รายงานการวิจัย

เรื่อง

การขยายพันธุ์และการผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มอนูเบียส *Anubias sp.* แบบไร้ดินเพื่อการส่งออก

Propagation and production of aquarium plant *Anubias sp.* in hydroponics systems for export

โดย

รศ. ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ผศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช

RCH
QK
102
ท๖๓๑๗

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 116886
วันที่ 16 ธ.ค. 2554

หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b.12329969
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย การขยายพันธุ์และการผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มอนูเบียส *Anubias sp.* แบบไร้ดินเพื่อการส่งออก

Propagation and production of aquarium plant *Anubias sp.* in hydroponics systems for export

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดิน **ประจำปี** 2551

จำนวนเงิน 200,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย เดือนตุลาคม 2550 – เดือนกันยายน 2551

หน่วยงานและผู้ดำเนินการการวิจัย รศ.ดร.นางนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ **E-mail**:klnongnu@kmitl.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทร. 0-2329-8517 โทรสาร 0-2329-8517

การขยายพันธุ์และการผลิตพรรณไม้น้ำกลุ่มอนูเบียส *Anubias sp.* แบบไร้ดินเพื่อการส่งออก

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการขยายพันธุ์และการผลิตพรรณไม้น้ำพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาโดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนและใบใหม่ โดยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียสนานา ในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมกัน คือ Naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0,0.3, 0.6 และ 0.9กรัมต่อลิตร ร่วมกับ และ n_6-isopentyl adenine (2iP) ความเข้มข้น 0.0, 1.0, 3.0 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม NAA 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2iP 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนและความสูงต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีจำนวนต้นอ่อนที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 2.50$\pm$0.50 ต้น และความสูงต้นเฉลี่ย 27.49$\pm$2.12 มิลลิเมตร จากนั้นนำพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูกในระบบการปลูกไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ทำให้อนูเบียสนานามีการเจริญเติบโตดีที่สุด (P<0.05)โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 25.93±0.90 ใบต่อต้น ความสูงของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.05±0.20 เซนติเมตร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.44±0.82 กรัมต่อถ้วยปลูก ความหนาใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.787±0.052 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 ต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาที่ปลูกในระบบการปลูกไร้ดินแบบ DFTในสารละลายธาตุอาหารมีค่าการนำไฟฟ้า 1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อนูเบียสนานามีแนวโน้มเจริญเติบโตดีที่สุด ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด เป็นด่าง 6.5-7.0 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5-6.0 และ 7.5-8.0

คำสำคัญ: พรรณไม้น้ำอนูเบียสนานา, ค่าการนำไฟฟ้า, การปลูกพืชแบบไร้ดิน

Propagation and production of aquarium plant *Anubias sp.*

in hydroponics systems for export

Nongnuch Laohavisuti and Uscharee Ruangdej

Abstract

Study on the propagation of aquatic plant, *Anubias nana* was conducted. Three experiments were designed, firstly to determine the optimum concentration of growth regulators. The sterile tissue was cultured using the combination of naphthalene acetic acid (NAA) at 0, 0.3, 0.6, 0.9 mg/L and n_6-isopentyl adenine (2iP) at 0.0, 1.5, 3.0, 6 mg/L supplemented in MS (Murashige and Skoog, 1962) liquid medium. After 6 weeks, it was found that the MS liquid medium containing NAA 0 mg/L and 2iP 3.0 mg/L increased that number of plantlet and plant height significantly (P<0.05) The average number of plantlet and plant height were 2.50±0.50 plantlet and 27.49±2.12 mm., respectively. The second experiment was conducted under hydroponics system (Deep Flow Technique; DFT) for 16 weeks. The experiment aimed to evaluate the optimal nutrient concentration (expressed as EC, electrical conductivity value) on growth performance of *Anubias nana*. There were 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 mS/cm. The final harvested of *Anubias nana* cultured with EC at 1.5 mS/cm gave significant better growth rate than other treatments (P<0.05), which had the leaves number of 25.93±0.90 leaves/plant, plant height of 10.05±0.20 cm./plant, gained weight of 9.44±0.82 grams/plant and leaf thickness of 0.787±0.052 mm. The third experiment was carried out to determine the optimum pH condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

on growth performance. The different studied pH levels were 5.5-6.0, 6.5-7.0 and 7.5-8.0 for 16 weeks in which all treatment were applied with the same nutrient solution of EC at 1.5 mS/cm. The result showed that the growth was highest at pH 6.5-7.0 than other treatments. However, there were no statistically significant differences among treatments (P>0.05).

Keywords: *Anubias nana*, Electrical conductivity (EC), Hydroponics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 คำนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	9
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	12
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	30
เอกสารอ้างอิง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ความสูงต้นอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	12
4.2	จำนวนต้นอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้น ต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	14
4.3	จำนวนใบอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	15
4.4	จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	17
4.5	ความสูงต้นเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	18
4.6	จำนวนใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	19
4.7	ความกว้างใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	19
4.8	ความยาวใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	20
4.9	น้ำหนักเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	21
4.10	ความหนาใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	22
4.11	จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	24
4.12	ความสูงต้นเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	25
4.13	จำนวนใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	25
4.14	ความกว้างใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	26
4.15	ความยาวใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	26
4.16	น้ำหนักเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	27
4.17	ความหนาใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	พรรณไม้น้ำอนูเบียสนานา (*Anubias nana*)	3
4.1	ความสูงต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	13
4.2	จำนวนต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	14
4.3	จำนวนใบต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์	15
4.4	การเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน	22
4.5	การเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

พรรณไม้น้ำสวยงามเป็นกลุ่มพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่ทำรายได้มาสู่ประเทศไทยได้ปีหนึ่งๆ มีมูลค่านับหลายร้อยล้าน และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ โดยนำมาประดับตกแต่งในตู้กระจกคล้ายการจัดสวนพรรณไม้น้ำที่มีความงดงามอย่างเป็นธรรมชาติ พรรณไม้น้ำนอกจากจะมีรูปทรงและมีสีสันหลากหลายสวยงามแล้ว ยังมีประโยชน์ต่อคุณภาพน้ำ และคุณภาพชีวิตของปลาในตู้ ชนิดที่ได้รับความนิยมคือพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส เป็นพรรณไม้น้ำอยู่ในวงศ์ Araceae มีใบหนารูปไข่สีเขียวเข้ม แตกออกจากโคนต้น ดอกขนาดเล็กไม่มีก้านดอก ออกรวมกันเป็นช่อแบบสแปดิก (spadix) ลักษณะคล้ายดอกหน้าวัวคือเป็นดอกเล็กๆ จำนวนมากรวมกลุ่มกันแน่น มีสีน้ำตาลหรือสีขาว ลำต้นเตี้ยสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่ดูแลรักษาง่าย นิยมปลูกด้านหน้าของตู้ สามารถอยู่ใต้น้ำได้ยาวนาน จากลักษณะเด่นดังกล่าวจึงทำให้ต้นอนูเบียสเป็นที่นิยมของตลาดมาก มีมูลค่าในการส่งออกสูง แต่มีข้อจำกัดคือเจริญเติบโตช้า (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543) วิธีการขยายพันธุ์แบบดั้งเดิม เช่น การแยกหน่อตัดแบ่งไรโซม หรือปลูกแบบครึ่งบกครึ่งน้ำ ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เป็นผลให้ผู้ผลิตไม่สามารถเพิ่มผลผลิตออกมาให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทั้งที่สามารถปลูกขยายพันธุ์ได้ในสภาพภูมิอากาศของเมืองไทย (สุกัญญา, 2548)

การศึกษาวิธีการเพาะขยายพันธุ์เพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้ได้ปริมาณควบคู่กับคุณภาพเป็นที่ทราบดีว่าเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถช่วยเพิ่มจำนวนต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพ แข็งแรง ปราศจากเชื้อโรค แต่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยอาหารสูตรพื้นฐานเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มจำนวนต้นได้ จึงต้องมีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินร่วมกับกลุ่มออกซินที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดในการชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้อย่างรวดเร็ว ตลอดจนสามารถนำต้นพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการ ออกปลูกทดสอบในโรงเรือนเพื่อเพิ่มผลผลิตและได้ขนาดตามมาตรฐานการส่งออก สามารถปลูกได้ทั้งโรงเรือนแบบปิด (green house) และแบบเปิด ส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำที่ปลูกแบบครึ่งบกครึ่งน้ำในแปลงเลี้ยงแบบเปิด มักจะมีปัญหาจากเชื้อราและแมลงกัดกินใบ ก่อให้เกิดความเสียหาย (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543) ปัจจุบันการปลูกพรรณไม้น้ำเพื่อการค้านิยมเพาะเลี้ยงกันในโรงเรือนแบบปิด โดยใช้วิธีการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำได้โดยตรงและอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ทำให้พรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูงกว่าการปลูกแบบทั่วๆ ไป กล่าวคือสามารถป้องกันปัญหาศัตรูพืชที่เกิดจากดิน รวมทั้งควบคุมสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำได้ (อิทธิสุนทร, 2538) เช่น สูตรสารละลายธาตุอาหาร และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่พรรณไม้น้ำแต่ละชนิด ซึ่งจะแสดงในรูปของค่าการนำไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(electrical conductivity; EC) ถ้าค่า EC สูงหมายความว่ามีธาตุอาหารต่างๆ ละลายอยู่มาก ถ้าค่า EC ต่ำแสดงว่ามีธาตุอาหารต่างๆ ละลายอยู่น้อย นอกจากนี้เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้สารอาหารได้ดีจึงต้องมีการควบคุมค่า pH เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ รากพืชจะดูดนำไปใช้ประโยชน์มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับค่า pH ที่แตกต่างกัน (ดิเรก, 2548)

ดังนั้นการศึกษาอัตราส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโต Naphthalene acetic acid (NAA) และ n_6-isopentyl adenine (2iP) ที่เหมาะสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รวมถึงค่า EC และค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร จึงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรศึกษาเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาในระบบการปลูกแบบไร้ดิน นำไปสู่แนวทางการเพิ่มศักยภาพในการผลิตให้ประสบผลสำเร็จอย่างแท้จริง

