



ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและสารละลายปุ๋ยใน
อาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ
Prototype of an Automatic Leaf Spraying with Gibberellic Acid and Fertilizer
Filling to *Anubias barteri* var. *barteri*

นายสุธีรัตน์ งามสะอาด

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษปีการศึกษา 2563

เรื่อง

รับที่...../.....
งานทะเบียนและประมวลผล

ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยใน
อาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ
Prototype of an Automatic Leaf Spraying with Gibberellic Acid and Fertilizer
Filling to *Anubias barteri* var. *barteri*

ผู้จัดทำ

นายสุธีรัตน์ งามสะอาด

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง



.....
(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ

เรื่อง

ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยใน
อาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ
Prototype of an Automatic Leaf Spraying with Gibberellic Acid and Fertilizer
Filling to *Anubias barteri* var. *barteri*

โดย

นายสุธีรัตน์ งามสะอาด

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร (หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (<i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i>) แบบอัตโนมัติ
โดย	นายสุธีรัตน์ งามสะอาด
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม


บทคัดย่อ

การจัดสร้างชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ เพื่อลดจำนวนแรงงานคน ลดระยะเวลาการทำงาน และการทำงานที่แม่นยำในการเพาะปลูกไม้น้ำอานูเบียส หลักการทำงานของชุดต้นแบบนี้ คือ การฉีดพ่นฮอร์โมนและการเติมสารละลายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ โดยมีองค์ประกอบหลักคือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno สำหรับการฉีดพ่นฮอร์โมนที่อัลโพลอด code เพื่อสั่งการให้ Flow sensor ทำการวัดอัตราการไหลของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด โดยทำการฉีดพ่นฮอร์โมนครั้งละ 2 ลิตร 2 ครั้ง/วัน ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno สำหรับการเติมสารละลายปุ๋ยที่อัลโพลอด code กำหนดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ เพื่อสั่งให้เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Analog Electrical Conductivity EC Sensor) เมื่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำลดลงจากค่าที่กำหนดโดสซึ่งปั๊มจะทำการเติมสารละลายปุ๋ยโดยอัตโนมัติ โดยเติมสารละลายปุ๋ยให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าไม่ต่ำกว่า 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร อยู่เสมอ พบว่าระบบการฉีดพ่นฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดทำการฉีดพ่นได้ตามปริมาณที่ถูกต้องตามที่กำหนด และระบบควบคุมสารละลายปุ๋ย สามารถปรับค่าสารละลายแบบอัตโนมัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด เกษตรกรสามารถนำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติไปปรับใช้เพื่อการเกษตรต่อไปได้

คำสำคัญ: ชุดต้นแบบ อัตโนมัติ ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด ค่าการนำไฟฟ้า

.....
 สุธีรัตน์ งามสะอาด

 ลายมือชื่อนักศึกษา

.....


 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Prototype of an Automatic Leaf Spraying with Gibberellic Acid and Fertilizer Filling to <i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i>
Author	Mr. Suteerat Ngarmgaard
Major	Fishery Science and Aquatic Resources
Faculty	Prince of Chumphon Campus
Advisor	Mr. Jakkrapong Sripanomyom

Abstract

Preparation of a prototype for leaf spraying with gibberellic acid. and automatic addition of fertilizer solution in Anubias aquatic medium. to reduce the number of workers shorten working time and precise work in the cultivation of Anubias aquatic plants. The working principle of this prototype is the automatic injection of hormones and the addition of the fertilizer solution. The main components are Arduino Uno microcontroller board for hormone injection that uploads code to instruct the flow sensor to measure the flow rate of gibberellic acid. By injecting 2 liters of hormone each time, 2 times / day at 8:00 a.m. and 4:00 p.m. and Arduino Uno microcontroller board for filling fertilizer solution upload code, configure the conductivity of water. To order the water conductivity sensor (Analog Electrical Conductivity EC Sensor) when the water conductivity decreases from the set value, the dosing pump will automatically fill the fertilizer solution. By adding fertilizer solution, the electrical conductivity was always at least 0.35 mS/cm. It was found that the gibberellic acid injection system was able to spray the correct volume as specified. and fertilizer solution control system The solution can be automatically adjusted according to the specified criteria. Farmers can apply the prototype kit for gibberellic acid leaf spraying and automatic addition of fertilizer solution to the Anubias aquatic medium for further agricultural use. 35 mS/cm, it was found that the gibberellic acid infusion system was able to inject the correct volume as required. and fertilizer solution control system The solution can be automatically adjusted according to the specified criteria. Farmers can apply the prototype kit for gibberellic acid leaf spraying and automatic addition of fertilizer solution to the Anubias aquatic medium for further agricultural use. 35 mS/cm, it was found that the gibberellic acid infusion system was able to inject the correct volume as required. and fertilizer solution control system The solution can be automatically adjusted according to the specified criteria. Farmers can apply the prototype kit for gibberellic acid leaf spraying and automatic addition of fertilizer solution to the Anubias aquatic medium for further agricultural use.

Keywords: Prototype, Automatic, Gibberellic Acid Hormone, Electrical Conductivity

Suteerat Ngarmgaard

Student's signature

Advisor's signature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การจัดทำโครงการพิเศษในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี จากการสนับสนุนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ขอขอบพระคุณอาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำโครงการพิเศษฉบับนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดทั้ง 4 ปี และชี้แนะแนวทางในระหว่างการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาศิษย์เก่าทุกๆ ท่าน โดยเฉพาะนายภูมิเกียรติ จันทนานนท์ เป็นรุ่นพี่ศิษย์เก่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานทดลอง การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือตลอดการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่สนับสนุนทางการศึกษา ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ สนับสนุนทั้งกำลังกายและเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา จนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์

สุธีรัตน์ งามสะอาด
กรกฎาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
พรรณไม้น้ำอานูเบียส	3
การปลูกไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน	8
ธาตุอาหารพืชสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	10
การใช้สารละลายธาตุอาหารเพื่อเพาะปลูกไม้น้ำ	11
สารเร่งการเจริญเติบโต	12
องค์ประกอบในระบบอัตโนมัติ	15
งานวิจัยที่ใช้ระบบสมาทฟาร์มในการจัดการการเพาะเลี้ยงพืชน้ำและสัตว์น้ำต่างๆ	20
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	43
ผล	43
วิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	48
สรุป	48
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	49
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก การเจริญเติบโตของไม้น้ำอานูเบียส (<i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i>) ที่เพาะปลูกในชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน เรลลิกแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบไม้ฆ่าอนุเบียสด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด	15
2	องค์ประกอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบอัตโนมัติ	18
3	การทดสอบการทำงานและการปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียส (<i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i>) แบบอัตโนมัติ	44
ตารางผนวกที่		
1	จำนวนใบเฉลี่ยของอนุเบียสที่เพาะปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยฮอร์โมนชีวภาพที่ความเข้มข้นต่างกัน	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	<i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i> Engler	4
2	<i>Anubias barteri</i> ‘Broadleaf’	4
3	<i>Anubias barteri</i> ‘Wrinkled’	5
4	<i>Anubias barteri</i> ‘Coffeefolia’	5
5	<i>Anubias congensis</i>	6
6	<i>Anubias minima</i>	6
7	<i>Anubias lanceolata</i>	7
8	<i>Anubias barteri</i> var. <i>nana</i> Engler	7
9	ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)	8
10	ระบบ Sand Culture	8
11	ระบบ DFT (แบบท่อ)	9
12	ระบบ DFT (แบบถาดโฟม)	9
13	ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (<i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i>) แบบอัตโนมัติใช้เวลา	26
ภาพผนวกที่		
1	ไม้น้ำอานูเบียสเมื่อเริ่มต้นการทดลอง	54
2	ไม้น้ำอานูเบียสเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	54

คำนำ

อนุเบียสเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามและพืชน้ำเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในกลุ่มผู้เลี้ยงปลาสวยงามและผู้สนใจทั้งในประเทศและต่างประเทศ (อรุณี และคณะ, ม.ป.ป.) โดยประเทศที่มีการนำเข้าพรรณไม้น้ำจากประเทศไทยมีถึง 109 ประเทศ ชนิดพรรณไม้น้ำที่ส่งออกมีมากถึง 114 ชนิด อนุเบียส (*Anubias sp.*) เป็นไม้น้ำที่ส่งออกในปี พ.ศ. 2557-2561 ปริมาณรวม 9,185,066, 9,707,473, 11,852,634, 11,619,169 และ 12,693,360 ต้น/ชิ้น ตามลำดับ มูลค่ารวม 35,515,499, 36,904,493, 41,006,394, 49,863,605 และ 46,094,540 บาท ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (อรุณี, 2563) โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีน้ำผสมกับปุ๋ย (ดิเรก, 2546) แต่เนื่องจากการจัดการการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสในการปลูกพืชแบบไร้ดิน มีการใช้ต้นทุนและแรงงานคนค่อนข้างมาก มีขั้นตอนการจัดการที่ยุ่งยาก จึงนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียส

การประดิษฐ์ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียส (*Anubias barteri var. barteri*) แบบอัตโนมัติ เพื่อแทนการใช้แรงงานคนในการทำงานที่อาจส่งผลให้การฉีดพ่นฮอร์โมนและเติมสารละลายปุ๋ยในแต่ละครั้งมีความไม่สม่ำเสมอ จึงนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ มีการกำหนดปริมาณฮอร์โมนที่ฉีดในแต่ละครั้ง ซึ่งทำการฉีดพ่นฮอร์โมนครั้งละ 2 ลิตร 2 ครั้ง/วัน ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. ซึ่งจะทำให้ใบของอนุเบียสได้รับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งบ่อ ส่งผลให้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสสั้นลง และมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ที่เติมลงในบ่อเพาะเลี้ยง และเมื่อค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ลดลงจากค่าที่กำหนด ระบบจะทำการเติมสารละลายปุ๋ยทันทีโดยอัตโนมัติ โดยทำการเติมสารละลายปุ๋ยให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าไม่ต่ำกว่า 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร อยู่เสมอ ทั้งนี้ชุดต้นแบบอัตโนมัติจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของไม้น้ำอนุเบียสได้เป็นอย่างดี และช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและระยะเวลาในการจัดการการเพาะเลี้ยงได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ผลิตชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติได้สำเร็จและสามารถใช้งานได้
2. ทราบถึงหลักการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติ
3. ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอสซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียมแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางและลดจำนวนแรงงานในการเพาะปลูกไม้น้ำอณูเบียมด้วยการจัดการฟาร์มแบบระบบอัตโนมัติ เพื่อการทำงานที่แม่นยำและลดระยะเวลาการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

พรรณไม้น้ำอูเบียส

อูเบียส เป็นพรรณไม้น้ำที่ตั้งชื่อตามเทพเจ้าอูบิส (Anubis) ซึ่งเป็นเทพเจ้าของชาวอียิปต์โบราณ เป็นพรรณไม้น้ำที่จัดอยู่ในวงศ์ Araceae จัดว่าเป็นพืชไม่มีดอก มีทั้งใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นใต้ดินแบบเลื้อยไปตามพื้น (Creeping rhizome) พบได้มากในเขตร้อนทวีปแอฟริกา ซึ่งถือเป็นพืชท้องถิ่นของทวีปแอฟริกาบริเวณทุ่ง Savanna และ Ogowe พบอยู่ประมาณ 8 ชนิด เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุได้หลายฤดู ลักษณะของต้นจะเป็นแทงใต้ดินและแทงขึ้นมาบนดิน ลำต้นมีความสูงตั้งแต่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ใบจะแตกออกมาจากโคนต้น มีลักษณะหลายรูปแบบ แต่โดยทั่วไปใบจะเป็นรูปไข่ (ovate) ปลายใบแหลม (pointed) ดอกมีขนาดเล็ก ไม่มีก้านดอก ดอกจะออกดอกเป็นช่อเชิงลดมีกาบ (spadix) มีก้านใบประดับช่อ ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตในที่ร่ม และแสงสลัว บริเวณแม่น้ำลำธารตื้นๆ จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่สามารถอยู่ได้ทั้งบนบกและใต้น้ำ มีลำต้นเจริญใต้น้ำและใบชูเหนือน้ำ หรือเจริญอยู่บนพื้นดินหรือทรายที่ชื้นแฉะ สามารถเจริญเติบโตในน้ำได้ดี นิยมนำมาใช้ประดับในตู้ปลาสวยงาม จึงจัดเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมของตลาดอย่างมาก ทำให้มีราคาสูงเนื่องจากมีความทนทานสูงและเลี้ยงง่าย (บุญดี, 2548; สุกัญญา, 2548)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอูเบียส

รุ่งนภา (2558) รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพรรณไม้น้ำอูเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) ไว้ดังนี้

Kingdom : Plantae
 Division : Angiosperms
 Class : Monocots
 Order : Alismatales
 Family : Araceae
 Genus : *Anubias*
 Species : *barteri*
 Variety : *barteri*

สายพันธุ์อูเบียสในประเทศไทย

กาญจนาธิ และคณะ (ม.ป.ป.) รายงานสายพันธุ์อูเบียสในประเทศไทย

Anubias barteri var. *barteri* Engler จัดเป็นพืชมีดอก สูงได้ถึง 16 นิ้ว มีใบเดี่ยวที่หนาและเหนียว แตกจากโคนต้น ลักษณะใบรูปไข่ ฐานใบเว้าเข้าแบบฐานของหัวลูกศร ปลายใบแหลมแผ่นใบมีสีเขียวเข้มไม่เรียบ ก้านใบยาวได้ถึง 23 เซนติเมตร แผ่นใบยาว 7-23 เซนติเมตร กว้าง 4-11 เซนติเมตร ในแต่ละปีจะเกิดใบใหม่ขึ้นเพียง 8-10 ใบ มีดอกขนาดเล็กไม่มีก้าน (ภาพที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 *Anubias barteri* var. *barteri* Engler

ที่มา: <https://www.Anubias-barteri-var-barteri.com>

Anubias barteri ‘Broadleaf’ อนุเบียส ใบกว้าง มีลักษณะต้นและใบที่ใหญ่กว่า *Anubias barteri* var. *barteri* โดยใบจะกว้างและแบนกว่า สูงประมาณ 10-25 เซนติเมตร กอกว้างมากกว่า 15 เซนติเมตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 *Anubias barteri* ‘Broadleaf’

ที่มา: <https://www.buceplant.anubias-barteri-broad-leaf.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anubias barteri 'Wrinkled Leaf' เป็นสายพันธุ์หนึ่งของของอนุเบียส *Anubias barteri* มีลักษณะแผ่นใบหยิก สีเขียวเข้ม เป็นใบเดี่ยวที่หนาและเหนียว ลักษณะรูปไข่จัด เป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงเดี่ยว มีดอกขนาดเล็กไม่มีก้าน ดอกออกรวมกันเป็นช่อแบบสแปดิก (spadix) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 *Anubias barteri* 'Wrinkled Leaf'

ที่มา: <https://www.nana-wrinkle-leaf.com>

Anubias barteri 'Coffeefolia' มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาเป็นสายพันธุ์หนึ่งของ *Anubias barteri* ที่มีลักษณะใบคล้ายใบต้นกาแฟ โดยแผ่นใบไม่เรียบมีลักษณะเป็นร่องคลื่น เห็นเส้นใบชัดเจน ใบอ่อนที่เกิดใหม่จะมีสีน้ำตาลแดง และเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มภายหลัง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 *Anubias barteri* 'Coffeefolia'

ที่มา: <https://www.aquasabi.Anubias-barteri-var-coffeifolia.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anubias congensis N.E. Brown หรือ Congo Anubias มีถิ่นกำเนิดแถบประเทศคองโก เป็น อนุเบียงชนิดที่มีต้นค่อนข้างสูง เมื่อปลูกในตู้ปลาสามารถสูงได้ถึง 25-30 เซนติเมตร มีใบเดี่ยว ลักษณะใบเป็นรูปไข่กว้างและยาว ปลายใบแหลมแผ่นใบเรียบ ก้านใบยาวได้ถึง 20 เซนติเมตร แผ่นใบยาวได้ถึง 25-30 เซนติเมตร กว้าง 4-11 เซนติเมตร (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 *Anubias congensis*

ที่มา: <https://www.anubias-congensis-aquafleur-images>.

