20±0.44	4.80±0.74	5.95±0.63
KMITL 2,K-1	2.05±0.28	3.15±0.99	5.40±0.08	6.55±0.28
KMITL 2,K+1	1.45±0.85	2.85±0.56	5.25±0.57	6.90±0.54
KMITL 2,K+2	2.65±0.36	4.35±0.43	5.80±0.27	7.05±0.62
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

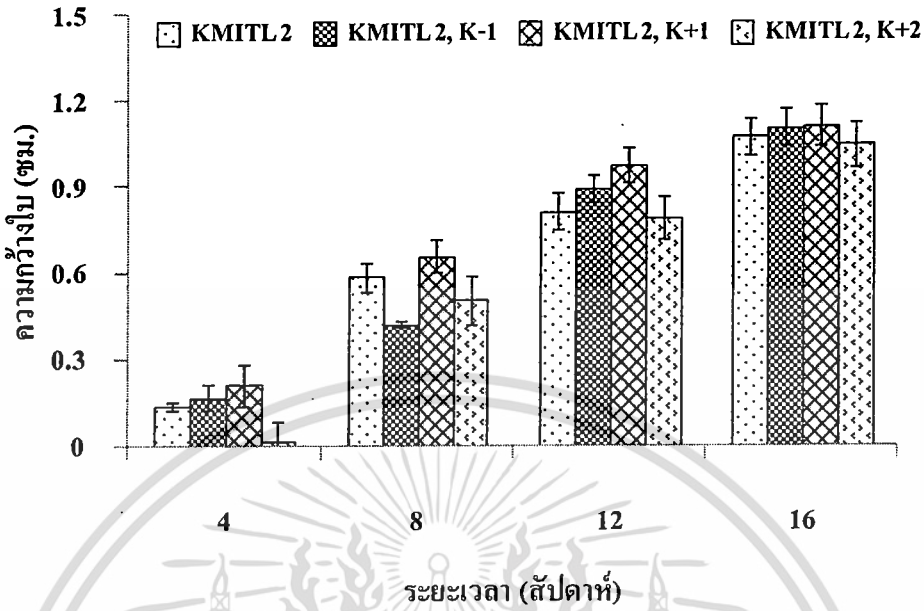
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความกว้างใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความกว้างใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.01±0.07-0.21±0.07 เซนติเมตร เป็น 1.01±0.07-1.11±0.07 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	0.14±0.02	0.58±0.05	0.81±0.07	1.07±0.06
KMITL 2,K-1	0.17±0.04	0.42±0.01	0.89±0.05	1.01±0.07
KMITL 2,K+1	0.21±0.07	0.66±0.06	0.98±0.06	1.11±0.07
KMITL 2,K+2	0.01±0.07	0.50±0.08	0.79±0.07	1.05±0.08
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.1.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

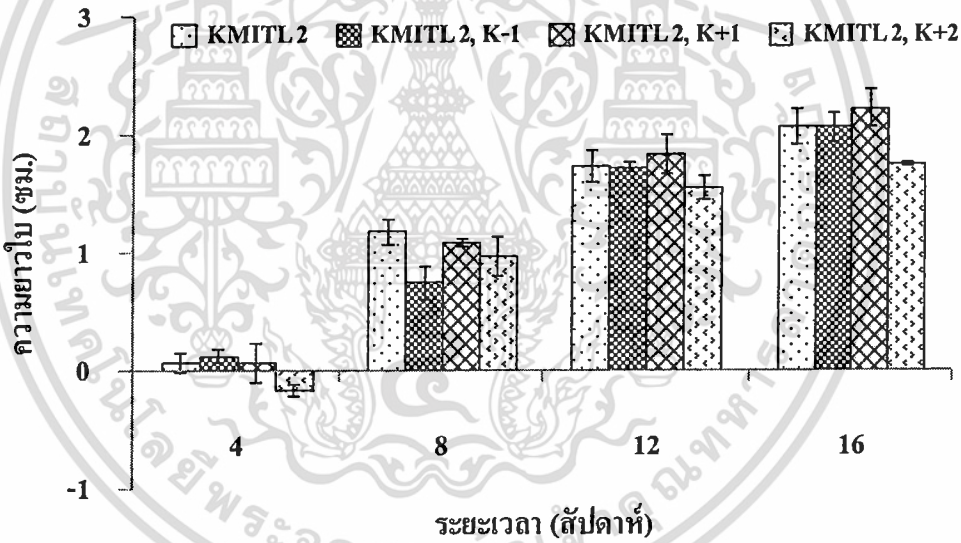
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความยาวใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่าอัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความยาวใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.06±0.17-0.17-±0.05 เซนติเมตร เป็น 1.76±0.02-2.23±0.16 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	0.07±0.08	1.18±0.11	1.74±0.13	2.07±0.15
KMITL 2,K-1	0.13±0.06	0.75±0.14	1.72±0.04	2.07±0.13
KMITL 2,K+1	0.06±0.17	1.08±0.03	1.84±0.17	2.23±0.16
KMITL 2,K+2	0.17-±0.05	0.97±0.17	1.56±0.10	1.76±0.02
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.1.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความหนาใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL

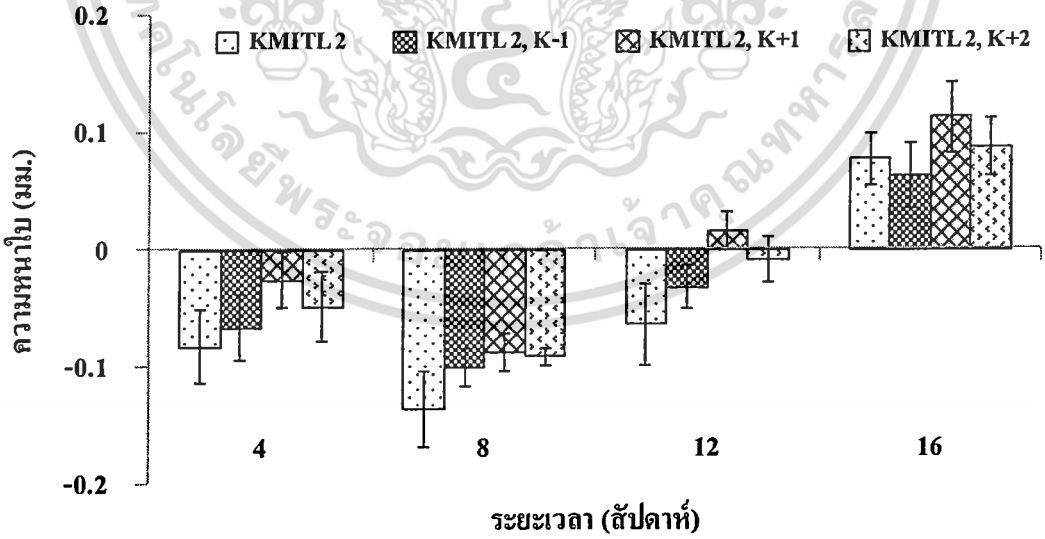
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความหนาใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก -0.03±0.02- -0.08-±0.03 มิลลิเมตร เป็น 0.06±0.03-0.11±0.03 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	-0.08±0.03	-0.14±0.03	-0.06±0.03	0.08±0.02
KMITL 2,K-1	-0.07±0.03	-0.10±0.02	-0.03±0.02	0.06±0.03
KMITL 2,K+1	-0.03±0.02	-0.09±0.02	0.02±0.02	0.11±0.03
KMITL 2,K+2	-0.05±0.03	-0.09±0.01	-0.01±0.02	0.09±0.02
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.10±0.06 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 -0.10±0.06 ยอด (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย (K: Ca: Mg)	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
KMITL 2	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
KMITL 2,K-1	1.00±0.00	1.10±0.06	0.10±0.06
KMITL 2,K+1	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
KMITL 2,K+2	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.1.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

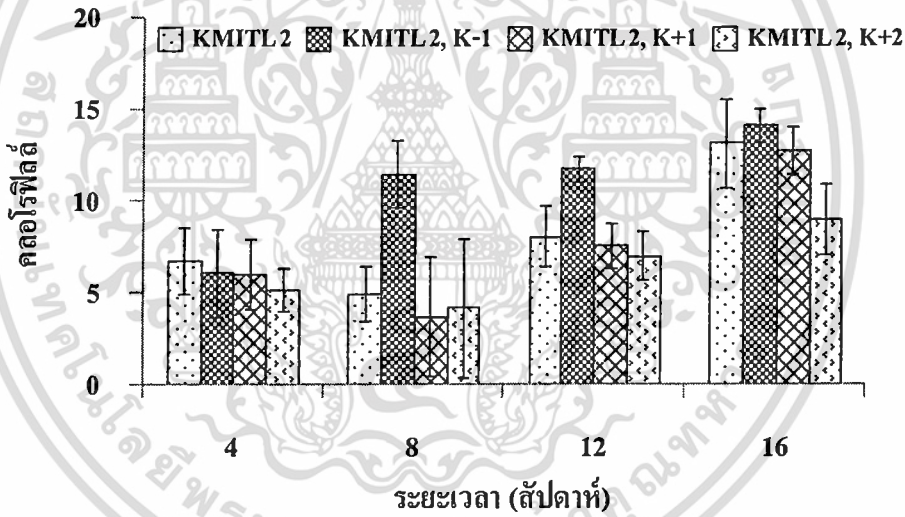
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 5.16±1.18- 6.80±1.85 เป็น 9.06±1.93-14.14±0.92 เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	6.80±1.85	4.99±1.54	8.10±1.66	13.16±2.43
KMITL 2,K-1	6.12±2.43	11.51±1.81	11.79±0.71	14.14±0.92
KMITL 2,K+1	6.06±1.89	3.72±3.26	7.61±1.20	12.77±1.30
KMITL 2,K+2	5.16±1.18	4.19±3.74	7.06±1.30	9.06±1.93
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2 KMITL 2, K-1 KMITL 2,K+1 KMITL 2, K+2

ภาพที่ 4.7 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.8 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อัตราส่วน K: Ca: Mg	KMITL2	KMITL2, K-1	KMITL2, K+1	KMITL2, K+2	F-test
ความสูงต้น (ซม.)	4.07±0.48	3.87±0.29	4.44±0.14	4.33±0.06	ns
จำนวนใบ (ใบ)	5.95±0.63	6.55±0.28	6.90±0.54	7.05±0.62	ns
ความกว้างใบ (ซม.)	1.07±0.06	1.01±0.07	1.11±0.07	1.05±0.08	ns
ความยาวใบ (ซม.)	2.07±0.15	2.07±0.13	2.23±0.16	1.76±0.02	ns
ความหนาใบ (มม.)	0.08±0.02	0.06±0.03	0.11±0.03	0.09±0.02	ns
จำนวนยอด	1.05±0.05	1.10±0.06	1.00±0.005	1.05±0.05	ns
คลอโรฟิลล์	13.16±2.43	14.14±0.92	12.77±1.30	9.06±1.93	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.8)

4.1.2 ผลของอัตราส่วนโปแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม(K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

4.1.2.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

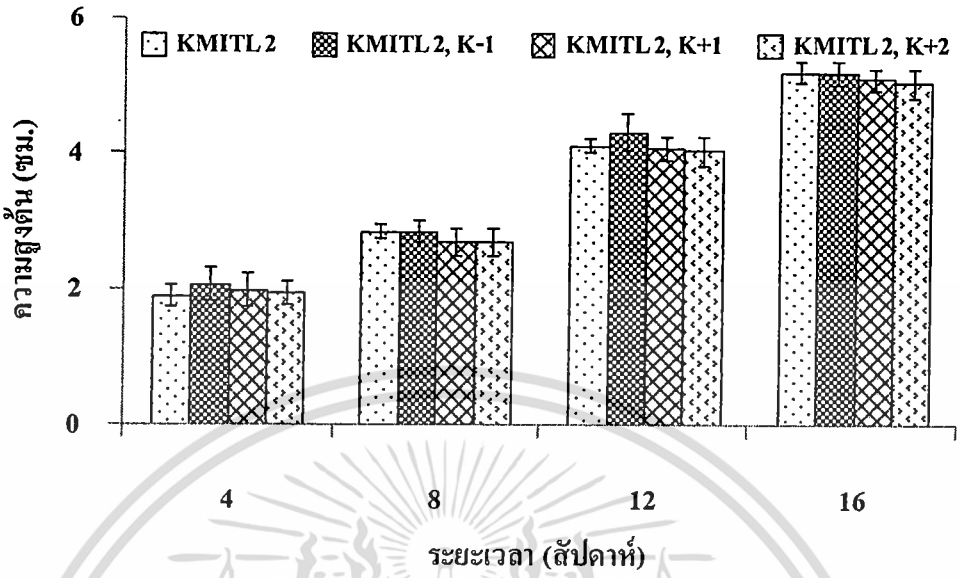
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 1.90±0.15-2.07±0.24 เซนติเมตร เป็น 5.05±0.22-5.21±0.16 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.8)

ตารางที่ 4.9 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	1.90±0.15	2.85±0.09	4.11±0.10	5.21±0.16
KMITL 2,K-1	2.07±0.24	2.85±0.16	4.32±0.28	5.20±0.18
KMITL 2,K+1	1.99±0.23	2.70±0.21	4.07±0.17	5.11±0.16
KMITL 2,K+2	1.94±0.17	2.69±0.20	4.04±0.23	5.05±0.22
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.2.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