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ 2iP ที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียส

1.1.2 เพื่อศึกษาระดับของค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสในระบบการปลูกแบบไร้ดิน

1.1.3 เพื่อศึกษาระดับของค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสในระบบการปลูกแบบไร้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 พรรณไม้น้ำอนูเบียสนานา

อนูเบียสนานา มีชื่อสามัญว่า dwarf anubias และชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anubias nana* (ภาพที่ 2.1) เป็นพรรณไม้น้ำสวยงามอยู่ในวงศ์ Araceae ถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันตก แพร่กระจายอยู่ตามบริเวณทุ่ง Savana ตลอดริมแม่น้ำสายหลัก ในธรรมชาติอนูเบียสชอบขึ้นอยู่บริเวณที่ร่ม มีความชื้นสูง สามารถเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำได้นาน ทำให้อนูเบียสได้รับความนิยมนำมาประดับตู้ปลาขนาดเล็ก (Unnikrishnan, 2002) อนูเบียสนานามีลักษณะเด่นคือ ต้นเตี้ยสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร ลำต้นเป็นไรโซม (rhizomes) ใต้ดิน ก้านใบแตกออกจากโคนต้นคล้ายทรงพุ่ม ดอกมีขนาดเล็กเป็นช่อแบบสแปดิกคล้ายดอกหน้าวัว เป็นสีขาวหรือน้ำตาล มีใบหนารูปไข่สีเขียวเข้ม เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส มีแสงสลัว และค่า pH 5.5-8.0 การขยายพันธุ์จะใช้วิธีแยกหน่อตัดแบ่งไรโซมซึ่งใช้เวลานานมาก ในแต่ละปีจะเกิดใบใหม่ขึ้นเพียง 8-10ใบ (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543)

ภาพที่ 2.1 พรรณไม้น้ำอนูเบียสนานา (*Anubias nana*)

2.2 หลักการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ

เป็นวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ นำชิ้นส่วนของต้นพันธุ์พรรณไม้น้ำ เช่น ชิ้นส่วนยอด ปลายยอด ตาข้าง ใบ ดอก ผล เมล็ด ข้อ ราก เป็นต้น หรือเซลล์เพียงเซลล์เดียวจากใบ และเซลล์ที่ปราศจากผนังเซลล์ที่เรียกว่า โปรโตพลาสต์ มาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยอาหารที่เตรียมในห้องทดลอง ประกอบด้วย แร่ธาตุ น้ำตาล วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยมีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และแสง ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพรรณไม้น้ำ ชิ้นเนื้อเยื่อจะเจริญพัฒนาเกิดเป็นต้นใหม่ได้มากมาย ทำให้สามารถผลิตต้นอ่อนปลอดเชื้อได้ในเชิงปริมาณ ได้ต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณมาก โดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการเพาะขยายพันธุ์ด้วยวิธีอื่น ผลผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอ และคงเอกลักษณ์ของสายพันธุ์เดิม เนื่องจากเป็นการขยายพันธุ์โดยใช้เซลล์ร่างกาย ทำให้มีสารพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ (วันเพ็ญ, 2546)

2.3 สารควบคุมการเจริญเติบโต (plant growth regulator)

สารควบคุมการเจริญเติบโตหรือฮอร์โมน เป็นชื่อรวมที่เรียกสารทั้งสารที่เกิดจากธรรมชาติและสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาที่มีอิทธิพลต่อการเจริญและการเติบโตของพืช ถ้าเป็นสารอินทรีย์ที่พบในธรรมชาติ ซึ่งพืชสร้างขึ้นมาเองจะเรียกว่าฮอร์โมน สารเหล่านี้พืชจะสร้างขึ้นมาจากอวัยวะแห่งหนึ่งซึ่งเป็นคนละแห่งกับบริเวณที่มันทำงาน และการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนจะมีฮอร์โมนในปริมาณที่น้อยมาก (ศิวพงศ์, 2546) ปัจจุบันคำว่าฮอร์โมนมักใช้แทนสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาซึ่งมีอิทธิพลเหมือนกับฮอร์โมนด้วย ในการเพาะเลี้ยงเนื้อพืชฮอร์โมนที่นิยมใช้กันมากมี 2 กลุ่ม ดังนี้

2.3.1 กลุ่มออกซิน (auxins)

ออกซินที่พบในธรรมชาติเป็นสารที่พืชสังเคราะห์จากส่วนเนื้อเยื่อเจริญ ใบอ่อน ดอก ผล ปลายราก ซึ่งออกซินจะถูกทำลายโดยแสงหรืออาจถูกทำลายโดยเอนไซม์ได้ สำหรับออกซินที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำสวยงาม แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.3.1.1 กลุ่มที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ indole-3-acetic acid (IAA) มีคุณสมบัติที่ถูกทำลายโดยแสงและเอนไซม์ ซึ่งออกซิน IAA พบได้สูงในเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยง ฉะนั้น ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงควรใช้ออกซิน IAA ความเข้มข้นสูงประมาณ 1-30 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.1.2 กลุ่มที่มาจากการสังเคราะห์ ได้แก่ napthalene acetic acid (NAA), indole-3-butyric acid (IBA) และ 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) ออกซินที่ได้จากการสังเคราะห์จะไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ ฉะนั้น ปริมาณออกซินที่ได้จากการสังเคราะห์จึงใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าออกซินที่ได้จากธรรมชาติ มีฤทธิ์ค่อนข้างแรงด้วย ปริมาณเหมาะสมที่ควรใช้คือ ประมาณ 0.001-10 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุกัญญา, 2548)

ออกซินทำหน้าที่ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ ทำให้ส่วนของพืชมีการเจริญเติบโตยืดยาวขึ้น ออกซินมีผลต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ กระตุ้นการเจริญเติบโตของผล การออกดอกและการติดผลของพืชบางชนิด ยังยั้งการเจริญเติบโตของตาข้าง และเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของพืชอีกมาก (สมบุญ, 2538)

2.3.2 กลุ่มไซโตไคนิน (cytokinins)

เป็นควบคุมการเจริญเติบโตที่กระตุ้นการเกิดยอดเมื่อใช้ร่วมกันกับออกซินในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะส่งผลให้เกิดการแบ่งเซลล์และเจริญพัฒนาเกิดเป็นลำต้น ไซโตไคนินที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.3.2.1 กลุ่มที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ n_6-isopentyl adenine (2iP) และ zeatin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 กลุ่มที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ thidiazuron (TDZ) 6-benzylaminopurine (BAP) n_6-benzyladenine (BA) และ kinetin (สุกัญญา, 2548)

ไซโตไคนินทำหน้าที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ การเจริญของกิ่งใบและลำต้น ส่งเสริมการเจริญของตาข้าง ช่วยชะลอการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ทำให้ใบมีอายุยาวขึ้น ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ หากในรากปริมาณไซโตไคนินที่มากเกินไปมีผลยับยั้ง การยืดยาวของเซลล์ได้ (สมบุญ, 2538) ไซโตไคนินที่นิยมใช้มากที่สุดกลุ่มที่ได้จากการสังเคราะห์ n_6-isopentyl adenine (2iP) ส่วน n_6-benzyladenine (BA) นิยมใช้มากโดยเฉพาะเพื่อแก้ไข apical dominance ของหน่อข้างและในการเพิ่มจำนวนยอด (รังสฤษดิ์, 2540)

สิ่งที่สำคัญคือสมดุลของออกซินและไซโตไคนินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพัฒนาของเซลล์ ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดจำเป็นต่อการเจริญเติบโตหรือการกำเนิดอวัยวะของเซลล์ที่เลี้ยง กล่าวคือชนิดของการพัฒนา ได้แก่ การเกิดเป็นแคลลัส ราก หรือยอด ถูกกำหนดโดยปริมาณความสัมพันธ์ของฮอร์โมนทั้งคู่ โดยทั่วไปถ้าสัดส่วนของออกซินต่อไซโตไคนินสูง (ออกซิน>ไซโตไคนิน) เซลล์จะพัฒนาไปเป็นราก ถ้าสัดส่วนนี้ต่ำ (ออกซิน<ไซโตไคนิน) จะพัฒนาไปเป็นยอดหรือต้น และหากสัดส่วนนี้สมดุล (ออกซิน=ไซโตไคนิน) จะพัฒนาไปเป็นแคลลัสต่อไป (Murashige, 1974) ทั้งนี้ปริมาณและสัดส่วนของฮอร์โมนที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดพืช และชนิดชิ้นส่วนเริ่มต้น จากลักษณะที่กล่าวมานี้ไม่ได้หมายความว่า การเกิดตาข้าง (adventitious bud formation) หรือการส่งเสริมการแตกแขนงของกิ่งนั้นต้องมีฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดอยู่ในอาหารเสมอไป ความต้องการของฮอร์โมนภายนอกขึ้นอยู่กับระดับของฮอร์โมนที่มีอยู่ในระบบต่างๆของพืช ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดของเนื้อเยื่อพืชและช่วงระยะเวลาการเจริญของพืช ไม่ได้มีข้อกำหนดว่า การเพิ่มจำนวนต้น จำเป็นต้องมีออกซินในอาหารหรือไม่ ในพืชบางชนิดใช้เพียงไซโตไคนินเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอต่อการเพิ่มจำนวน (บุญยืน, 2544) เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำพรมมิด้วยอาหารที่เติมฮอร์โมนกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA, Kinetin, TDZ และ 2ip พบว่า BA เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มจำนวนตายอด (Tiwari *et al.*, 2001)

2.5 ระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน (hydroponics system)

การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน คือ การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้วัสดุปลูกหรือปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช (นงนุช, 2549) ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.5.1 การปลูกพรรณไม้น้ำในทรายหยาบ

เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุปลูก ซึ่งทรายหยาบมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้น้อยมาก เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ความพรุนระหว่างก้อนมาก และมีอายุการใช้งานนาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-3 มิลลิเมตร และในการปลูกจะใช้ความหนาของทรายหยาบประมาณ 15-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การปลูกพรรณไม้น้ำในสารละลายธาตุอาหารพืช

การปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชหรือการปลูกให้รากพืชสัมผัสน้ำ เป็นการปลูกโดยที่รากของพรรณไม้น้ำจะเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช

2.5.2.1 ระบบ nutrient film technique (NFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพรรณไม้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาบนรางปลูก สารอาหารธาตุอาหารพืชจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความบางประมาณ 5 มิลลิเมตร ผ่านรากพืชที่บนรางปลูกที่มีความชันของรางปลูก ระบบนี้ประกอบรางปลูกพรรณไม้น้ำขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ยาว 4-18 เซนติเมตร

2.5.2.2 ระบบ deep flow technique (DFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากของพรรณไม้น้ำในรางโดยรากพืชแช่อยู่ในน้ำสูงประมาณ 3 เซนติเมตร ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านช่องว่างภายในรางหรือท่อตลอดเวลา ระบบนี้ประกอบด้วยท่อปลูก ทำมาจากท่อ PVC สีขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-2.5 นิ้ว ยาว 4-18 เมตร และด้านบนของท่อเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำหรือใช้รางปลูกของระบบ NFT โดยติดตั้งรางปลูกอยู่ในแนวระนาบ

2.5.2.3 ระบบ floating system เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในน้ำในถาดปลูก ระบบนี้ประกอบด้วยโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ และแผ่นโฟมดังกล่าวนี้ลอยอยู่ในถาดปลูกที่ใส่สารละลายธาตุอาหารพืช

2.6 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

2.6.1 ปัจจัยด้านพันธุกรรม

พันธุกรรมจัดเป็นปัจจัยของพืชเอง เพราะเกี่ยวข้องกับเรื่องของยีน เพราะยีนจะเป็นตัวถ่ายทอดพันธุกรรม เนื่องจากเป็นตัวควบคุมคุณลักษณะและลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของพ่อและแม่ไปสู่ลูกหลาน ควบคุมปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยการควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์และกำหนดโครงสร้างของโปรตีนภายในเซลล์พืชซึ่งความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดพันธุกรรมนี้สามารถนำมาใช้ปรับปรุงพันธุ์พืชได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการควบคุมของยีนอาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ดังนั้นทั้งยีนและสภาพแวดล้อมจึงมีผลต่อพันธุกรรมของพืช (ดิเรก, 2548)

2.6.2 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

2.6.2.1 ธาตุอาหาร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ธาตุอาหารหลัก ซึ่งพรรณไม้น้ำต้องการปริมาณมากในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โปตัสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) กัมมะถัน (S) และแคลเซียม (Ca) ธาตุอาหารหลักที่สำคัญคือ ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งให้ใบลำต้น เจริญได้ดี ส่วนธาตุอาหารรอง พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อยและขาดธาตุอาหารเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดินัม (Mo) และโบรอน (B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญคือ เหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ (นงนุช, 2549) นับได้ว่าธาตุอาหารพืชเป็นหัวใจของการปลูก เพราะถ้าพืชไม่ได้รับธาตุอาหารก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ไปตามปกติ ปัจจุบันมีการคิดค้นสูตรอาหารสำหรับการปลูกแบบไร้ดินมากมายหลายสูตร แต่การเลือกใช้สูตรใด นอกจากขึ้นอยู่กับฤดู แสง อุณหภูมิ สถานที่ปลูก ยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วย จากการทดลองของนงนุชและคณะ (2552) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาในระบบปลูก DFT ด้วยสูตรสารละลายธาตุอาหาร 4 สูตร คือ สูตร Netherlands (1:0.50:1.82) สูตร Australia (1:0.41:0.85) สูตร KMITL2 (1:0.50:1.47) และสูตร Belgium (1:0.55: 2.01) พบว่าพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

2.6.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ซึ่งแสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ถ้า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูงคือมีธาตุต่างๆ ละลายอยู่มาก ค่า EC ที่ใช้ในการปลูกพืชแบบไร้ดินจะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปค่า EC ที่เหมาะสมสำหรับปลูกพรรณไม้น้ำมีค่าเท่ากับ 0.5-1.5 mS/cm ขึ้นอยู่กับชนิดพืช (นงนุช, 2549) การทดลองของยุทธนา(2547) ปลูกพรรณไม้น้ำใบพายเขาใหญ่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 0.5-2.0 mS/cm พบว่า ค่า EC 1.0 mS/cm ทำให้ต้นใบพายเขาใหญ่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด เช่นเดียวกับมัลลิกา(2550) รายงานว่าค่า EC 2.0 mS/cm ทำให้ต้นอเมซอนแอฟริกามีการเจริญเติบโตดีที่สุด นอกจากนี้ 1.0 mS/cm เหมาะสำหรับต้นรากดำใบยาว (มณีรัตน์และนงนุช, 2549)และต้นไส้ปลาไหล 0.75 mS/cm (สุรสิทธิ์, 2552)

2.6.2.3 ค่า pH เป็นค่าบอกความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหาร มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช จะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์มากที่สุด สำหรับการปลูกแบบไร้ดิน (อิทธิสุนทร, 2545) ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับปลูกพรรณไม้น้ำคือ 6.5-7.4 (วันเพ็ญและกาญจนรี, 2543) พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกามีการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.0-7.5 (มัลลิกา, 2550)

2.6.2.4 อุณหภูมิ มีผลต่ออัตราการเผาผลาญอาหารพืช (metabolism) ถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงอัตราการเผาผลาญอาหารจะเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดสามารถปรับตัวได้ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส (วันเพ็ญและกาญจนรี, 2543)

2.6.2.5 ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำหยุดชะงัก และทำให้พรรณไม้น้ำเหี่ยวเฉาได้ ปริมาณความชื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มความชื้นภายในระบบปลูกพรรณไม้น้ำ ทำโดยการสเปรย์น้ำทุกๆ 15-20 นาที ครั้งละ 10-15 นาที (นงนุช, 2549)

2.6.2.6 แสง เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้น้ำ เพื่อสร้างอาหารของพรรณไม้น้ำ โดยมีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของพรรณไม้น้ำเป็นอย่างมาก (สุชาดา, 2530) นอกจากนี้ปริมาณความเข้มแสงยังมีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ถ้าแหล่งน้ำนั้นได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ พรรณไม้น้ำจะใช้ออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงอย่างเพียงพอเช่นกัน ส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำต้องการความเข้มแสงประมาณ 3,000-7,500 ลักซ์ ซึ่งเป็นช่วงความเข้มแสงค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผัก (นงนุช, 2549) สำหรับพรรณไม้น้ำที่เลี้ยงไว้ในตู้แต่ละชนิดต้องการปริมาณหรือความเข้มแสงที่แตกต่างกัน เช่น พรรณไม้น้ำกลุ่มมอส และพืชชายน้ำ เช่น โลบิเลีย เจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ส่วนพืชใต้น้ำ เช่น สาหร่ายคาบอมบา เจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ (มณีรัตน์และคณะ, 2548)

2.6.2.7 ปริมาณก๊าซ ก๊าซที่สำคัญคือออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเพื่อช่วยในการหายใจในตอนกลางคืนหรือขณะที่ไม่มีแสงสว่างเมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่มีพรรณไม้น้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงเป็นสำคัญ ออกซิเจนควรจะมีค่ามากกว่า 5 mg/L ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซับธาตุอาหารของราก (นงนุช, 2549) ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะถูกใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำคือ 5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร (วันเพ็ญและกาญจนรี, 2543) แต่พรรณไม้น้ำที่อยู่ใต้น้ำจะมีข้อจำกัดในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงควรเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในตู้ที่เลี้ยง เพื่อให้พรรณไม้น้ำดำรงชีวิตอยู่ได้ดีในตู้ พรรณไม้น้ำที่เลี้ยงไว้ในตู้แต่ละชนิดต้องการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน เช่น พรรณไม้น้ำกลุ่มมอส เจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 mg/L และพืชใต้น้ำ เช่นสาหร่ายคาบอมบา เจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 mg/L ส่วนพืชชายน้ำ เช่น โลบิเลีย เจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 mg/L (มณีรัตน์และคณะ, 2548)

2.6.2.8 วัสดุปลูก หน้าที่ของวัสดุปลูก คือ เป็นที่อยู่ของรากพรรณไม้น้ำ วัสดุปลูกต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เช่น ไม่ทรุดตัวง่าย อุ้มน้ำได้ดี และไม่เป็นแหล่งสะสมโรค สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ วัสดุที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำ ได้แก่ ทรายหยาบ รองลงมาคือ ใยหิน (rock wool) เพอร์ไลท์ และฟองน้ำ ตามลำดับ (นงนุช, 2549) จากการทดลองของมณีรัตน์และคณะ (2540) ปลูกต้นดาวกระจายด้วยวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ ทรายหยาบขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร กรวดเล็กขนาด 1-2 มิลลิเมตร กรวดใหญ่ 3-5 มิลลิเมตร และปะการังขนาด 1-2 มิลลิเมตร พบว่า ต้นดาวกระจายมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในกรวดเล็กขนาด 1-2 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ 2iP ที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียสนานา

3.1.1 วางแผนการทดลอง

จัดชุดการทดลองแบบ 4x3 factorial in completely randomized design (CRD) โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ สารควบคุมการเจริญเติบโต NAAที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L ร่วมกับ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 1.5, 3.0 และ 6.0 mg/L ในอาหารเหลวกึ่งแข็งสูตร MS โดยออกเป็น 16 ชุดการทดลองๆ ละ10 ซ้ำ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

3.1.2 วิธีการทดลอง

3.1.1.1 ต้นอนูเบียสนานาที่ผ่านการฟอกแล้วนำมาตัดตาข้าง เพื่อปลูกบนอาหารเหลวกึ่งแข็งสูตร MS เลี้ยงในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จึงนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