Anubias minima, Chevalier มีขนาดเล็กกว่า *Anubias barteri* var. *barteri* ลักษณะต้นเตี้ยสูงสุดไม่เกิน 15 เซนติเมตร มีข้อปล้อง และตาใบที่ข้อมีตาซึ่งจะเจริญไปเป็นลำต้น และใบ แผ่นใบยาว ไม่เกิน 6 เซนติเมตร กว้างไม่เกิน 3 เซนติเมตร ก้านใบยาวได้ถึง 5 เซนติเมตร (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 *Anubias minima*

ที่มา: <https://www.aquasabi.Anubias-barteri-minima.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anubias lanceolata, Schott จัดเป็นต้น อนุเบียสที่มีขนาดปานกลาง มีรากเป็นรากฝอย มีใบเดี่ยวที่หนาและเหนียว แตกออกจากโคนต้น ใบมีลักษณะเป็นรูปรี มีสีเขียวสด เส้นใบสีเขียวเข้ม ปลายใบแหลม แผ่นใบยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร กว้างได้ถึง 50 มิลลิเมตร (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 *Anubias lanceolata*

ที่มา: <https://www.anubias-lanceolata.com>

Anubias barteri var. *nana* Engler Dwarf Anubias จัดเป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงเดี่ยว เป็น อนุเบียสที่มีลักษณะต้นเตี้ยที่สุด มีความสูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร มี ใบหนาเป็นรูปไข่ปลาย แหลม มีสีเขียวเข้ม แผ่นใบยาวไม่เกิน 6 เซนติเมตร กว้างไม่เกิน 3 เซนติเมตร ก้านใบยาวถึง 5 เซนติเมตร (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 *Anubias barteri* var. *nana* Engler

ที่มา: <https://www.anubias.barteri-nana>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุเบียสแควระ (*Anubias barteri* var. *nana*) เป็นพรรณไม้น้ำในวงศ์ Araceae ที่มีขนาดเล็กที่สุดในสกุลเดียวกัน เจริญเติบโตที่สูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร ลำต้นเป็นแท่งใต้ดินและแทงขึ้นมาเหนือดิน ใบแตกจากโคนต้น ลักษณะใบหนารูปไข่สีเขียวเข้มยาวไม่เกิน 6 เซนติเมตร เป็นพรรณไม้น้ำที่ดูแลรักษาง่าย เนื่องจากมีความทนทาน เจริญเติบโตช้า สามารถอยู่ใต้น้ำได้นาน (พัฒน์, 2555)

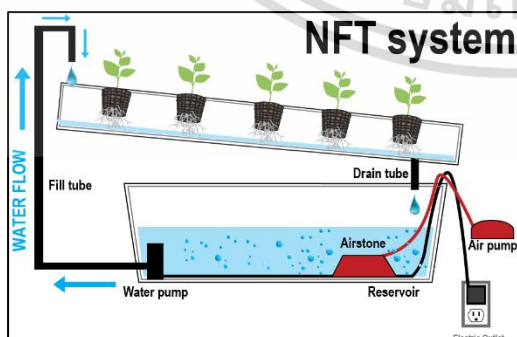
การปลูกไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics/ Soilless Culture) เป็นวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยปลูกพืชลงบนวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช้ดิน เช่น แผ่นฟองน้ำ ทราย กรวด ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว แทนดิน โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางราก หรือปลูกลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช (อารักษ์, 2544) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเมื่อนำไปใช้ในโรงเรือนแบบปิด (green house) จะเป็นการปลูกพืชแบบพัฒนาที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูงได้ผลผลิตปริมาณมาก ลดการใช้น้ำและพื้นที่เพาะปลูก ตลอดจนลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการใช้น้ำหรือสารละลายธาตุอาหารในระบบหมุนเวียน (Jensen, 1997)

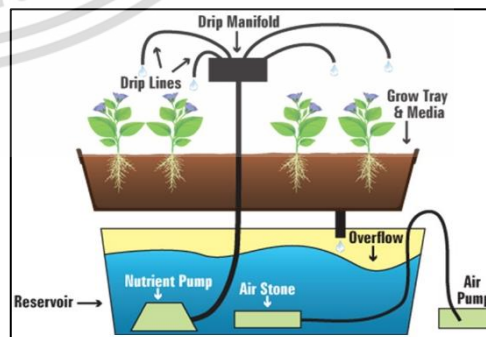
ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน

1. **ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)** (ภาพที่ 9) เป็นระบบหนึ่งของการปลูกด้วยสารละลายโดยที่รากของพืชจะสัมผัสกับสารละลายที่ไหลเป็นแผ่นฟิล์ม โดยการไหลผ่านของสารละลายไหลไปตามแรงโน้มถ่วง เพราะรางปลูกแบบนี้มีลักษณะลาดเอียง ทำให้พืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ซึ่งเป็นระบบที่นิยมมากและได้รับการยอมรับว่าเป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ให้ผลผลิตมากและมีประสิทธิภาพสูง (Mathew, 2001)

2. **ระบบ Sand Culture** (ภาพที่ 10) เป็นระบบปลูกพืชที่มีลักษณะคล้ายกับการปลูกในดินมากที่สุด โดยจะใช้ทรายทำหน้าที่เป็นวัสดุปลูกเป็นที่อยู่ของราก โดยมีสารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลเวียนอยู่ ซึ่งทรายที่นำมาใช้เป็นทรายหยาบมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี มีความคงทนของโครงสร้างดีมาก ความพรุนต่ำ และมีอายุการใช้งานยาวนาน แต่ข้อเสียคือมักจะมีการอัดตัวกันแน่น ดังนั้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของราก การระบายน้ำ และอากาศ (อิทธิสุนทร และคณะ, 2545)



ภาพที่ 9 ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
ที่มา: <https://www.m-group.in.th>



ภาพที่ 10 ระบบ Sand Culture
ที่มา: <https://growshopthailand.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบ Deep Flow Technique (DFT)

3.1 ระบบ DFT (แบบท่อ) (ภาพที่ 11) เป็นการปลูกโดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากของพรรณไม้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และรากของพรรณไม้น้ำก็จะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารสูงประมาณ 3 เซนติเมตร ระบบนี้จะใช้ท่อปลูกซึ่งทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 นิ้ว ยาวประมาณ 4-18 เมตร และด้านบนของท่อจะเจาะรูเพื่อปลูกต้นพันธุ์พรรณไม้น้ำสวยงาม (สุกัญญา, 2548)

3.2 ระบบ DFT (แบบถาดโฟม) (ภาพที่ 12) เป็นการปลูกที่รากของพืชแช่อยู่ในสารละลายซึ่งเป็นระบบที่ดัดแปลงมาจากระบบ DFT ซึ่งใช้แผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพืชตามจำนวนที่ต้องการ (ดิเรก, 2548)



ภาพที่ 11 ระบบ DFT (แบบท่อ)

ที่มา: <https://www.kasetkaoklai.com>

ภาพที่ 12 ระบบ DFT (แบบถาดโฟม)

ที่มา: <https://www.palangkase.com>

คุณสมบัติของน้ำสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การควบคุมสารละลายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยค่า pH ของสารละลายทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.6 - 6.5 หรือควรจะอยู่ในช่วง 5.8 - 6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดธาตุอาหารทุกธาตุได้ดีที่สุด สำหรับการปลูกพืชในระบบปิดต้องวัดค่า pH ของสารละลาย ให้อยู่ในเกณฑ์โดยใช้กรดไนตริก หรือ กรดฟอสฟอริก เพราะเป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลักของพืช จึงไม่ก่อให้เกิดการเกิดปฏิกิริยายารีดออกซ์ที่ไม่สมดุลของสารละลาย (รัชกร และ กุลวดี, 2557)

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สารอาหารของพืชโดยทั่วไปจะคงค่า EC ระหว่าง 2.0 – 4.0 mS/cm ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเหมาะสมกับ พืชท้องถิ่นภายในประเทศ (รัชกร และคณะ, 2557) การวัดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารโดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นมิลลิซีเมน/เซนติเมตร แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชเท่านั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารใดธาตุอาหารหนึ่งที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เนื่องจากพืชนำไปใช้หรือตกตะกอน (ราเชนทร์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารพืชสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต มีทั้งหมด 16 ธาตุ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โบแทสเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย ประกอบด้วย โบรอน สังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม คลอรีน นอกจากนี้ยังมีธาตุที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่บทบาทของธาตุเหล่านั้นยังไม่เด่นชัด ธาตุเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม (Na) ซิลิกอน (Si) นิกเกิล (Ni) และแวนเดียม (V) (วาริณี, 2555)

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช (มบุญ, 2544)

ฟอสฟอรัส (P) พบในพืชประมาณ 0.1 – 0.4 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าไนโตรเจนประมาณ 10 เท่า ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญอย่างยิ่ง พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมตาบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟตสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และฟอสโฟไลปิดอีกด้วย (อารักษ์, 2544)

โพแทสเซียม (K) มีอยู่ในพืชประมาณ 1.25 – 3 เปอร์เซ็นต์ ในพืชที่ให้ผล เช่นมะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมจะสูงในช่วงพัฒนาการของผล การดูใช้โพแทสเซียมในช่วงแรกจะสูงและลดลงอย่างรวดเร็วหลังพืชออกผล โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานด้านสรีรวิทยา เนื่องจากโพแทสเซียมจำเป็นต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (วาริณี, 2555)

แคลเซียม (Ca) พบในพืชระหว่าง 0.5 – 2 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของพืช อัตราการดูดธาตุแคลเซียมจะช้ากว่าโพแทสเซียม แต่จะค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงวงจรชีวิตพืช การดูใช้แคลเซียมจะขึ้นกับอวัยวะอื่นในสารละลายโดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรต จะทำให้การดูใช้แคลเซียมสูงขึ้น แคลเซียมมีหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช และเป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน (มบุญ, 2544)

แมกนีเซียม (Mg) พบในพืชประมาณ 0.2 – 0.5 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช (วาริณี, 2555)