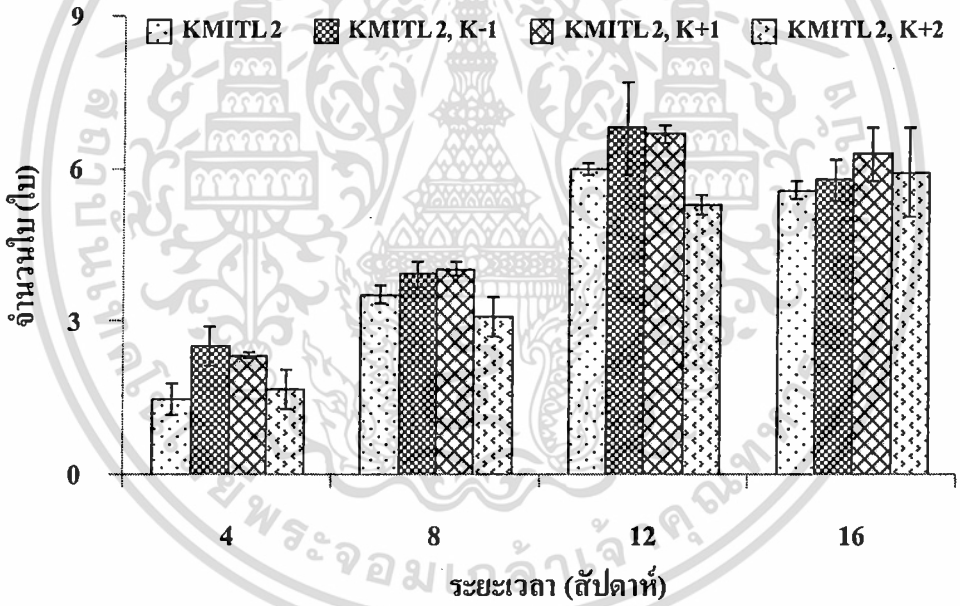
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 1.50±0.31-2.55±0.39 เซนติเมตร เป็น 5.60±0.16-6.30±0.52 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	1.50±0.31	3.55±0.17	6.00±0.12	5.60±0.16
KMITL 2,K-1	2.55±0.39	3.95±0.25	6.80±0.91	5.80±0.41
KMITL 2,K+1	2.35±0.05	4.05±0.13	6.70±0.17	6.30±0.52
KMITL 2,K+2	1.70±0.39	3.10±0.39	5.30±0.19	5.95±0.88
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.9 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.2.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความกว้างใบของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ในระยะสัปดาห์ที่ 4 ของการเจริญเติบโต ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดทดลองอัตราส่วน K: Ca: Mg 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) มีความกว้างใบ 0.33±0.05 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดการทดลอง 14: 12: 2 (KMITL 2) และ 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์ที่ 8-16 พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความกว้างใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.11±0.04-0.33±0.05 เซนติเมตร เป็น 1.31±0.02-1.36±0.10 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.10)

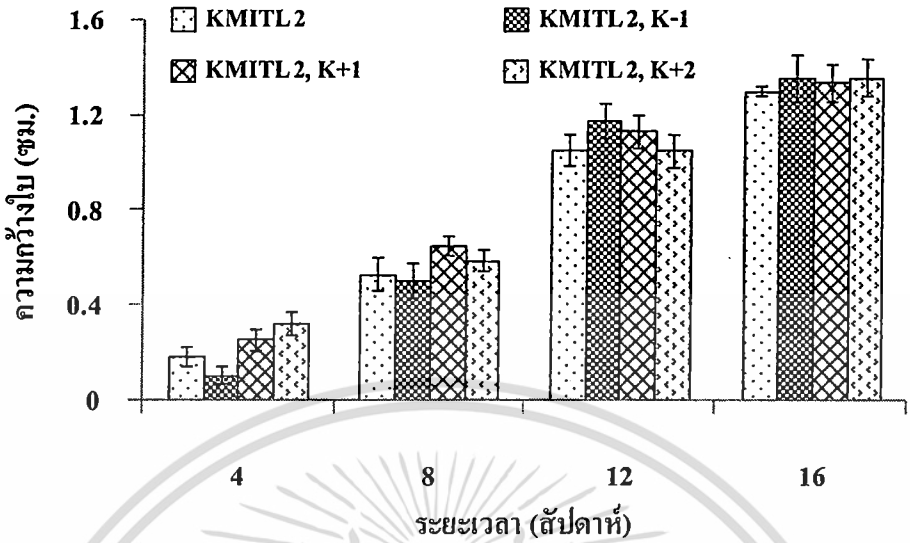
ตารางที่ 4.11 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	0.19±0.04^{c}	0.54±0.07	1.06±0.07	1.31±0.02
KMITL 2,K-1	0.11±0.04^{bc}	0.51±0.07	1.18±0.07	1.36±0.10
KMITL 2,K+1	0.26±0.04^{ab}	0.66±0.04	1.14±0.05	1.34±0.04
KMITL 2,K+2	0.33±0.05^{a}	0.59±0.04	1.05±0.07	1.36±0.08
F-test	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.2.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

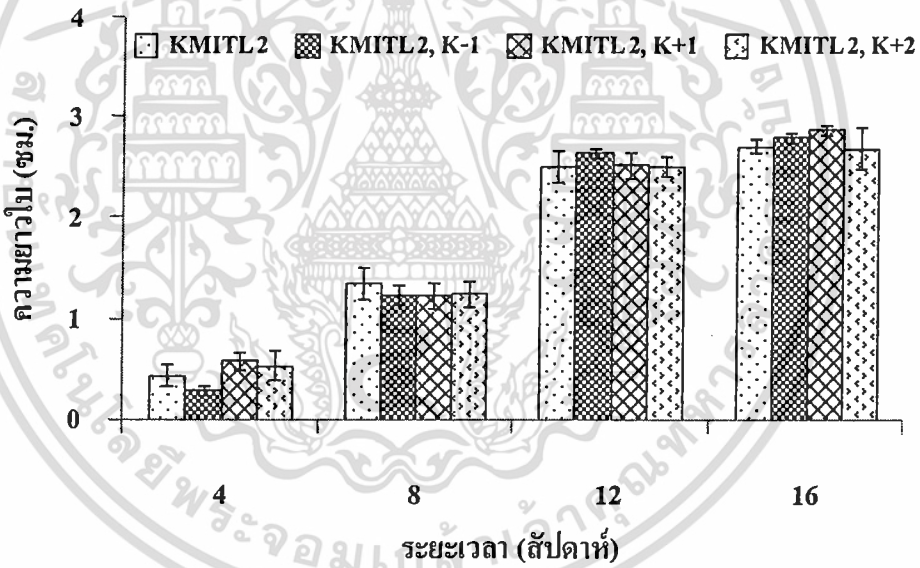
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความยาวใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 1.50±0.31-2.55±0.39 เซนติเมตร เป็น 5.60±0.16-6.30±0.52 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	0.44±0.10	1.35±0.15	2.52±0.15	2.71±0.07
KMITL 2,K-1	0.29±0.05	1.24±0.09	2.64±0.05	2.80±0.05
KMITL 2,K+1	0.59±0.09	1.24±0.13	2.53±0.12	2.88±0.05
KMITL 2,K+2	0.54±0.15	1.25±0.12	2.52±0.10	2.70±0.20
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.11 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

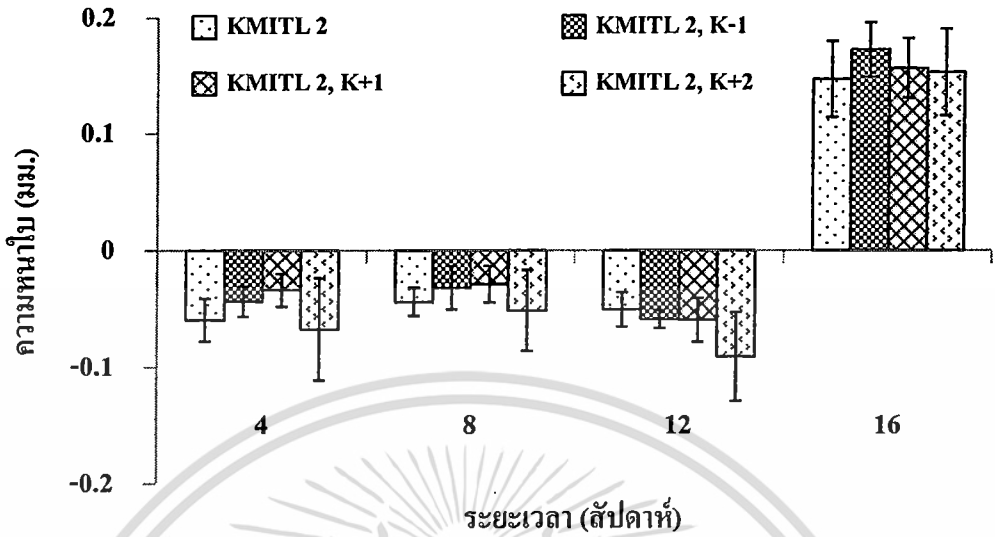
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อความหนาใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca:Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความหนาใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก -0.07±0.04- -0.03±0.01 มิลลิเมตร เป็น 0.15±0.03-0.17±0.02 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.12)

ตารางที่ 4.13 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	-0.06±0.02	-0.04±0.01	-0.05±0.01	0.15±0.03
KMITL 2,K-1	-0.04±0.01	-0.03±0.02	-0.06±0.01	0.17±0.02
KMITL 2,K+1	-0.03±0.01	-0.03±0.02	-0.06±0.02	0.16±0.03
KMITL 2,K+2	-0.07±0.04	-0.05±0.03	-0.09±0.04	0.15±0.04
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

4.1.2.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดที่ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.05±0.05 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 -0.05±0.05 ยอด (ตารางที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย (K: Ca: Mg)	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
KMITL 2	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
KMITL 2,K-1	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
KMITL 2,K+1	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
KMITL 2,K+2	1.00±0.00	1.00±00	0.05±0.00
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.1.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

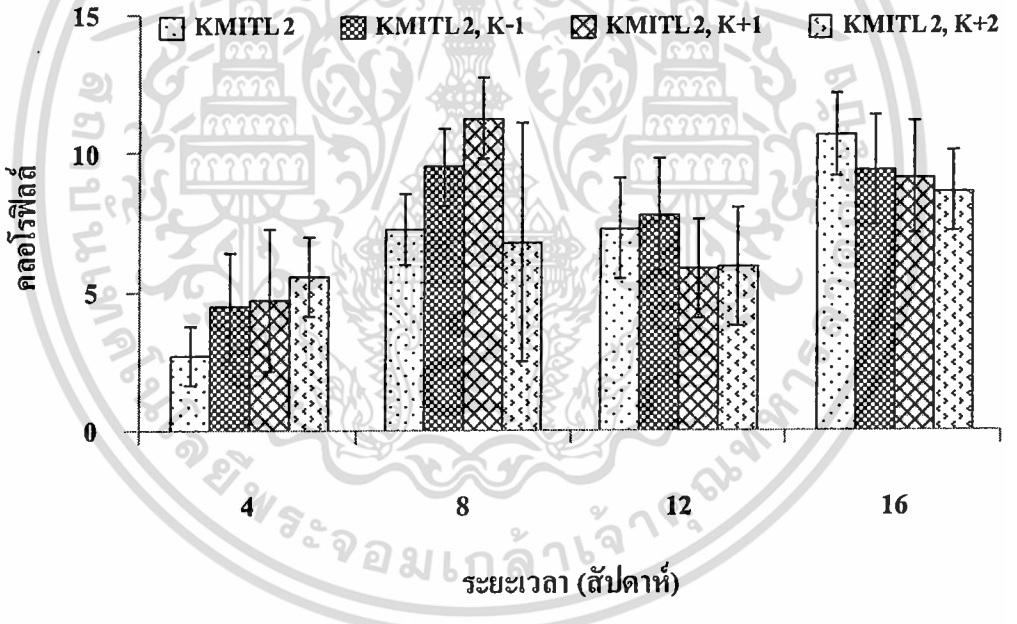
จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.75±1.05- 5.60±1.42 เป็น 5.60±1.42-10.71±1.52 เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน

สูตรสารละลาย	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(K: Ca: Mg)	4	8	12	16
KMITL 2	2.75±1.05	7.27±1.28	7.32±1.82	10.71±1.52
KMITL 2,K-1	4.48±1.97	9.56±1.38	7.82±2.05	9.41±1.98
KMITL 2,K+1	4.75±2.56	11.30±1.46	5.86±1.78	9.16±2.04
KMITL 2,K+2	5.60±1.42	6.82±4.33	5.96±2.13	8.67±1.46
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน K: Ca: Mg ต่างกัน 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2 KMITL 2, K-1 KMITL 2,K+1 KMITL 2, K+2

ภาพที่ 4.14 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนK: Ca: Mg ที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.16 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนK: Ca: Mg ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อัตราส่วน K: Ca: Mg	KMITL2	KMITL2, K-1	KMITL2, K+1	KMITL2, K+2	F-test
ความสูงต้น (ซม.)	5.21±0.16	5.20±0.18	5.11±0.16	5.05±0.22	ns
จำนวนใบ (ใบ)	5.60±0.16	5.80±0.41	6.30±0.52	5.95±0.88	ns
ความกว้างใบ (ซม.)	1.31±0.02	1.36±0.10	1.34±0.04	1.36±0.08	ns
ความยาวใบ (ซม.)	2.71±0.07	2.80±0.05	2.88±0.05	2.70±0.20	ns
ความหนาใบ (มม.)	0.15±0.03	0.17±0.02	0.16±0.03	0.15±0.04	ns
จำนวนยอด	1.05±0.05	1.00±0.00	1.05±0.05	1.00±00	ns
คลอโรฟิลล์	10.71±1.52	9.41±1.98	9.16±2.04	8.67±1.46	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 อัตราส่วน ได้แก่ 14: 12: 2 (KMITL 2), 11: 12: 2 (KMITL 2,K-1), 17: 12: 2 (KMITL 2, K+1), 20: 12: 2 (KMITL 2,K+2) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ที่ทดลองไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.16)

4.2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.2.1 ผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

4.2.1.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

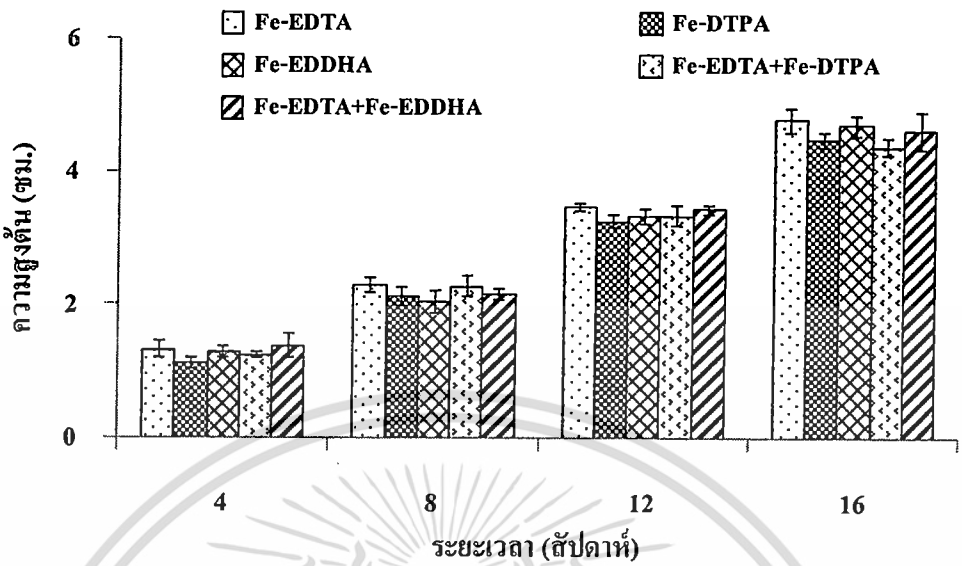
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 1.14±0.09-1.39±0.18 เซนติเมตร เป็น 4.38±0.13-4.78±0.18 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.15)

