

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส

Effect of nutrient solutions on aquatic plant growth (*Anubias* sp.)



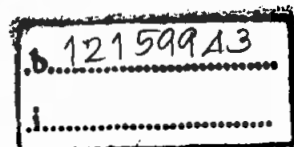
T104658

โดย

นางสาวทิพาภรณ์ เต็มพร้อม

รฟ.  
ท ๒๘๘๗  
๒๕๕๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 104658  
วันเดือนปี - 5 พ.ย. 2552



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส  
Effect of nutrient solutions on aquatic plant growth (*Anubias* sp.)

ชื่อนักศึกษา นางสาวทิพาภรณ์ เต็มพร้อม

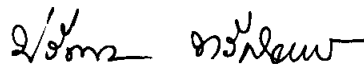
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ทวกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ ๑๐ เดือน ๗. ๑. พ.ศ. ๒๕๕๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

#### ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียส

#### Effect of nutrient solutions on aquatic plant growth ( *Anubias* sp.)

การศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : โดโปแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดอนูเบียส บาเทอร์และนานาที่ปลูกในระบบ DFT แบ่งเป็นชุดการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร 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) ชุดละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 (1: 0.50: 1.47) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 16.27±1.40 กรัม ความสูงเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 6.63±0.39 เซนติเมตร ความยาวใบเฉลี่ยสิ้นสุด 7.59±0.22 เซนติเมตร ความกว้างใบเฉลี่ยสิ้นสุด 4.51±0.17 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุด 14.87±0.27 ใบ มากที่สุดตามลำดับ รองลงมาคือสูตร Belgium (1: 0.55: 2.01) สูตร Australia (1: 0.41: 0.85) และสูตร Netherlands (1: 0.50: 1.82) การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอนูเบียสนานาที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 (1: 0.50: 1.47) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 6.94±0.07 กรัม ความสูงเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 2.81±0.01 เซนติเมตร ขนาดความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 4.71±0.23 เซนติเมตร ความกว้างใบเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 2.79±0.27 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 17.47±0.29 ใบ มากที่สุด ตามลำดับ รองลงมาคือสูตร Belgium (1: 0.55: 2.01) สูตร Australia (1: 0.41: 0.85) และสูตร Netherlands (1: 0.50: 1.82)

## คำนิยม

ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าขาดบุคคลที่สำคัญ 2 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ และ ดร. อัจฉรี เรืองเดช ที่ช่วยเหลือและผลักดันให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะอาจารย์นงนุช ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำแก่ข้าพเจ้าเสมอมา พร้อมทั้งให้อะไรดีๆ อีกหลายอย่างที่ข้าพเจ้าไม่เคยได้รับมาก่อน ขอขอบคุณค่ะ และปัญหาพิเศษนี้จะไม่สมบูรณ์เลย หากขาดบุคคลสำคัญเหล่านี้ได้แก่

ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาคทุกท่าน พี่แสง, พี่มอญ, พี่โก๋, พี่นิพนธ์ และพี่ก๊ีบ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์พร้อมคำแนะนำที่ดี

ขอขอบคุณพี่ปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาามาโดยตลอด โดยเฉพาะพี่โป่ง พี่เต้ พี่ปาน พี่วี และพี่ทราย ขอขอบคุณจากใจจริง

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่น 11 ทุกคน โดยเฉพาะเพื่อนๆ หอชัยพฤกษ์ห้อง 304 ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงาน ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพ่อแม่ที่ให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณทุกๆ คนอีกครั้งที่ทำให้มีการแก้ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวทิพาภรณ์ เต็มพร้อม

มีนาคม พ.ศ. 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	17
สรุป และข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมของธาตุไนโตรเจนในใบและเมล็ดมีอิทธิพล โดยสม้าเสมอประยุคที่ใช้จากธาตุไนโตรเจนในรูปของสารละลายอาหาร	7
2	การดูดซึมยูเรีย, แอมโมเนียมและไนเตรทในพืชพวกมะเขือเทศที่เมล็ด, ดอก, ผล และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการใช้ประยุค ใช้ $^{15}\text{N}$	8
3	จำนวนฝัก, น้ำหนักใบแห้งและน้ำหนักเมล็ดมีอิทธิพล จากการเปลี่ยนแปลงแหล่งของธาตุไนโตรเจนในรูปของสารละลายอาหาร	10
4	การเจริญเติบโตของพืชในสารละลายอาหาร 4 อัตราส่วนของไนเตรท ต่อแอมโมเนียมและระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 8-true leaf stage (8-LS) และ 16-true leaf stage (16-LS)	11
5	ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโต, การแบ่งส่วนของสิ่งมีชีวิตและ การวัดค่าลักษณะทางชีววิทยาของการเจริญเติบโต <i>P. australis</i> และ <i>G. maxima</i> ด้วยแอมโมเนียม และ ไนเตรทจากแหล่งของธาตุไนโตรเจน	12
6	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	18
7	ความสูงของพรรณไม้ น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	18
8	ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	19
9	ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	20
10	จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูก ในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	21

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	24
12	ความสูงเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	24
13	ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	25
14	ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	26
15	จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	27
ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของอนูเบียสบาเทอร์	36
2	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของอนูเบียสนานา	37
3	ค่าความนำไฟฟ้าของอนูเบียสบาเทอร์	38
4	ค่าความนำไฟฟ้าของอนูเบียสนานา	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบ Nutreint film technique (NFT)	2
2	ระบบ Deep Flow Technique (DFT)	2
3	ระบบ Floating system	3
4	(A) <i>Anubias nana</i> และ (B) <i>Anubias barteri</i>	4
5	ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน	20
6	ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	22
7	จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์รี่ ( <i>Anubias barteri</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	23
8	ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	26
9	ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	27
10	จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา ( <i>Anubias nana</i> ) ที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน	28

## คำนำ

พรรณไม้น้ำสวยงามจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากพรรณไม้น้ำช่วยเพิ่มความสวยงามให้กับตู้ปลาเพราะพรรณไม้น้ำมีรูปทรงและสีสันที่หลากหลายแล้วยังมีประโยชน์ช่วยในการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนแก่ปลา ช่วยในการกำจัดของเสียและขี้ปลา เพราะพืชมุขพรรณไม้น้ำจะนำไปเป็นปุ๋ยทำให้เกิดสมดุลด้านนิเวศวิทยา และเป็นสินค้าที่ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้อย่างกว้างขวาง โดยพรรณไม้น้ำชนิดที่มีปริมาณความต้องการสูงในการส่งออก ได้แก่ อนุเบียส อนุเบียสจัดเป็นพรรณไม้น้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำที่อยู่ในวงศ์ Araceae มีต้นเตี้ยเจริญได้สูงสุดไม่เกิน 15 เซนติเมตร ขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อ และมีการเจริญเติบโตช้ามาก และต้องการสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงในการเจริญเติบโต ดังนั้นการเพาะขยายพันธุ์จึงยังทำได้ช้าและได้ปริมาณน้อย

การปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยใช้หลักวิชาการแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่โดยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุปลูก พืชสามารถเจริญเติบโตได้โดยอาศัยธาตุอาหารต่างๆ ที่ละลายลงในน้ำเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มีในดิน พืชเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตสูง มีความสม่ำเสมอ สะอาดและคุณภาพดี เนื่องจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สามารถควบคุมปริมาณสารอาหารได้ดีกว่าการปลูกในดิน สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้ตรงกับความต้องการของพืช พืชได้รับสารอาหารใน รูปอนินทรีย์โดยตรง ทำให้การใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในอีกแง่หนึ่ง ถ้าคำนึงถึงผลผลิตต่อปี ผลผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยวิธีดั้งเดิม เนื่องจากการเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นและปลูกต่อเนื่องได้ตลอดปีไม่ขึ้นกับฤดูกาล ทำให้สามารถปลูกพืชได้มากกว่าในเวลาเท่ากัน

ดังนั้นการศึกษาระยะธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุล อนุเบียสจะเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตพรรณไม้น้ำสกุลอนุเบียส และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าการส่งออกพรรณไม้น้ำอีกทางหนึ่ง

## ตรวจเอกสาร

### ระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน

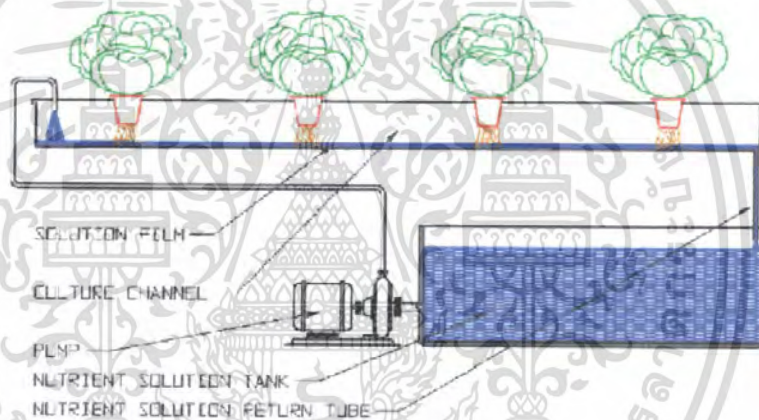
การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน คือการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน แต่ใช้วัสดุปลูกหรือปลูกสารละลาย โดยอิทธิสุนทร (2548) แบ่งได้ดังนี้

#### 1. การปลูกพรรณไม้น้ำแบบสารละลาย

เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำให้รากของพรรณไม้น้ำเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช

##### 1.1 ระบบ Nutrient film technique (NFT)

เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพรรณไม้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นแผ่นฟิล์มที่มีความบางประมาณ 5 มิลลิเมตร ระบบนี้ประกอบด้วยรางปลูกพรรณไม้น้ำขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ยาว 4-18 เมตร

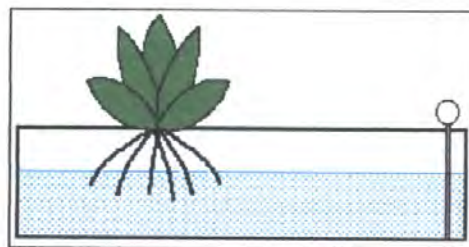


ภาพที่ 1 ระบบ Nutrient film technique (NFT)

ที่มา: <http://www.hhydro.com>

##### 1.2 ระบบ Deep flow technique (DFT)

เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในน้ำสูงประมาณ 3 เซนติเมตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านช่องว่างภายในตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยท่อปลูกทำมาจากท่อ PVC สีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 4-18 เมตร และด้านบนของท่อจะเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ

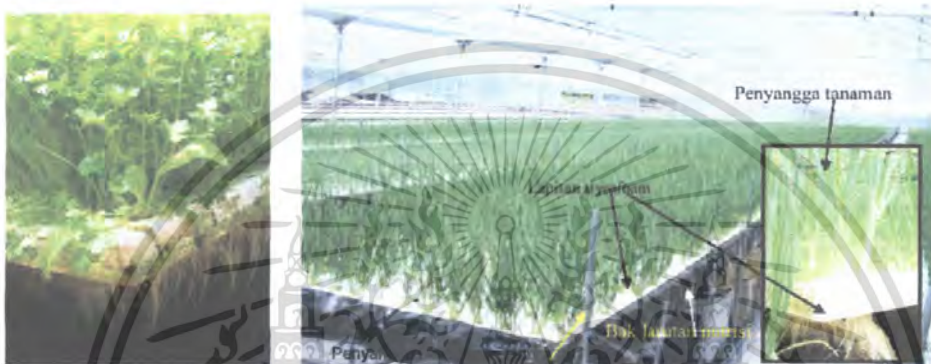


ภาพที่ 2 ระบบ Deep Flow Technique (DFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ที่มา: <http://members.mailaka.net/norm34/dft.jpg>  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ระบบ Floating system

เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำที่รากของพรรณไม้น้ำแช่อยู่ในน้ำ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพรรณไม้น้ำ และแผ่นโฟมดังกล่าวนี้ลอยอยู่ในถาดที่ใส่สารละลายธาตุอาหารพืช Nhut et al. (2003) ได้ทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ taro (ผักชนิดหนึ่ง) ที่ปลูกด้วยระบบ Floating system กับการปลูกด้วยดิน พบว่า taro ที่ปลูกด้วยระบบ Floating system มีการเจริญเติบโตดีกว่า



ภาพที่ 3 ระบบ Floating system

ที่มา: <http://www.fertirigazione.it/UserFiles/Image/Floatweb.jpg> และ  
[http://io.ppi-jepang.org/images/0611/inovasi28\\_05.gif](http://io.ppi-jepang.org/images/0611/inovasi28_05.gif)

#### ชนิดของพืชที่ใช้ในการปลูกในระบบปลูกแบบไร้ดิน

พืชที่สามารถปลูกในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินมีหลายกลุ่ม ได้แก่ พืชผัก ผักกาดขาว ผักชี (Pardossi et al., 1999) ผักบุ้ง ไม้ผล/ผักรับประทานผล เช่น สตอเบอรี่ แอปเปิ้ล (Motosugi et al., 1995) แคนตาลูป ถั่วฝักยาว แตงกวา มันฝรั่ง (Mckeehen et al., 1995) ไม้ดอก เช่นกุหลาบ คาร์เนชัน พรรณไม้น้ำ เช่น ดาวกระจาย ใบพาย อเมซอน

นนุช (2548) กล่าวว่าชนิดของพรรณไม้น้ำที่สามารถนำมาปลูกในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน ก็คือ กลุ่มพืชชายน้ำ (Marginal plant) หรือกลุ่มโรเซตแพลนท์ (Rosette plants with rhizome) เนื่องจากพรรณไม้น้ำกลุ่มนี้มีส่วนของรากและลำต้นอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ ได้แก่ พรรณไม้น้ำในสกุลอนูเบียส ขนาดต้นโตเต็มที่สูง ประมาณ 15 ถึง 25 ซม. ใบกว้างประมาณ 10 ซม. เป็นไม้น้ำ หรือกลางตู้ การเจริญเติบโตค่อนข้างช้า วิธีปลูกโดยส่วนมากใช้มัดติดกับขอนไม้แล้วให้รากเลื้อยเกาะขอน แต่ก็สามารถปลูกโดยฝังกรวดเหมือนกับต้นไม้ทั่วๆ ไปได้ ความต้องการแสงสว่าง อยู่ได้ทุกสภาพแสงตั้งแต่น้อยถึงมาก ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH) 5.5-6.5 อุณหภูมิ 22-28 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A



B

ภาพที่ 4 (A) *Anubias nana* และ (B) *Anubias barteri*

ที่มา:www.google.com

### ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ

#### 1.ธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ

นงนุช (2548) ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ธาตุที่พืชต้องใช้ในปริมาณมาก และธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย

##### 1.1 ธาตุอาหารหลัก

เป็นธาตุอาหารที่พรรณไม้น้ำต้องการเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน(N), ฟอสฟอรัส(P), โพแทสเซียม(K), แคลเซียม(Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ธาตุอาหารหลักเหล่านี้มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารจำเป็นต่อการเร่งให้ใบและลำต้นของพรรณไม้น้ำเจริญเติบโตได้ดี

##### 1.2 ธาตุอาหารรอง

พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารรองในปริมาณน้อยแต่ธาตุเหล่านี้จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ และขบวนการทางเคมีของธาตุอื่นด้วย จึงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและขาดไม่ได้ ได้แก่ คลอรีน (Cl), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โมลิบดีนัม (Mo) และโบรอน (B) ธาตุอาหารรองที่สำคัญก็คือ เหล็ก ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว แต่ถ้ามีการให้ธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ การวัดความเข้มข้นของธาตุอาหารเราใช้เครื่องมือวัดปุ๋ย โดยวัดสารละลายของเกลือที่อยู่ในน้ำ ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารวัดในรูปของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นกิโลกรัมต่อค่าการนำไฟฟ้าในการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารละลาย ซึ่งแสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้ไม่มีค่า การนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.5-1.0 mS/cm

## 2. คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

อิทธิสุนทร (2545) กล่าวว่าน้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยต้องคำนึงถึงคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ถ้าคุณภาพน้ำไม่ดีเราไม่สามารถที่จะทำการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้เลย เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะเป็นตัวกำหนดว่าการปลูกพืชจะได้ผลหรือไม่ ดังนั้นจะกล่าวถึงธาตุแต่ละตัวที่มีโอกาสเจือปนอยู่ในน้ำจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

### 2.1 Sodium และ Chlorine

ธาตุสองตัวนี้พืชสามารถดูดใช้ได้ ในปริมาณที่ไม่มากนัก เมื่อเรานำน้ำที่มีเกลือของ NaCl มาใช้ในระบบ NFT หรือในวัสดุปลูกจะมีการสะสมของเกลือทั้งสอง เนื่องจากพืชจะดูดใช้ในปริมาณที่น้อย ซึ่งถ้ามีการสะสมในปริมาณที่มากในวัสดุปลูกหรือในสารละลายก็จะเป็นพิษต่อพืช เราจำเป็นต้องใช้น้ำเปล่าชะเกลือที่สะสมออก การที่จะกำจัดเกลือทั้งสองชนิดนี้ออกจากน้ำเป็นสิ่งทำได้ยาก ดังนั้นน้ำที่มีเกลือของ NaCl เป็นองค์ประกอบอยู่สูงจึงไม่สามารถที่นำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

### 2.2 Calcium และ Magnesium

ธาตุทั้งสองชนิดนี้พืชต้องการ ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชเราสามารถนำปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในน้ำมาหักออกจากปริมาณปุ๋ยที่เติมเข้าไป

### 2.3 Sulphate

เป็นธาตุที่เหมือนกับ Na และ Cl คือพืชดูดไปใช้ในปริมาณที่จำกัด ดังนั้นถ้ามีในปริมาณมากเกินไปในน้ำ ก็จะมีการสะสมได้

### 2.4 Bicarbonate

อนุมูลของไบคาร์บอเนตจะทำให้ค่า pH ของน้ำและสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น ทำให้การละลายตัวของธาตุอาหารพืชบางตัวไม่ดี ระดับ pH ของสารละลายที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารจะต้องอยู่ในช่วง 5.5-6 ถ้าค่าของ pH ของสารละลายธาตุอาหารสูงเกินไปจะทำให้การละลายตัวของอนุมูล Carbonate และ Phosphate ลดลงโดยจะตกตะกอนกับ Ca และ Mg ซึ่งตะกอนนี้จะไปอุดตันหัวน้ำหยด ระบบท่อ และเครื่องกรอง ทำให้ต้องล้างอยู่เสมอๆ นอกจากนี้จะตกตะกอนเป็นแผ่นบางๆ หุ้ม electrodes ของเครื่อง pH และ เครื่องวัดการนำไฟฟ้าและถ้า pH ของสารละลายสูงกว่า 6 พวกเหล็กคีเลต (Iron chelate) Fe-EDTA จะอยู่ในรูปที่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถดูใช้ได้

การกำจัดอนุมูล Bicarbonate ในน้ำทำได้โดยใช้กรด ซึ่งกรดที่ใช้ส่วนใหญ่ใช้กรด  $\text{HNO}_3$  หรือบางครั้งใช้  $\text{H}_2\text{PO}_4$  แต่จะมีความสามารถในการเป็นกรดน้อยกว่า  $\text{HNO}_3$  ดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณมากกว่า หรืออาจใช้กรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  แต่ไม่ค่อยนิยมใช้

## 2.5 Iron

เหล็กที่อยู่ในน้ำถ้ามีปริมาณมากจะเกิดการตกตะกอนเป็น Ferric hydroxy  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ตะกอนที่เกิดขึ้นจะไปเคลือบ electrodes ของเครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ และเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าจะไปอุดตันหัวน้ำหยด ความเข้มข้นของเหล็กที่เกิน 10 micromol โดยเฉพาะเมื่อในน้ำมีอนุมูล Bicarbonate มากกว่า 1 mmol จะเกิดการตกตะกอนของเหล็กเป็นคราบสีน้ำตาลแดง

## 3. ผลของธาตุไนโตรเจนต่อการดูดซึมของพืช NFT

### 3.1 การดูดซึมธาตุไนโตรเจนที่ส่วนต่างๆของเนื้อเยื่อพืช

Jones et al. (1982) ทำการทดลองนำพืชตระกูลถั่วเหลืองเลี้ยงในสารละลายของธาตุอาหารพืชโดยเลี้ยงในทรายระยะใบแรก และใช้ธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท โดยเติมลงไปในรูปแบบของสารละลายธาตุอาหารพืชโดยประยุกต์ใช้ธาตุไนโตรเจนจาก  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  หรือ  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ค่า pH 6.0 ศึกษาการดูดซึมของพืชที่ระยะ  $R_2$  (ระยะออกดอก) และ  $R_4$  (ระยะออกฝัก) พบว่า การดูดซึมของไนเตรทมีค่าต่ำกว่าการดูดซึมของแอมโมเนียมที่ระยะ  $R_2$  แต่ที่ระยะ  $R_4$  การใช้นิเตรทมีสภาวะการดูดซึมต่ำลงขณะที่การใช้แอมโมเนียมมีค่าการดูดซึมมากขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างผลผลิต และการดูดซึมของไนเตรทมีค่าต่ำเมื่อใช้ในนิเตรทเป็นหลักมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ใบและเมล็ดจากการเปรียบเทียบกับแอมโมเนียมไนเตรท การดูดซึมที่ใบและเมล็ดมีการดูดซึมที่สูงมากเมื่อใช้อัตราส่วนของแอมโมเนียมและไนเตรทที่อัตราส่วนเท่ากัน และเมื่อเปลี่ยนจากแอมโมเนียมไนเตรทถึงแอมโมเนียมที่ระยะ  $R_2$  มีการดูดซึมที่ดีที่สุด (ตารางที่ 1)

Tylova-Munzarova et al. (2005) ทำการทดลองใช้พืชสายพันธุ์ *Phragmites australis* และ *Glyceria maxima* วัดอัตราการดูดซึมของพืชในแต่ละสายพันธุ์ ใช้ธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรทโดยเติมลงไปในรูปแบบของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ 43  $\mu\text{M}$  pH 6.5 ดูการดูดซึมที่ระบบรากของพืชในการเคลื่อนย้ายสารละลายธาตุอาหารพืช 1200 มิลลิลิตร ระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีการกำหนดจุดสารละลายในรากไว้ ดูการดูดซึมทุกๆ 3 นาที ในแต่ละหน่วยทดลองโดยการดูดซึมของพืช วัดอัตราการดูดซึมโดยการฉีดกระจายเข้าไปด้วยความยาวคลื่นแสง 210 นาโนเมตร ดูอัตราการเร็วในการดูดซึม การอิ่มตัวของน้ำ และอัตราส่วนความสัมพันธ์กันของอัตราการเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดูดซึมและการอิมตัวของน้ำ พบว่า อัตราการดูดซึมของแอมโมเนียมมีค่าสูงกว่าการดูดซึมของไนเตรทในพืชสายพันธุ์ *P. australis* และ *G. maxima* อัตราการดูดซึมของแอมโมเนียมไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์พืชจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในการใช้แอมโมเนียมและไนเตรท *P. australis* มีค่าคงที่การอิมตัวของน้ำต่ำเมื่อใช้แอมโมเนียมและไนเตรทและมีอัตราส่วนความสัมพันธ์กันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ *G. maxima*