3.1.1.2 นำต้นอ่อนที่ปลอดเชื้อของอนูเบียสนานาอายุ 4 สัปดาห์จากข้อ 1 มาตัดใบและราก ปลูกบนอาหารเหลวกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม NAAที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L ร่วมกับ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 1.5, 3.0 และ 6.0 mg/L ตามชุดการทดลองที่กำหนดขวดละ 1 ต้น เลี้ยงในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

3.1.3 การเก็บข้อมูล

3.1.3.1 นับจำนวนต้น และจำนวนใบ ระหว่างการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์

3.1.3.2 บันทึกจำนวนราก ความยาวราก และความสูงต้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

3.2.1 วางแผนการทดลอง

จัดชุดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารเป็นปัจจัยในการศึกษา แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับค่า EC 0.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับค่า EC 1.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับค่า EC 1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

ชุดการทดลองที่ 4 ระดับค่า EC 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วิธีการทดลอง

3.2.2.1 นำต้นอนูเบียสนานาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุประมาณ 6 สัปดาห์ จำนวน 240 ต้น แยกต้นเดี่ยวออกล้างให้สะอาด ตัดรากและใบออกบางส่วนเพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้น พันด้วย rock wool ใส่ลงถ้วยปลูกนำไปอนุบาลในกระบะที่คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นเปิดพลาสติกคลุมออกเมื่อพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

3.2.2.2 คัดเลือกต้นอนูเบียสนานาจากข้อ 1 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาใช้ทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ที่มีสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 (ตารางภาคผนวกที่ ข.1) ปรับค่า EC ตามชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ในระหว่างการทดลองจะควบคุมค่า pH 6.5-7.0 โดยใช้กรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการถ่ายสารละลายธาตุอาหารทิ้งแต่เติมน้ำให้ได้ตามที่กำหนด ปรับค่า EC ของสารละลายธาตุอาหาร ให้ได้ตามที่กำหนดทุกๆ สัปดาห์

3.2.3 การเก็บข้อมูล

3.2.3.1 บันทึกผลการทดลอง โดยชั่งน้ำหนัก วัดความหนาใบ ก่อนและสิ้นสุดการทดลอง ส่วนจำนวนต้นอ่อน จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น บันทึกก่อนและระหว่างการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยการสุ่มตัวอย่างซ้ำละ 5 ต้น

3.2.3.2 วิธีการเก็บข้อมูล

ความหนาใบ ใช้ vernier caliper วัดบริเวณที่หนาที่สุดของใบ ความกว้างใบ ใช้ไม้บรรทัดวัดบริเวณที่กว้างที่สุดของใบ ความยาวใบใช้ไม้บรรทัดวัดจากบริเวณโคนใบจนถึงปลายใบ ความสูงของต้น วัดจากบริเวณโคนต้นจนถึงปลายของใบที่ยาวที่สุด สำหรับความหนาใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ จะใช้ใบที่ 3 นับจากด้านในของต้น เป็นตัวแทนของการบันทึกผลการทดลอง

3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาในระบบการปลูกไร้ดินแบบ DFT

3.3.1 วางแผนการทดลอง

จัดชุดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารเป็นปัจจัยในการศึกษา แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับค่า pH 5.5-6.0

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับค่า pH 6.5-7.0

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับค่า pH 7.5-8.0

โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วิธีการทดลอง

3.3.2.1 นำต้นอนูเบียสนานาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุประมาณ 6 สัปดาห์ จำนวน 240 ต้น แยกต้นเดี่ยวออกล้างให้สะอาด ตัดรากและใบออกบางส่วนเพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้น พันด้วย rock wool ใส่ลงถ้วยปลูกนำไปอนุบาลในกระบะที่คลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อควบคุมความชื้น หลังจากนั้นเปิดพลาสติกคลุมออกเมื่อพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

3.3.2.2 คัดเลือกต้นอนูเบียสนานาจากข้อ 1 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาใช้ทดลองเลี้ยงในระบบ DFT ที่มีค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 2 ปรับค่า pH ตามชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น โดยใช้กรดไนตริก 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ปรับค่า pH ให้ได้ตามที่กำหนดทุกๆวัน ตลอดการทดลองไม่มีการถ่ายสารละลายธาตุอาหารทิ้งแต่เติมน้ำให้ได้ตามที่กำหนด

3.3.2.3 การเก็บข้อมูล เหมือนกับข้อ 3.2.3.2

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 นำข้อมูลจากการทดลองที่ 1 ได้แก่ จำนวนต้น จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวราก และความสูงต้นของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานามาวิเคราะห์โดยใช้ general linear model

3.4.2 นำข้อมูลจากการทดลองที่ 2 และ 3 ได้แก่ จำนวนต้น ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสด และความหนาใบของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานามาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธี duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำและโรงเรือนพรรณไม้น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อฐานรองดอกของอนูเบียสในอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต ชนิดและความเข้มข้นต่างๆ กัน

จากการทดลองส่วนฐานรองดอกของอนูเบียสที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วมาปลูกในอาหาร MS ที่มี NAA และ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L และที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 1.5, 3.0 และ 6.0 mg/L ตามลำดับ พบว่า ความสูงของต้นอนูเบียสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iPและ NAA ที่ความเข้มข้น 3.0 และ 0.0 mg/L ทำให้ต้นอนูเบียสสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.49± 2.12 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติพบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต 2iP และ NAA มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสองปัจจัย (อิทธิพลร่วมกัน) ต่อความสูงของต้นอนูเบียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ตารางที่ 4.1 ความสูงต้นอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

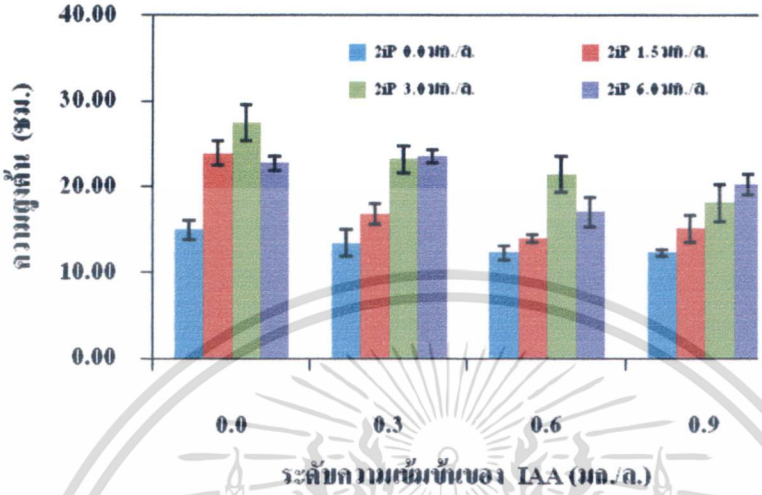
2iP (mg/L)	NAA (mg/L)				Mean±SE
	0.0	0.3	0.6	0.9	
0.0	14.99±1.12	13.43±1.56	12.27±0.83	12.29±0.34	13.24±0.67[a]
1.5	23.92±1.44	16.81±1.23	14.03±0.43	15.16±1.58	17.48±1.22[b]
3.0	27.49±2.12	23.26±1.59	21.50±2.10	18.13±2.14	22.59±1.43[c]
6.0	22.81±0.86	23.59±0.78	17.08±1.72	20.34±1.20	20.95±0.94[c]
Mean±SE	22.30±1.43[a]	19.27±1.34[b]	16.22±1.21[c]	16.48±1.14[c]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเข้มข้นของ 2iP พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ 3.0 mg/L มีผลต่อความสูงของต้นอนูเบียสสูงสุด ระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 6.0, 1.5 และ 0 mg/L ตามลำดับโดยมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นดังนี้ คือ 22.59±1.43, 20.95±0.94, 17.48±1.22และ 13.24±0.67 ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 3.0 และ 6.0 mg/L ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0.0 และ 1.5 mg/L และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ NAA ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่า NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.0 mg/L มีผลทำให้ต้นอนูเบียสสูงที่สุด เท่ากับ 22.30±1.43 มิลลิเมตร ซึ่งระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 0.3, 0.9 และ 0.6 mg/L มีค่าเท่ากับ 19.27±1.34,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.48±1.14 และ 16.22±1.21 มิลลิเมตรในชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.6 และ 0.9 mg/L ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.3 mg/L



ภาพที่ 4.1 ความสูงต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

จำนวนต้นอนูเบียสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี NAA และ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L และที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 1.5, 3.0 และ 6.0 mg/L ตามลำดับ พบว่าจำนวนต้นอนูเบียสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iPและ NAA ที่ความเข้มข้น 3.0 และ 0.0 mg/L ตามลำดับ มีจำนวนต้นอนูเบียสดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50±0.50 ต้น (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติพบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต 2iPและ NAA ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสองปัจจัย (ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน) ต่อจำนวนต้นอนูเบียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเข้มข้นของ 2iP พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ 3.0 mg/L มีผลต่อจำนวนต้นอนูเบียสมากที่สุด ระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 6.0, 1.5 และ mg/L โดยมีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ คือ 1.92±0.25, 1.21±0.23, 1.17±0.22 และ 0.75±0.22 ซึ่งชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 3.0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0.0 ,1.5 และ 6.0 mg/L ($P<0.05$) แต่ในชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.0 ,1.5 และ 6.0 mg/L ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ NAA ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันพบว่า NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.0 mg/L มีผลต่อการเกิดต้นอนูเบียสดีที่สุด เท่ากับ 1.96±0.27 ต้น ซึ่งระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L มีค่าเท่ากับ 1.13±0.19, 1.13±0.25 และ 0.83±0.22 ต้น ซึ่งชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.0 mg/L มี