ตารางที่ 4.17 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	1.34±0.12	2.30±0.11	3.47±0.06	4.78±0.18
Fe-DTPA	1.14±0.09	2.13±0.14	3.27±0.10	4.49±0.12
Fe-EDDHA	1.30±0.09	2.05±0.16	3.34±0.11	4.70±0.16
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.25±0.05	2.29±0.16	3.35±0.15	4.38±0.13
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	1.39±0.18	2.18±0.09	3.44±0.07	4.63±0.29
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.1.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

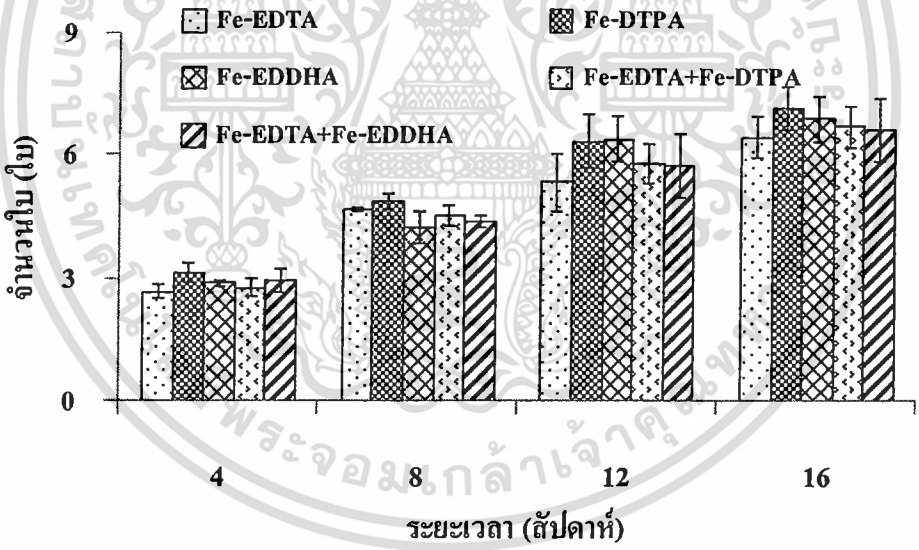
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 2.70±0.17-3.15±0.25 ใบ เป็น 6.45±0.51-7.15±0.52 ใบ เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	2.70±0.17	4.70±0.06	5.35±0.70	6.45±0.51
Fe-DTPA	3.15±0.25	4.90±0.19	6.35±0.67	7.15±0.52
Fe-EDDHA	2.90±0.06	4.25±0.39	6.40±0.57	6.90±0.54
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	2.80±0.22	4.55±0.22	5.80±0.49	6.70±0.51
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	2.95±0.29	4.40±0.14	5.75±0.75	6.60±0.77
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.16 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

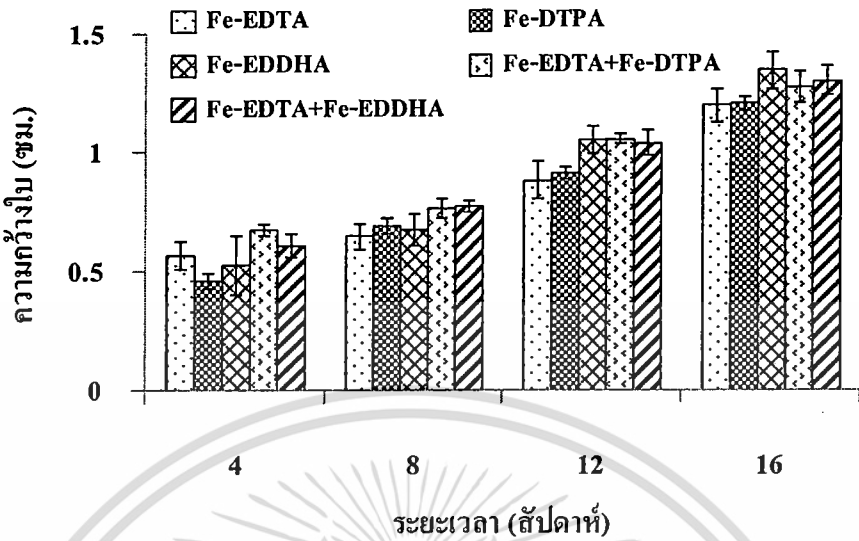
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.53±0.12-0.68±0.03 เซนติเมตร เป็น 1.20±0.07-1.34±0.07 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.17)

ตารางที่ 4.19 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	0.57±0.06	0.65±0.05	0.88±0.08	1.20±0.07
Fe-DTPA	0.46±0.03	0.69±0.03	0.91±0.02	1.21±0.03
Fe-EDDHA	0.53±0.12	0.67±0.06	1.05±0.06	1.34±0.07
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	0.68±0.03	0.77±0.04	1.06±0.02	1.28±0.07
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	0.61±0.05	0.77±0.03	1.04±0.05	1.30±0.06
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.1.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

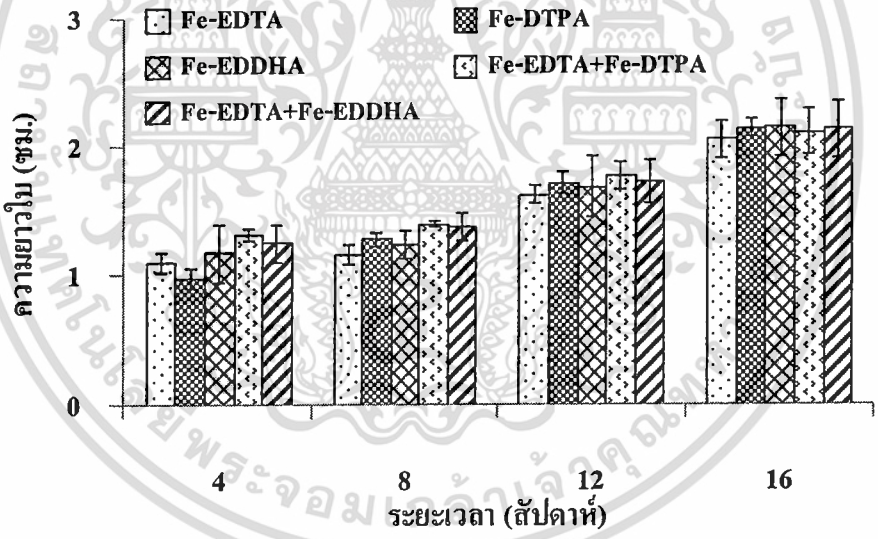
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.99±0.08-1.32±0.05 เซนติเมตร เป็น 2.06±0.15-2.16±0.22 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.20 และภาพที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	1.10±0.08	1.16±0.08	1.63±0.07	2.06±0.15
Fe-DTPA	0.99±0.08	1.28±0.05	1.72±0.08	2.15±0.07
Fe-EDDHA	1.18±0.22	1.24±0.11	1.69±0.24	2.16±0.22
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.32±0.05	1.40±0.03	1.78±0.10	2.12±0.18
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	1.25±0.15	1.38±0.11	1.73±0.17	2.14±0.23
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.18 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

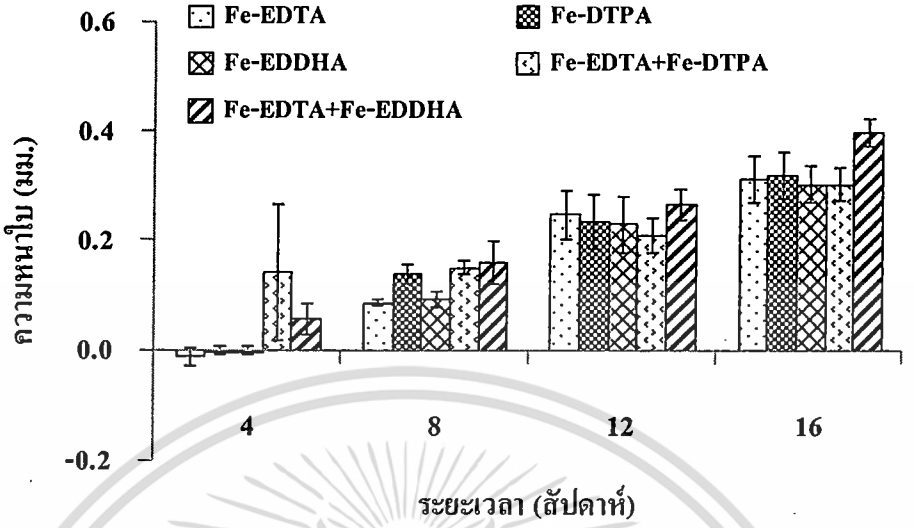
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.99±0.08-1.32±0.05 มิลลิเมตร เป็น 2.06±0.15-2.16±0.22 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.19)

ตารางที่ 4.21 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	-0.01±0.01	0.09±0.00	0.25±0.04	0.32±0.04
Fe-DTPA	0.00±0.01	0.14±0.02	0.24±0.05	0.32±0.04
Fe-EDDHA	0.00±0.01	0.09±0.01	0.23±0.05	0.30±0.03
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	0.14±0.12	0.15±0.01	0.21±0.03	0.30±0.03
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	0.06±0.03	0.16±0.04	0.27±0.03	0.40±0.02
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.1.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.10±0.06 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 -0.10±0.06 ยอด (ตารางที่ 4.22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
Fe-EDTA	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
Fe-DTPA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDDHA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.2.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

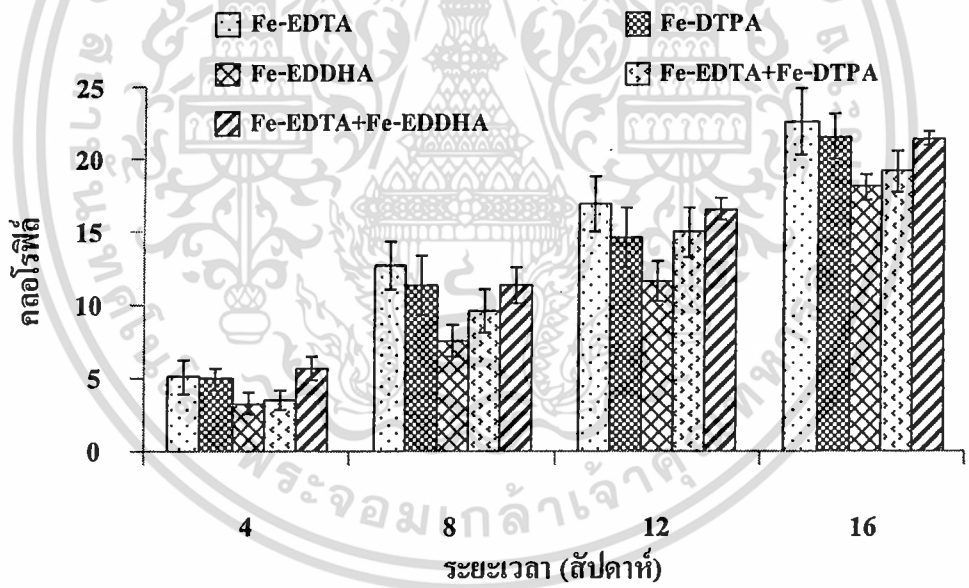
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.99±0.08-1.32±0.05 มิลลิเมตร เป็น 2.06±0.15-2.16±0.22 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	5.17±1.14	12.83±1.63	17.00±1.93	22.73±2.31
Fe-DTPA	5.02±0.75	11.40±2.04	14.73±2.04	21.64±1.56
Fe-EDDHA	3.37±0.75	7.70±1.08	11.72±1.37	18.15±0.88
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	3.58±0.72	9.71±1.47	15.06±1.66	19.29±1.41
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	5.70±0.81	11.49±1.23	16.65±0.79	21.51±0.47
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.20 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.21 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.24 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

รูปแบบธาตุเหล็ก	Fe-EDTA	Fe-DTPA	Fe-EDDHA	Fe-EDTA+ Fe-DTPA	Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	
ความสูงต้น(ซม.)	4.78±0.18	4.49±0.12	4.70±0.16	4.38±0.13	4.63±0.29	ns
จำนวนใบ (ใบ)	6.45±0.51	7.15±0.52	6.90±0.54	6.70±0.51	6.60±0.77	ns
ความกว้างใบ (ซม.)	1.20±0.07	1.21±0.03	1.34±0.07	1.28±0.07	1.30±0.06	ns
ความยาวใบ (ซม.)	2.06±0.15	2.15±0.07	2.16±0.22	2.12±0.18	2.14±0.23	ns
ความหนาใบ (มม.)	0.32±0.04	0.32±0.04	0.30±0.03	0.30±0.03	0.40±0.02	ns
จำนวนยอด	1.05±0.05	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.05±0.05	ns
คลอโรฟิลล์	22.73±2.31	21.64±1.56	18.15±0.88	19.29±1.41	21.51±0.47	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อกรเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)(ตารางที่ 4.24)

4.2.2 ผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

4.2.2.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

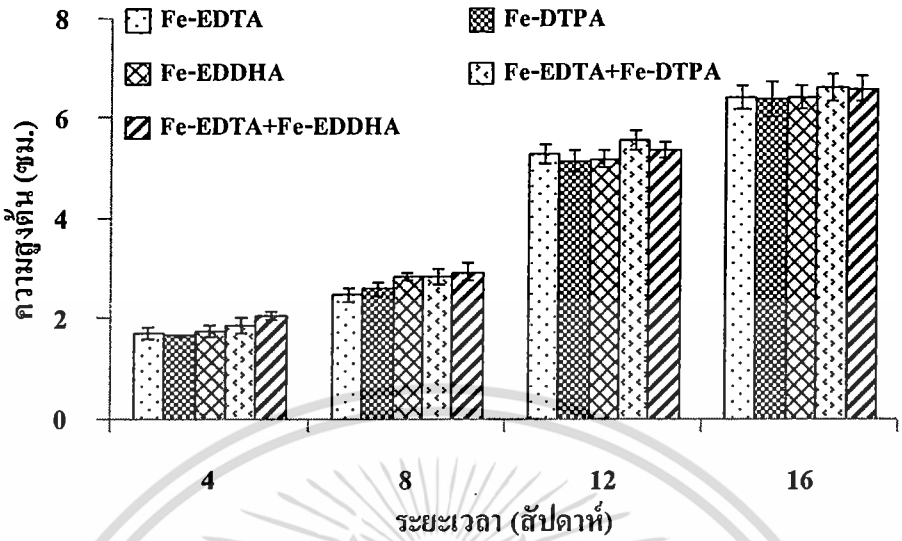
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 1.69±0.02-2.10±0.08 เซนติเมตร เป็น 6.39±0.35-6.60±0.25 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.25 และภาพที่ 4.22)