กำมะถัน (S) พบในพืชประมาณ 0.15-0.5 เปอร์เซ็นต์ กำมะถันเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอนไซม์ (Co-enzyme) นักวิชาการหลายท่านมองว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำมะถันต่อไนโตรเจนมีความสำคัญกับพืชมากกว่าตัวกำมะถันเดี่ยวๆ ดังนั้นสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อกำมะถัน (N:S) น่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเพียงพอหรือขาดได้ดีกว่าปริมาณกำมะถันทั้งหมด (อารักษ์, 2544)

โบรอน (B) ช่วยในการออกดอกและผสมเกสร มีบทบาทสำคัญในการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผลการเคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์ ถ้าพืชขาดธาตุนี้ตายอดจะตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้างก็จะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยึดตัวกิ่งและใบจึงชิดกัน ใบเล็ก หนา โค้ง และเปราะ (วารินี, 2555)

สังกะสี (Zn) ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์ และแป้ง ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีเขียวๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว รากสั้นไม่เจริญตามปกติ (มบุญ, 2544)

ทองแดง (Cu) ช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืชนอกจากนี้ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และช่วยในการสร้างวิตามินเอในพืช (วารินี, 2555)

เหล็ก (Fe) เป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (feridoxin) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช และยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืช (มบุญ, 2544)

แมงกานีส (Mn) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างกรดไขมัน และกระตุ้นการแตกตัวของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง และช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลือง ในขณะที่เส้นใบยังเขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวแล้วร่วงหล่น (อารักษ์, 2544)

โมลิบดีนัม (Mo) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งสำคัญในการดึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวกับการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ถ้าพืชขาดโมลิบดีนัมจะทำให้มีไนเตรทสะสมในพืชยังคงให้พืชขาดไนโตรเจนได้ (วารินี, 2555)

คลอรีน (Cl) มีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนในพืช ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะแห้งเหี่ยวง่าย ใบมีสีซีด และบางส่วนแห้งตาย (มบุญ, 2544)

การใช้สารละลายธาตุอาหารเพื่อเพาะปลูกไม้น้ำ

Samarakoon (2006) ศึกษาการปลูกผักกาดหอมแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด อุณหภูมิในโรงเรือน 38.5 องศาเซลเซียส โดยปลูกผักกาดหอมในรางขนาด 50 ลิตร โดยเปรียบเทียบขนาดยาที่ 0.5 และ 1 กรัม/ลิตร กับขนาดยามาตรฐาน 2 กรัม/ลิตร โดยมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ใช้ในการปลูก คือ 1.4, 2.0, 3.0 เดซิซีเมนต่อเมตร ตามลำดับ สารละลายธาตุอาหารถูกปรับค่า pH ทุกวัน และแทนที่ด้วยสารละลายใหม่เมื่อผ่านไปสองสัปดาห์ และทำการเก็บเกี่ยวผักกาดหอมเมื่อครบ 4 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.4 เดซิซีเมน/เมตร ให้ผลการเจริญเติบโตทางใบมากกว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 3.0 เดซิซีเมน/เมตร และพบว่ามีน้ำหนักสดและแห้งที่เพิ่มขึ้น ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอื่นๆ เช่น ความสูงของลำต้นและพื้นที่ใบก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าค่าการนำไฟฟ้า EC ที่ 1.4 เดซิซีเมน/เมตร (0.5 กรัมต่อลิตร) สามารถเลือกให้เป็นความเข้มข้นของสารอาหารที่ดีที่สุดที่จะใช้สำหรับการปลูกผักกาดหอม ในสภาพอากาศร้อนในโรงเรือนแบบปิดในเขตร้อนที่แห้งแล้ง

มัลลิกา (2550) ศึกษาการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา (*Echinodorus K. Rataj*) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep Flow technique โดยการนำพรรณไม้เนื้ออ่อนแอฟริกาที่ได้จากการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT ในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของแอมโมเนีย 3 ระดับ คือ 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมล/ลิตร เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า อเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย 1.2 มิลลิโมล/ลิตร ค่าการนำไฟฟ้าที่ 2.0 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่อยู่ในช่วง 7.0-7.5 ทำให้อเมซอนแอฟริกาเจริญเติบโตดีที่สุด

ณัฐพร (2553) ศึกษาความต้องการธาตุอาหารที่เหมาะสมของอนุเบียส (*Anubias nana*) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Deep Flow technique (DFT) โดยปรับค่าการนำไฟฟ้าขึ้นตามการเจริญเติบโต และรักษาระดับค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในระดับ 2.0 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ใช้สูตรอาหารต่างกัน 5 สูตร คือ สูตรดัดแปลง Hoagland and Arnon, สูตรดัดแปลง MS, สูตรกาญจนรี, สูตรรยทนา และสูตรมัลลิกา พบว่าอนุเบียสมี้อัตรการรอดตายเท่ากันคือ 100 เปอร์เซ็นต์ อนุเบียสที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรดัดแปลงมัลลิกาให้ผลด้านการเจริญเติบโตดีที่สุด

จิราพร (2555) ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกอนุเบียสนานา (*Anubias nana*) ด้วยวิธีการปลูกในระบบไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) โดยศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 2 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร มีผลทำให้อุเบียสนานาเจริญเติบโตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อนุเบียสมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 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 เมื่อเปรียบเทียบทุกความเข้มข้นของการวิจัยอนุเบียสนานาที่ปลูกมีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์

สารเร่งการเจริญเติบโต

สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองตามธรรมชาติในบริเวณอวัยวะหรือเนื้อเยื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นพืช ก่อนทำการเคลื่อนย้ายสารดังกล่าวไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมาย เพื่อส่งสัญญาณในการเริ่มกระบวนการสร้าง ทำการควบคุม หรือเปลี่ยนแปลงส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งด้านการเจริญเติบโต การงอกของเมล็ด การออกดอกออกผล และการผลัดใบ รวมไปถึงการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชนั้นๆ อีกด้วย (ปราธนา และคณะ, ม.ป.ป. ; NGThai, 2019)

สารเร่งการเจริญเติบโตของพืชประกอบไปด้วยฮอร์โมน 5 กลุ่มดังนี้

1. ออกซิน (Auxin) เป็นกลุ่มของสารที่สามารถชักนำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ของลำต้น เป็นฮอร์โมนพืชที่สร้างขึ้นจากกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อบริเวณยอดใบอ่อนก่อนถูกลำเลียงไปยังเซลล์เป้าหมาย มีหน้าที่กระตุ้นเซลล์ของเนื้อเยื่อให้เกิดการขยายตัว ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตสูงขึ้น เพิ่มขนาดใบและผล ออกซินยังมีผลช่วยป้องกันการหลุดร่วงของใบ ดอกและผล อีกทั้งยังส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหว การตอบสนองต่อแสงและแรงโน้มถ่วงของพืชอีกด้วย

2. ไซโทไคนิน (Cytokinin) เป็นสารประกอบ substituted adenine ที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เป็นสารกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของลำต้นและราก ส่งเสริมการสร้างและการเจริญของตาข้าง การแตกกิ่งก้านสาขาและการงอกของเมล็ด อีกทั้งยังช่วยป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ช่วยให้พืชผักผลไม้มีอายุยืนและสามารถรักษาความสดใหม่เอาไว้ได้ยาวนาน

3. เอทิลีน (Ethylene) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ของพืช โดยส่วนมากเอทิลีนถูกสร้างขึ้นเมื่อพืชมีบาดแผลหรือเข้าสู่ภาวะร่วงโรย มีส่วนช่วยเร่งการสุกของผลไม้ กระตุ้นการออกดอก การผลัดใบตามฤดูกาลและการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด รวมไปถึงการกระตุ้นการผลิตน้ำยาง การเกิดรากฝอยและรากแขนงของพืชอีกด้วย

4. กรดแอบไซซิก (Abscisic acid) เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นได้ในทุกส่วนของต้นพืช กระตุ้นการหลุดร่วงของใบและผลแก่ ยับยั้งการเจริญเติบโตและการยึดตัวของเซลล์บริเวณตาข้าง รวมไปถึงยับยั้งการงอกของเมล็ด การแตกใบอ่อนและการเปิดออกของปากใบ (Stomata) ส่งผลให้พืชสามารถทนทานต่อสภาพอากาศแห้งจัดหรืออยู่ในภาวะขาดน้ำได้ยาวนานขึ้น

5. จิบเบอเรลลิน (Gibberellin) เป็นสารพวก isoprenoid ที่สามารถกระตุ้นการแบ่งตัวและการยึดตัวของเซลล์ได้ เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นบริเวณยอดใบอ่อนและราก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์พืช กระตุ้นการขยายตัวของเซลล์ช่วงระหว่างข้อทำให้ลำต้นยืดยาว กระตุ้นการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของผล และควบคุมการเกิดเพศในดอกของพืชบางชนิด

โดยเลือกใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในงานทดลอง เพราะฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งตัวและยึดตัวของเซลล์ที่จะช่วยให้เมื่อน้ำอ่อนเปื่อยสมมีการเจริญเติบโตทางด้านยอด ใบอ่อน ราก และมีลำต้นที่สวยงามสมบูรณ์ตามแบบที่ตลาดพันธุ์ไม้จำเป็นต้องการ

สันติ และคณะ (2551) ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฮอร์โมนจิบเบอเรลลินต่อการชะลอการออกดอกของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียหลังกระตุ้นด้วยสารเอทิลีน โดยกำหนดระดับความเข้มข้นของสาร จิบเบอเรลลิน 3 ระดับ คือ 10 20 และ 40 หนึ่งส่วนในล้านส่วน เปรียบเทียบกับต้นกระตุ้นด้วยสารเอทิลีนและต้นปกติ (control) ให้สารโดยการพ่นทางใบกับต้นสับปะรดอายุ 8 เดือนหลังปลูก บันทึกผลการทดลองหลังพ่นสารทุกสัปดาห์ต่อเนื่อง 6 สัปดาห์ พบว่า การพ่นสารจิบเบอเรลลินมีแนวโน้มให้อัตราการเจริญด้านความยาวของใบชุดเก่าและใบชุดใหม่เพิ่มสูงกว่าต้นพ่นสารเอทิลีนและไม่พ่นสาร การให้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 20 หนึ่งส่วนในล้านส่วน มีจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกมากที่สุด

Renan (2017) กล่าวว่าใบไม้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการรับแสงของพืช แสงสีน้ำเงินและสีแดงจะถูกจับโดยผนังเซลล์ แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงต้องเข้าใจถึงความสำคัญของการดูดกลืนแสงสีเขียวอย่างเต็มที่ในพืชยาสูบที่ใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน และสารโพลีลูมินัมคลอไรด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการดูดกลืนแสงของใบและกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงความหนาของใบ ปริมาณเม็ดสีสังเคราะห์แสง และกายวิภาคของใบถูกใช้เพื่อประเมินคุณสมบัติทางแสงของใบ การใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินส่งผลให้ฟิโนไทป์ในใบยาสูบเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางกลับกัน การใช้สารโพลีลูมินัมคลอไรด์ ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของต้นยาสูบที่มีใบขนาดเล็กทำให้ฟิโนไทป์ในใบมีสีเขียวเข้มขึ้น พืชยาสูบที่ได้รับการใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งต่างจากพืชยาสูบที่ใช้สารโพลีลูมินัมคลอไรด์แต่ไม่ได้พิจารณาตามน้ำหนักแห้ง พืชยาสูบที่ได้รับสารโพลีลูมินัมคลอไรด์

มีปริมาณเม็ดสีเพิ่มขึ้นและผนังเซลล์เพิ่มขึ้น 2 ชั้นในพืชยาสูบที่ปลูกในแสงแดดเต็มที่ แต่มีความหนาของใบใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พืชยาสูบที่ได้รับสารโพลิออลูมินัมคลอไรด์ ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยพบว่าเนื้อเยื่อที่เป็นรูพรุนอย่างหนาแน่นและความหนาของใบเพิ่มขึ้น แสดงถึงการดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและสีแดงที่ใกล้เคียงกันสูง พืชยาสูบที่ได้รับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินให้การสะท้อนแสงและการส่องผ่านของแสงสีเขียวที่เพิ่มขึ้น แต่การดูดกลืนแสงที่ลดลง มีการสังเกตพฤติกรรมที่ตรงกันข้ามสำหรับพืชยาสูบที่ได้รับสารโพลิออลูมินัมคลอไรด์ แสงสีเขียวถูกดูดซับโดยใบไม้ที่มีปริมาณเม็ดสีสูง (บนพื้นฐานพื้นที่ใบ) แต่ความหนาของใบเป็นองค์ประกอบหลักที่ขับเคลื่อนการดูดกลืนแสงสีเขียว เมื่อนำมารวมกัน ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่าแสงสีน้ำเงินและสีแดงถูกดูดซับอย่างมีประสิทธิภาพมาก แม้ว่าจะมีคลอโรฟิลล์ต่ำจากโครงสร้างเนื้อเยื่อของใบ ในขณะที่แสงสีเขียวจะเจาะลึกเข้าไปในเซลล์ของใบยาสูบ และใบยาสูบที่เนื้อเยื่อเป็นรูพรุนจะทำปฏิกิริยากับแสงได้ดีที่สุด




วิกัณยา และ เลิศชัย (2563) ศึกษาประสิทธิภาพของฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนทุเรียนพันธุ์หมอนทอง โดยฉีดพ่นด้วยน้ำและฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 250, 500 และ 750 หนึ่งส่วนในล้านส่วน จำนวน 1 ครั้ง พ่นต้นละ 30 มิลลิลิตร ผลทดลองพบว่าต้นทุเรียนที่ได้รับจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 500 และ 750 หนึ่งส่วนในล้านส่วน มีความสูงต้นที่เพิ่มขึ้นต่อต้นกล้า ความยาวยอดอ่อนที่เพิ่มขึ้นต่อยอดอ่อน จำนวนใบต่อยอดอ่อน พื้นที่ใบต่อยอดอ่อน น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อยอดอ่อน ได้ค่าดัชนีความเขียวของใบใหม่และใบเก่า และปริมาณโพแทสเซียมของยอดอ่อนระหว่างต้นทุเรียนที่ได้รับน้ำและฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนทุเรียนพันธุ์หมอนทองได้เป็นอย่างดี

องค์ประกอบและการใช้งานของวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบไม้ด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและสารละลายปุ๋ยในอาหาร
เพาะเลี้ยงไม้น้ำอเนกประสงค์แบบอัตโนมัติ


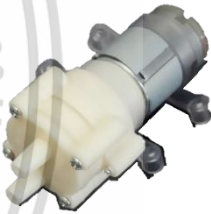

ตารางที่ 1 องค์ประกอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบไม้ด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะ	การใช้งาน	ภาพ
1. บอร์ด Arduino	- Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์แบบเปิดเผยข้อมูล (Open Source) โดยตัวฮาร์ดแวร์ใช้งานง่ายและราคาถูกส่วนด้านซอฟต์แวร์จะเป็นคำสั่งที่ไม่ซับซ้อนสามารถพัฒนาได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะ สำหรับผู้เริ่มต้นพัฒนาจนไปถึงการพัฒนาแบบขั้นสูงผู้ใช้งานสามารถพัฒนาต่อร่วมกับอุปกรณ์ในการ งานได้อย่างง่าย	- เป็นหน่วยความจำคำสั่งที่เป็นภาษาซี ที่เรากำหนดให้ทำงานร่วมกับการใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์	 <p>ที่มา : https://lnwfile.com/i/raw/43/0h/cu.jpg</p>
2. LCD Display (Liquid Crystal Display)	- Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด	- แสดงผลบนหน้าจอเป็นตัวเลข ตัวหนังสือ หรือสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ต้องการให้แสดงขึ้นบนหน้าจอ LCD เช่น อุณหภูมิ กิ่งคา เวลา เท่าไร เป็นต้น	 <p>ที่มา : http://www.1602_LCD#General_Description</p>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะ	การใช้งาน	ภาพ
3. ระบบ Flow sensor	- Sensor Water flow คือ Sensor ที่ทำหน้าที่วัดปริมาณอัตราการไหลของเหลวที่ผ่านใน Sensor สามารถนำมาวัดของเหลวได้หลากหลาย เช่นน้ำ สารเคมีที่ไม่มีการกัดกร่อนสูง โดยสัญญาณที่ได้จาก Sensor จะออกมาเป็นแบบ Pulse สามารถ เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อรับค่า Interrupt ได้เหมือนกับการเขียนโปรแกรม Encoder นับรอบมอเตอร์นั่นเอง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการวัดความเร็วน้ำ คัดค่าน้ำมิเตอร์ ทดสอบการไหลมีน้ำไหลหรือไม่ เป็นต้น	- การวัดอัตราการไหลของปริมาตรและการวัดอัตราการไหลของมวลน้ำหรือของเหลวต่างๆที่ไหลผ่าน Flow sensor	 <p>ที่มา : http://www.iot.codemobiles.com/p/125</p>
4. RTC DS3231 Module โมดูล นาฬิกา	- Module นาฬิกา ถ้านึกถึง Arduino เมื่อไม่มีการจ่ายไฟโปรแกรมของ Arduino ก็จะหยุดทำงาน เราจึงมี RTC เพื่อทำการเก็บเวลาไว้เมื่อจ่ายไฟให้กับวงจร Arduino ก็จะดึงเวลามาใช้งานได้ทันที หรือการตั้งค่าคำนวณเวลาของ Arduino อาจมีปัญหาความแม่นยำไม่ตรงบ้าง Library มีการ delay ทำให้เวลาไม่ตรงบ้าง เราก็สามารถใช้ Module อ้างอิงเวลาได้อย่างชัดเจนแน่นอน หรือนำไปใช้ในการบอกเวลาเพื่อลดต้นทุนไม้ เปิดปิดไฟตามเวลาก็ได้เช่นกัน	- เพิ่มวงจร Module นาฬิกา เข้ากับบอร์ด Arduino เพื่อใช้ตั้งเวลาการจ่ายไฟให้กับบอร์ด ที่ เชื่อมโยงไปถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เราใช้ในการทดลอง	 <p>ที่มา : https://www.myarduino.ds3231-module</p>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะ	การใช้งาน	ภาพ
5. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	- ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ	- ใช้กระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าผ่านโซลินอยด์วาล์วเพื่อเป็นตัวเปิดปิดวาล์วน้ำ	 ที่มา : https://www.hipurify.com/p/100
6. Bord ESP8266	- สำหรับติดต่อสื่อสารบนมาตรฐาน WIFI ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6 โวลต์ ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่ง deep sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 ไมโครแอมป์ สามารถ wake up กลับมาส่งข้อมูลใช้เวลาน้อยกว่า 2 มิลลิวินาที	- ใช้ติดต่อกับ WI-FI แบบ Serial ผ่านโปรแกรมบรีจบนโทรศัพท์มือถือ	 ที่มา : https://www.arduino4.esp8266-12e-development-kit-usb
7. Relay Module 5volt (2 channel)	- รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแลอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ให้กับวงจร มีความสามารถต่างจากสวิตซ์ทั่วไป คือ ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวสั่งการแทนการใช้มือกดปุ่มเปิด-ปิด เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก	- ใช้การควบคุมวงจรในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ หรือเป็นสวิตซ์ให้กับวงจรนั้นๆ	 ที่มา : https://www.myarduino.narduino-relay.com