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมของธาตุไนโตรเจนในใบและเมล็ดมีอิทธิพลโดยสม่ำเสมอประยุกต์ใช้จากธาตุไนโตรเจนในรูปของสารละลายอาหาร

ไนโตรเจน	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน	
	ใบ	เมล็ด
ไนเตรททั้งหมด	2.55 d*	5.45 d*
แอมโมเนียมไนเตรททั้งหมด	4.00 a	7.42 a
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทระยะ R <sub>2</sub>	3.15 c	5.93 c
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทระยะ R <sub>4</sub>	4.01 a	4.99 e
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมระยะ R <sub>2</sub>	4.39 a	7.02 a
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมระยะ R <sub>4</sub>	3.66 b	6.48 b

ที่มา : jones et al. (1982)

### 3.2 รูปแบบของธาตุไนโตรเจนต่อการดูดซึมของพืช

Tan et al. (2000) นำเมล็ดมะเขือเทศที่ออกในระยะที่ 2 ของใบมาเลี้ยงในระบบการปลูกพืช ไร่ดินของโรงเรือนระบบปิดแบบเรือนกระจกใสในกระบะ 151 อัน อุณหภูมิกลางวันต่อกลางคืน 32 องศาเซลเซียสต่อ 20 องศาเซลเซียส ย้ายระยะที่ 6-7 ของใบไปปลูกในสารละลาย <sup>15</sup>N โดยการเจริญเติบโต 4 ระยะ ภายใน 24 ชั่วโมง ให้สารละลายอาหารของธาตุไนโตรเจนในรูปของยูเรีย, ไนเตรทและแอมโมเนียม 200 มิลลิกรัมของธาตุไนโตรเจนต่อลิตร เพาะปลูกในกระบะทำ 3 ชั้น ในห้องควบคุม ( 25 องศาเซลเซียสต่อ 12 ชั่วโมงและ 15 องศาเซลเซียสต่อ 12 ชั่วโมง) การดูดซึมที่ระยะต่างๆ พบว่า จากระยะการงอกของเมล็ดถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีการดูดซึมของ <sup>15</sup>N เพิ่มขึ้นตามลำดับ การดูดซึมของมะเขือเทศ ไนเตรทมีค่าการดูดซึมมากที่สุดจากระยะเมล็ดถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต การดูดซึมของยูเรียมี 25 % ของไนเตรทที่ระยะเมล็ดและเพิ่มขึ้นเป็น 66%, 82% และ 80 % ของไนเตรทที่ดอก, ผลและระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ตามลำดับ ยูเรีย, ไนเตรทและแอมโมเนียมการดูดซึมที่ระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่จะขออนุญาตด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2** การดูดซึมยูเรีย,แอมโมเนียมและไนเตรทในพืชพวกมะเขือเทศที่เมล็ด,ดอก,ผลและ  
ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการใช้ปุ๋ยยูเรีย  $^{15}\text{N}$

แหล่งไนโตรเจน	การดูดซึมของ $^{15}\text{N}$ (mg plant <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>			
	ระยะการเจริญเติบโตของพืช			
	เมล็ด	ดอก	ผล	เก็บเกี่ยว
ยูเรีย	0.84(1) c	9.84(12) c	36.27(43) b	53.77(64) b
ไนเตรท	3.32(1) a	14.90(4) a	44.35(13) a	66.39(20) a
แอมโมเนียม	1.79(1) b	13.23(7) b	35.55(20) b	55.35(31) b

ที่มา : Tan et al. (2000)

Okamoto and okada (2004 ) ทำการทดลองนำเมล็ดของพืช 4 สายพันธุ์ ข้าวฟ่าง, ข้าว, ข้าวโพด, ข้าวเดือย ที่งอกดูแลโดยให้สารละลายอาหารมาตรฐาน pH 5.5 ปราศจากธาตุไนโตรเจนเป็นเวลา 7 วัน ล้างด้วย 10 มิลลิลิตรต่อลิตร ของยาต้านแบคทีเรีย นำเมล็ดที่งอก 2-5 เมล็ด (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของราก 81 มิลลิกรัม ในข้าวฟ่าง, 136 มิลลิกรัมในข้าว, 139 มิลลิกรัม ในข้าวโพด และ 97 มิลลิกรัมในข้าวเดือย) ย้ายไปเลี้ยงในขวดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่อากาศถ่ายเทสะดวก ให้สารละลายอาหารของสิ่งทดลองโดยปราศจากธาตุไนโตรเจน (กลุ่มควบคุม) หรือที่ 0.2 mM ของธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเตรท (กลุ่มอินทรีย์สาร) หรืออินทรีย์สารของธาตุไนโตรเจนที่สกัดจากดิน (กลุ่มอินทรีย์สาร) เพาะเมล็ดที่งอกภายใต้สภาวะมีแสง 3 ชั่วโมง ในส่วนของรากอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, 72 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก สารละลายจากก่อนและหลังการทดลอง กรองด้วยแผ่นกรองขนาด 0.45  $\mu\text{M}$  ดูอัตราการดูดซึมที่รากของธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ไนเตรทและโปรตีน พบว่า ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มอินทรีย์สาร ไม่มีการดูดซึมในรูปโปรตีนของธาตุไนโตรเจนจากรากในพืชทุกสายพันธุ์และข้าวโพดด้วยเหมือนกันที่ไม่มีการดูดซึมในรูปแอมโมเนียมในกลุ่มควบคุมและกลุ่มอินทรีย์สาร อัตราการดูดซึมของกลุ่มอินทรีย์สารไม่มีการดูดซึมในรูปของแอมโมเนียมไนเตรทและโปรตีนของข้าวเดือยมีค่าสูงสุดจากพืชทุกสายพันธุ์ ไนเตรทในกลุ่มอินทรีย์สาร สารละลายลดลง 22 % ในข้าวฟ่าง, 91 % ในข้าว, 54 % ในข้าวโพดและ 59 % ในข้าวเดือยจากขนาดเริ่มต้น กลุ่มอินทรีย์สาร ข้าวฟ่างและข้าวมีอัตราการดูดซึมโปรตีนของธาตุไนโตรเจนมากกว่าข้าวโพด สัดส่วนที่ลดลงของโปรตีนของธาตุไนโตรเจนในกลุ่มอินทรีย์สาร 21 % ในข้าวฟ่าง, 33 % ในข้าว, 18 % ในข้าวโพดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 % ในข้าวเดียว ที่กลุ่มอินทรีย์สารมีการดูดซึมโปรตีนดีที่สุด

### 3.3 ผลของธาตุไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

Jones et al. (1982) ทำการทดลองนำพืชตระกูลถั่วเหลืองเลี้ยงในสารละลายของธาตุอาหารพืชจากเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมโดยเลี้ยงในทรายที่ระยะใบแรก นำ 3 เมล็ดที่งอกเปลี่ยนไปเลี้ยงที่อากาศถ่ายเทสะดวกในภาชนะที่บรรจุของเหลวจนครบ 141 เมล็ด ใช้ธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรทโดยเติมลงไป ในรูปของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ 150 ppm ประยุกต์การใช้ธาตุไนโตรเจนจาก  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  หรือ  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ค่าพีเอช 6.0 ดูการเจริญเติบโตของพืชที่ระยะ  $R_2$  (ระยะออกดอก) และ  $R_4$  (ระยะออกฝัก) จากการเปลี่ยนการใช้แอมโมเนียมและไนเตรทถึงไนเตรททั้งหมดหรือแอมโมเนียมทั้งหมด พบว่า ใช้ไนเตรทเท่านั้นที่ได้ค่าของน้ำหนักใบแห้งและจำนวนฝักและน้ำหนักเมล็ดสูงที่สุด แต่เมื่อเปลี่ยนจากแอมโมเนียมไนเตรทเป็นแอมโมเนียมที่ระยะ  $R_2$  ค่าที่ได้ของน้ำหนักใบแห้ง, จำนวนฝักและน้ำหนักเมล็ดมีค่าลดลงทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของพืชมีผลกระทบจากอิทธิพลของสารละลายที่ใส่เข้าไปของไนเตรท (ตารางที่ 3)

Palaniswamy et al. (2004) ทดลองนำพืชที่มีสีเขียว (*Portulaca oleraceae*) อายุ 21 วัน เลี้ยงในโรงเรือนกระจกแบบปิดด้วยระบบการปลูกพืชไร้ดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจน 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใส่สารละลายธาตุไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและแอมโมเนียม ด้วยแอมโมเนียมและไนเตรท 4 อัตราส่วน ที่ 1:0 , 0.75:0.25 , 0.5:0.5 , 0.25:0.75 เพื่อดูการเจริญเติบโตของใบ, หน่อและความสูงของต้นพืช เก็บผลผลิตจากการทำ 5 ซ้ำ ที่ระยะ 8-true leaf stage (8-LS) และ 16-true leaf stage (16-LS) อบอุ่นภูมิ 60 องศาเซลเซียส, 24 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักแห้งใบ, หน่อและความสูงของต้นพืชมีผลต่อระยะเก็บผลผลิต ที่อัตราส่วน 0.75:0.25 ระยะ (16-LS) มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 20 % เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีแอมโมเนียม และลดลง 30 % เมื่อแอมโมเนียมเพิ่มขึ้น อัตราส่วน 0.25:0.75 ที่ระยะ (8-LS) ใบและลำต้นมีค่าลดลง 39 % และ 56 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีแอมโมเนียมไนเตรทและแอมโมเนียมที่อัตราส่วน 0.75:0.25 มีการเจริญเติบโตของพืชดีที่สุด (ตารางที่ 4)

Tylova-Munzarova et al (2005) ทำการทดลองใช้พืชสายพันธุ์ *P. australis* และ *G. maxima* นำมาเลี้ยงในทรายเป็นเวลา 3 สัปดาห์ก่อนย้ายไปเลี้ยงในระบบการปลูกพืชไร้ดิน ทำในตู้ทดลองด้วย 4 หน่วยการทดลองที่เป็นอิสระกัน กลางวันต่อกลางคืน 16 ชั่วโมงต่อ 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ต่อ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 85 % ถึง 90 % ทำในตู้ขนาด 30 ลิตร ของ 10 ต้นของแต่ละสายพันธุ์ ใช้ธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและ

ไนเตรทโดยเติมลงไปในรูปแบบของสารละลายอาหารที่ 34  $\mu\text{M}$  pH 6.5 ก่อนเริ่มทดลองทำการชั่งน้ำหนักพืช จดบันทึกลักษณะมวลสารต่างๆไว้ หลังจาก 28 วัน นำพืช 4 ต้น จากแต่ละสายพันธุ์นำมาวิเคราะห์ค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) พบว่า ในระยะเริ่มต้นการทดลองพืชทั้ง 2 ชนิดมีขนาดใกล้เคียงกันมากไม่มีความแตกต่าง ( $P > 0.05$ ) ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของ *G. maxima* สูงกว่า *P. australis* อยู่ 75 เปอร์เซ็นต์ *G. maxima* จะมีค่า (RGR) เมื่อใช้แอมโมเนียมสูงกว่าการใช้ ไนเตรทอยู่ 16 เปอร์เซ็นต์ ค่า (RGR) ของ *P. australis* เมื่อใช้ในทั้งสองรูปแบบจะมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ย (RGR) จะเท่ากับ  $35.4 \text{ mgg}^{-1} \text{ d}^{-1}$  พืชที่ใช้แอมโมเนียมจะมีค่า S/R สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชใช้ในเตรท ขณะค่า A/B จะไม่ได้รับผลจากการทดลอง แสดงให้เห็นความแตกต่างของรากกับไรโซม *G. maxima* จะมีค่า A/B มากกว่า *P. australis* ถึง 2 เท่าขณะค่า S/R จะใกล้เคียงกัน ไนโตรเจนที่ใช้ทดสอบไม่มีผลต่อใบ, ไรโซมและลำต้นใน *G. maxima* และเมื่อใช้แอมโมเนียมอัตราการเจริญเติบโตของหน่อสูงความยาวรากจะต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับใช้ในเตรทพืชทั้ง 2 ชนิดเมื่อใช้แอมโมเนียมจะมีจำนวนใบต่อต้นต่ำเมื่อใช้ในเตรทและเปอร์เซ็นต์การตายของใบสูง (ตารางที่ 5) และความสัมพันธ์ของแอมโมเนียมและไนเตรทในการใช้ประโยชน์ของเนื้อเยื่อ *G. maxima* แอมโมเนียมและไนเตรทจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์เมื่อใช้แอมโมเนียมจะมีการสะสมในเนื้อเยื่อมากกว่าเมื่อใช้ในเตรท แต่ใน *P. australis* แอมโมเนียมและไนเตรทจะไม่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 จำนวนผัก, น้ำหนักใบแห้งและน้ำหนักเมล็ดมีอิทธิพลจากการ เปลี่ยนแปลงแหล่งของธาตุไนโตรเจนในรูปแบบของสารละลายอาหาร

อาหารไนโตรเจน	น้ำหนักแห้ง(กรัม)	จำนวนผัก	น้ำหนักเมล็ด(กรัม)
ไนเตรททั้งหมด	15.5a*	82a*	15.1a*
แอมโมเนียมไนเตรททั้งหมด	12.6b	62c	12.9bc
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทระยะ $R_2$	12.7b	77a	14.4ab
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทระยะ $R_4$	11.9b	65bc	11.6e
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมระยะ $R_2$	5.9c	2e	0.5e
แอมโมเนียมไนเตรทที่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมระยะ $R_4$	12.3b	46d	6.2d

ที่มา : jones et al. (1982)

**ตารางที่ 4** การเจริญเติบโตของพืชในสารละลายอาหาร 4 อัตราส่วนของไนเตรตต่อแอมโมเนียมและระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 8-true leaf stage (8-LS) และ 16-true leaf stage (16-LS)

ไนเตรต:แอมโมเนีย อัตราส่วน	น้ำหนักแห้งใบ(กรัม)		น้ำหนักแห้งหน่อ(กรัม)		ความสูงของพืช(ซม.)	
	8-LS	16-LS	8-LS	16-LS	8-LS	16-LS
1:00	0.6	2.2	1.1	4.1	28.9	43
0.75:0.25	0.6	2.2	1.2	4.2	30.7	44.1
0.50:0.50	0.5	2.1	0.9	3.8	27.4	44.3
0.25:0.75	0.7	1.9	1.2	3.9	29.2	41.3

ที่มา : Palaniswamy et al. (2004)

#### 4. การควบคุม pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารพืช

ดิเรก (2548) กล่าวว่า การรักษาหรือควบคุม pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารพืช เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยหรือสารละลายธาตุอาหารพืชได้ดี

##### 4.1 การรักษาหรือควบคุม pH ของสารละลายธาตุอาหารพืช

ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุอาหาร (ปุ๋ย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารจะเป็นประโยชน์ต่อการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้นั้นขึ้นอยู่กับค่าของ pH ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นค่าของ pH สารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ pH จึงสำคัญต่อการปลูกพืชมาก

การรักษาหรือควบคุมค่าของ pH พืชแต่ละชนิด ต้องการ pH ที่แตกต่างกันไปแต่ pH ที่ 4.0 จะเป็นค่าต่ำสุด และสูงสุดที่ 7.0 เพราะ pH ที่สูงกว่านี้เพียง 2-3 วันพืชจะดูดธาตุแมงกานีส เหล็กและฟอสเฟตไปใช้ได้ยาลำบาก การปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าของ pH นั้นสามารถทำได้โดยเติมสารลงไปนในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง

##### 4.1.1 การปรับเพื่อเพิ่มค่าของ pH

การปรับค่าของ pH ให้สูงขึ้นทำได้โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืชเช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium bicarbonate หรือ Bicarbonate of soda ( $\text{NaHCO}_3$ )

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโต, การแบ่งส่วนของสิ่งมีชีวิตและการวัดค่าลักษณะทางชีววิทยาของการเจริญเติบโต *P.australis* และ *G.maxima* ด้วยแอมโมเนียมและไนเตรทจากแหล่งของธาตุไนโตรเจน

	<i>P. australis</i>		<i>G. maxima</i>	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub>
RGR (mg g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	34 ± 1.8	36 ± 1.8	66 ± 1.9	57 ± 2.0
<b>Biomass allocation</b>				
A/B ratio	1.2 ± 0.09	1.2 ± 0.10	2.6 ± 0.11	2.3 ± 0.10
S/R ratio	6.5 ± 0.30	5.2 ± 0.32	7.0 ± 0.38	5.4 ± 0.32
Leaves percentage <sup>a</sup>	19 ± 0.95	2.1 ± 1.0	33 ± 1.2	31 ± 1.0
Stems percentage <sup>a</sup>	34 ± 0.85	32 ± 0.91	38 ± 1.1	37 ± 0.91
Rhizomes percentage <sup>a</sup>	32 ± 1.1	30 ± 1.2	15 ± 1.5	15 ± 1.2
Roots percentage <sup>a</sup>	13 ± 0.58	17 ± 0.62	13 ± 0.73	16 ± 0.62
Dead material percentage <sup>a</sup>	1.9 ± 0.30	0.50 ± 0.32	0.48 ± 0.38	1.5 ± 0.32
<b>Biometric characteristics</b>				
Relative rate of shoot growth (mm cm <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	0.30 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.50 ± 0.02	0.40 ± 0.02
Relative increase in shoot number (No. d <sup>-1</sup> )	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.003
Dead/living leaves ratio	0.08 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.06 ± 0.01
Leaf number per shoot (No. shoot <sup>-1</sup> )	6.8 ± 0.19	7.2 ± 0.19	4.4 ± 0.20	4.9 ± 0.21
Rhizome length/shoot number (mm No. <sup>-1</sup> )	183 ± 29	184 ± 29	199 ± 26	282 ± 29

ที่มา: Tylova-Munzarova et al. (2005)

#### 4.1.2 การปรับเพื่อลดค่าของ pH

การปรับเพื่อลดค่าของ pH โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืชเช่น Sunfunic acid (H<sub>2</sub>HO<sub>4</sub>) หรือ Nitric acid (HNO<sub>3</sub>) หรือ Hydrochlonic acid (HCl) หรือ Acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH)

สำหรับการปรับค่า pH ที่สูงขึ้นในระยะเวลาที่พืชเจริญเติบโตที่มีการปรับให้ลดลงโดยใช้แอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ซึ่งแคตไอออนเพื่อให้รากพืชใช้แล้วปลดปล่อย H<sup>+</sup> ออกมาแล้วมีผลทำให้ pH ของสารละลายลดลงตามหลักการที่กล่าวมา มีข้อพึงระวังว่าปริมาณของแอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ไม่ควรมากเกินไป 15 % ของปริมาณไนเตรต (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) เพราะถ้ามีไนโตรเจนมากอาจจะเป็นอันตรายต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 การรักษาหรือควบคุม EC ของสารละลายธาตุอาหารพืช

เนื่องจากปุ๋ยที่ละลายในน้ำมีค่าของไอออน (ion) ที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าที่มีการวัดค่าการนำไฟฟ้า (โดยใช้ Electrical Conductivity Meter) ที่วัดได้มีหน่วยเป็นโมห์ (Mho) หรือสิเมน (Siemen) ซึ่งค่านี้ขึ้นกับปริมาณของปุ๋ย(เกลือ) หรือความเข้มข้นของสารละลายที่มีในสารอาหารและอุณหภูมิ แต่ค่าของการนำกระแสไฟฟ้าในสารอาหารนี้ค่อนข้างน้อย มากจึงมีการวัดเป็นค่าที่มีหน่วยเป็นมิลลิโมห์/เซนติเมตร อันเป็นค่าที่ได้จากการวัดการนำกระแสไฟฟ้าจากพื้นที่หนึ่งคิวบิกเซนติเมตรของสารอาหาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า มีหลายอย่างเช่น ชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของแสง ขนาดของถังที่บรรจุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### อุปกรณ์

1. ต้นอโนเบียสนานา (*Anubias nana*) จำนวน 240 ต้น ปลูกในถ้วยปลูกและพันด้วยใยหิน (rockwood)
2. ต้นอโนเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) จำนวน 240 ต้น ปลูกในถ้วยปลูกและพันด้วยใยหิน (rockwood)
3. ระบบปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งมี 24 รางปลูก แต่ละรางปลูกมีช่องสำหรับปลูก 20 ช่อง
4. อุปกรณ์รักษาความชื้นภายในโรงเรือน
5. ถังใส่สารละลายธาตุอาหาร 24 ใบ
6. บำน้ำที่ใช้ในการตั้งสารละลายธาตุอาหารขึ้นราง 24 ตัว
7. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) และ เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)
8. สารละลายธาตุอาหาร 4 สูตร
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก
10. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น ปิกเกอร์ กระบอกลงถัง แห้งแก้ว ไม้บรรทัด และอื่นๆ

### วิธีการ

#### แผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอโนเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*)

วางแผนการทดลองสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Complete randomized design ; CRD) คือ มี 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.50: 1.82 (สูตร Netherlands)

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.41: 0.85 (สูตร Australia)

ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.50: 1.47 (สูตร KMITL2)

ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.55: 2.01 (สูตร Belgium)

การทดลองที่ 2 การศึกษาสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอโนเบียสนานา (*Anubias nana*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางแผนการทดลองสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Complete randomized design ; CRD) คือ มี 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.50: 1.82 (สูตร Netherlands)

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.41: 0.85 (สูตร Australia)

ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.50: 1.47 (สูตร KMITL2)

ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O เท่ากับ 1: 0.55: 2.01 (สูตร Belgium)

## วิธีการทดลอง

### 1. ขั้นตอนการเตรียม

1.1 ทำการจัดเตรียมระบบการปลูกพืชไร่น้ำ คือ ระบบปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งมี 24 รางปลูก แต่ละรางปลูกมีช่องสำหรับปลูก 20 ช่อง

1.2 จัดตั้งสเปรย์น้ำอัตโนมัติ

1.3 จัดเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับพรรณไม้น้ำ

1.4 พรรณไม้น้ำ 2 ชนิด คือ ต้นอัญมณีสนานา (*Anubias nana*) จำนวน 240 ต้น และ ต้นอัญมณีสบาเทอร์ จำนวน 240 ต้น พันด้วยใยหิน (rockwood) และปลูกในถ้วยปลูกนำไปปักพื้นในถังที่คลุมด้วยพลาสติกเพื่อลดการคายน้ำของพรรณไม้น้ำประมาณ 2 อาทิตย์ นำมาชั่งน้ำหนัก วัดความสูงของต้น ความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่และนับจำนวนใบ เพื่อเป็นการบันทึกข้อมูลเริ่มต้น

