

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมใน การผลิตอนุเบียส (*Anubias nana*) แบบไร้ดิน

จิราพร สุริยวรากุล เขาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว¹

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกอนุเบียส (*Anubias nana*) โดยวิธีการปลูกแบบไร้ดิน (hydroponics) โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1, 2 และ 3 mS/cm พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm มีผลทำให้อนุเบียสเจริญเติบโตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเริ่มปลูก น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.50 ± 0.17 กรัม จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น 4.28 ± 0.49 ใบ ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น 1.06 ± 0.18 เซนติเมตร/ต้น และความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น 1.55 ± 0.28 เซนติเมตร/ต้น เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าอนุเบียสมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 4.43 ± 0.28 กรัม/ต้น จำนวนใบเฉลี่ยสุดท้าย 8.03 ± 1.34 ใบ/ต้น ความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้าย 3.47 ± 0.29 เซนติเมตร/ต้น และความยาวใบเฉลี่ยสุดท้าย 5.21 ± 0.28 เซนติเมตร/ต้น สภาพแวดล้อมในระหว่างการปลูกมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ระหว่าง 5.5 - 6.5 ความเข้มของแสงระหว่าง 1,700-1,900 ลักซ์ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 60- 80 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิระหว่าง 28-31 องศาเซลเซียส ทุกความเข้มข้นของการวิจัยมีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : *Anubias nana*, ไฮโดรโปนิกส์ สารละลายธาตุอาหาร

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

**Study on Optimum Concentration of Nutrient Solution for Anubias
(*Anubias nana*) Production in Hydroponics System**

Jiraporn Suriyawarakul Yaowarat Wongsrisakulkaew¹

ABSTRACT

The study on optimum concentration of nutrient solution for *Anubias nana* production in hydroponics system. The hydroponics system by using nutrient solution concentration at 1, 2 and 3 mS/cm. After 12 weeks, it was found that the best concentration of nutrient solution was 2 mS/cm which were significantly ($P<0.05$). The weight, width, height and the number of leave were 4.43 ± 0.28 grams, 3.47 ± 0.29 cm., 5.21 ± 0.28 cm. and 8.03 ± 1.34 leaves respectively. The temperature in hydroponics system was 28-31 °C, light intensity was 1,700-1,900 lux, the relative humidity was 60- 80% and pH of solution was 5.5 – 6.5. The plantlets survival rate was 100%.

Key words : *Anubias nana*, Hydroponics, Nutrient Solution

¹ Faculty of Agricultural Technology. Rajamangala University of Technology Thanyaburi

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์	9
วิธีการดำเนินการวิจัย	10
ผลการวิจัย	15
สรุปและวิจารณ์	22
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	27

หนังสือเล่มนี้เป็นของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ห้ามฉีก ดัด หรือกระทำการใดๆ ให้ชำรุดเสียหาย
ผู้ใดพบเห็น กรุณาส่งคืนได้ที่
(ติดต่อ : โทรศัพท์ 0-2549-3079)
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มทร.ธัญบุรี
ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	18
2	จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น จำนวนใบเฉลี่ยสุดท้าย และจำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	19
3	ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น ความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้าย และความกว้างใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	20
4	ความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น ความยาวใบเฉลี่ยสุดท้าย และความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	21
ตารางผนวกที่		
1	สารเคมีที่ใช้ในการปลูก <i>Anubias nana</i> แบบไร้ดิน ดัดแปลงจากสูตร Suntec Hydroponics (1996) ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรครบ 1 ลิตร	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 <i>Anubias nana</i>	3
2 รางปลูก	10
3 อณูเบียดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	12
4 อณูเบียดที่ล้างสะอาด และพันรากด้วยใยหินพร้อมปลูกในรางปลูก	13
5 ความยาวใบของ <i>A. nana</i> ที่ได้จากการปลูกแบบไร้ดิน	16
6 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น และน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	18
7 เปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้นและจำนวนใบเฉลี่ยสุดท้ายของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	19
8 เปรียบเทียบความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้นและความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้ายของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	20
9 เปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น และความยาวใบเฉลี่ยสุดท้ายของ <i>A. nana</i> ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	21

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่	หน้า
1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง	28
2 สารละลายธาตุอาหาร Stock A และ B	28
3 โยหิน (Rock wool) และกระถางปลูก	29
4 ตัวควบคุมอัตโนมัติ (Timer)	29
5 เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC meter)	30
6 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)	30
7 เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter)	31
8 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity)	31
9 <i>A. nana</i> อายุ 4 สัปดาห์	32
10 <i>A. nana</i> อายุ 8 สัปดาห์	32
11 <i>A. nana</i> อายุ 12 สัปดาห์	33
12 <i>A. nana</i> ที่ได้จากการปลูกแบบไรดิโน	33

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมใน
การผลิตอนุเบียส (*Anubias nana*) แบบไร้ดิน
Study on Optimum Concentration of Nutrient Solution for *Anubias*
(*Anubias nana*) Production in Hydroponics System