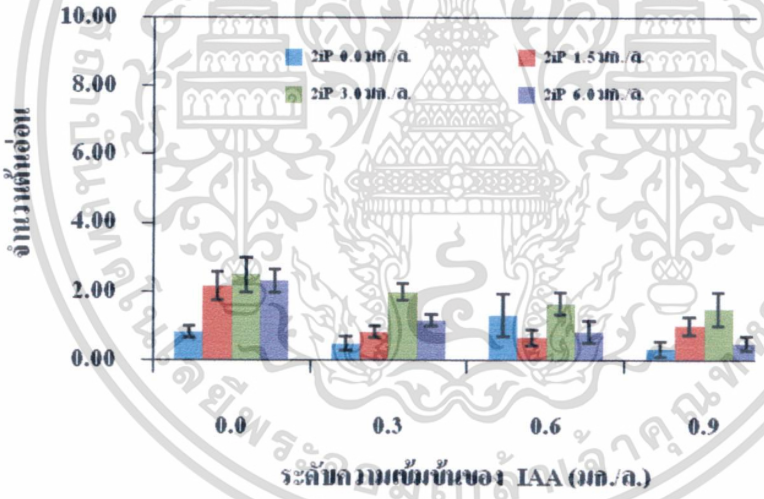
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L

ตารางที่ 4.2 จำนวนต้นอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

2iP (mg/L)	NAA (mg/L)				Mean±SE
	0.0	0.3	0.6	0.9	
0.0	0.83±0.17	0.50±0.22	1.33±0.61	0.33±0.21	0.75±0.22[a]
1.5	2.17±0.40	0.83±0.17	0.67±0.21	1.00±0.26	1.17±0.22[a]
3.0	2.50±0.50	2.00±0.26	1.67±0.33	1.50±0.50	1.92±0.25[b]
6.0	2.33±0.33	1.17±0.17	0.83±0.31	0.50±0.22	1.21±0.23[a]
Mean±SE	1.96±0.27[a]	1.13±0.19[b]	1.13±0.25[b]	0.83±0.22[b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.2 จำนวนต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

จำนวนใบต้นอนูเบียสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี NAA และ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L และที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 1.5, 3.0 และ 6.0 mg/L ตามลำดับ พบว่า จำนวนใบต้นอนูเบียสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iPและ NAA ที่ความเข้มข้น 3.0 และ 0.0 mg/L ตามลำดับ มีจำนวนใบมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67±0.6 ใบ (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3) เมื่อนำ

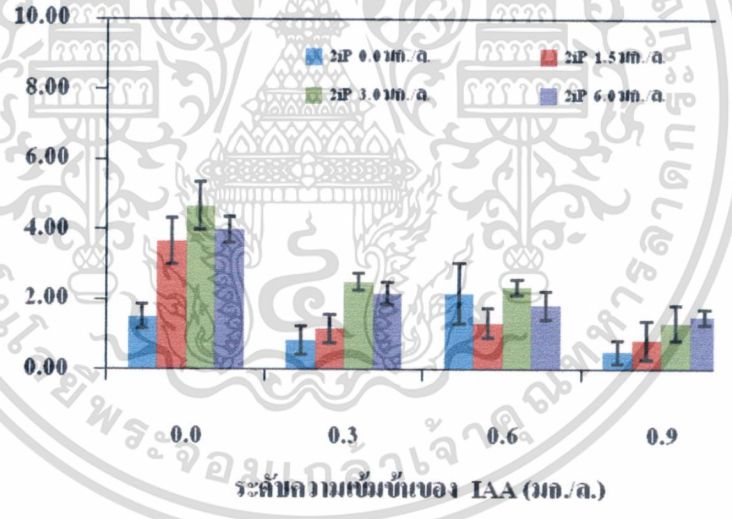
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติพบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต 2iPและ NAA ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสองปัจจัยต่อจำนวนใบอนูเบียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05)

ตารางที่ 4.3 จำนวนใบอนูเบียส ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

2iP (mg/L)	NAA (mg/L)				Mean±SE
	0.0	0.3	0.6	0.9	
0.0	1.50±0.34	0.83±0.40	2.17±0.87	0.50±0.34	1.25±0.35[a]
1.5	3.67±0.67	1.17±0.40	1.33±0.42	0.83±0.54	1.75±0.41[ac]
3.0	4.67±0.67	2.50±0.22	2.33±0.21	1.33±0.49	2.71±0.40[b]
6.0	4.00±0.37	2.17±0.31	1.83±0.40	1.50±0.22	2.38±0.31[bc]
Mean±SE	3.46±0.43[a]	1.67±0.26[b]	1.92±0.32[b]	1.04±0.26[c]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4.3 จำนวนใบต้นอนูบียสเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี 2iP และ NAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเข้มข้นของ 2iP พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ 3.0 mg/L มีผลต่อจำนวนใบอนูเบียสมากที่สุด ระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 6.0, 1.5 และ mg/L โดยมีจำนวนใบเพิ่มขึ้นตามลำดับ คือ 2.71±0.40, 2.38±0.31, 1.75±0.41 และ 1.25±0.35 ซึ่งชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 3.0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0.0 ,1.5 และ 6.0 mg/L (P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ NAA ที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นต่างๆกันพบว่า NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.0 mg/L มีผลต่อจำนวนใบของต้นอนูเบียสดีที่สุด เท่ากับ 3.46±0.43 ใบ ซึ่งระดับความเข้มข้นรองลงมาคือ 0.6, 0.3 และ 0.9 mg/L มีค่าเท่ากับ 1.92±0.32, 1.67±0.26 และ 1.04±0.26 ใบ ซึ่งชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.0 mg/L มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L

ผลของการศึกษาการเกิดต้นอ่อน และการแตกใบใหม่ของต้นอนูเบียสในอาหารสังเคราะห์ พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต 2iP และ NAA ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนและใบใหม่ในสภาพปลอดเชื้อ แต่พบว่าการเติม 2iP ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS มีผลต่อการชักนำให้เกิดชิ้นเนื้อเยื่อและพัฒนาเกิดเป็นต้นอ่อน และแตกใบใหม่ได้มากกว่าการไม่เติม โดยการใช้ 2iP ที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนและใบใหม่มากที่สุด ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้นแสดงให้เห็นว่าการเติมเพียง 2iP หรือสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน (cytokinin) เพียงอย่างเดียวเพียงพอต่อการกระตุ้นให้เกิดต้น อ่อนและใบใหม่ได้ เนื่องจากไซโตไคนินเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ทำให้ส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำ เช่น ใบ และลำต้นมีการแบ่งตัว (สมบุญ, 2538) สอดคล้องกับการทดลองของ นงนุช และคณะ (2546) ทดลองเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนปลายสุดของตายอดอเมซอนใบแดงในอาหารสูตร MS ที่เติม kinetin 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA (1-naphthaleaneacetic acid) 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าหลังจาก 4 สัปดาห์ อเมซอนใบแดงในอาหารเหลว MS ที่เติม kinetin 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียวสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับรายงานของ Sarma and Roger (2000) ทดลองเลี้ยงเมล็ดต้นกก *Juncus effuses* ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA (6-Benzyladenine), 2iP (6-isopentenyladenine) และ kinetin พบว่าสารทั้ง 3 ชนิด สามารถชักนำให้เกิดเป็นต้นอ่อนได้ แต่มีจำนวนต้นอ่อนที่เกิดขึ้นต่อเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาหารที่เติม 2iP มีจำนวนต้นอ่อนต่อเมล็ดมากที่สุด รองลงมาคือ BA และ kinetin (5.8, 3.5 และ 2.6 ต้นต่อเมล็ด) แต่แตกต่างจากการทดลองของมณีรัตน์ และวรางคณา (2549) ที่เลี้ยงไส้ปลาไหลในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA และ NAA พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชนิด มีอิทธิพลร่วมกันต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) คือการเติม BA และ NAA ร่วมกันในอาหารสังเคราะห์ มีผลชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากกว่าการเติม BA และ NAA อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน (auxin) ที่มีผลในการขยายตัวของเซลล์พืช (Skoog and Miller, 1957) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ NAA ที่สูงขึ้นทำให้จำนวนของต้นอ่อน (ตารางที่ 4.2) เช่นเดียวกับรายงานของนงนุช และคณะ (2546) พบว่าปริมาณ NAA ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินเช่นเดียวกัน ที่เพิ่มขึ้นในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนใบแดงทำให้การเกิดต้นอ่อนของเนื้อเยื่อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) เนื่องจากการใช้ออกซินในระดับความเข้มข้นสูงๆ ในพืชมักมีผลให้เกิดความเป็นพิษ ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต (พีรเดช, 2529)

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.2.1 ระดับของค่า EC ต่อจำนวนต้นของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีจำนวนต้นมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีจำนวนต้นเฉลี่ย 4.66±0.11, 4.46±0.64, 4.40±0.34 และ 3.93±0.419 ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.4 จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า	เวลา (สัปดาห์)				
(mS/cm)	0	4	8	12	16
0.5	1.00±0.00	1.00±0.00[a]	2.66±0.29	3.80±0.23	4.40±0.34
1.0	1.00±0.00	1.00±0.00[a]	2.33±0.46	3.73±0.29	4.46±0.64
1.5	1.00±0.00	1.00±0.00[a]	2.60±0.11	4.06±0.33	4.66±0.11
2.0	1.20±0.10	1.33±0.15[b]	2.46±0.48	3.13±0.46	3.93±0.41
	ns	*	ns	ns	ns

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

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
116886

4.2.2 ระดับของค่า EC ต่อความสูงต้นของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความสูงต้นมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 10.05±0.20, 9.72±0.18, 9.48±0.08 และ 8.68±0.41 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.0 และ1.5 mS/cm มีความสูงต้นเฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่า EC 2.0 mS/cm ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่มีค่า EC 0.5 mS/cm (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ความสูงต้นเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า	เวลา (สัปดาห์)				
(mS/cm)	0	4	8	12	16
0.5	4.98±0.13	5.59±0.15^{ab}	8.02±0.29^{b}	8.70±0.26	9.48±0.08^{ab}
1.0	4.71±0.14	5.71±0.16^{ab}	7.64±0.17^{ab}	9.02±0.32	9.72±0.18^{b}
1.5	4.94±0.18	6.04±0.18^{b}	8.05±0.20^{b}	9.10±0.59	10.05±0.20^{b}
2.0	4.63±0.19	5.36±0.17^{a}	7.08±0.33^{a}	8.32±0.53	8.68±0.41^{a}
	ns	*	*	ns	*