ตารางที่ 4.25 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	1.74±0.12	2.50±0.13	5.30±0.20	6.44±0.23
Fe-DTPA	1.69±0.02	2.61±0.14	5.17±0.21	6.39±0.35
Fe-EDDHA	1.77±0.11	2.86±0.07	5.21±0.17	6.44±0.22
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.90±0.15	2.87±0.16	5.58±0.20	6.63±0.28
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	2.10±0.08	2.95±0.18	5.38±0.15	6.60±0.25
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.2.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

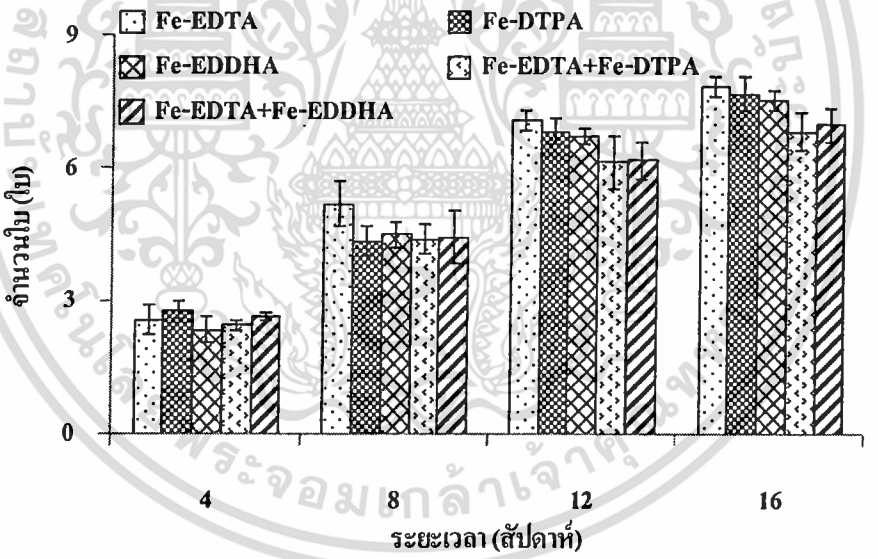
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 2.58±0.22-2.65±0.10 ใบ เป็น 6.85±0.43-7.85±0.23 ใบ เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.26 และภาพที่ 4.23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	2.58±0.33	5.21±0.53	7.10±0.23	7.85±0.23
Fe-DTPA	2.58±0.22	4.35±0.34	6.85±0.29	7.70±0.39
Fe-EDDHA	2.35±0.30	4.50±0.31	6.75±0.17	7.55±0.22
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	2.45±0.10	4.40±0.34	6.15±0.59	6.85±0.43
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	2.65±0.10	4.45±0.61	6.20±0.44	7.00±0.37
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.23 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

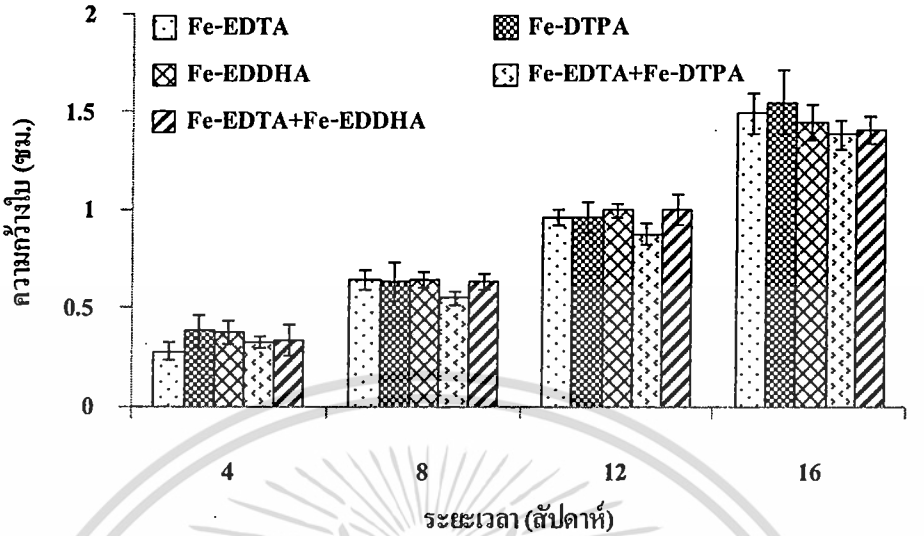
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.29±0.04-0.39±0.09 เซนติเมตร เป็น 1.39±0.08-1.56±0.16 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.27 และภาพที่ 4.24)

ตารางที่ 4.27 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
รูปแบบธาตุเหล็ก	4	8	12	16
Fe-EDTA	0.29±0.04	0.65±0.05	0.97±0.04	1.50±0.11
Fe-DTPA	0.39±0.09	0.64±0.10	0.97±0.08	1.56±0.16
Fe-EDDHA	0.38±0.06	0.65±0.04	1.00±0.03	1.46±0.09
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	0.34±0.03	0.56±0.04	0.88±0.05	1.39±0.08
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	0.35±0.08	0.64±0.04	1.01±0.08	1.41±0.07
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.2.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึง 12 สัปดาห์ พืชทดสอบในทุกชุดการทดลองมีความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อตรวจนับที่ระยะ 16 สัปดาห์ พบว่า ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดการทดลองที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDDHA มีความยาวใบ 4.31±0.19 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดการทดลองธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA, Fe-DTPA , Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.28 และภาพที่ 4.25)

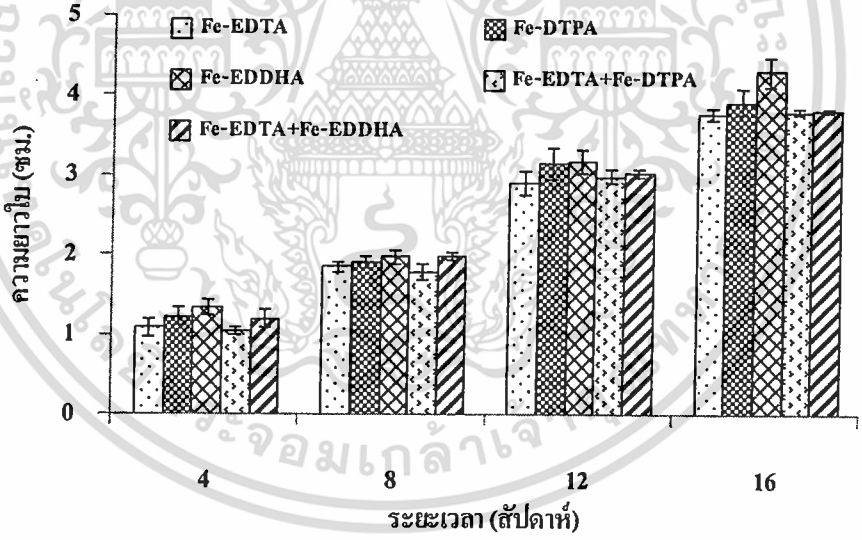
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	1.09±0.12	1.86±0.06	2.91±0.14	3.77±0.07[b]
Fe-DTPA	1.23±0.11	1.91±0.07	3.16±0.20	3.93±0.16[b]
Fe-EDDHA	1.35±0.09	1.98±0.09	3.17±0.15	4.31±0.19[a]
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.05±0.05	1.79±0.09	2.99±0.09	3.81±0.03[b]
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	1.21±0.12	1.99±0.05	3.04±0.05	3.83±0.03[b]
F-test	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.25 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

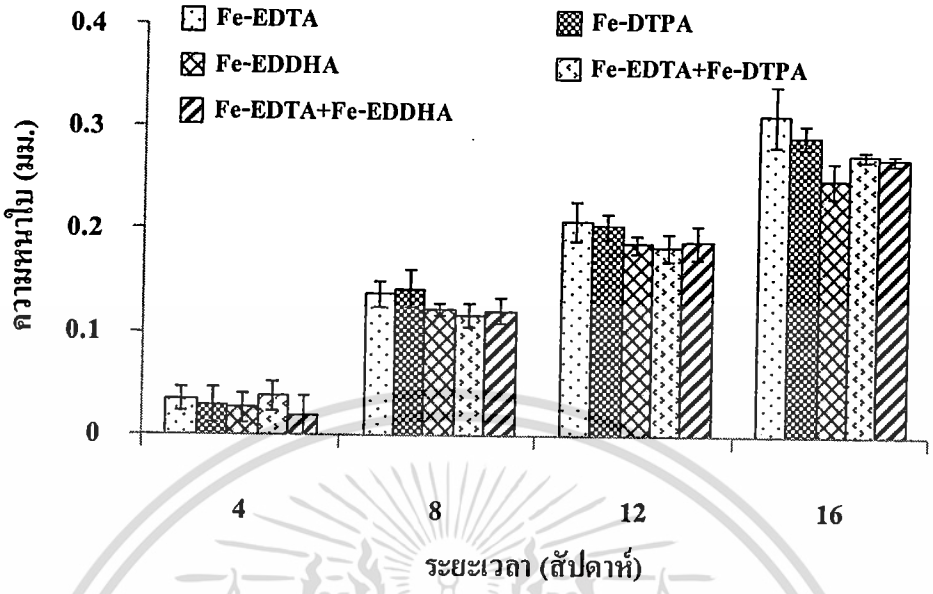
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.02±0.02-0.04±0.01 มิลลิเมตร เป็น 0.25±0.02-0.32±0.03 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.29 และภาพที่ 4.26)

ตารางที่ 4.29 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	0.04±0.01	0.14±0.01	0.21±0.02	0.32±0.03
Fe-DTPA	0.03±0.02	0.14±0.02	0.21±0.01	0.29±0.01
Fe-EDDHA	0.03±0.01	0.12±0.01	0.19±0.01	0.25±0.02
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	0.04±0.01	0.12±0.01	0.19±0.01	0.28±0.00
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	0.02±0.02	0.12±0.01	0.19±0.02	0.27±0.00
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.2.2.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.10±0.06 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 - 0.05±0.05 ยอด (ตารางที่ 4.30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

รูปแบบธาตุเหล็ก	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
Fe-EDTA	1.00±0.00	1.05±0.05	0.05±0.05
Fe-DTPA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDDHA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	1.05±0.05	1.10±0.06	0.05±0.05
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)กัน

4.2.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

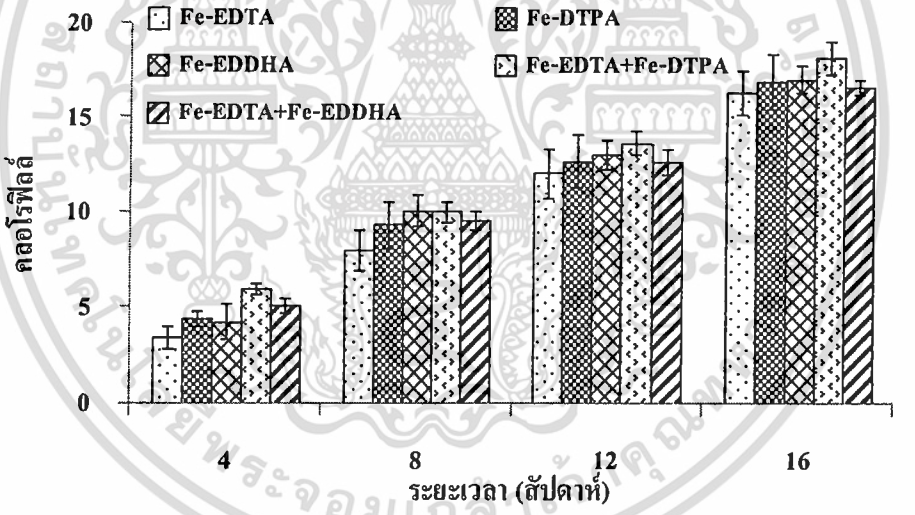
จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่ทดลองไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 3.44±0.61-5.94±0.30 เป็น 16.39±1.17-18.22±0.85 เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.31 และภาพที่ 4.27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน

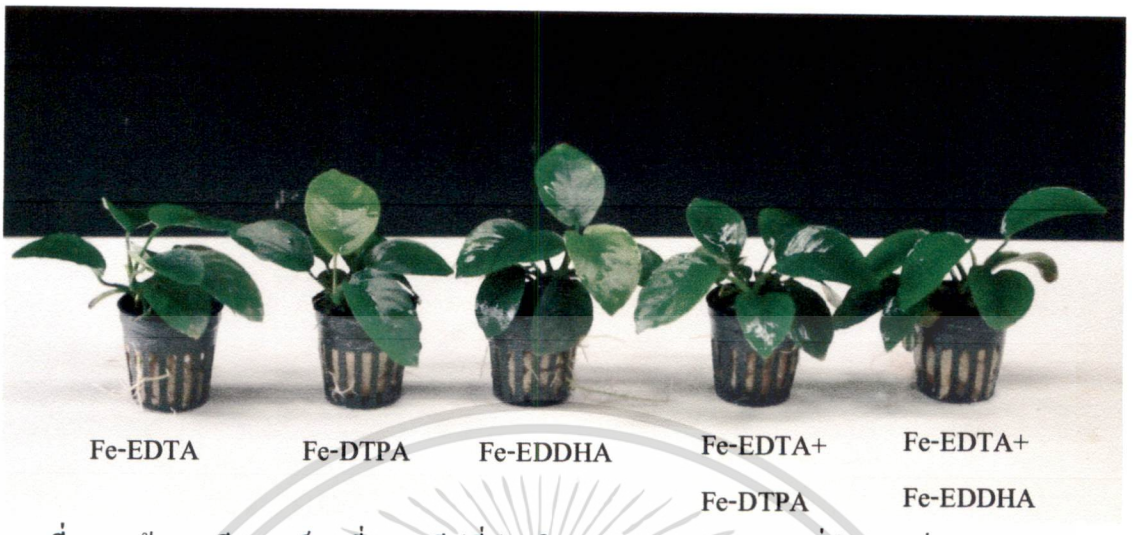
รูปแบบธาตุเหล็ก	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
Fe-EDTA	3.44±0.61	7.98±1.05	12.04±1.32	16.39±1.17
Fe-DTPA	4.44±0.40	9.32±1.25	12.71±1.41	16.95±1.46
Fe-EDDHA	4.24±0.92	10.07±0.81	13.06±0.81	17.09±0.77
Fe-EDTA+ Fe-DTPA	5.94±0.30	10.01±0.64	13.69±0.64	18.22±0.85
Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	5.08±0.40	9.56±0.67	12.67±0.67	16.68±0.38
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)กัน



ภาพที่ 4.27 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกัน เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.32 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