### 2. ขั้นตอนการดำเนินการ

2.1 เมื่อจัดตั้งระบบเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบระบบ

2.2 นำต้นอัญมณีสนานา (*Anubias nana*) จำนวน 240 ต้น มาปลูก 12 รางปลูก แต่ละรางปลูกได้ 20 ต้น และต้นอัญมณีสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) จำนวน 240 ต้นมาปลูก 12 รางปลูก

2.3 ผสมสารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรที่เตรียมไว้ทั้ง 4 สูตร ลงในถังที่มีน้ำประมาณ 20 ลิตร โดยทำสูตรละ 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง

2.4 ปรับให้มีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 0.7 mS/cm ประมาณ 6 สัปดาห์ แล้วปรับเป็น 1.0 mS/cm

2.5 ปรับ pH เป็น 6.5-7.0

2.6 มีการสเปรย์น้ำให้แก่พรรณไม้น้ำเพื่อรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การบันทึกข้อมูล

1. นำต้นอนุเบียสนานา (*Anubias nana*) จำนวน 240 ต้น และต้นอนุเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) จำนวน 240 ต้นมาทำการชั่งน้ำหนัก วัดความสูงของต้น ความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่ และนับจำนวนใบ เพื่อเป็นการบันทึกข้อมูลเริ่มต้นและจะทำการวัดความยาวใบอ่อนที่โตเต็มที่ ความกว้างใบอ่อนที่โตเต็มที่ และนับจำนวนใบทุกๆ 2 สัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง

2. วัดค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดเป็นด่างสัปดาห์ละ 3 ครั้ง โดยค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.7 mS/cm ประมาณ 6 สัปดาห์ แล้วปรับเป็น 1.0 mS/cm และค่า pH 6.5-7.0 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้ นำโดยโปรแกรม SPSS for Window version 15.0

### สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรียนพรรณไม้น้ำภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

### ระยะเวลาในการทดลอง

พฤศจิกายน 2550 – กุมภาพันธ์ 2551

**ผลการทดลองและวิจารณ์**

การทดลองหาสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอโนเบียส ได้ผลการทดลองดังนี้

**1. ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสกุลอโนเบียส**

**1.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอโนเบียสบาเทอร์ (Anubias bateni)**

ผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : โดโบแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) 4 อัตราส่วนได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร 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) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอโนเบียสบาเทอร์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 สัปดาห์ พบว่า อโนเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 เจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย, ความสูงเฉลี่ย, ความยาวใบเฉลี่ย, ความกว้างใบเฉลี่ยและจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) กับสารละลายธาตุอาหารสูตร Netherlands, สูตร Australia และสูตร Belgium

ผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : โดโบแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอโนเบียสบาเทอร์ในระบบปลูกแบบ DFT เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักสดสิ้นสุดเฉลี่ยของอโนเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 (16.27±1.40) มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium (13.77±1.51) สูตร Australia (13.01±1.05) สูตร Netherlands (11.83±0.39) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งอโนเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีน้ำหนักมากกว่าอโนเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างอโนเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands (P>0.05) (ตารางที่ 6) ซึ่งคล้ายกับการทดลองของณัฐกร (2549) ทดลองปลูกผักสลัดในฤดูฝนผักสลัดในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน 3 สูตร คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands พบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาเป็นสูตร Australia และสูตร Netherlands ตามลำดับ และปรัชญาทำทดลองปลูกพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาที่สารละลายธาตุอาหารต่างกัน 4 สูตร คือ สูตร KMITL1 สูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands พบว่า ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในสารละลาย

ความสูงสิ้นสุดเฉลี่ยของพรรณไม้ต้นอูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร KMITL2 ( $6.63 \pm 0.39$ ) รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium ( $5.59 \pm 0.26$ ) สูตร Australia ( $5.47 \pm 0.41$ ) และสูตร Netherlands ( $5.33 \pm 0.16$ ) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งอูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีความสูงมากกว่าอูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างอูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 7)

**ตารางที่ 6** น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้ต้นอูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

สารละลายธาตุอาหาร	น้ำหนักของต้นอูเบียสบาเทอร์ (กรัม/ต้น)	
	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย
Netherlands	$1.78 \pm 0.13^a$	$11.83 \pm 0.39^a$
Australia	$1.67 \pm 0.04^a$	$13.01 \pm 1.05^a$
KMITL2	$1.56 \pm 0.07^a$	$16.27 \pm 1.40^b$
Belgium	$1.65 \pm 0.01^a$	$13.77 \pm 1.51^{ab}$

\*อักษรที่แสดงต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 7** ความสูงของพรรณไม้ต้นอูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

สารละลายธาตุอาหาร	ความสูงของต้นอูเบียสบาเทอร์ (ซม./ต้น)	
	ความสูงเริ่มต้น	ความสูงสุดท้าย
Netherlands	$0.97 \pm 0.04^a$	$5.33 \pm 0.16^a$
Australia	$0.95 \pm 0.01^a$	$5.47 \pm 0.41^a$
KMITL2	$0.96 \pm 0.02^a$	$6.63 \pm 0.39^b$
Belgium	$0.97 \pm 0.04^a$	$5.59 \pm 0.26^a$

\*อักษรที่แสดงต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ขนาดความยาวใบสิ้นสุดของพรรณไม้้ำออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร KMITL2 ( $7.59 \pm 0.22$ ) มีความยาวใบมากที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium ( $6.61 \pm 0.26$ ) สูตร Australia ( $6.08 \pm 0.06$ ) และสูตร Netherlands ( $5.64 \pm 0.23$ ) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีความสูงมากกว่าออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง สารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Belgium และสูตร Netherlands ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 8 และภาพที่ 5)

ตารางที่ 8 ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้้ำออูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูก ในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน(ชม.)

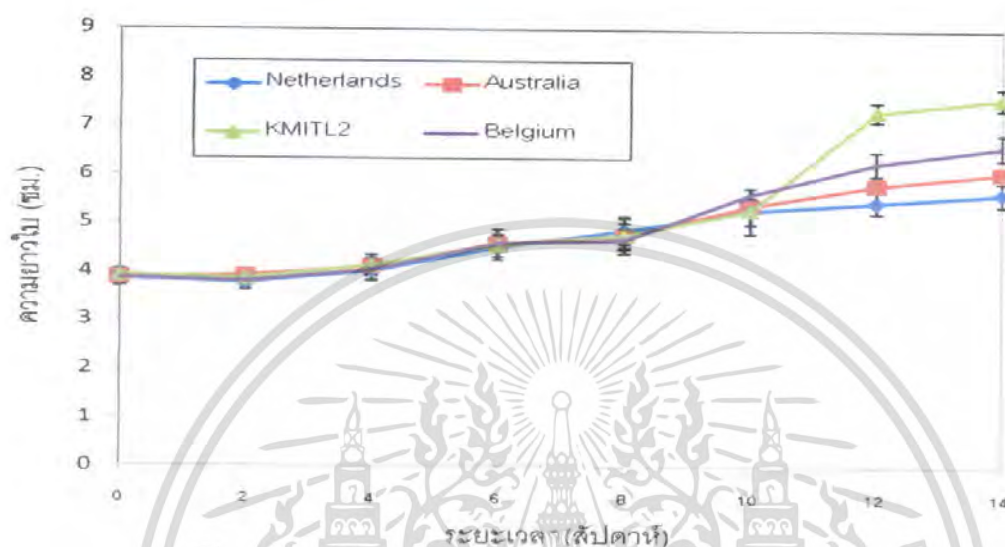
ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherlands	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	$3.85 \pm 0.16^a$	$3.88 \pm 0.22^a$	$3.91 \pm 0.13^a$	$3.86 \pm 0.13^a$
2	$3.78 \pm 0.16^a$	$3.93 \pm 0.13^a$	$3.85 \pm 0.16^a$	$3.80 \pm 0.16^a$
4	$4.02 \pm 0.20^a$	$4.13 \pm 0.15^a$	$4.13 \pm 0.22^a$	$4.04 \pm 0.20^a$
6	$4.51 \pm 0.25^a$	$4.60 \pm 0.19^a$	$4.55 \pm 0.24^a$	$4.60 \pm 0.29^a$
8	$4.87 \pm 0.28^a$	$4.76 \pm 0.36^a$	$4.77 \pm 0.26^a$	$4.67 \pm 0.21^a$
10	$5.45 \pm 0.23^a$	$5.39 \pm 0.10^a$	$5.29 \pm 0.48^a$	$5.61 \pm 0.14^a$
12	$5.46 \pm 0.21^a$	$5.82 \pm 0.12^{ab}$	$7.32 \pm 0.20^b$	$6.27 \pm 0.25^a$
14	$5.64 \pm 0.23^a$	$6.08 \pm 0.06^a$	$7.59 \pm 0.22^b$	$6.61 \pm 0.26^a$

\*อักษรที่แสดงต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ขนาดความกว้างใบสิ้นสุดของพรรณไม้้ำออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ( $4.53 \pm 0.19$ ) มีความกว้างมากที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium ( $3.99 \pm 0.02$ ) สูตร Australia ( $3.72 \pm 0.05$ ) และสูตร Netherlands ( $3.64 \pm 0.17$ ) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีขนาดความกว้างใบมากกว่าออูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่เชิงพาณิชย์ การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Belgium และสูตร Netherlands ( $P>0.05$ )  
(ตารางที่ 9 และภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน

ตารางที่ 9 ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน (ซม.)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherlands	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	2.03±0.09 <sup>a</sup>	2.06±0.07 <sup>a</sup>	2.10±0.08 <sup>a</sup>	1.99±0.06 <sup>a</sup>
2	2.29±0.12 <sup>a</sup>	2.30±0.07 <sup>a</sup>	2.32±0.07 <sup>a</sup>	2.24±0.07 <sup>a</sup>
4	2.60±0.12 <sup>a</sup>	2.61±0.04 <sup>a</sup>	2.74±0.12 <sup>a</sup>	2.59±0.10 <sup>a</sup>
6	2.91±0.13 <sup>a</sup>	2.90±0.10 <sup>a</sup>	2.90±0.10 <sup>a</sup>	2.89±0.11 <sup>a</sup>
8	2.99±0.08 <sup>a</sup>	2.95±0.21 <sup>a</sup>	3.09±0.20 <sup>a</sup>	3.00±0.22 <sup>a</sup>
10	3.45±0.09 <sup>a</sup>	3.47±0.09 <sup>a</sup>	3.58±0.33 <sup>a</sup>	3.73±0.22 <sup>a</sup>
12	3.73±0.07 <sup>a</sup>	3.61±0.10 <sup>a</sup>	4.39±0.20 <sup>b</sup>	3.81±0.06 <sup>a</sup>
14	3.64±0.17 <sup>a</sup>	3.72±0.05 <sup>a</sup>	4.51±0.17 <sup>b</sup>	3.99±0.02 <sup>a</sup>