บทนำ

การเลี้ยงปลาสวยงาม หรือการเลี้ยงปลาตัวร่วมกับ การประดับตกแต่งด้วยพรรณไม้น้ำ สร้างความเพลิดเพลินใจให้แก่ผู้เลี้ยง เป็นที่นิยมมากไม่ว่าเพื่อเป็นงานอดิเรก หรือจะเป็นการเลี้ยง ในเชิงพาณิชย์ทั้งธุรกิจขนาดย่อมและธุรกิจอุตสาหกรรมก็ตาม ส่งผลให้ตัวเลขอัตราการซื้อขายใน วงการปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำสวยงาม มีตัวเลขที่มีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้น (สุกัญญา, 2548) พรรณไม้น้ำจัดเป็นสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีการส่งออกไปจำหน่าย ต่างประเทศ พรรณไม้น้ำที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ และมีความต้องการสูงได้แก่ อนุเบียส (*Anubias*) (พวงผกา, 2546) อนุเบียสได้รับความนิยมสำหรับผู้เลี้ยงปลาสวยงามเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นพรรณไม้น้ำที่มีรูปทรงและสีสันทสวยงามเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นไม้ประดับ ตกแต่งตู้ปลา ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพรรณไม้น้ำ เพื่อผลิตจำหน่ายทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รูปแบบหนึ่งที่มีความสนใจและให้ผลตอบแทนสูงในการผลิตคือการผลิตใน ระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร (Hydroponics system) หรือ ระบบไฮโดรโปนิค ซึ่งเป็นการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน หลักการคือการใช้ธาตุละลายธาตุ อาหารตามสัดส่วนที่พืชต้องการทดแทนธาตุอาหารในดิน เป็นการปลูกที่สามารถควบคุมสภาพ แวดล้อมภายใต้สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การปลูกพืชแบบไร้ดินนี้สามารถ ลดการปนเปื้อนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินยังช่วย รักษาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการปล่อยสารเคมีลงในดินและประหยัดการใช้ทรัพยากร รวมทั้ง ประหยัดน้ำมากกว่าการปลูกพืชบนดิน สามารถใช้ปลูกพรรณไม้น้ำได้ในทุกฤดูกาลและทุกสภาพ อากาศ การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินมีสูตรของสารละลายธาตุอาหารหลายสูตร สำหรับสูตร ของงานวิจัยนี้เป็นทางเลือกอีกสูตรหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอนุเบียส ซึ่งให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และเพื่อเพิ่มผลผลิตอนุเบียสให้เพียงพอแก่ความต้องการของตลาดได้ในอนาคต นอกจากนี้อนุ เบียสที่ได้จากการปลูกแบบไร้ดินปลอดภัยซึ่งส่งผลดีต่อการเพิ่มมูลค่าของอนุเบียส แนวทาง

การศึกษาดังกล่าวนี้อาจสามารถส่งเสริมให้แก่เกษตรกร และผู้สนใจที่จะผลิตอนุเบียสเพื่อจำหน่าย ทั้งภายในประเทศหรือผลิตเพื่อส่งออกไปขายยังต่างประเทศได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของ *Anubias nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน
2. ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของ *Anubias nana* แบบไร้ดิน

พรรณไม้น้ำ

พรรณไม้น้ำ หรือพืชน้ำ (aquatic plant, water plant หรือ hydrophyte) หมายถึงพืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำ โดยที่พืชนั้นอาจจะเจริญลอยที่ผิวน้ำ เจริญอยู่ใต้ผิวน้ำ เจริญใล่ลขึ้นเหนือน้ำหรือเจริญอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง หรือริมคูคลอง และรวมถึงพืชที่ชอบเจริญอยู่ตามตื้นน้ำขัง พรรณไม้น้ำยังหมายความรวมถึง พืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่งในช่วงชีวิต หรือพืชที่มีเมล็ดงอกในน้ำหรืองอกในพื้นดินได้น้ำแล้วเจริญอยู่ช่วงหนึ่งระยะเวลาหนึ่ง (สุชาติ, 2542) พรรณไม้น้ำมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตในน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งให้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แก่แหล่งน้ำอีกด้วย

ลักษณะทั่วไปของอนุเบียส

อนุเบียสจัดอยู่ในวงศ์ Araceae เป็นพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในบริเวณเขตร้อนทวีปแอฟริกา จัดเป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงคู่ เป็นพืชล้มลุกอายุหลายฤดู มีต้นเป็นแท่งใต้ดินและแทงขึ้นมาบนดิน มีใบแตกออกจากโคนต้น พรรณไม้น้ำสกุลนี้เป็นที่นิยมของตลาดมาก มีราคาสูงเนื่องจากสามารถเจริญเติบโตดี *Anubias nana* มีต้นเตี้ยเจริญสูงสุดไม่เกิน 15 เซนติเมตร มีใบหนารูปไข่สีเขียวเข้ม ยาวไม่เกิน 6 เซนติเมตร (ภาพที่ 1) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่ดูแลรักษาง่าย เนื่องจากมีความทนทานสูง สามารถอยู่ใต้น้ำได้นานมีการเจริญเติบโตช้า ในแต่ละปีจะเกิดใบใหม่ประมาณ 8-10 ใบ (วันเพ็ญ และกาญจนวี, 2543)



ภาพที่ 1 *Anubias nana*

การปลูกพืชไร้ดิน

การปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics หรือ Soilless Culture) หมายถึง วิธีการใดก็ตามที่ทำให้การปลูกพืชได้โดยไม่ต้องใช้ดิน แต่จะใช้วัสดุอื่น ๆ แทน เช่นการปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศ การปลูกพืชในสารละลาย หรือการปลูกพืชในวัสดุปลูกเช่นทราย แกลบ และวัสดุอื่นๆ โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแก่รากโดยตรง ในปริมาณที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่น ดินมีคุณภาพต่ำ มีความเค็มสูงหรือมีโรคระบาด อีกทั้งการปลูกพืชไร้ดินนี้ยังสามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลผลิตให้ได้ตามต้องการ (ราเชนทร์ และคณะ, 2548)

ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน โดยพรรณไม้น้ำได้รับสารละลายธาตุอาหารพืช (Solution Culture หรือ water culture) ทางราก เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้วัสดุปลูก วิธีนี้ รากพรรณไม้น้ำจะเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช การปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1. ระบบ Nutrient film techniques (NFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพรรณไม้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นแผ่นฟิล์มที่มีความบางประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ระบบนี้ประกอบด้วยรางปลูกพรรณไม้น้ำสี่เหลี่ยมกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ยาว 4-18 เมตร

2. ระบบ Deep flow techniques (DFT) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชสูงประมาณ 3 เซนติเมตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านภายในท่อตลอดเวลา ระบบนี้ใช้ท่อปลูกทำมาจากท่อ PVC สีขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2- 2.5 นิ้ว ยาว 4-18 เมตร ด้านบนของท่อเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ

3. ระบบ Floating system เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในถาดสารละลายธาตุอาหารพืชสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตร ระบบนี้ใช้แผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ ให้ลอยอยู่ในถาดที่ใส่สารละลายธาตุอาหาร (อิทธิสุนทร, 2538)

การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินเป็นการปลูกพรรณไม้น้ำลงบนวัสดุปลูก(Rock wool) หรือไม่ต้องมีวัสดุปลูก เพื่อให้พรรณไม้น้ำได้รับสารอาหารหรือสารละลายธาตุอาหาร โดยมีน้ำผสมกับปุ๋ยที่มีธาตุอาหารที่พรรณไม้ต้องการจากทางราก โดยผ่านระบบ DFT (Deep Flow Technique) ที่มีปริมาณสารละลายในปริมาณที่มากกว่า (อาร์กซ์, 2544) ใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae* Gagnepain, 1941) เป็นพรรณไม้น้ำที่อยู่ในวงศ์เดียวกับอนูเบียสที่ปลูกในระบบไร้ดินแบบ Deep Flow Technique ได้ดี โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรที่มีความเข้มข้น 0.5 mS/cm สามารถเจริญเติบโตดีที่สุด (มณีรัตน์, 2546) การปลูกแบบไร้ดินที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่กลางแจ้งที่มีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์สูงจึงจำเป็นต้องมีระบบน้ำหยดหรือการสเปรย์น้ำเพื่อลดปริมาณความร้อนในระบบ (Mathew, 2001)

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน มีดังนี้

1. ธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณมาก (Macronutrients element) ได้แก่

1.1. ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์(nucleotide) และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการ metabolism ของพรรณไม้น้ำ การดูดซับไนโตรเจนทางอ้อมจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะให้แหล่งพลังงานซึ่งจะให้ไฮโดรเจน ในท้ายสุดของกระบวนการไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้จะเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งได้แก่ แอมโมเนีย ยูเรีย กรดอะมิโน (Carpenter et. Al., 1972) แต่โดยมากแล้วพรรณไม้น้ำจะใช้ไนเตรทและแอมโมเนียมากกว่ารูปอื่น ๆ (Keeney, 1970)

1.2. ฟอสฟอรัส (P) พบฟอสฟอรัสในพืชประมาณร้อยละ 0.1-0.4 ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีระวิทยาที่สำคัญอย่างยิ่ง พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมตาบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช ความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะยอดและราก (อาร์กซ์, 2544)

1.3. โพแทสเซียม (K) มีอยู่ในพืชประมาณร้อยละ 1.25-3.0 โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำ โดยพรรณไม้จะใช้โพแทสเซียมจำนวนมากในเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตโดยมีผลต่อการพัฒนาของผนังเซลล์ การขาดโพแทสเซียม จะทำให้พรรณไม้เจริญเติบโตช้าลง (Sheehan and Mc Connel, 1980) พรรณไม้บางชนิดเจริญเติบโตได้เมื่อนำโซเดียมใส่แทนที่โพแทสเซียม (Wiessner, 1962)

1.4. แคลเซียม (Ca) ปริมาณแคลเซียมในพืชมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5-2.0 แคลเซียมมีหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของเซลล์ และเป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน (อารักษ์, 2544)

1.5. แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด พบในพืชประมาณร้อยละ 0.2-0.5 การขาดแมกนีเซียมเกิดขึ้นได้มากและพบบ่อย ๆ เนื่องจากความไม่สมดุลหรือไม่ได้สัดส่วนระหว่าง โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช มีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนของพรรณไม้ เพราะแมกนีเซียมเป็นตัวให้คาร์บอนซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับการสังเคราะห์แสง (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

1.6. กำมะถัน (S) มีความจำเป็นในการสร้างโปรตีน และกรดอะมิโนบางชนิดมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืช นอกจากนี้กำมะถันยังเป็นองค์ประกอบของ coenzyme หลายชนิดในกระบวนการเมตาบอลิซึม (ยงยุทธ และสุรเดช, 2521)

2. ธาตุอาหารรอง (Micronutrient Elements)

2.1. สังกะสี (Zn) มีความสำคัญต่อเอนไซม์หลายชนิด พบอยู่ในพืชประมาณ 15-50 ส่วนในล้าน การขาดสังกะสีเพียง 1-2 ส่วนในล้าน อาจทำให้พืชผิดปกติได้และมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร IAA (Indole acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์พืช นอกจากนี้สังกะสียังมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างแป้งในพืชด้วย (อารักษ์, 2544)