รูปแบบธาตุเหล็ก	Fe-EDTA	Fe-DTPA	Fe-EDDHA	Fe-EDTA+ Fe-DTPA	Fe-EDTA+ Fe-EDDHA	
ความสูงต้น(ซม.)	6.44±0.23	6.39±0.35	6.44±0.22	6.63±0.28	6.60±0.25	ns
จำนวนใบ (ใบ)	7.85±0.23	7.70±0.39	7.55±0.22	6.85±0.43	7.00±0.37	ns
ความกว้างใบ(ซม.)	1.50±0.11	1.56±0.16	1.46±0.09	1.39±0.08	1.41±0.07	ns
ความยาวใบ (ซม.)	3.77±0.07^{b}	3.93±0.16^{b}	4.31±0.19^{a}	3.81±0.03^{b}	3.81±0.03^{b}	*
ความหนาใบ (มม.)	0.32±0.03	0.29±0.01	0.25±0.02	0.28±0.00	0.28±0.00	ns
จำนวนยอด	1.05±0.05	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.10±0.06	ns
คลอโรฟิลล์	16.39±1.17	16.95±1.46	17.09±0.77	18.22±0.85	16.68±0.38	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันต่อการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDDHA ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าในชุดการทดลองธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA, Fe-DTPA , Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.32)

4.3 การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และ อนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ

4.3.1 ผลของระดับค่า pH ต่างกัน ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

4.3.1.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

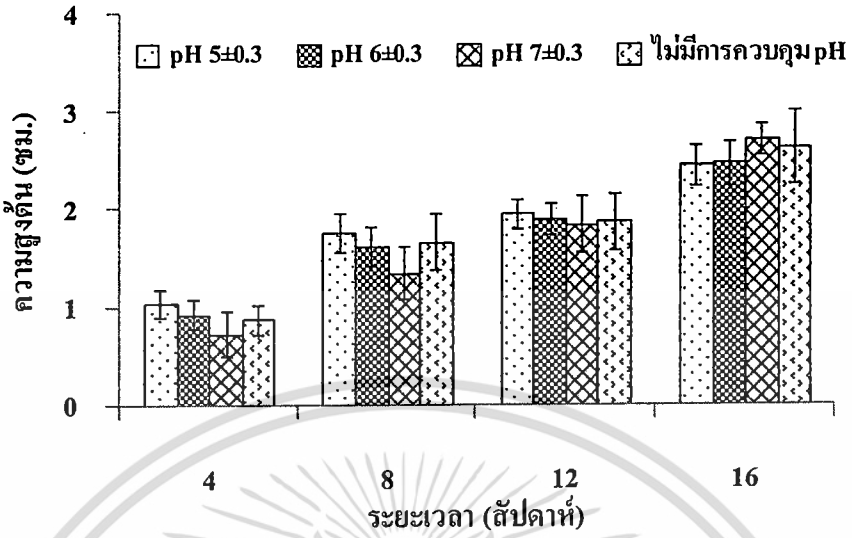
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความสูงต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3,7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.73±0.22-1.05±0.14 เซนติเมตร เป็น 2.45±0.20-2.73±0.16 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.33 และภาพที่ 4.29)

ตารางที่ 4.33 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±0.3	1.05±0.14	1.76±0.21	1.96±0.15	2.45±0.20
pH 6±0.3	0.93±0.15	1.62±0.20	1.91±0.16	2.48±0.23
pH 7±0.3	0.73±0.22	1.35±0.28	1.85±0.30	2.73±0.16
ไม่มีการควบคุม pH	0.88±0.15	1.67±0.28	1.88±0.29	2.64±0.37
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.29 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.1.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อจำนวนใบอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดการทดลองที่มีค่า pH 7±0.3 มีจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไป 2.67±0.24 ใบ ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดที่มีค่า pH 5±0.3, 6±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะสัปดาห์ที่ 8-16 ของการตรวจวัด พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 1.38±0.24-2.67±0.24 ใบ เป็น 4.50±0.54-7.67±0.83 ใบ (ตารางที่ 4.34 และภาพที่ 4.30)

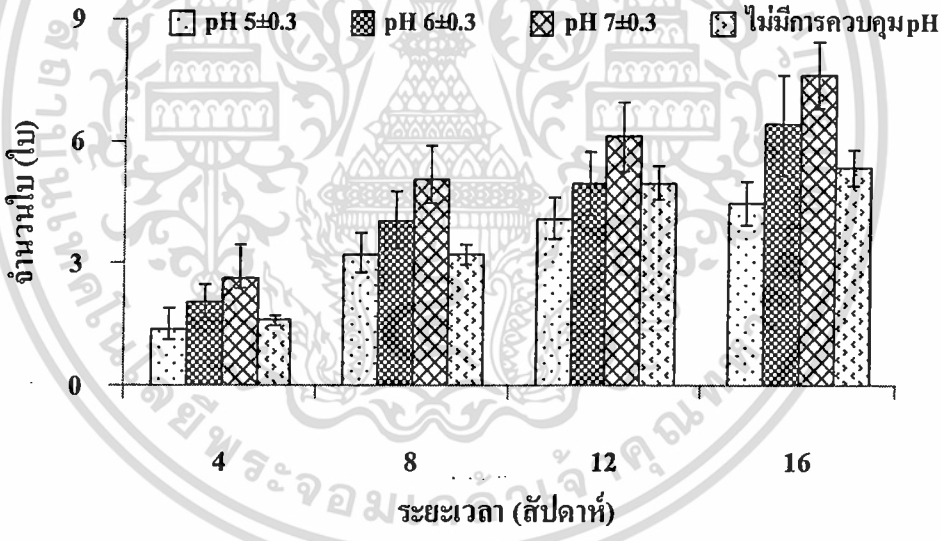
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±0.3	1.38±0.24^{b}	3.25±0.43	4.13±0.52	4.50±0.54
pH 6±0.3	2.08±0.42^{ab}	4.08±0.71	5.00±0.78	6.42±1.25
pH 7±0.3	2.67±0.24^{a}	5.08±0.58	6.17±0.87	7.67±0.83
ไม่มีการควบคุม pH	1.63±0.13^{b}	3.25±0.25	5.00±0.41	5.38±0.43
F-test	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.30 จำนวนใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความกว้างใบอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดการทดลองที่มีค่า pH 7±0.3 มีความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไป 0.48±0.06 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดที่มีค่า pH 5±0.3, 6±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะสัปดาห์ที่ 8-16 ของการตรวจวัด พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.23±0.02-0.23±0.02 เซนติเมตร เป็น 0.92±0.05-1.11±0.04 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.35 และภาพที่ 4.31)

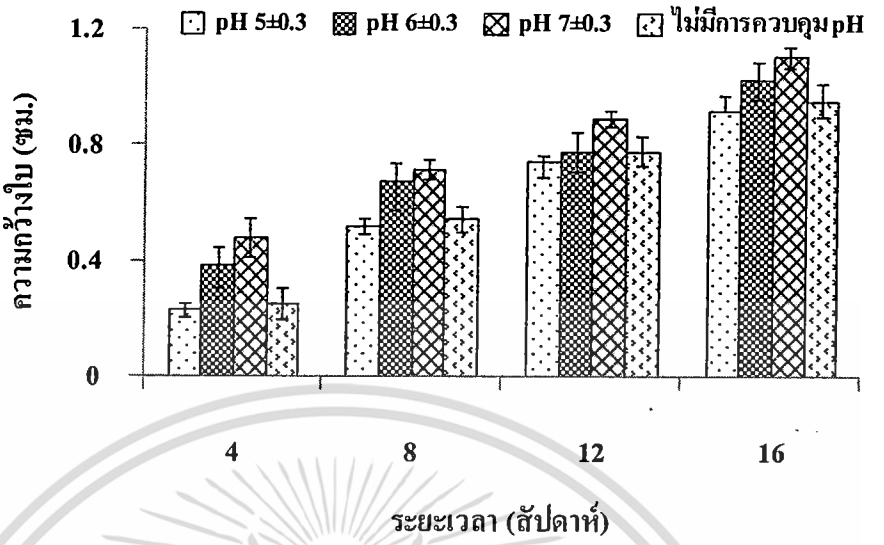
ตารางที่ 4.35 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.23±0.02^{b}	0.52±0.03	0.75±0.02	0.92±0.05
pH 6±0.3	0.39±0.08^{ab}	0.68±0.10	0.78±0.07	1.03±0.06
pH 7±0.3	0.48±0.06^{a}	0.72±0.04	0.90±0.03	1.11±0.04
ไม่มีการควบคุม pH	0.25±0.06^{b}	0.55±0.04	0.78±0.05	0.96±0.06
F-test	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.31 ความกว้างใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.1.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความยาวใบอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึง 12 สัปดาห์ พืชทดสอบในทุกชุดการทดลองมีความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อทำการตรวจนับที่ระยะ 16 สัปดาห์ พบว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดการทดลองที่มีค่า pH 7±0.3 มีความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไป 2.22±0.02 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในชุดที่มีค่า pH 5±0.3, 6±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.36 และภาพที่ 4.32)

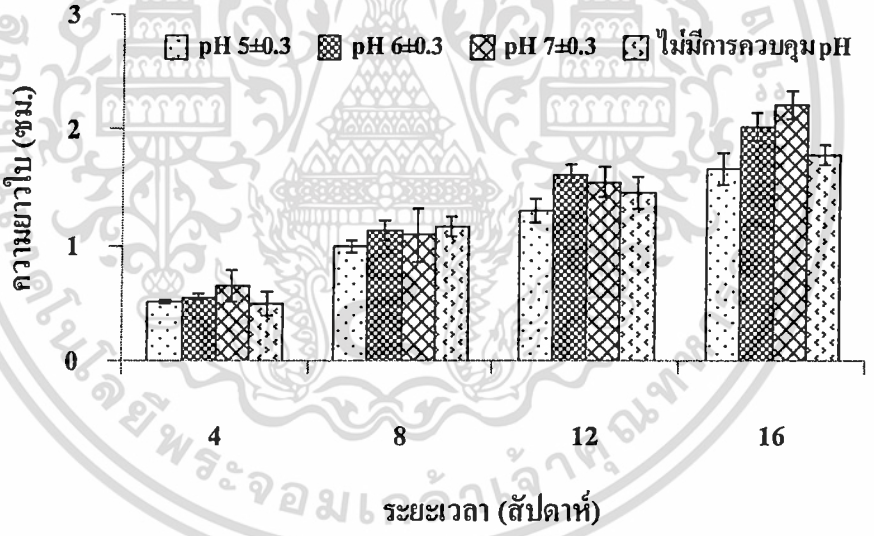
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.53±0.02	1.00±0.04	1.31±0.04	1.67±0.03[b]
pH 6±0.3	0.57±0.08	1.14±0.04	1.31±0.08	2.04±0.03[ab]
pH 7±0.3	0.66±0.06	1.10±0.05	1.56±0.01	2.22±0.02[a]
ไม่มีการควบคุม pH	0.51±0.06	1.17±0.02	1.46±0.05	1.79±0.01[b]
F-test	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.32 ความยาวใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.1.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความหนาใบอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืช

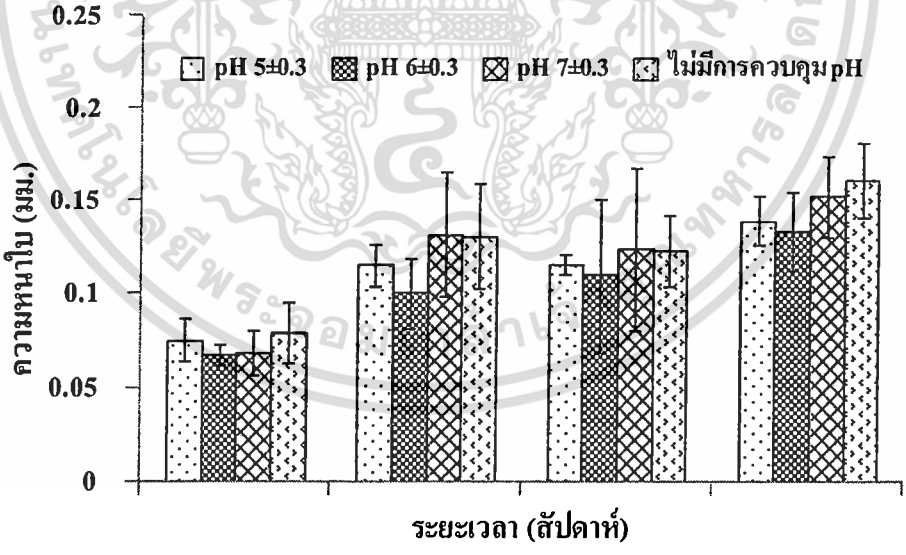
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 0.07±0.01-0.08±0.02 มิลลิเมตร เป็น 0.13±0.02-0.16±0.02 มิลลิเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.37 และภาพที่ 4.33)

ตารางที่ 4.37 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.08±0.01	0.12±0.01	0.12±0.01	0.14±0.01
pH 6±0.3	0.07±0.01	0.10±0.02	0.11±0.04	0.13±0.02
pH 7±0.3	0.07±0.01	-0.13±0.03	0.12±0.04	0.15±0.02
ไม่มีการควบคุม pH	0.08±0.02	0.13-±0.03	0.12±0.02	0.16±0.02
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.33 ความหนาใบเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่างที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.08±0.08 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 -0.08±0.08 ยอด (ตารางที่ 4.38)

ตารางที่ 4.38 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
pH 5±0.3	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
pH 6±0.3	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
pH 7±0.3	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
ไม่มีการควบคุม pH	1.00±0.00	1.08±0.08	0.08±0.08
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่

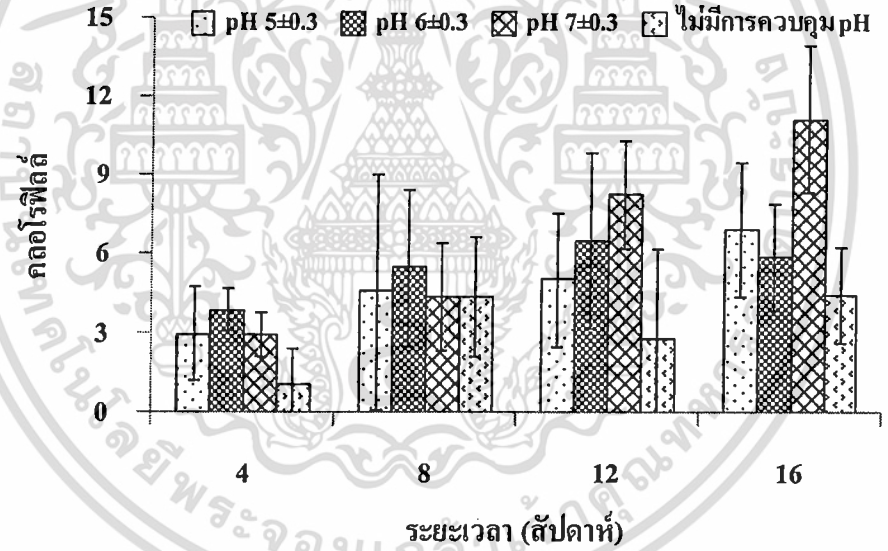
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่เพิ่มขึ้นจาก 1.10±1.32-3.87±0.78 เป็น 4.46±1.78-11.15±2.81 เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.39 และภาพที่ 4.34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±3	2.98±1.74	4.58±4.43	5.03±2.53	6.94±2.53
pH 6±3	3.87±0.78	5.48±2.95	6.51±3.36	5.86±2.02
pH 7±3	2.98±0.84	4.37±2.03	8.25±2.07	11.15±2.81
ไม่มีการควบคุม pH	1.10±1.32	4.38±2.27	2.84-±3.36	4.46±1.78
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.34 ปริมาณคลอโรฟิลล์เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ควบคุม pH **pH 5±0.3** **pH 6±0.3** **pH 7±0.3**