\*อักษรที่แสดงต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุดของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร KMITL2 ( $14.87 \pm 0.27$ ) มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium ( $13.40 \pm 0.50$ ) สูตร Australia ( $13.13 \pm 0.27$ ) และสูตร Netherlands ( $12.67 \pm 0.18$ ) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งอานูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีจำนวนใบมากกว่าอานูเบียสบาเทอร์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตร Australia สูตร Belgium และสูตร Netherlands ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 10 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 10 จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน (ใบ)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherlands	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	$5.17 \pm 0.25^a$	$5.13 \pm 0.12^a$	$5.20 \pm 0.06^a$	$5.35 \pm 0.06^a$
2	$4.93 \pm 0.04^a$	$5.12 \pm 0.40^a$	$4.85 \pm 0.36^a$	$5.07 \pm 0.20^a$
4	$6.03 \pm 0.16^a$	$7.12 \pm 0.34^a$	$5.98 \pm 0.17^a$	$7.63 \pm 0.19^a$
6	$6.97 \pm 0.19^a$	$8.53 \pm 0.59^a$	$7.63 \pm 0.19^a$	$8.85 \pm 0.05^a$
8	$8.07 \pm 0.55^a$	$9.00 \pm 0.23^a$	$9.13 \pm 0.24^a$	$10.20 \pm 0.31^a$
10	$9.27 \pm 0.35^a$	$10.07 \pm 0.47^a$	$11.20 \pm 0.31^a$	$11.27 \pm 0.41^a$
12	$11.13 \pm 0.29^a$	$12.33 \pm 0.48^a$	$13.40 \pm 0.42^b$	$14.87 \pm 0.27^a$
14	$12.67 \pm 0.18^a$	$13.13 \pm 0.27^a$	$14.87 \pm 0.27^b$	$13.40 \pm 0.50^a$

\*อักษรที่แสดงต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

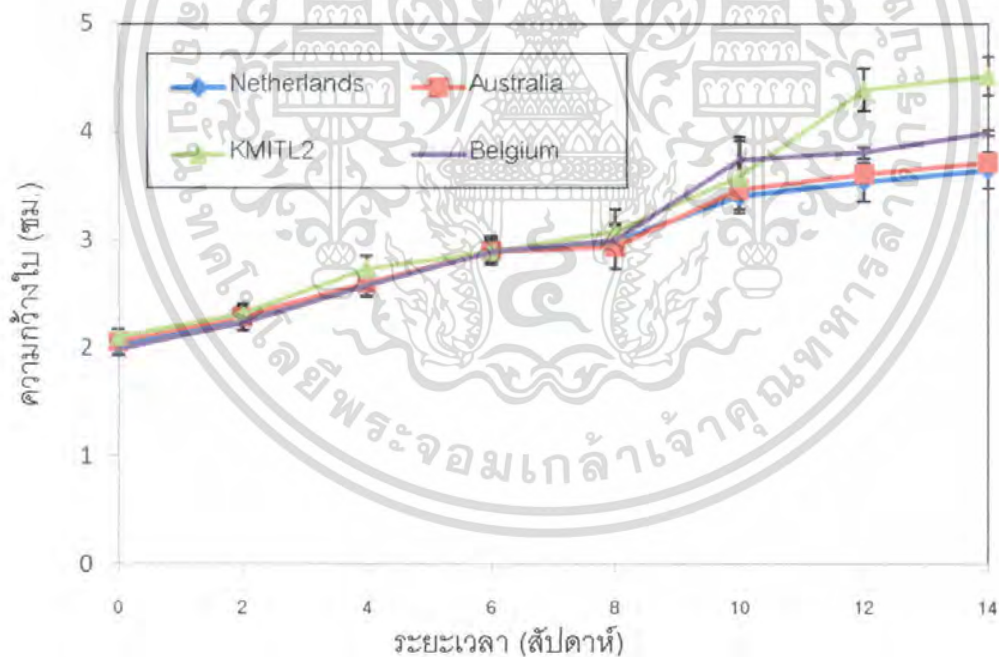
## 1.2 การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา (*Anubias nana*)

ผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : โดโบแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) 4 อัตราส่วนได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร 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) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 สัปดาห์ พบว่า อานูเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 เจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักสุดท้ายการค้ำ

เอกเบียงานานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 เจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักสุดท้ายการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

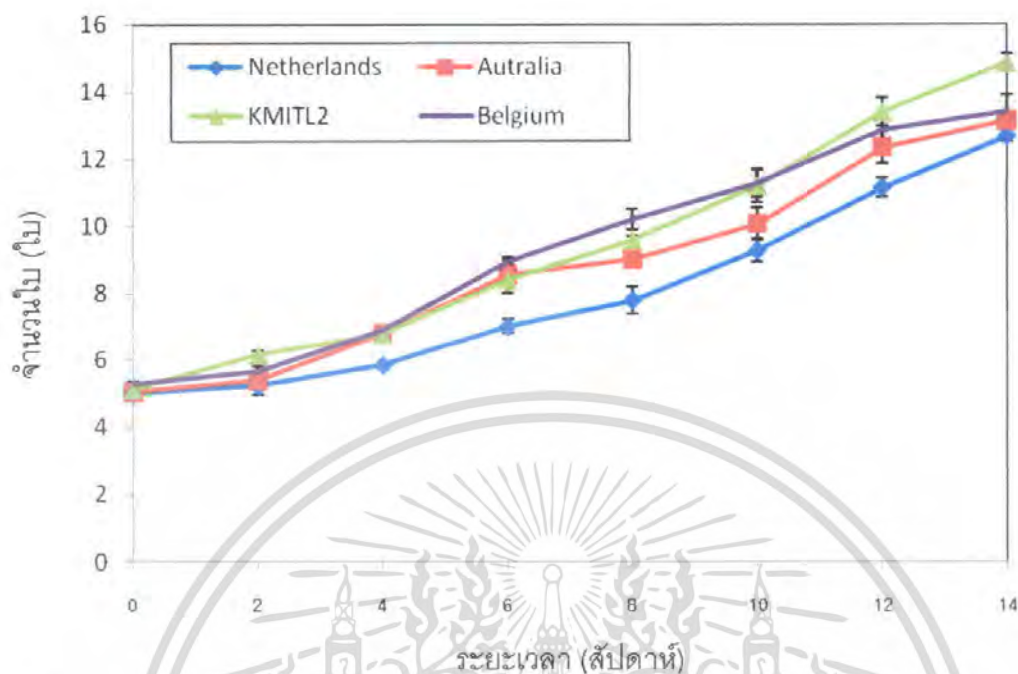
เฉลี่ย, ความสูงเฉลี่ย, ความยาวใบเฉลี่ย, ความกว้างใบเฉลี่ยและจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับสารละลายธาตุอาหารสูตร Netherlands, สูตร Australia และสูตร Belgium

ผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : ไตโปแตสเซียมออกไซด์ (N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$ ) ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอณูเบียมสนานาในระบบปลูกแบบ DFT เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสดสิ้นสุดเฉลี่ยของอณูเบียมสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ( $6.94\pm 0.07$ ) มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ( $6.37\pm 0.59$ ) สูตร Australia ( $6.24\pm 0.46$ ) สูตร Netherlands ( $5.56\pm 0.18$ ) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งอณูเบียมสนานาปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีน้ำหนักมากกว่าอณูเบียมสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 6 ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอณูเบียมสนานา (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอโนเบียสบาเทอร์ (*Anubias barteri*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

ความสูงสิ้นสุดเฉลี่ยของอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ( $2.81 \pm 0.01$ ) มีความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ( $2.77 \pm 0.09$ ) สูตร Australia ( $2.68 \pm 0.33$ ) สูตร Netherlands ( $2.61 \pm 0.21$ ) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีความสูงมากกว่าอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 12)

ขนาดความยาวใบเฉลี่ยสิ้นสุดของพรรณไม้น้ำอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ( $4.71 \pm 0.23$ ) มีความยาวใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ( $4.69 \pm 0.16$ ) สูตร Australia ( $4.65 \pm 0.21$ ) และสูตร Netherlands ( $4.57 \pm 0.18$ ) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีความสูงมากกว่าอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 11** น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้ *Anubias nana* ที่ปลูกใน  
สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

สารละลายธาตุอาหาร	น้ำหนักของต้นอโนเบียสนานา (กรัม/ต้น)	
	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย
Netherlands	0.88±0.09 <sup>a</sup>	5.56±0.18 <sup>a</sup>
Australia	0.91±0.04 <sup>a</sup>	6.24±0.46 <sup>a</sup>
KMITL2	0.82±0.09 <sup>a</sup>	6.94±0.07 <sup>a</sup>
Belgium	0.87±0.03 <sup>a</sup>	6.37±0.59 <sup>a</sup>

\*อักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

**ตารางที่ 12** ความสูงเฉลี่ยของพรรณไม้ *Anubias nana* ที่ปลูกใน  
สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

สารละลายธาตุอาหาร	ความสูงของต้นอโนเบียสนานา (ซม./ต้น)	
	ความสูงเริ่มต้น	ความสูงสุดท้าย
Netherlands	0.60±0.05 <sup>a</sup>	2.61±0.21 <sup>a</sup>
Australia	0.61±0.01 <sup>a</sup>	2.68±0.33 <sup>a</sup>
KMITL2	0.68±0.02 <sup>a</sup>	2.81±0.01 <sup>a</sup>
Belgium	0.74±0.01 <sup>a</sup>	2.77±0.09 <sup>a</sup>

\*อักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ขนาดความกว้างใบเฉลี่ยสิ้นสุดของพรรณไม้ *Anubias nana* ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 ( $2.86\pm 0.26$ ) มีความกว้างใบมากที่สุด รองลงมา คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ( $2.79\pm 0.09$ ) สูตร Australia ( $2.78\pm 0.03$ ) และสูตร Netherlands ( $2.62\pm 0.17$ ) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีขนาดความกว้างมากกว่าอโนเบียสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05$ ) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุดของพรรณไม้หน้าอนุเบียงสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร KMITL2 ( $17.07 \pm 0.37$ ) มีจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหาร สูตร Belgium ( $16.67 \pm 0.47$ ) สูตร Australia ( $16.45 \pm 0.87$ ) และสูตร Netherlands ( $16.40 \pm 0.00$ ) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งอนุเบียงสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 มีจำนวนใบมากกว่าอนุเบียงสนานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 13 ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอนุเบียงสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกใน สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน (ซม.)