2.2. เหล็ก (Fe) เป็นส่วนประกอบของ Ferridoxin ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการถ่ายทอติเหล็กตรอนในพืช เหล็กเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ มีความสำคัญในการสังเคราะห์แสง เป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว พืชมีความเข้มข้นของเหล็กประมาณ 50-100 ส่วนในล้านส่วน การได้รับธาตุเหล็กมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้ไม่ได้ (อารักษ์, 2544)

2.3. ทองแดง (Cu) ปริมาณทองแดงในพืชมีค่อนข้างน้อยอยู่ระหว่าง 2-10 ส่วนในล้าน ทองแดงเป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช มีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และช่วยในการสร้างวิตามินเอในพืช เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ตลอดจนช่วยให้พืชใช้เหล็กได้ดีขึ้นอีกด้วย (อารักษ์, 244)

2.4. โบรอน (B) ปริมาณโบรอนในพืชอยู่ที่ 1-50 ส่วนในล้านส่วน ความสำคัญมีบทบาทในการสร้างสารเพคตินในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญและการเคลื่อนย้ายน้ำตาล (ยงยุทธ และสุรเดช, 2521)

2.5. โมลิบดีนัม (Mo) ปริมาณโมลิบดีนัมในพืชมีน้อยมากประมาณ 0.5-1.0 ส่วนในล้านส่วน โมลิบดีนัมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ มีความสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (อารักษ์, 2544)

2.6. คลอไรด์ (Cl) มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์แสง แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดพิษได้ (O'Kelley, 1974)

2.7. แมงกานีส (Mn) เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง

การนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช ในลักษณะของสารละลายธาตุอาหาร (Nutrient solution) คือ การเตรียมความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้แก่พืช ซึ่งสารละลายที่อยู่รอบบริเวณรากพืช (Root environment) หรือที่อยู่ในวัสดุปลูกเมื่อสารละลายธาตุอาหารที่เตรียมขึ้นสัมผัสกับรากพืช รากพืชจะมีการดูดใช้ธาตุอาหารในสารละลายทำให้องค์ประกอบของสารละลายเปลี่ยนแปลง

ไป ซึ่งเป็นผลจากการเลือกดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ธาตุที่พืชสามารถดูดใช้ได้ง่าย เช่น NO_3 และ K จะคงเหลืออยู่ในสารละลายค่อนข้างน้อย ส่วนสารละลายที่พืชดูดไปใช้ค่อนข้างยาก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก จะเหลือสะสมอยู่ในสารละลายบริเวณรากค่อนข้างมาก (อิทธิสุนทร และคณะ, 2544)

พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารหลักในปริมาณมากในการเจริญเติบโต ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งใบและลำต้นเจริญได้ดี ธาตุอาหารรองนั้นเป็นธาตุอาหารที่พรรณไม้น้ำต้องการในปริมาณน้อยและขาดธาตุอาหารเหล่านี้ไม่ได้ ธาตุอาหารรองที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ (Kostich, 1999) สูตรอาหารแต่ละสูตรไม่สามารถใช้ได้ดีกับพืชทุกชนิดเพราะความต้องการธาตุอาหารมีช่วงกว้าง รวมทั้งพืชมีความสามารถในการปรับตัวตามความแตกต่างของธาตุอาหารอีกด้วย ความต้องการธาตุอาหารต่าง ๆ ของพรรณไม้น้ำ ก็เหมือนกับพืชทั่ว ๆ ไป เช่น พรรณไม้น้ำต้องการธาตุออกซิเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็กในปริมาณที่สูงต้องการธาตุทองแดงและสังกะสีในปริมาณที่ต่ำ เมื่อพืชใช้ธาตุต่าง ๆ ไประยะหนึ่งแล้วอาจจะเกิดการขาดธาตุบางอย่างได้ โดยเฉพาะ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุโปแตสเซียม ที่พืชต้องการในปริมาณที่สูง หรือธาตุอื่น ๆ ที่สำคัญเฉพาะบางชนิด (ยุพา, 2534) ชนิดของพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดต้องการปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกัน พรรณไม้น้ำที่เจริญได้น้ำควรใช้ประมาณ 0.1-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนพรรณไม้น้ำที่เจริญเหนือน้ำ แต่รากหรือลำต้นเจริญได้น้ำควรใช้ประมาณ 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มณีรัตน์ และคณะ, 2540)

อุปกรณ์

1. ต้น *Anubias nana* สมบูรณ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
2. โรงเรือนสำหรับปลูก
3. รางปลูก พร้อมฝาปิด และขาตั้ง
4. หัวพ่นสปริงเกอร์
5. ตัวควบคุมอัตโนมัติ (timer)
6. ป้อน้ำ
7. ชุดท่อส่งน้ำเพื่อใช้ส่งสารละลายธาตุอาหาร
8. สายยางสำหรับส่งสารละลายธาตุอาหาร
9. ถังขนาด 70 ลิตร สำหรับใส่สารละลายธาตุอาหาร
10. โยหิน (Rock wool)
11. ถ้วยปลูก
12. เครื่องวัดความนำไฟฟ้า (EC meter)
13. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
14. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity)
15. เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter)
16. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
17. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง (ภาพผนวกที่ 1)
18. สารเคมี
19. น้ำกลั่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