ตารางที่ 2 องค์ประกอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะ	การใช้งาน	ภาพ
1. EC Sensor	- เป็นเครื่องวัดความสามารถของน้ำ ที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิ ที่ทำการวัดโดยน้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ อยู่จะสามารถนำไฟฟ้าได้ และแสดงผลขึ้นมาให้	- ใช้วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในน้ำ (EC)	 <p>ที่มา: https://www.myarduino.ec-sensor</p>
2. Dosing pump	- เป็นปั๊มที่ใช้ดูดสารเคมีต่างๆ เพราะวัสดุหัวของปั๊มที่สามารถทนสารเคมีได้แทบทุกชนิด จึงนิยมใช้ Dosing pump ในการดูดสารเคมีต่างๆ	- ใช้กระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าผ่านปั๊ม เพื่อทำการดูดสารเคมีที่ใช้	 <p>ที่มา: https://www.kasetfusion.lnwshop.com</p>
3. สายไฟ jumper (ผู้-ผู้)	- สามารถทนกระแสไฟสูงสุดได้ 2.2 แอมแปร์ ถ้าต่อสายแบบ Chassis Wiring (ต่อแบบแยกสาย) และสามารถทนกระแสไฟได้ 0.36 แอมแปร์ ถ้าต่อแบบ Power Transmission (รวมเป็นกระจุก)	- สายไฟจัมเปอร์แบบ ผู้-ผู้ เหมาะสำหรับใช้งานในวงจรทั่วไป เช่น วงจรทดลองบน Protoboard เพราะมีหัวเข็มหรือ Pin Header ที่ออกแบบมาใช้สำหรับเสียบลงบน Protoboard โดยเฉพาะการใช้งานกับบอร์ด Arduino รุ่น UNO	 <p>ที่มา: https://www.commandronestore.com</p>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะ	การใช้งาน	ภาพ
4. สายไฟ jumper(ผู้-เมีย)	- สามารถทนกระแสไฟสูงสุดได้ 2.2 แอมแปร์ ถ้าต่อสายแบบ Chassis Wiring (ต่อแบบแยกสาย) และสามารถทนกระแสไฟได้ 0.36 แอมแปร์ ถ้าต่อแบบ Power Transmission (รวมเป็นกระจุก)	- สายไฟจัมเปอร์แบบ ผู้-เมีย เหมาะสำหรับใช้งานในวงจรทั่วไป เช่น วงจรทดลองบน Protoboard เพราะมีหัวเข็มหรือ Pin Header ที่ออกแบบมาใช้สำหรับเสียบลงบน Protoboard โดยเฉพาะการใช้งานกับบอร์ด Arduino รุ่น UNO ตัวเมียได้	
7. โพรโทบอร์ด (protoboard) หรือ เบรตบอร์ด (breadboard)	- บอร์ดจะเป็นพลาสติกที่มีรูจำนวนมากได้รูเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบ จะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่าง พื้นที่การเชื่อมต่อกันของโพรโทบอร์ด	- เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อการทดลองได้มีความสะดวกยิ่งขึ้น	

ที่มา: <https://www.commandronestore.com>

ที่มา: <https://comacademic/electronic/protoboard.com>

ระบบอัตโนมัติเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำ

ธนกร และ อติกร (2557) ศึกษาการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาลอกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์ รับสัญญาณอะนาลอกเพื่อให้ PLC ประมวลผลและใช้ดิจิทัลโวลท์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุมระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และ แบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และสามารถสั่งให้ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน โดยอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และคนงานได้สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

Karina (2017) รายงานว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการควบคุมการไหลของธาตุอาหารในพืชที่ทำการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยการนำเอาหลักเทคโนโลยีเข้ามาจัดการ โดยเลือกใช้บอร์ด Arduino เป็นหลัก และสามารถโทรเพื่อทำงานควบคู่กัน ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อควบคุมการไหลของสารละลายธาตุอาหาร โดยอัตโนมัติด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลระดับของเหลวธาตุอาหารและอุณหภูมิรอบโรงเรือน ส่งข้อมูลไปยังสมาร์ตโฟนของเจ้าของโรงเรือน การไหลของสารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดอัลตราโซนิก HC-SR04 และตรวจวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องตรวจจับอุณหภูมิ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะส่งต่อไปยัง Arduino Uno และแสดงในจอแสดงผล (LCD) จากนั้นโมดูล ESP8266 แบบไร้สาย (WIFI) จะส่งความสูงของสารละลายธาตุอาหารและอุณหภูมิรอบโรงเรือนไปยังสมาร์ตโฟน Android เพิ่มความสะดวกในการจัดการโรงเรือนไฮโดรโปนิคส์

พรศิต (2561) ศึกษาการนำเทคโนโลยีมาลดภาระการทำงาน ลดต้นทุนการผลิตการปลูกผักสลัด และสามารถใช้งานได้ง่ายอย่างเหมาะสมสำหรับเกษตรกร โดยการสร้างเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอุปกรณ์ Arduino UNO R3 สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิวัดระดับน้ำ วัดค่า Potential of Hydrogen ion (pH) และวัดค่า Electrical Conductivity (EC) โดยนำค่าจากการวัดไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยี ระบบ Internet of Things (IoT) ระบบจะทำการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับผักไฮโดรโปนิคส์แต่ละชนิดโดยอัตโนมัติ จากการพัฒนาระบบ พบว่าระบบควบคุมสารละลายสามารถปรับค่าสารละลายแบบอัตโนมัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด เกษตรกรสามารถใช้เครื่องโทรศัพท์มือถือเข้าถึงระบบควบคุมการปลูกผักผ่านเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ เกษตรกรสามารถเข้าไปตรวจสอบและแก้ปัญหาได้ทันเวลา ผลการทดลอง การปลูกผักสลัด 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด โดยศึกษาความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตที่ปลูกในระบบปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย Internet of Things พบว่า มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกโดยเกษตรกร ($p > 0.05$)

วรชัย (2563) ศึกษาการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยเกษตรกรในการควบคุมมาตรฐานการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร โดยนำหลักการของเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์ม เพื่อใช้ในการทำงานของชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะ และทำการเปรียบเทียบข้อมูล โดยการนำมาพัฒนากับโรงเรือนระบบปิด เพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นและนำไปปฏิบัติงานได้จริง โดยได้จัดทำชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะ เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ควบคุมปริมาณความชื้นแสง พร้อมทั้งระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ และสามารถควบคุมอุณหภูมิ และได้ทำการทดลองและเก็บผลการทดลองของระบบ ผลวิจัยพบว่า การทำงานของระบบมันบังแสงอัตโนมัติ ระบบพ่นหมอกอัตโนมัติ ระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ตามที่กำหนด โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของแต่ละระบบ สามารถตรวจสอบและส่งค่าไปยังหน่วยประมวลผล เพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ และจากการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สำหรับผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือน การเจริญเติบโตใน 45 วัน โดยรวม 3 ช่วง (ต้นที่ 1-15) ลำต้นมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 14.94 เซนติเมตร มีขนาดความสูงเฉลี่ย 15.66 เซนติเมตร และขนาดความกว้างมีค่าความแปรปรวน 0.0998 ขนาดความสูงมีค่าความแปรปรวน 0.1112 จากค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน จะพบว่าผักไฮโดรโปนิคส์ทั้ง 3 ช่วงมีการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอ และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีคุณภาพได้ในระยะเวลาที่กำหนด