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

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.3 ระดับของค่า EC ต่อจำนวนใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 25.93±0.90, 21.13±0.17, 20.86±1.00 และ 20.66±4.04 ใบต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 0.5 และ 2.0 mS/cm มีจำนวนใบเฉลี่ยน้อยกว่าชุดการการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.0 mS/cm (ตารางที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 จำนวนใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า	เวลา (สัปดาห์)				
(mS/cm)	0	4	8	12	16
0.5	10.60±0.43	13.73±0.49	19.73±0.49	21.20±0.90[a]	20.86±1.00[a]
1.0	9.93±0.47	13.33±0.80	17.93±0.66	22.26±0.92[a]	21.13±0.17[ab]
1.5	9.60±0.43	12.60±0.57	17.65±0.57	22.60±0.87[ab]	25.93±0.90[b]
2.0	10.66±0.18	13.90±0.56	17.86±0.25	18.86±0.02[a]	20.66±4.04[a]
	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.4 ระดับของค่า EC ต่อความกว้างใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความกว้างใบมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีความกว้างใบเฉลี่ย 3.49±0.12, 3.46±0.17, 3.37±0.02 และ 3.22±0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ความกว้างใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.7 ความกว้างใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า	เวลา (สัปดาห์)				
(mS/cm)	0	4	8	12	16
0.5	1.86±0.03	1.85±0.04	2.56±0.08[ab]	2.96±0.04	3.37±0.02
1.0	1.82±0.04	1.86±0.05	2.55±0.08[ab]	3.17±0.14	3.46±0.17
1.5	1.83±0.05	1.89±0.10	2.68±0.09[b]	3.21±0.06	3.49±0.12
2.0	1.72±0.07	1.79±0.09	2.35±0.07[a]	2.90±0.11	3.22±0.10
	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ระดับของค่า EC ต่อความยาวใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความยาวใบมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีความยาวใบเฉลี่ย 5.84±0.12, 5.80±0.02, 5.60±0.09 และ 5.24±0.54 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ความยาวใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

4.2.6 ระดับของค่า EC ต่อน้ำหนักสดของอนูเบียสนานา

จากการทดลองระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 39.94±3.10, 38.90±3.02, 37.88±1.63 และ 35.91±1.20 กรัมต่อถ้วยปลูก ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.44±0.82, 8.40±1.71, 7.38±0.37 และ 5.41±0.77 กรัมต่อถ้วยปลูก ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่า EC 0.5 และ 1.0 mS/cm (P>0.05) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองที่มีค่า EC 2.0 mS/cm (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.8 ความยาวใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า	เวลา (สัปดาห์)				
(mS/cm)	0	4	8	12	16
0.5	3.16±0.06	3.14±0.07	4.16±0.12^{ab}	5.09±0.19	5.60±0.09
1.0	3.12±0.09	3.18±0.09	4.13±0.09^{ab}	5.14±0.11	5.80±0.02
1.5	3.33±0.14	3.37±0.11	4.44±0.10^{b}	5.30±0.20	5.84±0.12
2.0	3.00±0.15	3.10±0.13	3.90±0.20^{a}	4.85±0.27	5.24±0.54
	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อถ้วยปลูก)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัมต่อถ้วยปลูก)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อถ้วยปลูก)
0.5	30.50±1.66	37.88±1.63	7.38±0.37^{ab}
1.0	30.50±1.31	38.90±3.02	8.40±1.71^{ab}
1.5	30.50±2.64	39.94±3.10	9.44±0.82^{b}
2.0	30.50±0.49	35.91±1.20	5.41±0.77^{a}
	ns	ns	*

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.7 ระดับของค่า EC ต่อความหนาใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า EC ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีความหนาใบสิ้นสุดเฉลี่ย 0.787±0.052, 0.731±0.044, 0.721±0.056 และ 0.511±0.095 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความหนาใบมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่า EC 0.5 และ1.0 mS/cm (P>0.05) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองที่มีค่า EC 2.0 mS/cm และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความหนาใบที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความหนาใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีความหนาใบเฉลี่ย 0.691±0.609, 0.635±0.04, 0.625±0.059 และ 0.415±0.098 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่มีค่า EC 1.5 mS/cm มีความหนาใบมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่า EC 0.5 และ 1.0 mS/cm (P>0.05) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองที่ระดับค่า EC 2.0 mS/cm (ตารางที่ 4.10)

จากผลการทดลองปลูกพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาในระบบ DFT ที่มีการควบคุมค่า EC ของสารละลายธาตุอาหาสูตร KMITL2 เท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mS/cm เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 1.5 mS/cm ทำให้อนูเบียสนานามีการเจริญเติบโตดีที่สุด (P<0.05) รองลงมาคือ 1.0, 0.5 และ 2.0 mS/cm โดยมีจำนวนใบเท่ากับ 25.93, 21.13, 20.86 และ 20.66 ใบ และความสูงต้นเท่ากับ 10.05, 9.72, 9.48 และ 8.68 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ความหนาใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	ความหนาใบเริ่มต้น (มิลลิเมตร)	ความหนาใบสิ้นสุด (มิลลิเมตร)	ความหนาใบที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร)
0.5	0.096±0.003	0.721±0.056^{ab}	0.625±0.055^{ab}
1.0	0.096±0.004	0.731±0.044^{ab}	0.635±0.046^{ab}
1.5	0.096±0.004	0.787±0.052^{b}	0.691±0.609^{b}
2.0	0.096±0.004	0.511±0.095^{a}	0.415±0.098^{a}
	ns	*	*

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่า EC สามารถใช้วัดปริมาณธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในสารละลายได้ และเป็นตัวกำหนดว่าปริมาณธาตุอาหารนั้นเหมาะสมเพียงใดต่อการที่พืชนำไปใช้ ถ้าค่า EC สูงเกินไปจะทำให้ผลผลิตลดลง (ดิเรก, 2548) จากการทดลองระดับค่า EC ที่เหมาะสมต่อการปลูกอนูเบียสนานาคือ 1.5 mS/cm แสดงว่าเป็นระดับที่มีปริมาณธาตุอาหารมากเพียงพอต่อความต้องการของพรรณไม้น้ำ โดยทั่วไปค่า EC ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 mS/cm ขึ้นอยู่กับชนิดพรรณไม้น้ำ (นงนุช, 2549) เช่น ใบพายเขาใหญ่ 0.5 mS/cm (มณีรัตน์, 2546) ไส้ปลาไหล 0.75 mS/cm (สุรสิทธิ์, 2552) รากดำใบยาว 1.0 mS/cm (มณีรัตน์ และนงนุช, 2549)

ภาพที่ 4.4 การเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองต้นอนูเบียสนานาสามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อค่า EC เพิ่ม แต่เริ่มลดลงเมื่อ EC มีค่าถึง 2.0 mS/cm ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มค่า EC เป็นเพียงการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร แต่ไม่ได้หมายความว่ารากจะสามารถดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ ให้มากขึ้น บางครั้งพืชอาจจะเพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหารให้สูงขึ้นได้ แต่ความสามารถในการดูดธาตุอาหารไม่ได้อยู่ที่ค่า EC (ดิเรก, 2548) การตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาของพืชเมื่อได้รับปริมาณธาตุอาหารมากเกินไป เป็นสาเหตุที่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง โดยการที่ระบบรากมีการถูกทำลาย เนื่องจากความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ในถังสารละลายมีค่าต่ำกว่าความต่างศักย์ของน้ำภายในราก ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำด้วยแรงดันราก (root pressure) เป็นไปได้ยาก เพราะโดยปกติน้ำมีความสำคัญต่อพัฒนาการของพืช จะเคลื่อนที่จากที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำสูงในดินไปยังที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำต่ำในราก (สมบุญ, 2538) จากการทดลองของ Schwarz and Grosch (2003) ศึกษาค่า EC 1.5, 5.0 และ 9.0 mS/cm ของสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของรากมะเขือเทศ *Phythium aphanidermatum* ในระบบปลูกแบบไร้ดิน พบว่า ค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่สูงที่สุดคือ 9.0 mS/cm มีผลทำให้โครงสร้างรากเปลี่ยนแปลงไป เช่น รากฝอย (adventitious roots) รากแก้ว (tap roots) และรากแขนง (lateral roots) มีจำนวนลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า EC 1.5 mS/cm ให้จำนวนรากทั้งหมด 89 และ 147 ราก ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Dewir *et al.* (2005) ที่ทดลองเลี้ยงต้น *Spathiphyllum* ในระบบปลูกแบบไร้ดินที่มีค่า EC 0.6, 1.2, 1.8 และ 2.4 mS/cm พบว่ารากเจริญเติบโตดีที่สุดที่ 1.2 mS/cm และเริ่มลดลงเมื่อค่า EC มากกว่า 1.8 mS/cm โดยที่ค่า EC 1.2 mS/cm ให้จำนวนราก 137 ราก ยาว 134 มิลลิเมตร และน้ำหนักแห้ง 190 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่า EC 1.8 mS/cm ให้จำนวนราก 52 ราก ยาว 94 มิลลิเมตร และน้ำหนักแห้ง 128 มิลลิกรัม หากพืชขาดระบบรากที่สมบูรณ์จะทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของพืชลดลง จากการทดลองของ Lycoskoufis *et al.* (2005) พบว่าบริเวณใบของต้น *Capsicum annuum* มีการสะสมธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมลดลง แต่ไม่ได้ลดลงจนทำให้ขาดธาตุอาหารเหล่านี้ เมื่อพืชตกอยู่ในสภาวะเครียดเนื่องมาจากธาตุอาหารที่มีปริมาณมากเกินไป พืชจะสร้างเอนไซม์ต่อต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อเยื่อเซลล์ถูกทำลาย (cellular damage) ส่งผลกระทบต่ออัตราการสังเคราะห์แสง การปิดเปิดของปากใบ และอัตราการคายน้ำ (Dewir *et al.*, 2005) แต่ถ้าภายใต้สภาวะความต่างศักย์ของน้ำต่ำ (low water potential) พืชจะตอบสนองด้วยการสร้างสารพวกกรดแอบไซซิกเพิ่มขึ้นที่บริเวณราก ซึ่งมีผลต่อการปิดปากใบ และยังช่วยให้รากเจริญเติบโตดี ในขณะเดียวกันกรดแอบไซซิกจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของยอดพืช (นันทนา, 2549) จากการทดลองของ Maggio *et al.* (2007) ปลูกมะเขือเทศในระบบปลูกแบบไร้ดินที่มีการควบคุมปริมาณธาตุอาหาร พบว่า ต้นมะเขือเทศที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 9.6 mS/cm สามารถสร้างกรดแอบไซซิกอย่างรวดเร็วที่บริเวณใบ และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร รากจะถูกกระตุ้นให้สร้างกรดแอบไซซิกมากขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาในระบบการปลูกไร้ดินแบบ DFT