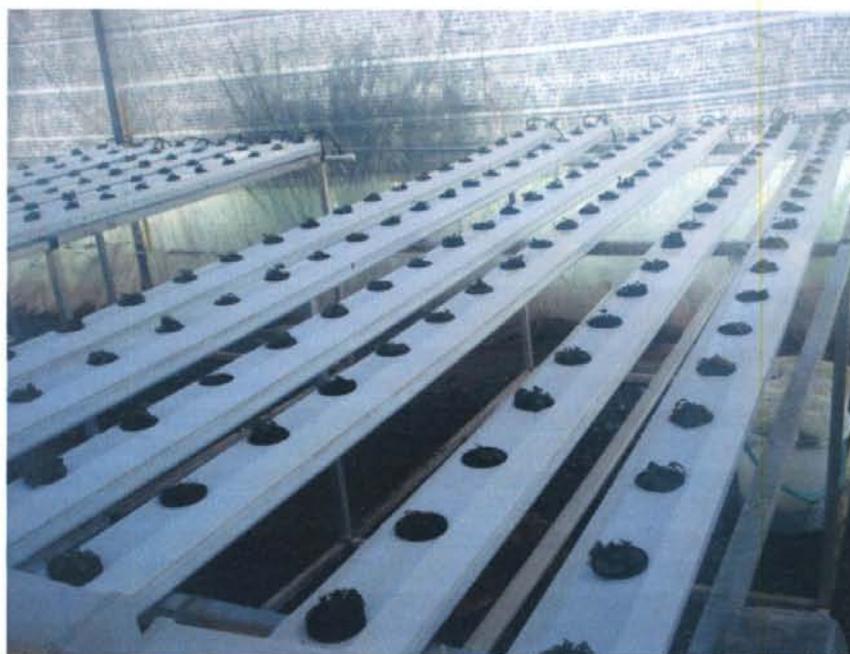
1. ขั้นตอนการเตรียม

1.1. โรงเรือน

การเตรียมโรงเรือนเพื่อปลูกอนุเบียส โดยใช้โครงเหล็กสี่เหลี่ยม กว้าง 4 เมตร ยาว 10 เมตร คลุมด้วยพลาสติกใส และคลุมทับด้วยสแลนสีดำ 60 เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งหัวพ่นสปริงเกอร์ และตัวควบคุมอัตโนมัติ (timer)

1.2. รางปลูก

ประกอบรางปลูกพร้อมฝาปิด และขาตั้ง ขนาดยาว 3 เมตร รางปลูก 1 ราง สามารถปลูกอนุเบียส ได้ 20 ต้น (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 รางปลูก

1.3. ปั่นน้ำ

ปั่นน้ำกำลัง 1,600 วัตต์ วางในถังน้ำขนาดบรรจุ 70 ลิตร สำหรับใส่สารละลายธาตุอาหารเพื่อหมวนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ต่อดวงจรของเครื่องปั่นน้ำด้วยสายยางเข้ากับถังน้ำที่

เป็นภาชนะรองรับสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้สารละลายธาตุอาหารสามารถหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง

1.4 เตรียมสารละลายธาตุอาหาร

ซึ่งสารเคมีตามสัดส่วนโดยดัดแปลงจากสูตร Suntec (1996) (ตารางภาคผนวกที่ 1) เตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 200 เท่า (ภาพผนวกที่ 2)

1.5. เตรียมวัสดุและภาชนะสำหรับปลูก

ใยหิน (Rock wool) ทำจาก Coke 60% หินปูน 20% และถ่านหิน (volcanic rock) 20% มีรูพรุนมากสามารถดูดน้ำได้ดี ตัดให้ได้ความกว้าง 2 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว (ภาพผนวกที่ 3)

1.6. การเตรียมต้นอนุเบียส

ต้นอ่อนอนุเบียสสมบูรณ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ภาพที่ 3) ปรับสภาพโดยการคลายฝาขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วตั้งทิ้งไว้ในโรงเรือนไฮโดรโปนิค เป็นระยะเวลาประมาณ 3 วัน เพื่อให้ต้นอ่อนที่ใช้ทำการทดลองมีการปรับสภาพ และสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้



ภาพที่ 3 อนุเบียงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2. การดำเนินการวิจัย

(1) ปรึบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

เตรียมถังที่มีความจุขนาด 70 ลิตร ใส่ น้ำ 50 ลิตร จำนวน 3 ถัง น้ำที่ใช้เป็นน้ำประปา มีค่าความนำไฟฟ้า 0.1 mS/cm ปรึบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่เตรียมไว้ 200 เท่า นำมาปรึบให้ได้ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 mS/cm วัดความเข้มข้นด้วยเครื่องวัดความนำไฟฟ้า ปรึบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้คงที่ทุกวัน และปรึบค่าความเป็นกรด - ด่างให้มีค่าความเป็นกรด - ด่างให้อยู่ช่วง pH 5.5-6.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมของพรรณไม้ในการนำสารละลายธาตุอาหารไปใช้ (อิทธิสุนทร และคณะ, 2544) การปรึบค่าความเป็นกรด - ด่าง ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวลดความเป็นกรด และใช้กรดเกลือ (HCl) เป็นตัวลดความเป็นด่าง

(2) การปลูกอนุเบียง

นำต้นอนุเบียงมาล้างทำความสะอาดเอาส่วนที่เป็นวุ้นออกให้หมดจำนวน 180 ต้น ชั่งน้ำหนัก วัดความกว้างใบ ความยาวใบ และนับจำนวนใบ พันรากด้วยใยหินที่ชุ่มน้ำแล้วใส่ลงในถ้วยปลูก นำไปวางในรางปลูกที่เตรียมไว้ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ล้างอนุเบียงส และพันรากด้วยใยหินพร้อมปลูกในรางปลูก