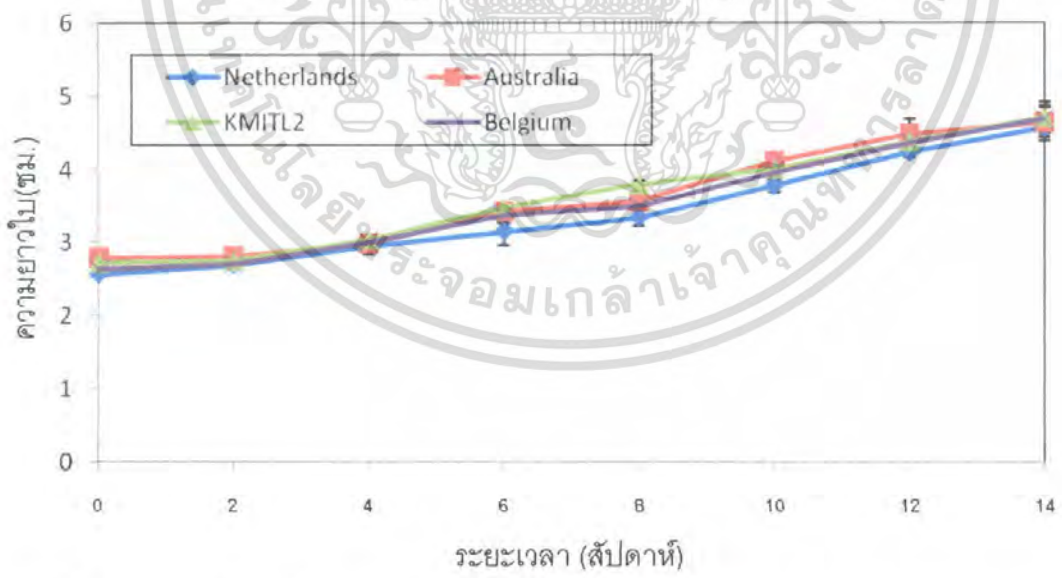
ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherlands	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	$2.57 \pm 0.04^a$	$2.79 \pm 0.03^a$	$2.72 \pm 0.03^a$	$2.63 \pm 0.01^a$
2	$2.69 \pm 0.05^a$	$2.79 \pm 0.07^a$	$2.75 \pm 0.07^a$	$2.71 \pm 0.06^a$
4	$2.96 \pm 0.12^a$	$3.01 \pm 0.03^a$	$3.04 \pm 0.07^a$	$3.00 \pm 0.10^a$
6	$3.16 \pm 0.18^a$	$3.23 \pm 0.15^a$	$3.48 \pm 0.07^a$	$3.37 \pm 0.10^a$
8	$3.34 \pm 0.11^a$	$3.44 \pm 0.13^a$	$3.79 \pm 0.07^a$	$3.49 \pm 0.05^a$
10	$3.77 \pm 0.08^a$	$3.77 \pm 0.47^a$	$4.01 \pm 0.11^a$	$3.95 \pm 0.13^a$
12	$4.23 \pm 0.05^a$	$4.25 \pm 0.14^a$	$4.38 \pm 0.21^a$	$4.36 \pm 0.11^a$
14	$4.57 \pm 0.18^a$	$4.60 \pm 0.09^a$	$4.71 \pm 0.23^a$	$4.65 \pm 0.16^a$

\*อักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 14 ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอนุเบียสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน (ซม.)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherland	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	1.26±0.02 <sup>a</sup>	1.42±0.06 <sup>a</sup>	1.59±0.20 <sup>a</sup>	1.91±0.12 <sup>a</sup>
2	1.59±0.03 <sup>a</sup>	1.73±0.04 <sup>a</sup>	1.84±0.20 <sup>a</sup>	2.14±0.08 <sup>a</sup>
4	1.81±0.07 <sup>a</sup>	1.97±0.02 <sup>a</sup>	1.86±0.01 <sup>a</sup>	1.89±0.11 <sup>a</sup>
6	1.84±0.07 <sup>a</sup>	2.08±0.02 <sup>a</sup>	2.04±0.05 <sup>a</sup>	2.06±0.09 <sup>a</sup>
8	1.96±0.09 <sup>a</sup>	2.19±0.03 <sup>a</sup>	2.21±0.03 <sup>a</sup>	2.14±0.07 <sup>a</sup>
10	2.31±0.13 <sup>a</sup>	2.31±0.04 <sup>a</sup>	2.37±0.17 <sup>a</sup>	2.29±0.07 <sup>a</sup>
12	2.32±0.11 <sup>a</sup>	2.45±0.08 <sup>a</sup>	2.48±0.23 <sup>a</sup>	2.46±0.07 <sup>a</sup>
14	2.62±0.17 <sup>a</sup>	2.69±0.01 <sup>a</sup>	2.79±0.27 <sup>a</sup>	2.75±0.08 <sup>a</sup>

\*อักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)



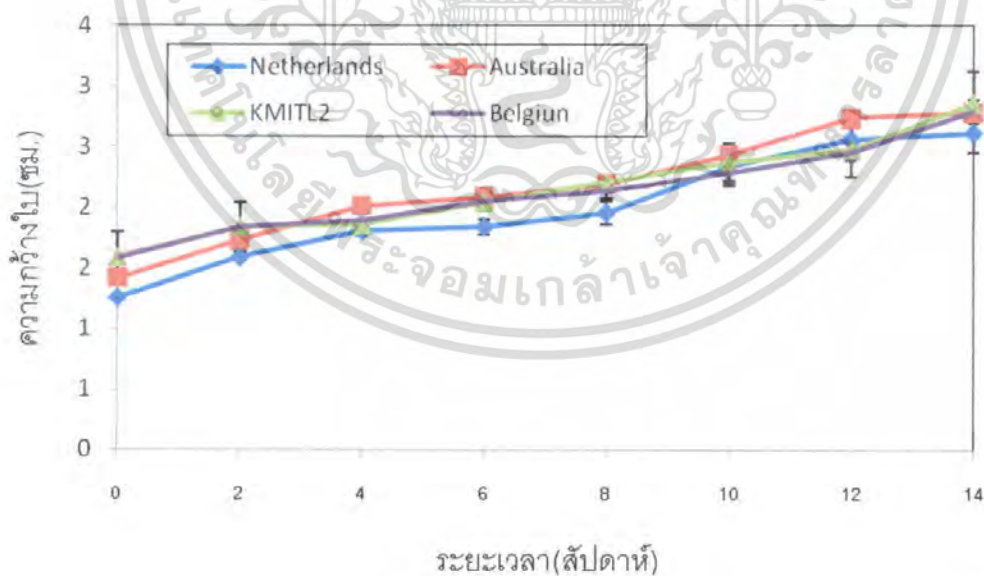
ภาพที่ 8 ความยาวใบเฉลี่ยของพรรณไม้หน้าอนุเบียสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกใน  
สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน (ใบ)

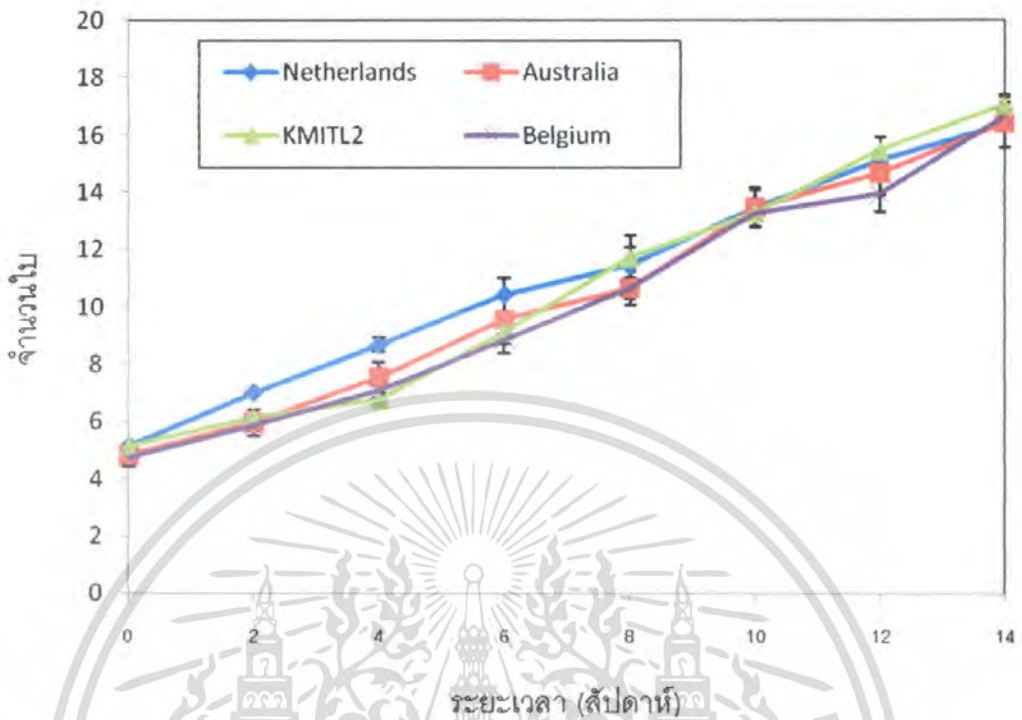
ระยะเวลา (สัปดาห์)	สารละลายธาตุอาหาร			
	สูตร Netherlands	สูตร Australia	สูตร KMITL2	สูตร Belgium
0	4.73±0.29 <sup>a</sup>	4.82±0.09 <sup>a</sup>	5.15±0.03 <sup>a</sup>	5.13±0.12 <sup>a</sup>
2	5.85±0.35 <sup>a</sup>	5.95±0.18 <sup>a</sup>	7.02±0.04 <sup>a</sup>	6.15±0.25 <sup>a</sup>
4	7.10±0.51 <sup>a</sup>	7.55±0.55 <sup>a</sup>	8.68±0.25 <sup>a</sup>	6.75±0.09 <sup>a</sup>
6	8.87±0.48 <sup>a</sup>	9.55±0.84 <sup>a</sup>	10.43±0.58 <sup>a</sup>	9.13±0.42 <sup>a</sup>
8	10.67±0.35 <sup>a</sup>	10.67±0.59 <sup>a</sup>	11.47±0.64 <sup>a</sup>	11.73±0.77 <sup>a</sup>
10	13.27±0.27 <sup>a</sup>	13.47±0.64 <sup>a</sup>	13.73±0.916 <sup>a</sup>	13.27±0.48 <sup>a</sup>
12	13.93±0.64 <sup>a</sup>	14.67±0.77 <sup>a</sup>	15.67±0.64 <sup>a</sup>	15.47±0.48 <sup>a</sup>
14	16.33±0.44 <sup>a</sup>	16.45±0.87 <sup>a</sup>	17.47±0.29 <sup>a</sup>	17.07±0.37 <sup>a</sup>

\*อักษรที่แสดงต่างกันในแต่ละแถวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )



ภาพที่ 9 ความกว้างใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอานูเบียสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกใน  
สารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 จำนวนใบเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำอูเบียสนานา (*Anubias nana*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สูตรต่างกัน

ในการทดลองทำการควบคุมปัจจัยในการการเจริญเติบโต โดยให้สารละลายธาตุอาหารครั้งแรกจะทำการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงประมาณ 1 mS/cm ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำแอฟริกันส์ (Jongput et al., 2007) และทำการควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วง 7.0 ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

จากการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : ไดโปแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอนุเบียสบาเทอร์และอนุเบียสนานา เป็นเวลา 14 สัปดาห์ พบว่า

1. อนุเบียสบาเทอร์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนของไนโตรเจน: ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์: ไดโปแตสเซียม (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) ที่ 1: 0.50: 1.47 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2) อนุเบียสบาเทอร์มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.27±1.40, 13.77±1.51, 3.01±1.05 และ 11.83±0.39 กรัม ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6.63±0.39, 5.59±0.26, 5.47±0.41 และ 5.33±0.16 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 7.59±0.22, 6.61±0.26, 6.08±0.06 และ 5.64±0.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.53±0.19, 3.99±0.02, 3.72±0.05 และ 3.64±0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ และจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.87±0.27, 13.40±0.50, 13.13±0.27 และ 12.67±0.18 ใบ ตามลำดับ

2. อนุเบียสนานาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ : ไดโปแตสเซียมออกไซด์ (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O) ที่ 1: 0.50: 1.47 (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2) อนุเบียสนานามีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium สูตร Australia และสูตร Netherlands แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6.94±0.07, 6.37±0.59, 6.24±0.46 และ 5.56±0.18 กรัม ตามลำดับ ขนาดความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 7.59±0.22, 6.61±0.26, 6.08±0.06 และ 5.64±0.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.86±0.26, 2.79±0.09, 2.78±0.03 และ 2.62±0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ และจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 17.07±0.37, 16.67±0.47, 16.45±0.87 และ 16.40±0.00 ใบ ตามลำดับ

## ข้อเสนอแนะ

1. โรงเรียนพรรณไม้น้ำควรมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพรรณไม้น้ำ เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตและพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

2. ควรทำการศึกษาและทดลองการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดินในชนิดอื่น เพื่อให้เกิดความรู้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- นนุช เลาะห์วิสุทธิ. 2548. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ, คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับ สถานีจังหวัดอ่างทองและสำนักงานประมงจังหวัดอ่างทอง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1 น.
- ปรีชญา มานน้อย. 2544. ปัญหาพิเศษ เรื่อง ผลของอัตราส่วนของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นใบพายศรีลังกา
- มนีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2548. การปลูกพรรณไม้น้ำเพื่อการค้า. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" รุ่นที่ 6, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังร่วมกับวารสารเคหการเกษตร, หน้า 8-9.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม. เปรมปรี ณ สงขลา, พนมมาศ นัตรตระกูล, มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และเรไร นันทนาวัฒน์. 2548. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร "ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" รุ่นที่ 6, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังร่วมกับวารสารเคหการเกษตร, หน้า 8-9.
- Jones, J.B., Jr., H.A. Mills and W.S. McElhannon. 1982. Changing nitrogen source on the yield and nitrogen content of soybeans. *Plant and Soil*. 66:391-396.
- Jongput, B., N. Laohavisuti and M. Mitmoi. 2007. Effect of ammonium-nitrogen concentration and electric conductivity on the growth of African Swordplant (*Echinodorus africanus*) in hydroponics culture. International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26-27 April 2007, 504-507
- Mckeehen, j. D., C. A. Mitchell, R. M. Wheeler, B. Bugbee and S. S. Nielsen. 1996. Excess nutrients in hydroponic solutions alter nutrient content of rice, wheat, and potato. *Space Res*. 18:73-83
- Motosugi, H., Y. P. Gao and A. Sugiura. 1995. Rootstock effects on fruit quality of Fuji apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. *Scientia Horticulturae*. 61:205-214
- Nhut, D.T., N.T.D. Huong and D.V. Khiem. 2003. Direct microtuber formation and enhance growth in the acclimatization of in vitro plantlets of taro (*Colocasia* เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*esculenta*) using hydroponics. *Scientia Horticulturae*. 6 September 2006

- Okamoto, M. and K. Okada. 2004. Differential responses of growth and nitrogen uptake to organic nitrogen in four gramineous crops. *Journal of Experimental Botany*.18:1-9
- Pardossi, A., G. Bagnoli, F. Malorgio, C. A. Campiotti and F. Tognoni. 1999. NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) growth in NFT. *Scientia Horticulturae*. 81:229-242.
- Palaniswamy, U.R., B.B. Bible and R.J. McAvoy. 2004. Oxalic acid concentration in Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponic. *Scientia Horticulturae*. 102:267-275.
- Tylova –Munzarova, E., B. Lorenzen, H. Brix and O. Votrubova. 2005. The effects of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  on growth, resource allocation and nitrogen uptake kinetics of *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. *Aquatic botany*. 81:326-342.
- Tan, X.W., I. Hideo and O. Masayuki. 2000. The absorption, translocation, and assimilation of urea, nitrate or ammonium in tomato plants at different plant growth stages in hydroponic culture. *Scientia Horticulture*. 84:275-283.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวกที่ 1

## สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลอง

## 1. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Netherlands ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

## 1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	1.522	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate	0.024	กิโลกรัม

## 1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )	1.428	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	0.190	กิโลกรัม
1.2.3 Ammonium Phosphate ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )	0.163	กิโลกรัม
1.2.4 Ammonium Sulphate ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )	0.023	กิโลกรัม
1.2.5 Manganese Sulphate ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	0.352	กิโลกรัม
1.2.6 Zinc Sulphate ( $\text{ZnSO}_4$ 40%)	1.665	กรัม
1.2.7 Copper Sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	0.267	กรัม
1.2.8 Manganese Sulphate ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	1.242	กรัม
1.2.9 Boric Acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	2.668	กรัม
1.2.10 Ammonium Molybdate ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ )	0.120	กรัม

## 2. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Australai ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

## 1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	1.357	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate	0.053	กิโลกรัม

## 1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )	0.269	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium phosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	0.248	กิโลกรัม
1.2.3 Manganese Sulphate ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	0.395	กิโลกรัม
1.2.4 Zinc Sulphate ( $\text{ZnSO}_4$ 40%)	1.581	กรัม
1.2.5 Copper Sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	0.391	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.6 Manganese Sulphate ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	8.892	กรัม
1.2.7 Boric Acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	5.781	กรัม
1.2.8 Ammonium Molybdate ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ )	0.120	กรัม

### 3. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ KMITL2 ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140

เท่า

#### 1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	1.884	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate	0.047	กิโลกรัม

#### 1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )	0.898	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium Dihydrogenphosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	0.326	กิโลกรัม
1.2.3 Manganese Sulphate ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	0.524	กิโลกรัม
1.2.4 Zinc Sulphate ( $\text{ZnSO}_4$ 40%)	2.378	กรัม
1.2.5 Copper Sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	0.508	กรัม
1.2.6 Manganese Sulphate ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	7.097	กรัม
1.2.7 Boric Acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	4.447	กรัม
1.2.8 Ammonium Molybdate ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ )	0.171	กรัม

### 4. สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ Belgium ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140

เท่า

#### 1.1 สารละลาย A

1.1.1 Calcium Nitrate ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	1.041	กิโลกรัม
1.1.2 Iron Chelate	0.024	กิโลกรัม

#### 1.2 สารละลาย B

1.2.1 Potassium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )	0.835	กิโลกรัม
1.2.2 Potassium phosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	0.248	กิโลกรัม
1.2.3 Manganese Sulphate ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	0.245	กิโลกรัม
1.2.4 Zinc Sulphate ( $\text{ZnSO}_4$ 40%)	1.665	กรัม
1.2.5 Copper Sulphate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	0.284	กรัม
1.2.6 Manganese Sulphate ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	2.484	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.7 Boric Acid ( $H_3BO_3$ )	2.668	กรัม
1.2.8 Ammonium Molybdate ( $(NH_4)_2MoO_4$ )	0.120	กรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของอนุเบียงสาเทอริ

สปีดาคี	0	2	4	6	8	10	12	14
	7.00	7.08	7.06	6.93	6.98	6.97	6.98	6.97
Netherlands	7.02	6.87	6.92	7.09	7.00	7.00	6.99	6.88
	6.94	6.95	7.07	7.06	7.00	7.00	6.97	6.78
เฉลี่ย	6.99	6.97	7.02	7.03	6.99	6.99	6.98	6.88
	6.93	7.00	7.15	6.96	7.01	7.00	6.90	6.99
Australia	6.95	6.95	7.06	7.10	6.90	6.94	6.89	6.97
	6.95	6.97	7.05	6.99	7.04	7.01	6.90	6.96
เฉลี่ย	6.94	6.97	7.09	7.02	6.98	6.98	6.90	6.97
	7.09	7.05	7.07	7.06	7.05	7.00	6.95	6.94
KMITL2	6.92	7.08	7.06	7.06	6.98	6.93	6.98	7.10
	7.05	7.01	7.06	7.09	7.00	6.95	6.97	6.96
เฉลี่ย	7.02	7.05	7.06	7.07	7.01	6.96	6.97	7.00
	7.03	7.02	7.07	7.03	7.05	6.98	6.96	6.90
Belgium	7.03	7.00	7.03	6.89	6.99	7.01	6.97	6.98
	6.94	6.99	7.02	7.00	7.04	6.88	6.98	6.76
เฉลี่ย	7.00	7.00	7.04	6.97	7.03	6.96	6.97	6.88

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของอนุเบียงสนานา

ลำดับที่	0	2	4	6	8	10	12	14
	7.05	7.00	6.84	6.92	7.00	6.90	7.00	7.00
Netherlands	7.02	7.03	7.05	7.04	6.98	6.90	7.06	6.99
เฉลี่ย	6.97	7.05	7.09	6.90	6.93	6.94	6.98	6.83
	7.01	7.03	6.99	6.95	6.97	6.91	7.01	6.94
	6.98	6.93	7.02	7.08	6.99	7.00	7.00	6.93
Australia	7.02	6.93	7.08	7.03	7.03	6.96	7.03	6.89
เฉลี่ย	7.04	6.96	7.04	7.08	7.02	6.92	7.04	7.00
	7.01	6.94	7.05	7.06	7.01	6.96	7.02	6.94
	7.05	6.94	7.01	7.02	7.02	7.00	7.04	6.98
KMITL2	7.03	6.98	7.12	7.09	7.03	6.97	7.00	6.98
เฉลี่ย	7.01	7.04	7.04	7.04	6.92	7.00	7.04	6.86
	7.03	6.99	7.06	7.05	6.99	6.99	7.03	6.94
	6.99	6.96	7.06	7.02	6.98	7.02	7.00	6.95
Belgium	6.93	6.97	7.06	6.99	7.02	7.02	7.03	6.85
เฉลี่ย	6.92	6.99	7.05	6.92	6.93	6.93	7.04	6.93
	6.95	6.97	7.06	6.98	6.98	6.99	7.02	6.91

**ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าความนำไฟฟ้าของอนุเบียงสบาเทอริ**

สปีดาคัท	0	2	4	6	8	10	12	14
	1004	1078	1000	1039	1013	1041	1056	1034
Netherlands	1005	1003	1024	1066	1039	1042	1036	1032
	1033	1089	1038	1034	1046	1017	1019	1013
เฉลี่ย	1014	1057	1021	1046	1033	1033	1037	1026
	1035	1056	1028	1027	1012	1031	1027	1012
Australia	1089	1034	1062	1048	1045	1055	1042	1032
	1067	1067	1035	1056	1032	1040	1047	1025
เฉลี่ย	1064	1052	1042	1044	1030	1042	1039	1023
	1056	1011	1071	1005	1124	1055	1003	1018
KMITL2	1044	1023	1049	1046	1038	1055	1055	1040
	1045	1054	1000	1035	1009	1054	1039	1030
เฉลี่ย	1048	1029	1040	1029	1057	1055	1032	1029
	1034	1065	1055	1140	1034	1034	1006	1079
Belgium	1045	1032	1044	1060	1033	1054	1045	1027
	1034	1112	1004	1028	1056	1069	1067	1050
เฉลี่ย	1038	1070	1034	1076	1041	1052	1039	1052

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าความนำไฟฟ้าของอนุเบียงสนานา

ลำดับที่	0	2	4	6	8	10	12	14
	1079	1076	1078	1032	1076	1078	1032	1022
Netherlands	1048	1032	1040	1055	1032	1040	1055	1049
	1116	1099	1016	1034	1099	1016	1034	1034
เฉลี่ย	1081	1069	1045	1040	1069	1045	1040	1035
	1037	1035	1045	1055	1035	1045	1055	1061
Australia	1020	1025	1028	1045	1025	1028	1045	1057
	1040	1051	1024	1043	1051	1024	1043	1045
เฉลี่ย	1032	1037	1032	1048	1037	1032	1048	1054
	1005	1014	1001	1026	1014	1001	1026	1023
KMITL2	1056	1076	1023	1060	1022	1086	1060	1036
	1040	1051	1024	1043	1051	1024	1043	1045
เฉลี่ย	1034	1047	1016	1043	1029	1037	1043	1035
	1046	1058	1070	1059	1058	1070	1059	1075
Belgium	1099	1086	1057	1076	1086	1057	1076	1076
	1000	1005	1035	1032	1005	1087	1032	999
เฉลี่ย	1048	1050	1054	1056	1050	1071	1056	1050