ภาพที่ 4.35 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.40 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหาร pH ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH 5±0.3	pH 6±0.3	pH 7±0.3	ไม่มีการควบคุม pH	F-test
ความสูงต้น (ซม.)	2.45±0.20	2.45±0.20	2.73±0.16	2.64±0.37	ns
จำนวนใบ (ใบ)	4.50±0.54	6.42±1.25	7.67±0.83	5.38±0.43	ns
ความกว้างใบ (ซม.)	0.92±0.05	1.03±0.06	1.11±0.04	0.96±0.06	ns
ความยาวใบ (ซม.)	1.67±0.03^{b}	2.04±0.03^{ab}	2.22±0.02^{a}	1.79±0.01^{b}	*
ความหนาใบ (มม.)	0.14±0.01	0.13±0.02	0.15±0.02	0.16±0.02	ns
จำนวนยอด	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.08±0.08	ns
คลอโรฟิลล์	6.94±2.53	5.86±2.02	11.15±2.81	4.46±1.78	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่าง ในชุดที่มีค่า pH 7±0.3 ทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าในชุดที่มีค่า pH 5±0.3, 6±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลของระดับค่า pH ต่างกัน ต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

4.3.2.1 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

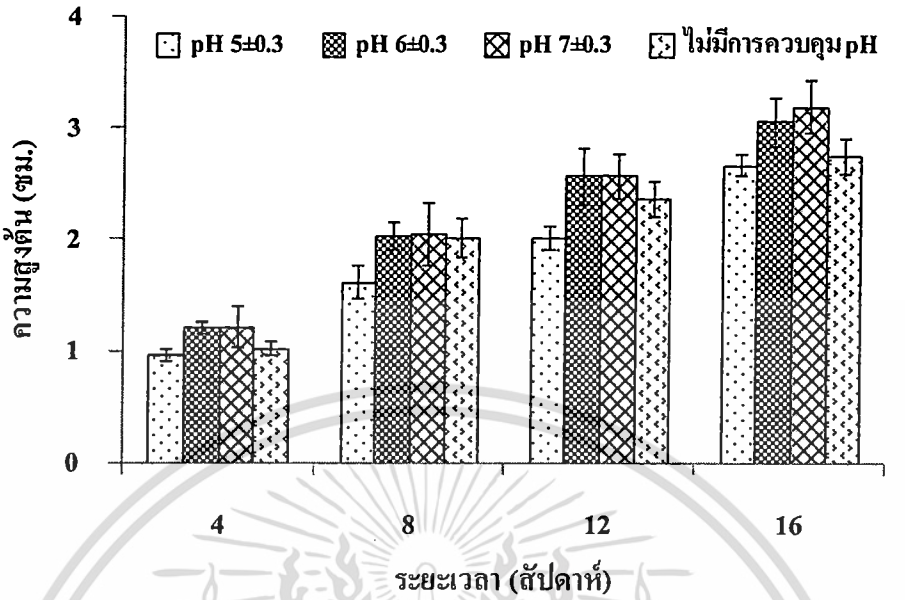
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความสูงต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.97±0.06-1.22±0.19 เซนติเมตร เป็น 2.67±0.10-3.19±0.24 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.41 และภาพที่ 4.36)

ตารางที่ 4.41 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.97±0.06	1.62±0.14	2.02±0.11	2.67±0.10
pH 6±0.3	1.21±0.06	2.03±0.12	2.57±0.26	3.06±0.22
pH 7±0.3	1.22±0.19	2.04±0.28	2.57±0.21	3.19±0.24
ไม่มีการควบคุม pH	1.03±0.07	2.02±0.17	2.36±0.16	2.75±0.15
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.36 ความสูงต้นเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.2.2 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อจำนวนใบอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึง 12 สัปดาห์ ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดการทดลองที่มีค่า pH 6±0.3 และ7±0.3 มีจำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดที่มีค่า pH 5±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะสัปดาห์ที่ 16 ของการตรวจวัด พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.42 และภาพที่ 4.37)

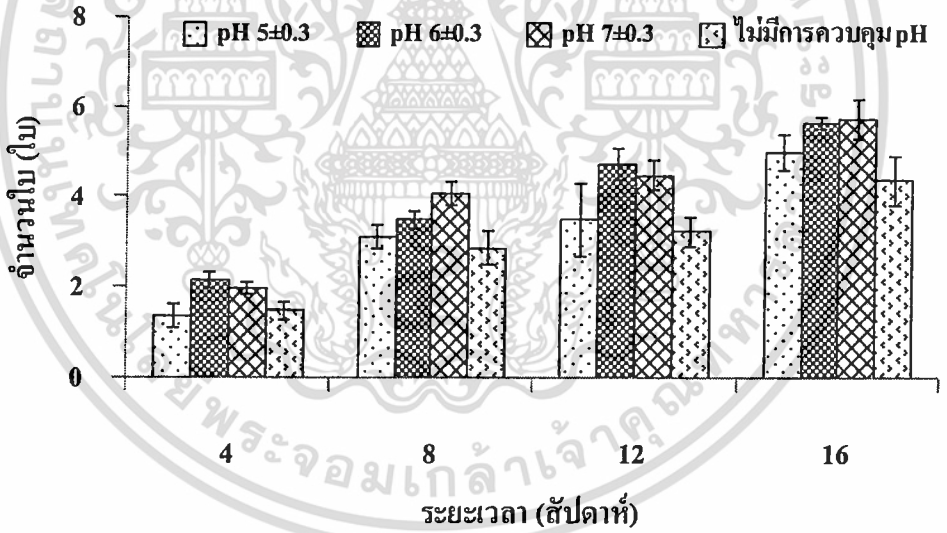
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 จำนวนใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ใบ) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	1.38±0.25^{b}	3.13±0.25^{b}	3.50±0.82^{bc}	5.00±0.41
pH 6±0.3	2.17±0.17^{a}	3.50±0.22^{ab}	4.75±0.34^{a}	5.67±0.14
pH 7±0.3	2.00±0.14^{a}	4.08±0.25^{a}	4.50±0.32^{ab}	5.75±0.44
ไม่มีการควบคุม pH	1.50±0.20^{b}	2.88±0.38^{b}	3.25±0.32^{c}	4.38±0.55
F-test	*	*	*	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.37 ความสูงต้นเปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.2.3 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความกว้างใบอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความกว้างใบที่

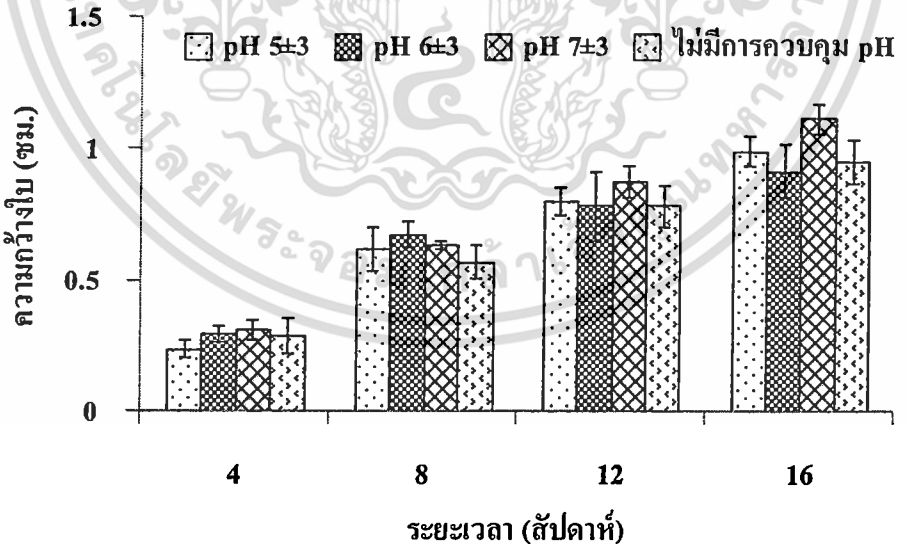
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.24±0.04-0.32±0.04 เซนติเมตร เป็น 0.92±0.10-1.12±0.06 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.43 และภาพที่ 4.38)

ตารางที่ 4.43 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.24±0.04	0.63±0.08	0.81±0.05	1.00±0.06
pH 6±0.3	0.30±0.03	0.68±0.05	0.79±0.13	0.92±0.10
pH 7±0.3	0.32±0.04	0.64±0.01	0.88±0.06	1.12±0.06
ไม่มีการควบคุม pH	0.29±0.07	0.57±0.06	0.79±0.08	0.96±0.08
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.38 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

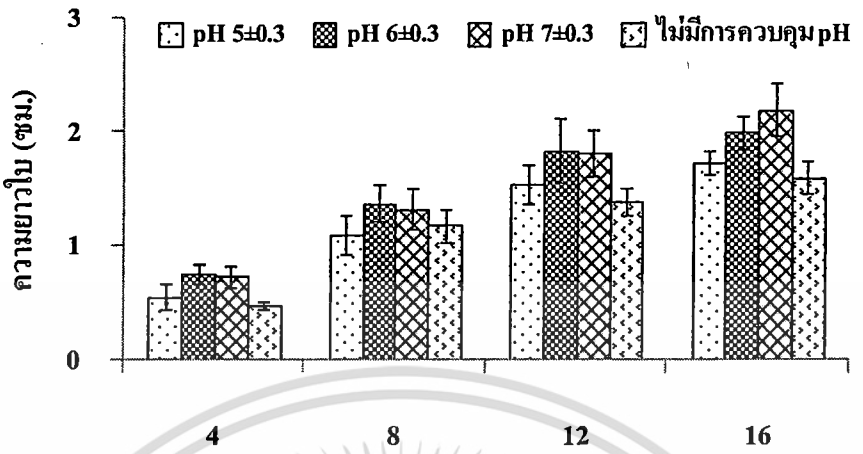
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความยาวใบอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.48±0.03-0.75±0.09 เซนติเมตร เป็น 1.59±0.14-2.19±0.23 เซนติเมตร เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.44 และภาพที่ 4.39)

ตารางที่ 4.44 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (ซม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.55±0.11	1.09±0.17	1.54±0.18	1.72±0.11
pH 6±0.3	0.75±0.09	1.37±0.16	1.83±0.28	1.99±0.15
pH 7±0.3	0.72±0.10	1.32±0.18	1.81±0.20	2.19±0.23
ไม่มีการควบคุม pH	0.48±0.03	1.17±0.14	1.38±0.12	1.59±0.14
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.39 ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.2.5 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อความหนาใบอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ของการตรวจวัด ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดการทดลองที่มีค่า pH 6±0.3 และ7±0.3 มีความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไป 0.07±0.01 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในชุดที่มีค่า pH 5±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะสัปดาห์ที่ 8-16 ของการตรวจวัด พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 0.08±0.01-0.12±0.02 มิลลิเมตร เป็น 0.14±0.02-0.18±0.02 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.45 และภาพที่ 4.40)

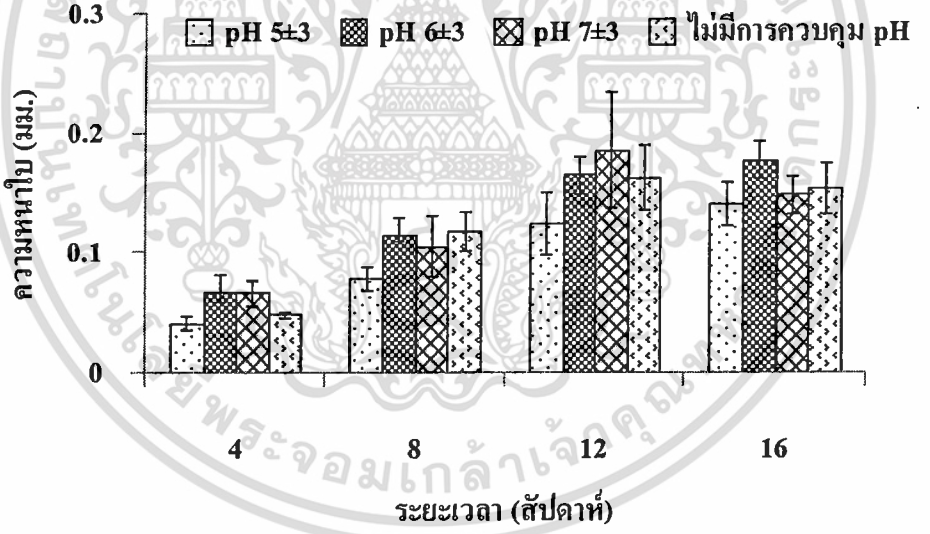
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.45 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
	4	8	12	16
pH 5±0.3	0.04±0.01[b]	0.08±0.01	0.12±0.03	0.14±0.02
pH 6±0.3	0.07±0.01[a]	0.11±0.00	0.17±0.02	0.18±0.02
pH 7±0.3	0.07±0.01[a]	0.11±0.03	0.19±0.05	0.15±0.02
ไม่มีการควบคุม pH	0.05±0.00[ab]	0.12±0.02	0.16±0.03	0.15±0.02
F-test	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.40 ความหนาใบที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ย (มม.) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

4.3.2.6 จำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่างที่ทดลองไม่มีผลทำให้จำนวนยอดของพืชทดสอบแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทุกระยะเวลาที่ตรวจวัด โดยจำนวนยอดของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.00±0.00 ยอด เป็น 1.00±0.00-1.17±0.00 ยอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้น 0.00±0.00 -0.17±0.00 ยอด (ตารางที่ 4.46)

ตารางที่ 4.46 จำนวนยอดเฉลี่ย (ยอด) ของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	จำนวนยอดเริ่มต้น	จำนวนยอดสุดท้าย	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
pH 5±0.3	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
pH 6±0.3	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
pH 7±0.3	1.00±0.00	1.17±0.00	0.17±0.10
ไม่มีการควบคุม pH	1.00±0.00	1.00±0.00	0.00±0.00
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