(3) ความชื้น

ให้ความชื้นแก่ต้นอนุเบียงส โดยการสเปรย์ด้วยหัวพ่นสปริงเกอร์ 20 ครั้งต่อวัน โดยให้สเปรย์น้ำทุก ๆ 30 นาที นานครั้งละ 3 นาทีในช่วงเช้า และ 5 นาทีในช่วงบ่าย ในหนึ่งวัน สเปรย์น้ำ 20 ครั้ง โดยควบคุมด้วยตัวควบคุมอัตโนมัติ (ภาพผนวกที่ 4)

3. การวางแผนการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ซ้ำละ 20 ต้น การทดลองประกอบด้วยระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารในรูปของค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) มีหน่วยเป็น mS/cm ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1 mS/cm

ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm

ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 mS/cm

4. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการวิจัย

สาขาวิชาประมง และสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง กันยายน พ.ศ. 2550

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตรวจสอบคุณภาพน้ำได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า (ภาพผนวกที่ 5) ความเป็นกรด - ด่าง (ภาพผนวกที่ 6) ความเข้มแสง (ภาพผนวกที่ 7) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (ภาพผนวกที่ 8) ภายในโรงเรียน วัดการเจริญเติบโตของต้นอนุเบียสได้แก่ น้ำหนักต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ โดยทำการวัดก่อนทำการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของชุดการทดลองของข้อมูล โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (อนันต์ชัย, 2542)

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน โดยให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 mS/cm มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.51 ± 0.13 0.50 ± 0.17 และ 0.55 ± 0.26 กรัม/ต้น เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 3.82 ± 0.30 4.43 ± 0.28 และ 3.97 ± 0.32 กรัม/ต้น ตามลำดับ และมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.31 ± 0.17 3.93 ± 0.11 และ 3.47 ± 0.06 กรัม/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 6) จากผลการปลูกที่ให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่สูงสุดทั้งด้านน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อนุเบียสที่ปลูกแบบไร้ดินด้วยสารละลายธาตุอาหารระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 mS/cm จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น 4.23 ± 0.65 4.28 ± 0.49 และ 4.25 ± 0.51 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีจำนวนใบเฉลี่ยสุดท้าย 7.55 ± 0.75 8.03 ± 1.34 และ 7.48 ± 0.95 ใบ/ต้น ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.32 ± 0.10 3.75 ± 0.85 และ 3.23 ± 0.44 ใบ/ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 7) จากผลการปลูกที่ให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm มีการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความกว้างใบของอนุเบียสที่ปลูกแบบไร้ดินด้วยสารละลายธาตุอาหารระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 mS/cm ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น 1.17 ± 0.22 1.06 ± 0.18 และ 1.11 ± 0.20 เซนติเมตร/ต้น ตามลำดับ เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้าย 3.22 ± 0.37 3.47 ± 0.29 และ 3.25 ± 0.24 เซนติเมตร/ต้น ตามลำดับ ความกว้างใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.05 ± 0.15 2.41 ± 0.11 และ 2.14 ± 0.04 เซนติเมตร/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 8) จากผลการปลูกที่ให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm มีการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างใบดีที่สุด โดยมีความกว้างใบสุดท้าย และความกว้างใบเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่การปลูกที่ให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1 และ 3 mS/cm มีการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ

อนุเบียส ที่ปลูกในระบบไร้ดินด้วยสารละลายธาตุอาหารระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 mS/cm ความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น 1.72 ± 0.34 1.55 ± 0.28 และ 1.58 ± 0.30 เซนติเมตร/ต้น

ตามลำดับ เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ความยาวใบเฉลี่ยสุดท้าย 4.22 ± 0.35 5.21 ± 0.28 และ 4.46 ± 0.36 เซนติเมตร/ต้นตามลำดับ โดยมีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.51 ± 0.01 3.66 ± 0.00 และ 2.88 ± 0.06 เซนติเมตร/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5) จากผลการปลูกที่ให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวใบดีที่สุดโดยมีความยาวใบสุดท้ายและความยาวใบเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และอัตราการรอดของต้นอนุเบียงสทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 ความยาวใบของ อนุเบียงสที่ได้จากการปลูกแบบไร้ดิน

สภาพแวดล้อม

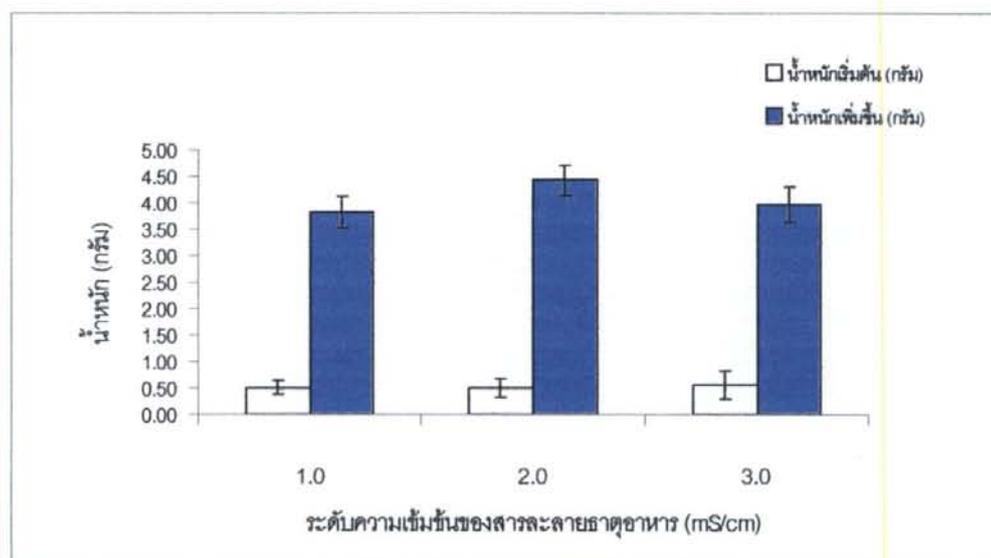
การให้สารละลายธาตุอาหารระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้นเมื่อมีการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้คงที่ จึงต้องมีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย โดยให้มีค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5 - 6.5 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้หน้า (ภาพผนวกที่ 9, 10, 11, และ 12)

สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระหว่างการปลูกอนุบาลได้แก่ ความเข้มของแสงระหว่าง 1,700-1,900 ลักซ์ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 60-80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิช่วงเช้าประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วงบ่ายประมาณ 29-31 องศาเซลเซียสตลอดการวิจัย

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)		
	1.0	2.0	3.0
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.51±0.13 ^a	0.50±0.17 ^a	0.55±0.26 ^a
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	3.82±0.30 ^a	4.43±0.28 ^b	3.97±0.32 ^c
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กรัม)	3.31±0.17 ^a	3.93±0.11 ^b	3.47±0.06 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

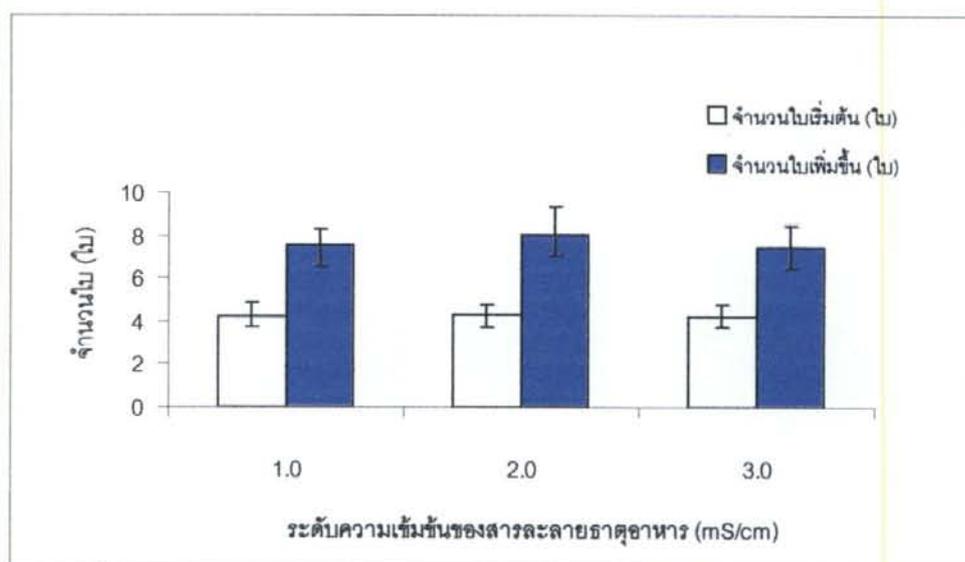


ภาพที่ 6 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น และน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ตารางที่ 2 จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น จำนวนใบเฉลี่ยสุดท้าย และจำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)		
	1.0	2.0	3.0
จำนวนใบเริ่มต้น (ใบ)	4.23±0.65 ^a	4.28±0.49 ^a	4.25±0.51 ^a
จำนวนใบสุดท้าย (ใบ)	7.55±0.75 ^a	8.03±1.34 ^b	7.48±0.95 ^a
จำนวนใบเพิ่มขึ้น (ใบ)	3.32±0.10 ^a	3.75±0.85 ^b	3.23±0.44 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