นิภูจิตา และ วีระศักดิ์ (ม.ป.ป.) ศึกษาการพัฒนากระบวนการจัดการฟาร์มกุ้งด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแม่นยำระบบที่นำเสนอที่สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงด้วยการเฝ้าระวังค่าอุณหภูมิ pH และค่าออกซิเจนละลาย (DO) ได้แบบเวลาจริง ค่าระดับของคุณภาพน้ำที่วัดได้จะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจในการเปิด/ปิดเครื่องตีน้ำ และระบบให้อาหารอัตโนมัติเมื่อจำเป็นเท่านั้น นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอยังถูกออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับเกษตรกร สามารถแจ้งเตือนเกษตรกรผ่านทางอุปกรณ์พกพาได้ทันทีที่มีเหตุการณ์ที่ต้องเฝ้าระวังเกิดขึ้น จากการทดสอบพบว่าระบบดังกล่าวสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการตายของกุ้ง และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในการตีน้ำที่ไม่จำเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

พันธุ์ไม้น้ำที่ใช้ในการทดลอง พันธุ์ไม้น้ำอโนเบียสสายพันธุ์บาเทอริ (*Anubias barteri* var. *barteri*) จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

อุปกรณ์ / เครื่องมือ

สำหรับปลูก/ย้ายอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*)

- | | |
|--|----------------|
| 1. โรงเรือนแบบปิด | |
| 2. ถังพลาสติกไฟเบอร์ ขนาด 800 ลิตร | จำนวน 3 ถัง |
| 3. เครื่องให้อากาศ AIR pump | จำนวน 1 ตัว |
| 4. แผ่นโฟมขนาด 60×60 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน 28 รู | จำนวน 6 แผ่น |
| 5. สายอากาศ ยาว 2 เมตร | จำนวน 6 เส้น |
| 6. หัวทราย ขนาด 5 เซนติเมตร | จำนวน 6 หัว |
| 7. หัวทรายจาน ขนาด 5 นิ้ว | จำนวน 1 หัว |
| 8. เครื่องฉีดพ่นฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ | จำนวน 1 ระบบ |
| 9. เครื่องเติมปุ๋ยแบบอัตโนมัติ | จำนวน 1 ระบบ |
| 10. ต้นพันธุ์อโนเบียส (อายุ 3 เดือน) | จำนวน 168 ต้น |
| 11. อิฐตัวหนอนรองพื้นถังพลาสติกไฟเบอร์ 3 ถัง | จำนวน 102 ก้อน |

สำหรับการจัดทำชุดต้นแบบฉีดพ่นฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ

- | | |
|--|--------------|
| 1. ถังคลอรีน ขนาด 40 ลิตร | จำนวน 1 ถัง |
| 2. Sensor วัดอัตราการไหลของน้ำ | จำนวน 1 วงจร |
| 3. ปั๊มแรงดันขนาดเล็ก | จำนวน 1 ตัว |
| 4. สายยาง ขนาด 3 หุน ยาว 1 เมตร | จำนวน 1 เส้น |
| 5. สายยาง ขนาด 4 หุน ยาว 1 เมตร | จำนวน 1 เส้น |
| 6. ปลั๊กแปลงกำลังไฟ | จำนวน 1 ตัว |
| 7. สายพ่นหมอก ขนาด 2 หุน ความยาว 2 เมตร | จำนวน 1 เส้น |
| 8. หัวพ่นหมอก (เนตาฟิน) ขนาด 0.6 มิลลิเมตร | จำนวน 2 หัว |
| 9. ปิดตันสายพ่นหมอก ขนาด 2 หุน | จำนวน 1 อัน |
| 10. ข้อต่อสายพ่นหมอก ขนาด 3 หุน ลด 2 หุน | จำนวน 1 ตัว |
| 11. คานท่อ PVC ขนาด 6 หุน ยาว 4 เมตร | จำนวน 1 ท่อน |
| 12. ช้องอ PVC ขนาด 6 หุน | จำนวน 2 อัน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ข้อต่อ PVC สามทาง ขนาด 6 หุน	จำนวน 4 อัน
14. ปิดตันท่อ PVC ขนาด 6 หุน	จำนวน 4 อัน
15. ก้ามปูล็อคท่อ PVC ขนาด 6 หุน	จำนวน 2 อัน
16. สายไฟ ยาว 2 เมตร	จำนวน 1 เส้น
17. กล่องไฟกันน้ำ	จำนวน 3 กล่อง

สำหรับการจัดทำชุดต้นแบบเติมปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

1. ถังคลอรีน ขนาด 40 ลิตร	จำนวน 1 ถัง
2. Sensor วัดค่า EC หรือ Electrical Conductivity	จำนวน 1 วงจร
3. Sensor เติมปุ๋ย	จำนวน 1 วงจร
4. ปุ่มแรงดันขนาดเล็ก	จำนวน 1 ตัว
5. สายยาง ขนาด 3 หุน ยาว 1 เมตร	จำนวน 1 เส้น
6. สายยาง ขนาด 4 หุน ยาว 1 เมตร	จำนวน 1 เส้น
7. ปลั๊กแปลงกำลังไฟ	จำนวน 1 ตัว
8. หัว Probe วัดค่า EC หรือ Electrical Conductivity	จำนวน 1 หัว
9. กล่องไฟกันน้ำ	จำนวน 2 กล่อง

วงจรไฟ

1. สายไฟ ยาว 2 เมตร	จำนวน 1 เส้น
2. ปลั๊กแปลงกำลังไฟ	จำนวน 1 ตัว
3. Safety Breaker	จำนวน 1 ตัว
4. แผงไฟ 220 โวลต์	จำนวน 1 แผง
5. เต้ารับ	จำนวน 1 ตัว
6. เต้าเสียบชนิด 2 ขา	จำนวน 1 ตัว
7. กล่องไฟกันน้ำ	จำนวน 2 กล่อง

ระบบพ่นหมอกควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน

1. ปุ่มแรงดันขนาดเล็ก	จำนวน 1 ตัว
2. ตัวตั้งเวลาอัตโนมัติ (Timer)	จำนวน 1 ตัว
3. สายยาง ขนาด 2 หุน ความยาว 10 เซนติเมตร	จำนวน 1 เส้น
4. สายยาง ขนาด 3 หุน ความยาว 10 เซนติเมตร	จำนวน 1 เส้น
5. เข็มขัดรัดสายยาง ขนาด 2 หุน	จำนวน 2 ตัว
6. กล่องไฟกันน้ำ	จำนวน 1 กล่อง
7. กระจบอกรองน้ำ	จำนวน 1 กระจบอกรองน้ำ
8. ใส้กรองน้ำ ขนาด 10 ไมครอน	จำนวน 1 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สายพ่นหมอก ขนาด 2 หุน ความยาว 20 เมตร	จำนวน 1 เส้น
10. หัวพ่นหมอก (เนตาฟิน) ขนาด 0.6 มิลลิเมตร	จำนวน 15 หัว
11. สายไฟ VCT 3×1.5 ความยาว 6 เมตร	จำนวน 1 เส้น
12. วาล์วน้ำ ขนาด 4 หุน	จำนวน 1 ตัว
13. ข้อต่อตรงเกลียวนอก ขนาด 4 หุน	จำนวน 1 ตัว
14. ข้อต่อตรงเกลียวใน ขนาด 4 หุน	จำนวน 1 ตัว
15. เกลียวทองเหลือง ขนาด 4 หุน ลด 2 หุน	จำนวน 1 ตัว
16. เต้ารับ	จำนวน 1 ตัว
17. เต้าเสียบชนิด 2 ขา	จำนวน 1 ตัว

สารเคมี

1. ฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิด
2. ปุ๋ยสูตร 46-0-0
3. ปุ๋ยสูตร 8-24-24

โรงเรือน

โรงเรือนไม้น้ำ ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดระยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร โดยโครงสร้างของโรงเรือนทำจากเหล็ก ด้านข้างและด้านบนพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 ชั้น ติดตั้งระบบให้ความชื้น (ปั้มน้ำและหัวพ่นหมอกขนาด 0.6 มิลลิเมตร) และเครื่องควบคุมเวลา (timer)