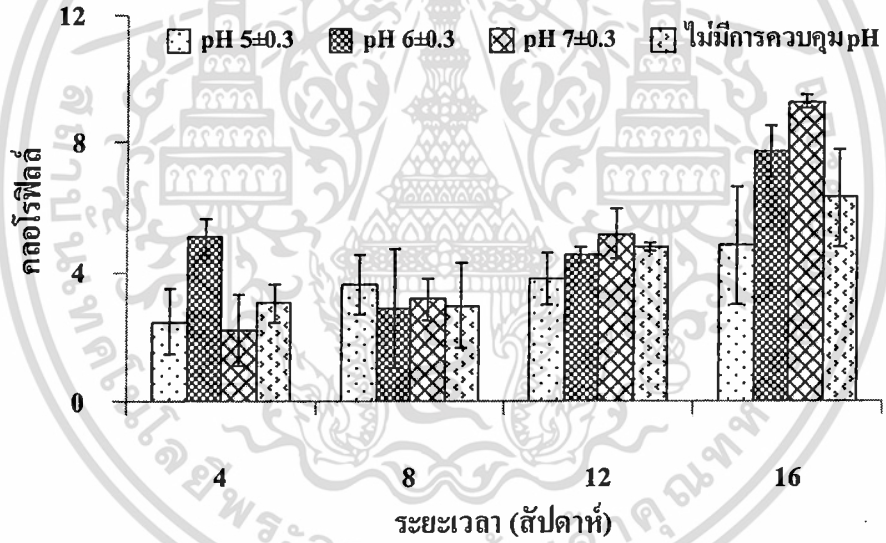
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด- ด่างต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างที่ทดสอบไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปของพืชทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทุกระยะที่ตรวจวัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเพิ่มขึ้นจาก 2.52±1.03-5.11±0.53 เป็น 4.86±1.80-9.30±0.22 เมื่อตรวจวัดที่ระยะ 16 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.47 และภาพที่ 4.41)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

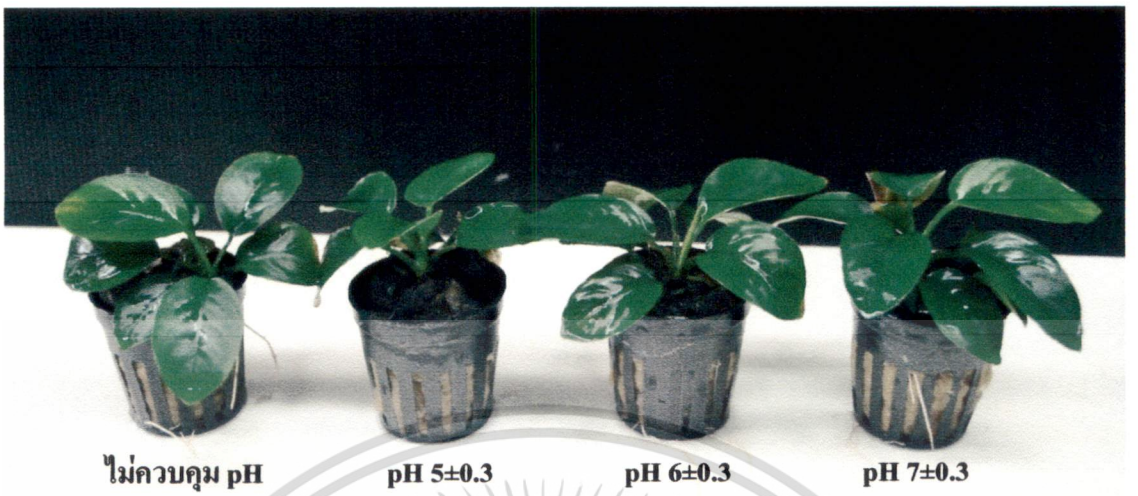
ความเป็นกรด-ด่าง	ระยะเวลา (สัปดาห์)			
(pH)	4	8	12	16
pH 5±0.3	2.52±1.03	3.67±0.93	3.85±0.78	4.86±1.80
pH 6±0.3	5.11±0.53	2.90±1.83	4.55±0.25	7.75±0.80
pH 7±0.3	2.27±1.10	3.21±0.64	5.21±0.77	9.30±0.22
ไม่มีการควบคุม pH	3.08±0.59	3.01±1.29	4.83±0.13	6.32±1.48
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.41 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟใน สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.42 ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกันเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 4.48 การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหาร pH ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH 5±0.3	pH 6±0.3	pH 7±0.3	ไม่มีการควบคุม pH	F-test
ความสูงต้น (ซม.)	2.67±0.10	3.06±0.22	3.19±0.24	2.75±0.15	ns
จำนวนใบ (ใบ)	5.00±0.41	5.67±0.14	5.75±0.44	4.38±0.55	ns
ความกว้างใบ (ซม.)	1.00±0.06	0.92±0.10	1.12±0.06	0.96±0.08	ns
ความยาวใบ (ซม.)	1.72±0.11	1.99±0.15	2.19±0.23	1.59±0.14	ns
ความหนาใบ (มม.)	0.14±0.02	0.18±0.02	0.15±0.02	0.15±0.02	ns
จำนวนยอด	1.00±0.00	1.00±0.00	1.17±0.10	1.00±0.00	ns
คลอโรฟิลล์	4.86±1.80	7.75±0.80	9.30±0.22	6.32±1.48	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการศึกษาผลของผลของความเป็นกรด- ด่างต่อการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่าง ในทุกชุดการทดลองไม่มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.48)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาอัตราส่วนของ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และ อนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่า ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ในทุกชุดการทดลองไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่ง ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ จำนวนยอด และปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ธาตุอาหารพืชมีการส่งผลต่อกันจะต้องมีการพิจารณาแต่ละธาตุว่ามีปริมาณน้อย เพียงพอ หรือสูงเกินไป ถ้ามีธาตุใดมากเกินไปจะส่งผลต่อการทำงานของอีกธาตุหนึ่ง ต้องมีการพิจารณาอัตราส่วนของธาตุอาหารบางคู่ด้วย หากทุกธาตุอยู่ในเกณฑ์เพียงพอแสดงว่าอัตราส่วนระหว่างธาตุพอเหมาะแต่ถ้าธาตุหนึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำแต่อีกธาตุอยู่ในเกณฑ์สูงมาก หากธาตุคู่นี้มีการส่งผลต่อกันในทางลบ อาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น พืชที่ได้รับไนโตรเจนรูปไนเทรตมากจะสะสมไอออนนี้สูงเกินไปจะทำให้ขาดโมลิบดินัม พืชที่ได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปอาจมีผลกระทบต่อเมตาบอลิซึมของแคลเซียม และเมื่อให้ปุ๋ยฟอสเฟสมากเกินไปทำให้พืชขาดสังกะสี (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) ทิพาภรณ์ เต็มพร้อม (2550) ศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์: ไดโพแทสเซียมออกไซด์ (N: P_2O_5: K_2O) ต่างกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดอนูเบียสบาร์เทอรี่และนานาพบว่า อนูเบียสบาร์เทอรี่และนานาที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วน N: P_2O_5: K_2O 1: 0.50: 1.47 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด Fanasca *et al.*(2006) ศึกษาผลของอัตราส่วนไอออนบวก (K/ Ca/ Mg) ในสารละลายธาตุอาหารต่อคุณภาพของมะเขือเทศระบบ Soilless Culture พบว่าสารละลายที่มีอัตราส่วน K สูง ทำให้คุณภาพของมะเขือเทศเพิ่มขึ้นแต่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของของ Ca สูง ทำให้จำนวนของมะเขือเทศเพิ่มขึ้นแต่คุณภาพลดลง Torre *et al.*(2000) ศึกษาผลอัตราส่วน K/ Ca ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของกุหลาบ พบว่า อัตราส่วน K/ Ca ไม่มีผลต่อความยาวต้น ซึ่งอัตราส่วน K/ Ca สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นการยืดตัวของก้านดอก และน้ำหนักของรากลดลงเมื่ออัตราส่วนของ K/ Ca น้อยลงด้วย ถึงแม้ว่าอัตราส่วน K/Ca ของสารละลายธาตุอาหารจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช โดยความเข้มข้นที่สูงของ K ในสารตั้งต้นทำให้เพิ่มส่วนที่ได้ Savvas and Gizas (2002) ศึกษาผลของการนำสารละลายธาตุอาหารมาใช้ใหม่โดยเพิ่มอัตราส่วน K: (K+Ca+Mg) แตกต่างกัน 3 อัตราส่วน (0.40, 0.48, 0.56 พื้นฐาน) ต่อผลผลิตของ gerbera พบว่า การนำสารละลายธาตุกาหารมาใช้ใหม่และเพิ่มอัตราส่วนไอออนบวกไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักดอกและความหนาของลำต้น แต่เมื่ออัตราส่วน K: (Ca+Mg) ที่ต่ำทำให้จำนวนดอกทั้งหมดและจำนวนดอกที่มีคุณค่าทางตลาดลดลง การให้สาร ที่มีธาตุอาหารที่มีประจุไฟฟ้าบวก (cation) และธาตุอาหารที่มีประจุไฟฟ้าลบ (anion) เพราะสูตรอาหารที่มีปริมาณธาตุอาหารไม่แตกต่างกันมากนักอาจก่อให้เกิดการขัดกันเองทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่(ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544)

ลักษณะของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ตลาดต้องการ จะมีการพิจารณาจากความสูงของต้น และจำนวนใบ เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการจำหน่าย โดยต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด ที่จำหน่ายในตลาด แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาด S มีความสูงต้นไม่เกิน 4 นิ้ว ขนาด M มีความสูงต้น 4-6 นิ้ว และ ขนาด L มีความสูงต้นมากกว่า 6 นิ้ว ซึ่งทั้ง 3 ขนาดต้องมีจำนวนใบไม่น้อยกว่า 6 ใบต่อต้น ลักษณะใบต้องสมบูรณ์ ใบไม่ไหม้ (สมเกียรติ สีสนอง. 2556) เมื่อพิจารณาผลผลิตที่ได้จากการทดลอง พบว่า ต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งการปลูกอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟให้ได้ผลผลิตที่ดี ซึ่งสัดส่วนของธาตุอาหารพืชที่ทดลองเลี้ยงไม่ค่อยส่งผลมากนัก เนื่องจากพรรณไม้น้ำอนูเบียสเป็นพรรณไม้น้ำที่มีการดูดธาตุอาหารช้า ซึ่งต่างจากผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกที่มีการดูดใช้ธาตุอาหารอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการแสดงการขาดธาตุอาหารชัดเจนกว่าพรรณไม้น้ำ

5.2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และ อนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

จากการศึกษาผลของธาตุเหล็กที่มีรูปแบบต่างกันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ 5 รูปแบบ ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์พบว่าต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีเหล็กรูปแบบต่างกันในทุกชุดการทดลองไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDDHA ทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปมากกว่าในชุดการทดลองธาตุเหล็กรูปแบบ Fe-EDTA, Fe-DTPA , Fe-EDTA+ Fe-DTPA และ Fe-EDTA+ Fe-EDDHA ($P<0.05$)

เหล็กเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (Ylivainio *et al.* 2004) เพราะเหล็กมีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโครงสร้างคลอโรพลาสต์ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการเหล็กแตกต่างกัน (Christ. 1974) และรูปแบบของเหล็กมีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็กของพืชด้วย (Da Rijck and Schrevens. 1998) ในสภาวะการขาดแคลนธาตุเหล็กมีมากโดยเฉพาะพื้นที่ที่มี pH สูง และ $CaCO_3$ สูง (Avramaki *et al.* 2006) ซึ่งการขาดแคลนธาตุเหล็กเกิดจากการตกตะกอนของเหล็กซัลเฟตในระบบการปลูกพืชในสารละลายแบบไร้ดินทำให้ต้นพืชแสดงการขาดธาตุเหล็ก จึงได้นำธาตุเหล็กในรูปเหล็กคีเลตมาใช้ ซึ่งธาตุเหล็กคีเลตมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีคีเลตเป็นองค์ประกอบคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้มธาตุเหล็กเอาไว้ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับสารอื่น พืชสามารถดูดธาตุเหล็กไปใช้ได้โดย ธาตุเหล็ก คีเลตแตกตัวก่อนดูดเข้าไปในเซลล์หรือเซลล์ดูดธาตุเหล็กคีเลตเข้าไปทั้งโมเลกุล (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) Lucena *et al.* (1990) ได้ทดลองปลูกสตรอเบอรี่ด้วยเหล็กคีเลตรูปแบบต่างๆ คือ Fe-EDTA, Fe-EDDHA และ Fe-polyflavonoid ในระบบปลูกไม่ใช้ดินพบว่า การใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-EDDHA ทำให้ได้ผลผลิตสตรอเบอรี่สูงสุด นอกจากนี้ มนูญ ศิรินุพงศ์ และคณะ (2551) ได้ทดลองปลูกคะน้าที่มีสารละลายธาตุอาหารที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตต่างกันคือ Fe-DTPA, Fe- EDTA, Fe-DTPA และ $FeSO_4$ ในสารละลายระบบ Nutrient Film Technique (NFT) พบว่าการใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-DTPA ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด จักรพันธ์ ไพรดี (2550) ศึกษาผลของรูปแบบธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวคือ Fe-DTPA, Fe-EDDHA และ Fe-EDTA พบว่าการพรรณไม้น้ำรากดำใบยาวที่ปลูกในสารละลายที่มีรูปแบบเหล็ก Fe-EDDHAมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Laohavisuti and Seesanong (2007) ศึกษาการปลูก *Echinodorus martii* ในสารละลายธาตุอาหารที่มีรูปแบบเหล็กคีเลตที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA ในระบบปลูกไม่ใช้ดินพบว่า การใช้เหล็กคีเลตรูปแบบ Fe-EDDHA มีการเจริญเติบโตดีที่สุด การขาดแคลนธาตุเหล็กจะทำให้เกิดอาการ Chlorosis ที่ปลายใบ เริ่มแรกจะเป็นเส้นเขียวไขว้กันเหมือนแหและใบเป็นสีเหลือง เมื่อความขาดแคลนรุนแรงขึ้นส่งผลให้ใบเป็นสีเหลืองซีดหรือเกือบขาว (Roorda van Eysinga and Smild. 2009) สาเหตุการสูญเสียธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารเกิดจากมีการดูดซึมไปใช้ของพืชและการแตกตัวของคีเลตเอง (Lucena *et al.* 1988) จากการทดลองต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด รูปแบบเหล็กทั้ง 5 รูปแบบให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟในสารละลายธาตุอาหารที่มีเหล็กรูปแบบ Fe-EDDHA ($P<0.05$) แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเกณฑ์การซื้อขายของต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด จะพิจารณาจากความสูงต้นและจำนวนใบเป็นหลัก จึงสามารถใช้ธาตุเหล็กทั้ง 5 รูปแบบได้