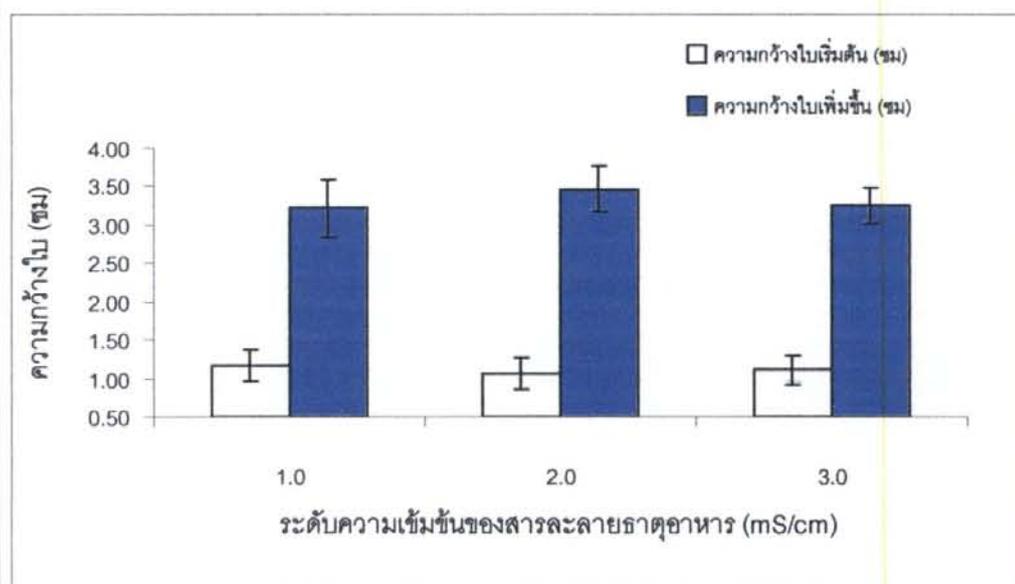


ภาพที่ 7 เปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น และจำนวนใบเฉลี่ยสุดท้ายของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ตารางที่ 3 ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น ความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้าย และความกว้างใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)		
	1.0	2.0	3.0
ความกว้างใบเริ่มต้น (ซม)	1.17±0.22 ^a	1.06±0.18 ^a	1.11±0.20 ^a
ความกว้างใบสุดท้าย (ซม)	3.22±0.37 ^a	3.47±0.29 ^b	3.25±0.24 ^a
ความกว้างใบเพิ่มขึ้น (ซม)	2.05±0.15 ^a	2.41±0.11 ^b	2.14±0.04 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

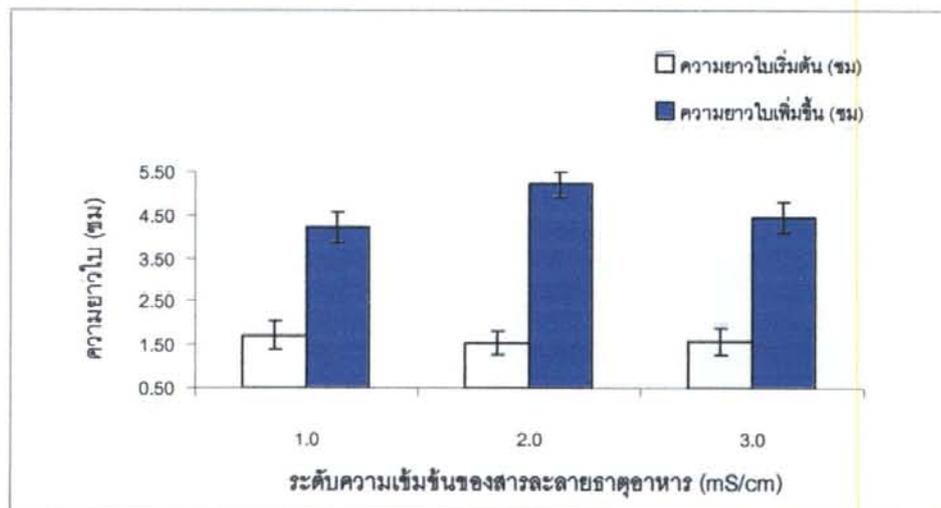


ภาพที่ 8 เปรียบเทียบความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น และความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้ายของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ตารางที่ 4 ความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น ความยาวใบเฉลี่ยสุดท้าย และความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

	ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (mS/cm)		
	1.0	2.0	3.0
ความยาวใบเริ่มต้น (ซม)	1.72±0.34 ^b	1.55±0.28 ^a	1.58±0.30 ^a
ความยาวใบสุดท้าย (ซม)	4.22±0.35 ^a	5.21±0.28 ^b	4.46±0.36 ^c
ความยาวใบเพิ่มขึ้น (ซม)	2.51±0.01 ^a	3.66±0.00 ^b	2.88±0.06 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น และความยาวใบเฉลี่ยสุดท้ายของ *A. nana* ที่ปลูกแบบไร้ดิน ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ กัน เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกอนุเบียส (*Anubias nana*) โดยการนำต้นอ่อนอนุเบียสที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งเป็นระบบการปลูกที่รากพืชแช่อยู่ในน้ำสูงประมาณ 3 เซนติเมตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านช่องว่างภายในรางปลูกตลอดเวลา (อิทธิสุนทร, 2538) มีการสเปรย์น้ำเพื่อลดปริมาณความร้อน เนื่องจากช่วงเวลาในการทดลองมีอากาศร้อนถึงร้อนมาก จึงสเปรย์น้ำ วันละ 20 ครั้ง ทุก 30 นาที โดยในช่วงเช้าเวลา 07.00 ถึง 11.00 นาฬิกา สเปรย์น้ำนาน 3 นาที และตั้งแต่เวลา 11.00 ถึง 17.00 นาฬิกา สเปรย์น้ำนาน 5 นาที เพื่อช่วยเพิ่มความชื้นให้กับต้นอนุเบียส ที่ปลูก

ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกอนุเบียสที่มีการเจริญเติบโต และให้ผลดีที่สุดคือระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 mS/cm โดยเมื่อปลูกอนุเบียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ได้ต้นอนุเบียส ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 4.43 ± 0.28 กรัม/ต้น จำนวนใบเฉลี่ยสุดท้าย 8.03 ± 1.34 ใบ/ต้น ความกว้างใบเฉลี่ยสุดท้าย 3.47 ± 0.29 เซนติเมตร/ต้น และความยาวใบเฉลี่ยสุดท้าย 5.21 ± 0.28 เซนติเมตร/ต้น อัตราการรอดทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 100 เปอร์เซ็นต์ ต้นอนุเบียสมีการเจริญเติบโตดี มีจำนวนรากที่เพิ่มขึ้นอย่างหนาแน่นเต็มกระถางปลูก มีใบที่แข็งแรงสวยงาม