4.3.1 ระดับของค่า pH ต่อจำนวนต้นของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีจำนวนต้นมากที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.0 และ 7.5-8.0 โดยมีจำนวนต้นเฉลี่ย 4.12±0.62, 3.38±0.51 และ 3.25±0.66 ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.11 จำนวนต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	เวลา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
5.5-6.0	1.00±0.00	1.13±0.02	2.13±0.13	3.00±0.54	3.38±0.51
6.5-7.0	1.00±0.00	1.50±0.20	2.63±0.23	3.50±0.35	4.12±0.62
7.5-8.0	1.00±0.00	1.13±0.12	2.13±0.13	2.87±0.31	3.25±0.66
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.2 ระดับของค่า pH ต่อความสูงต้นของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีความสูงต้นมากที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.5 และ 7.5-8.0 โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 10.69±0.68, 9.83±0.17 และ 9.80±0.40 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าความสูงต้นเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

4.3.3 ระดับของค่า pH ต่อจำนวนใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.5 และ 7.5-8.0 โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 24.38±1.84, 21.75±2.95 และ 20.88±1.54 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า จำนวนใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.12 ความสูงต้นเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	เวลา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
5.5-6.0	4.72±0.20	6.58±0.50	8.18±0.32	9.33±0.27	9.83±0.17
6.5-7.0	4.83±0.32	6.92±0.28	8.53±0.28	9.57±0.33	10.69±0.68
7.5-8.0	4.17±0.21	6.42±0.18	7.99±0.19	9.23±0.35	9.80±0.40
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.13 จำนวนใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	เวลา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
5.5-6.0	6.37±0.23	11.75±0.52	13.60±0.98	17.25±1.33	21.75±2.95
6.5-7.0	6.37±0.74	12.75±1.25	17.00±0.71	19.62±2.61	24.38±1.84
7.5-8.0	6.75±0.32	11.50±0.54	14.12±1.32	18.12±2.23	20.88±1.54
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.4 ระดับของค่า pH ต่อความกว้างใบของต้นอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีความกว้างใบมากที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.5 และ 7.5-8.0 โดยมีความกว้างใบเฉลี่ย 3.42±0.16, 3.15±0.11 และ 3.08±0.11 เซนติเมตร ตามลำดับ(ตารางที่ 4.14) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ความกว้างใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

4.3.5 ระดับของค่า pH ต่อความยาวใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีความยาวใบมากที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.5 และ 7.5-8.0 โดยมีความยาวใบเฉลี่ย 5.38±0.20, 5.16±0.26 และ 5.03±0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ความยาวใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.14 ความกว้างใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ต่างกัน

ค่า pH	เวลา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
5.5-6.0	1.65±0.07	2.26±0.08	2.64±0.14	2.91±0.12	3.15±0.11
6.5-7.0	1.62±0.07	2.32±0.12	2.71±0.11	3.03±0.20	3.42±0.16
7.5-8.0	1.43±0.05	2.18±0.08	2.61±0.06	2.88±0.17	3.08±0.11
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.15 ความยาวใบเฉลี่ย (ซ.ม.) ของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	เวลา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
5.5-6.0	2.77±0.16	3.85±0.18	4.35±0.23	4.83±0.16	5.16±0.26
6.5-7.0	2.55±0.13	3.96±0.20	4.32±0.20	4.91±0.22	5.38±0.20
7.5-8.0	2.47±0.18	3.75±0.17	4.22±0.12	4.62±0.08	5.03±0.17
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.6 ระดับของค่า pH ต่อน้ำหนักสดของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.0 และ 7.5-8.0 โดยมีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 39.50±0.69, 37.69±0.95 และ 36.57±0.36 กรัมต่อถ้วยปลูก ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.15±0.88, 7.69±0.89 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.57±0.97 กรัมต่อถ้วยปลูก ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อถ้วยปลูก)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัมต่อถ้วยปลูก)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อถ้วยปลูก)
5.5-6.0	30.00±0.18	37.69±0.95	7.69±0.89
6.5-7.0	30.00±1.00	39.50±0.69	9.15±0.88
7.5-8.0	30.00±0.71	36.57±0.36	6.57±0.97
	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3.7 ระดับของค่า pH ต่อความหนาใบของอนูเบียสนานา

จากการทดลองศึกษาระดับค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 5.5-6.0 และ 7.5-8.0 โดยมีความหนาใบสิ้นสุดเฉลี่ย 0.787±0.130, 0.722±0.200 และ 0.712±0.100 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความหนาใบที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่า pH 6.5-7.0 มีความหนาใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 โดยมีความหนาใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.692±0.120, 0.627±0.200 และ 0.617±0.100 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

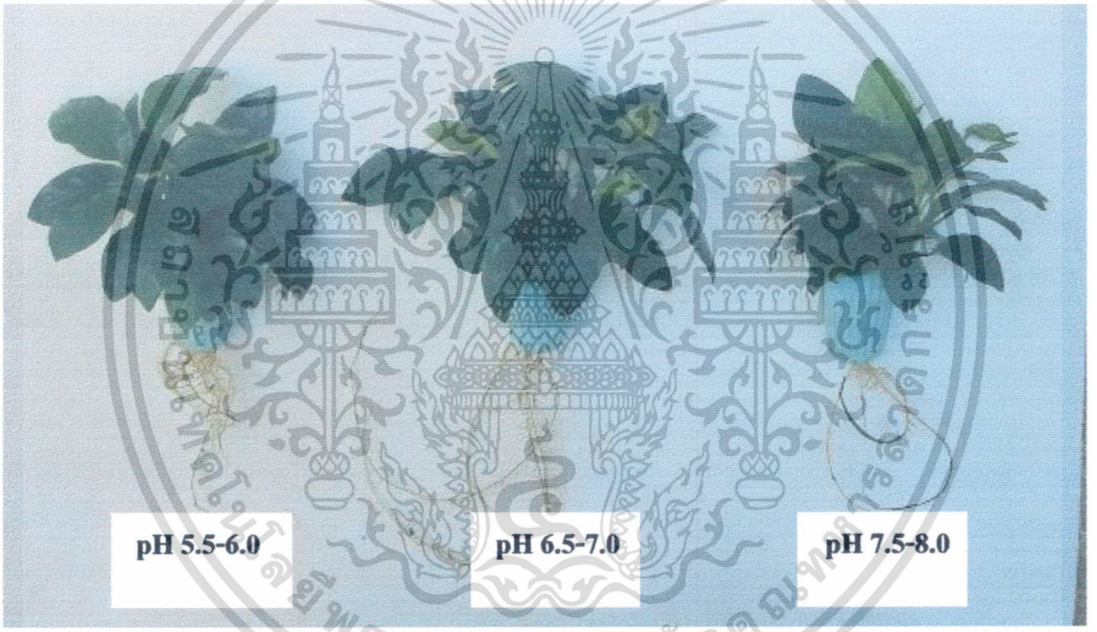
จากผลการทดลองปลูกพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาในระบบ DFT ที่มีการควบคุมค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 เท่ากับ 5.5-6.0, 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH 6.5-7.0 ทำให้อนูเบียสนานามีแนวโน้มเจริญเติบโตดีที่สุด โดยสังเกตจากจำนวนต้น ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มีมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่า pH 5.5-6.0 และ 7.5-8.0 ตามลำดับ (P>0.05) (ภาพที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ความหนาใบเฉลี่ยของอนูเบียสนานาในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH	ความหนาใบเริ่มต้น (มิลลิเมตร)	ความหนาใบสิ้นสุด (มิลลิเมตร)	ความหนาใบที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร)
5.5-6.0	0.095±0.004	0.722±0.200	0.627±0.200
6.5-7.0	0.095±0.004	0.787±0.130	0.692±0.120
7.5-8.0	0.095±0.004	0.712±0.100	0.617±0.100
	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4.5 การเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH ต่างกัน