5.3 การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และ อนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ ที่เปลี่ยนแปลงไป 4 ระดับ ได้แก่ 5±0.3, 6±0.3, 7±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH (6.90-8.08) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่ระดับความเป็นกรด- ด่าง ในชุดที่มีค่า pH 7±0.3 ทำให้ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าในชุดที่มีค่า pH 5±0.3, 6±0.3 และ ชุดไม่มีการควบคุม pH ($P<0.05$) และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ระดับความเป็นกรด- ด่าง ในทุกชุดการทดลองไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ความเป็นกรด-ด่างจะมีผลต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชจะนำไปใช้ได้ เนื่องจากธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุที่อยู่สารละลายธาตุอาหารนั้นรากพืชจะดูดนำมาใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่า pH ที่แตกต่างกันไป ถ้า pH สูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดการตกตะกอน ดังนั้นค่าของ pH ในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ เนื่องจาก pH ของสารละลายที่ต่ำจะทำให้พืชดูดธาตุอาหารหลัก เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และดูดธาตุอาหารรอง เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง ในขณะเดียวกันถ้า pH ของสารละลายสูงจะทำให้พืชดูดธาตุพวกจุลธาตุเช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ได้น้อยลง (ดิเรก ทองอร่าม. 2550) ค่า pH ของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้น้ำควรมีค่าเป็นกลางๆ อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551) ในพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกามีการเจริญเติบโตดีที่ระดับค่า pH 7.0-7.5 (มัลลิกา มิตรน้อย. 2550) นอกจากนั้น วันวิสาข์ บุญเรือง (2552) ศึกษาระดับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา พบว่า อนูเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ไม่เฉพาะพรรณไม้น้ำ pH ของสารละลายยังมีผลต่อพืชชนิดอื่นด้วย Inoue *et al.* (2000) ศึกษาผลของ pH ต่ำต่อการเจริญเติบโตของเมล็ด lettuce (กะหล่ำ) พบว่าเมล็ด lettuce ที่ปลูกในสารละลายที่ pH 5.5-4.0 ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของยอดและราก แต่สารละลายที่ pH 4-4.5 มีจำนวนขนรากเป็น 7 เท่าเมื่อเทียบกับสารละลายที่ pH 5.5 และในการทดลองของArduini *et al.* (1998) ศึกษาผลของ pH ที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5-6.5 ต่อการเจริญของรากและการดูดธาตุอาหารของต้น *Pinus pinaster* พบว่า สารละลายที่มีค่า pH 3.5 ทำให้ความรากยาวลดลง สามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้น้อย และมีการสะสมโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ในรากต่ำ เมื่อ pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายแก่รากพืช ในทางกลับกันถ้า pH สูงกว่า 7 เป็นเวลาติดต่อกัน 2-3 วัน จะทำให้การดูดฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีสไม่เป็นปกติ (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544) จากการทดลองต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด ในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับ pH ทั้ง 4 ระดับ ให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น ความยาวใบที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับ pH 7±3 ($P<0.05$) แต่เนื่องจากเกณฑ์การซื้อขายของต้นอนูเบียสทั้ง 2 ชนิด จะพิจารณาจากความสูงต้นและจำนวนใบเป็นหลัก จึงสามารถปลูกต้นอนูเบียสในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับ pH 4.7-8.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษาอัตราส่วนของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (K: Ca: Mg) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ พบว่า อัตราส่วน K: Ca: Mg ทั้ง 4 อัตราส่วนซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตดีเหมือนกัน ($P>0.05$)

6.2 การศึกษารูปแบบของธาตุเหล็กที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ พบว่า ธาตุเหล็กทั้ง 5 รูปแบบ ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ดี ($P>0.05$) และรูปแบบเหล็ก Fe-EDDHA ทำให้มีความยาวใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟเปลี่ยนแปลงไปดีที่สุด ($P<0.05$)

6.3 การศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ พบว่า ระดับความเป็นกรด- ด่างที่ (pH) 7±0.3 ทำให้ความยาวใบของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปดีที่สุด ($P<0.05$) และระดับความเป็นกรด- ด่างที่เหมาะสมของต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟอยู่ในช่วงระหว่าง pH 4.7-8.08 ซึ่งให้การเจริญเติบโตดี ($P>0.05$)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของธาตุอาหารและความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบปลูกพืชไร้ดิน บางครั้งมีปัญหาในระหว่างการทดลอง เนื่องจากความชื้นในโรงเรือน ความชื้นส่งผลทำให้เกิดปลายใบของพืชไหม้ ควรจะมีการศึกษาเรื่องปริมาณความชื้นในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2550. ข้อมูลพรรณไม้น้ำส่งออก. เอกสารโรเนียว

จักรพันธ์ ไพรดี. 2550. "ผลของรูปแบบธาตุเหล็กต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำรากดำใบยาว" ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. **เอกสารประกอบการบรรยายในการอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดิเรก ทองอร่าม. 2550. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน:หลักการจัดการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตรและสหกร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทิพาภรณ์ เต็มพร้อม. 2550. "ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส." ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มัลลิกา มิตรน้อย. 2550. "การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา (*Echinodorus africanus* K. Ratag) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DEEP FLOW TECHNIQUE." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มนูญ ศิรินุพงศ์ อมรรัตน์ หาญสุราษฎร์ และ สุจริต ส่วนไพโรจน์. 2551. เหล็กคีเลตสังเคราะห์ต่อการเจริญเติบโตของต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลาย. **วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร**. 39: 404-407.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วิไลวรรณ เหมศิริ, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม. 2548. "ผลของความเข้มแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้." หน้า 294-301. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. สาขาประมง. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

ยุทธนา เกียรติธร. 2547. "ผลของสารละลายธาตุอาหารและระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae)." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** ภาคปฐพีวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 หน้า.

วันวิสาข์ บุญเรือง. 2552. "การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาในระบบปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วนาวรรณ จันทร์หนูหงส์. 2539. **พรรณไม้น้ำในตู้กระจก.** กรุงเทพ: เจเนรัลบุคส์. 94 หน้า

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และสุภาพ พรหมยศ. 2535. **พรรณไม้น้ำประดับตู้ปลา.** สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. **พรรณไม้น้ำสวยงาม.** กรุงเทพฯ : กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล.** กรุงเทพ : วี.บี. บุ๊คเซ็นเตอร์. 388 หน้า

เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551. **ร้อยพรรณพฤกษา พรรณไม้น้ำ.** กรุงเทพ : เศรษฐศิลป์.

สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. **คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำ-ปลาสวยงาม.** นนทบุรี : นีออนบุ๊คมีเดีย.130 หน้า

สมเกียรติ สีสนอง ให้สัมภาษณ์, 21 เมษายน 2556. สุรภี ประชุมพล ผู้สัมภาษณ์. **ลักษณะของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟที่ตลาดต้องการ.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 4.** กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Anonymous. 2011a. **The Tropical Fish Shop.** [Online]. Available :http:// www. Thetropicalfish-shop.co.uk/fish_details.

Anonymous. 2011. **Deep Flow Technique.** [Online]. Available http://webhost.wu.ac.th/msomsak/soilless/Chapter03/Hydroponics.

Anonymous. 2011. **Floating System per Una nutrizione Migliore.** [Online]. Available : http://www.giardinaggioindoor.it/2009/04/27/floating-system-per-una-nutrizione-migliore/.

Anonymous.2012. **NFT Hydroponics Nutrient Film Technique.** [Online]. Available : http://www.container-gardening-for-you.com/nft-hydroponics.html.

Arduini, L., Kettner, C., Godbold, D. L., Onnis, A. and Stefani, A. 1998. "pH influence on root growth and nutrient uptake of *Pinus pinaster* seedlings." **Chemosphere.** 36 : 733-738.

Avramaki, E., Chatzissavvidis, C. and Papadakis, I. 2006. "Effects of different iron sources on mineral concentration in gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) plants." **Journal of Biological Research.** 6: 227 – 230.

Christ, R. A. 1974. "Iron requirement and iron uptake from various iron compounds by different plantspecies." **Plant Physiology.** 54: 582-585.

Clemems, D. F., Whitehurst, B. M. and Whitehurst, G. B. 1990. "Chelates in agrilture" **Fertilizer Research.** 25: 127-131

Da Rijck, G and Schrevens, E. 1998. "Cation speciation in nutrient solution as a fuction of pH." **Journal of Plant Nutriention.** 21(5):861-870.

Fanassca, S. Colla,G. Maiani,G. Venneria, E. Rouphael,Y. Azzini, E. and Saccardo, F. 2006. "Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 54(12) : 4319-4325.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Han, E.T. 2002. **The Aquarium Plant Handbook**. Singpore: Oriental Aquarium (s) Pte Ltd.

Hiscock, P. 2003. **Encyclopedia of Aquarium Plants**. New York: Inter Publishing.

Inoue, Y., Yamaoka, K., Kimura, K., Sawai, K. and Arai, T. 2000. "Effects of low pH on the induction of root hair formation in young Lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) seedings." **Journal of Plant Research.** 113:39-44.

Jordan-Meille, L. and Pellerin, S. 2008. "Shoot and root growth of hydroponic maize (*Zea mays L.*)as influenced by K deficiency." **Plant Soil.** 304:157–168.

Laohavisuti, N. and Seesanong, S. 2007. "Iron nutrition of hydroponics aquatic plant culture (*Echinodorus martii*) supplied with different systhetic." **International Conference on Engineering Applied Sciences and Technology**. p. 46.

Lucena, J. J. Garate, A. and Carpena, O. 1988. "Lolium multiflorum uptake of iron supplied as different synthetic chelates" **Plant and Soil.** 112:23-28.

Lucena, J. J. Garate, A . Ramon, A. M. and Mazanaves, M. 1990. "Iron nutrition of a hydroponic strawberry culture (*Fragaria resca* L.*)* supplied with different Fe chelates." **Plant and Soil.** 123:9-15.

Lorenzen, B., Brix, V., Mendelssohn, I. A., McKee, K. L. and Miao. S. L. 2001. "Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* as affected by phosphorus and oxygen availability." **Aquatic Botany**. 70 : 117–133.

Muhlberg, H. 1982. **The Complete Guide to Water Plants**. London: EP Publishing Limited.

Rataj, K. and Horeman, J. 1997. **Aquarium Plants: Their Identification, Cultivation and Ecology**. T.F.H publication, Inc.Ltd. 448 pp.

Roorda van Eysinga, J. P. N. L. and Smild, K. W. 2009. **Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers and Lettuce.** Centre for Agricultural Publshing and Documentation. 130 pp.

Savvas, D. and Gizas, G. 2002. "Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios." **Scientia Horticulturae.** 96 : 267-280.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stodola, J. 1967. **Encyclopedia of Water Plants**. T.F.H publication, Inc.Ltd. 378 pp.

Stodola, J. 1987. **Windel's Tropica Catalogue Aquarium Plants a Complete Introduction.** T.F.H publication, Inc.Ltd. 127 pp.

Torre, S. Fjeld, T. and Gislerød, G. 2000. "Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses." **Scientia Horticulturae.** 90 : 291-304

Ylivainio, K., Jaakkola, A. and Aksela, R. 2004. "Effects of Fe compounds on nutrient uptake by plants grown in sand media with different pH." **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. 167: 602-608.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

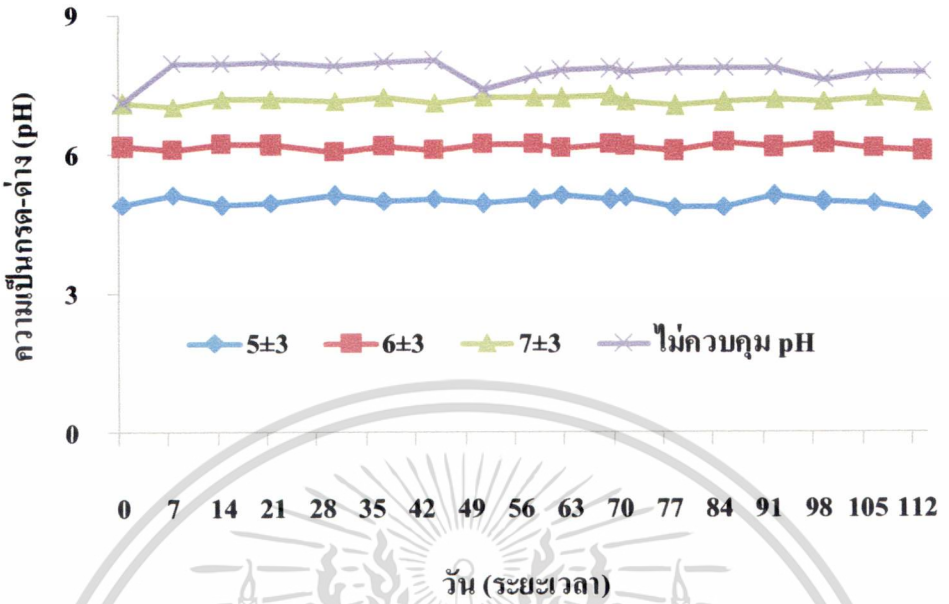
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารในการทดลองที่ 3 ในชุดที่ไม่มีการปรับ pH

วันที่	ชุดการทดลองไม่ปรับ pH สารละลาย			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 4
0	7.25	6.90	6.98	7.31
7	7.86	7.90	8.08	7.93
14	7.94	8.04	8.08	7.79
21	7.90	7.97	8.02	8.07
30	7.90	7.93	7.93	7.84
37	7.98	8.05	7.96	7.93
44	7.97	8.02	8.02	8.03
51	7.30	7.47	7.39	7.48
58	7.61	7.74	7.70	7.77
62	7.75	7.84	7.80	7.81
71	7.69	7.85	7.94	7.92
78	7.60	7.85	7.80	7.85
85	7.85	7.90	7.83	7.93
92	7.77	7.93	7.79	7.94
99	7.94	7.93	7.78	7.83
106	7.55	7.69	7.54	7.67
113	7.75	7.70	7.79	7.79
max	7.98	8.05	8.08	8.07
min	7.25	6.90	6.98	7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ย pH ของสารละลายธาตุอาหารในการทดลองที่ 3 ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงต้นอนูเบียสบาร์เทอรี่และอนูเบียสบาร์เทอรี่บรอดลีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวสุรภี ประชุมพล
วัน เดือน ปีเกิด	8 มีนาคม 2529 ที่จังหวัดตราด
ที่อยู่	62 หมู่ 1 ต.เทพนิมิต อ.เขาสมิง จ.ตราด 23150
ประวัติการศึกษา	2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์การประมง) ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้