เมื่อพิจารณาสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH 5.5-6.0 และ 7.5-8.0 ซึ่งเป็นช่วงที่ต่ำและสูงกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกอนูเบียสนานาคือ 6.5-7.0 การเจริญเติบโตใน pH ช่วงนี้จึงช้า เนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น ระดับ pH มีผลกระทบต่อธาตุฟอสฟอรัส ($H_2PO^-_4$) อย่างชัดเจน เมื่อสารละลายมี pH ต่ำกว่า 5.0 ธาตุอะลูมินัม (Al^+_3) จะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับ $H_2PO^-_4$ ทำให้ฟอสเฟตลดความเป็นประโยชน์ลง นอกจากนี้ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ โพแทสเซียม (K^{2+}) แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ธาตุเหล่านี้อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการพืช เนื่องจากในสภาพที่เป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนไอออน (H^+) จะแลกเปลี่ยนกับไอออนบวกได้ต่ำ (มุกดา, 2544) เช่นเดียวกับ Arduini *et al.* (1998) ศึกษาอิทธิพลของ pH 3.5, 4.5, 5.5 และ 6.5 ต่อการเจริญของรากและการดูดธาตุอาหารของต้น *Pinus pinaster* พบว่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่ต่ำที่สุดคือ 3.5 มีผลทำให้รากมีความยาวลดลง และสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้น้อย เมื่อนำรากมาตรวจสอบ พบว่ามีการสะสมธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ แมงกานีส ในรากต่ำ นอกจากนี้ยังมีรายงานความเป็นพิษจากธาตุแมงกานีส หากค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ในระบบปลูกแบบไร้ดิน พิษของธาตุแมงกานีส ทำให้ใบอ่อนย่นเป็นคลื่น (crinkle) เกิดรอยด่างสีน้ำตาลที่ใบแก่ (brown spots) และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้น *Glycine max* (Yang *et al.*, 2009) สำหรับผักบางชนิดจะแสดงอาการขาดธาตุแมงกานีสที่ราก เช่น การปลูกผักกะหล่ำ *Lactuca sativa* ในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุแมงกานีส 10 ไมโครโมลาร์ เลี้ยงภายใน 1 ชั่วโมง ปรับค่า pH ให้ลดลงจาก 6 เป็น 4 พบว่าความสามารถของรากที่ดูดธาตุแมงกานีสไปใช้ลดลง 43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่า pH ลดลง เนื้อเยื่อของรากจะยืดตัวน้อย และไม่มีการแตกแขนงของราก (Konno *et al.*, 2006) ส่วนการปลูกผักกาดหอมในโรงเรือนปิดที่มีระบบลดอุณหภูมิ พบว่า การใช้ความเข้มของสารละลายธาตุอาหารที่ 1.5 mS/cm ร่วมกับ pH 5.8 ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด และพบอาการยอดไหม้ (tip burn) ในผักกาดหอมเกิดรุนแรงมากขึ้นเมื่อปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายและ pH สูงขึ้น (ปริชาติและธรรมศักดิ์, 2548)

ในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ไนเตรท (NO^-_3) แล้วปล่อยไบคาร์บอเนต (HCO^-_3) ออกมามีผลทำให้ pH ของสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ถ้าสารละลายธาตุอาหารมีค่า pH มากกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3วัน จะทำให้พืชดูดธาตุแมงกานีส เหล็ก และฟอสฟอรัสไม่เป็นปกติ เพราะเมื่อ pH สูงเกินไปจะทำให้การละลายตัวของอนุมูลคาร์บอเนตและฟอสเฟต ลดลงโดยจะตกตะกอนกับธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม (อิทธิสุนทร, 2545) ส่วนระบบรากจะถูกทำลาย เมื่ออยู่ใน pH มากกว่า 8.5 ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการดูดซึมธาตุอาหารไม่ดี (Kopittke and Menzies, 2004) หากเซลล์พืชได้รับไบคาร์บอเนต มาก จะทำให้ระดับ pH ในสารละลายในเซลล์พืชสูงเกินไป มีผลทำให้ธาตุเหล็กที่รากพืชดูดได้เป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ (มุกดา, 2544) เช่นเดียวกับต้นองุ่นที่แสดงอาการขาดธาตุเหล็กเมื่อดินมีไบคาร์บอเนตสูง สำหรับอาการขาดธาตุเหล็ก ใบอ่อนมีสีเหลืองซีด ลำต้นสั้น น้ำหนักแห้งและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ลดลง (Ksouri *et al.*, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำอนูเบียสนานา โดยใช้วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ2iP งในอาหารเหลวกึ่งแข็งสูตร MS เพื่อชักนำให้เกิดต้นอ่อนมากที่สุด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในระบบปลูกไร้ดินแบบ DFT ที่มีการควบคุมค่า EC และ pH ของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียวในอาหารเหลวกึ่งแข็งสูตร MS เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียสนานา โดยสามารถเพิ่มจำนวนต้นอ่อนและใบใหม่ได้มากที่สุดเฉลี่ย 4.67±0.67 ต้น และ 3.46±0.43 ใบต่อต้น

2. ค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา คือ 1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยสามารถเพิ่มจำนวนใบและความสูงต้นมากที่สุดเฉลี่ย 25.93±0.90 ใบต่อต้น และ 10.05±0.20 เซนติเมตร

3. ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานา คือ 6.5-7.0 ทำให้จำนวนใบและความสูงต้นมีแนวโน้มเพิ่มมากที่สุดเฉลี่ย 24.38±1.84 ใบต่อต้น และ 10.69±0.68 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาต่อไปควรมีการเติมไซโตไคนินชนิดอื่น เช่น Kinetin, TDZ และ 2iP เป็นต้น เพื่อเป็นการพัฒนาสูตรอาหารให้เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์ให้มากที่สุด และควรศึกษาปัจจัยอื่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอนูเบียสนานาในระบบปลูกแบบไร้ดิน เช่น ความชื้นภายในโรงเรือน ความเข้มแสงที่ส่องผ่าน รวมทั้งอุณหภูมิและปริมาณก๊าซในถังสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม. 2548. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน:หลักการจัดการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. นนทบุรี : ธรรมรักษ์.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2546. "การขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำอเมซอนใบแดง *Echinodorus barthii* เพื่อการส่งออกโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ". การสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2546 วันที่ 7-9 กรกฎาคม, กรมประมง. กรุงเทพฯ. หน้า 417-421.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. "การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำและระบบปลูกพรรณไม้น้ำ." หน้า 9-36. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ**. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, อัจฉรี เรืองเดช และทิพาภรณ์ เต็มพร้อม. 2552. "ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส." หน้า 677-686. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 5**. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นันทนา อังกินันทน์. 2549. **ฮอร์โมนพืช**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2544. **เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. **ฮอร์โมนพืช และสารสังเคราะห์**. หจก. ไดนามิกส์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 195 หน้า.

ปริชาติ ดิษฐกิจ และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2548. "ผลของความเข้มข้นและระดับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ปริมาณไนเตรท และวิตามินซีของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในโรงเรือนปิดที่มีระบบลดอุณหภูมิ." **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. ปีที่ 36 (5-6) พิเศษ : 1110-1113.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2546. "การขยายพันธุ์ใบพายเขาใหญ่โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ." หน้า 1-21. ใน **เอกสารวิชาการฉบับที่ 16**. กรุงเทพฯ : กรมประมง.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และวรางคณา กาซัม. 2549. "การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นไส้ปลาไหล *Barclaya longifolia*." หน้า 417-428. ใน **การประชุมวิชาการของกรมประมงประจำปี 2549 ระหว่างวันที่ 25-27 กรกฎาคม**. กรุงเทพฯ : กรมประมง.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. "การขยายพันธุ์รากดำใบยาว." หน้า 1-36. ใน **เอกสารวิชาการฉบับที่ 20**. กรุงเทพฯ : กรมประมง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วันเพ็ญ มีนกาญน์ และศิริ วัดสว่าง. 2540. "ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย." หน้า 1-24. ใน **เอกสารวิชาการฉบับที่ 187.** กรุงเทพฯ : กรมประมง.

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

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

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2540. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ : หลักการและเทคนิค.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2546. **การผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก.** กรุงเทพฯ : กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์. 2546. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.** อุดรธานี : สถาบันราชภัฏอุดรธานี.

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

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. **สรีรวิทยาของพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรสิทธิ์ หงส์เวียงจันทร์. 2552. "การหมุนเวียนน้ำและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไส้ปลาไหล." ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. "การปลูกพืชในวัสดุปลูก." หน้า 46-97. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 4**. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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.

Dewir, Y.H., Chakrabarty, D., Ali, M. B., Hahn, E.J. and Paek, K.Y. 2005. "Effects of hydroponic solution EC, substrates, PPF and nutrient scheduling on growth and photosynthetic competence during acclimatization of micropropagated *Spathiphyllum* plantlets." **Plant Growth Regulation**. 46 : 241-251.

Konno, M., Ooishi, M. and Inoue, Y. 2006. "Temporal and positional relationships between Mn uptake and low-pH-induced root hair formation in *Lactuca sativa* cv. grand rapids seedlings." **Journal of Plant Research**. 119 : 439-447.

Kopittke, P.M. and Menzies, N.W. 2004. "Control of nutrient solutions for studies at high pH." **Plant and Soil**. 266 : 343-354.

Ksouri, R., Gharsalli, M. and Lachaal, M. 2005. "Physiological responses of *Tunisian grapevine* varieties to bicarbonate-induced iron deficiency." **Journal of Plant Physiology**. 162 : 335-341.

Lycoskoufis, I.H., Savvas, D. and Mavrogianopoulos, G. 2005. "Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system." **Scientia Horticulturae**. 106 : 147-161.

Maggio, A., Raimondi, G., Martino, A. and Pascale, S.D. 2007. "Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold." **Environmental and Experimental Botany**. 59 : 276-282.

Murashige, T. and Skoog, F. 1962. "A resived medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures." **Physiologia Plantarum**. 15 : 473-497.

Sarma, K.S. and Rogers, M.D. 2000. "Plant regeneration from seedling explants of *Juncus effuses*." **Aquatic Botany**. 68 : 239-249.

Schwarz, D. and Grosch, R. 2003. "Influence of nutrient solution concentration and a root pathogen (*Pythium aphanidermatum*) on tomato root growth and morphology." **Scientia Horticulturae**. 97 : 109-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tiwari, V., Tiwari, K.N. and Singh, B.D. 2001. "Comparative studies of cytokinins on *in vitro* propagation of *Bacopa monniera.*" **Plant Cell, Tissue and Organ Culture.** 66 : 9-16.

Unnikrishnan, S.K. 2002. **The Aquarium Plant.** Oriental Aquarium (s) Pte.Ltd., Singapore. 181 pp.

Yang, Z.B., You, J.F., Xu, M.Y. and Yang, Z.M. 2009. "Interaction between aluminum toxicity and manganese toxicity in soybean (*Glycine max*)." **Plant soil.** 319 : 277-289.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้