วิธีการ

1. การดำเนินงาน

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดแบบอัตโนมัติ มี 4 ขั้นตอน คือ 1. การจัดทำชุดต้นแบบฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด 2. การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด 3. การปรับปรุงเครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และ 4. การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด

1.1 การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ย ในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส แบบอัตโนมัติ นั้น จัดทำขึ้นมาโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น โดยการรวบรวมเอาเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานที่ทำให้มีความสามารถมากยิ่งขึ้น ซึ่งอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่างๆ เหล่านี้สามารถเห็นได้ในปัจจุบัน เหตุผลของการจัดสร้างชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส แบบอัตโนมัติ นั้น จัดทำขึ้นเพื่อการฉีดพ่นฮอร์โมนทางใบและเติมปุ๋ยในการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส ซึ่งพบปัญหาในการฉีดพ่นฮอร์โมนทางใบโดยใช้ฟ็อกกี้ทำการฉีดทำให้การฉีดพ่นฮอร์โมนไม่สม่ำเสมอในการฉีดแต่ละครั้ง และการเติมปุ๋ยโดยใช้การตักปุ๋ยที่ทำการละลายแล้วเติมลงในบ่อเพาะเลี้ยงทำให้การเติมแต่ละครั้งมากหรือน้อยเกินไป โดยการทำงานของระบบฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส แบบอัตโนมัติ นั้นจะทำให้มีความแม่นยำและสะดวกสบายเป็นอย่างยิ่ง และทำให้การเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ระบบหลักของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส แบบอัตโนมัติ จะแบ่งได้เป็น 2 ระบบหลัก คือ ระบบการฉีดพ่นใบไม้น้ำอานูเบียสด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส ระบบทั้ง 2 ระบบ จะถูกควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติเพื่อสั่งและควบคุมการทำงาน

1.1.1. ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดแบบอัตโนมัติ มีองค์ประกอบของอุปกรณ์หลักทั้งหมด 6 ชิ้น คือ

1.) YF-S401 Hall Effect Water Flow Meter Sensor อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S401 ขนาดท่อ 1/8" รองรับอัตราการไหลช่วง 0.3-6L/min ขนาดเล็ก เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น ตรวจวัดการไหลของน้ำหล่อเย็นในเครื่อง CNC หรือในระบบ Laser cutters เป็นต้น การทำงานของ Water flow meter จะให้น้ำไหลผ่านใบพัดภายในให้

เกิดการหมุน โดยมี hall effect sensor เป็นตัวตรวจจับการหมุน และส่งสัญญาณ pulse ออกมา
ทุกๆ รอบหมุน

2.) Relay module 5v เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก
เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด
เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์

3.) NodeMCU ESP8266 คือ บอร์ดคล้าย Arduino ที่สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi
ได้, สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับ Arduino ภายในบอร์ดของ NodeMCU
ประกอบไปด้วย ESP8266 (ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้) พร้อมอุปกรณ์อำนวยความสะดวก
ความสะดวกต่างๆ เช่น พอร์ต micro USB สำหรับจ่ายไฟ/อัปโหลดโปรแกรม, ชิพสำหรับอัปโหลด
โปรแกรมผ่านสาย USB, ชิพแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก เป็นต้น

4.) Adapter 9V 2A หม้อแปลงไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟบ้าน) ที่มีค่าความ
ต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่าย
กระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลงความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์
เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับบอร์ด NodeMCU ESP8266 เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงาน
ตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้

5.) Adapter 12V 5A จะใช้สำหรับแปลงความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 12 โวลต์
เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับ Solenoid Valve

6.) RTC DS3231 (Module โมดูลนาฬิกา) เป็นโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง RTC
(Real Time Clock) ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงเพราะข้างในมีวงจรวัดอุณหภูมิ เพื่อนำอุณหภูมิจาก
สภาพแวดล้อมมาคำนวณชดเชยความถี่ของ Crystal ที่ถูกรบกวนจากอุณหภูมิภายนอก มาพร้อม
แบตเตอรี่ใช้งานได้แม้ไม่มีแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก สามารถตั้งค่า วัน เวลา ได้อย่างง่าย มีไลบรารีมา
พร้อมใช้งาน สามารถเลือกแสดงผลเวลาแบบ 24 ชั่วโมงหรือแบบ 12 ชั่วโมงก็ได้ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น
ตัวตั้งเวลา (Timer) หรือนับเวลา ทำให้บอร์ด NodeMCU ESP8266 สามารถทำงานได้ตามเวลาจริง

1.1.2. ชุดต้นแบบการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอัตโนมัติแบบ อัตโนมัติมีองค์ประกอบของอุปกรณ์หลักทั้งหมด 8 ชิ้น คือ

1.) YF-S401 Hall Effect Water Flow Meter Sensor อุปกรณ์วัดอัตราการไหล
ของน้ำ รุ่น YF-S401 ขนาดท่อ 1/8" รองรับอัตราการไหลช่วง 0.3-6L/min ขนาดเล็ก เหมาะสม
สำหรับการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่นตรวจวัดการไหลของน้ำหล่อเย็นในเครื่อง CNC หรือใน
ระบบ Laser cutters เป็นต้น การทำงานของ Water flow meter จะให้น้ำไหลผ่านใบพัดภายในให้
เกิดการหมุน โดยมี hall effect sensor เป็นตัวตรวจจับการหมุน และส่งสัญญาณ pulse ออกมา
ทุกๆ รอบหมุน

2.) Relay module 5v เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์

3.) NodeMCU ESP8266 คือ บอร์ดคล้าย Arduino ที่สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้, สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับ Arduino ภายในบอร์ดของ NodeMCU ประกอบไปด้วย ESP8266 (ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้) พร้อมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น พอร์ต micro USB สำหรับจ่ายไฟ/อัปโหลดโปรแกรม, ชิพสำหรับอัปโหลดโปรแกรมผ่านสาย USB, ชิพแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก เป็นต้น

4.) Adapter 9V 2A หม้อแปลงไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟบ้าน) ที่มีค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลง ความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับ บอร์ด NodeMCU ESP8266 เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงานตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้

5.) Adapter 12V 5A จะใช้สำหรับแปลงความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 12 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับ Solenoid Valve

6.) RTC DS3231 (Module โมดูลนาฬิกา) เป็นโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง RTC (Real Time Clock) ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงเพราะข้างในมีวงจรวัดอุณหภูมิ เพื่อนำอุณหภูมิจากสภาพแวดล้อมมาคำนวณชดเชยความถี่ของ Crystal ที่ถูกรบกวนจากอุณหภูมิภายนอก มาพร้อมแบตเตอรี่ใช้งานได้แม้ไม่มีแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก สามารถตั้งค่า วัน เวลา ได้อย่างง่าย มีไลบรารีมา พร้อมใช้งาน สามารถเลือกแสดงผลเวลาแบบ 24 ชั่วโมงหรือแบบ 12 ชั่วโมงก็ได้ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวตั้งเวลา (Timer) หรือนับเวลา ทำให้บอร์ด NodeMCU ESP8266 สามารถทำงานได้ตามเวลาจริง

7.) Electrical Conductivity Sensor คือตัววัดการนำไฟฟ้าของสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเพิ่มน้ำกลั่นบริสุทธิ์ในรูปแบบของเกลือปุ๋ยของแข็งที่พบในการดำเนินการผลิตไฟฟ้า น้ำประปาซึ่งต้องใช้การวิเคราะห์น้ำที่ง่ายในการตรวจสอบสิ่งที่สารอาหาร (เกลือ) มีความเข้มข้น น้ำที่มีเกลือสามารถที่จะนำไฟฟ้ามากที่มีอยู่ในการแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้นก็คือการหาและกระแสไฟฟ้าที่จะไหล ศักยภาพของการแก้ปัญหาในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าที่เรียกว่าการนำไฟฟ้า (EC) และมันมักจะวัดใน microsiemens ต่อเซนติเมตร (ไมโครวินาที /เซนติเมตร) นี้มักจะแสดงเป็นเพียง 'EC หน่วย' ในฐานะที่เป็นความเข้มข้นของเกลือในการเพิ่มขึ้นของการแก้ปัญหาจึงไม่อ่านอีซี EC เมตร นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวัดปริมาณเกลือในดินโดยการผสมตัวอย่างดินที่มีน้ำแล้วทดสอบ EC ของการแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.) บอร์ด Arduino Uno คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU: Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่าบอร์ด Arduino ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล, หน่วยความจำ ,หน่วยควบคุม input, และ output

2. หลักการทำงาน

2.1 หลักการทำงานของชุดต้นแบบการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ

ชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติทำงานโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้แก้ปัญหาในการควบคุมเวลาและปริมาณการฉีดพ่นฮอร์โมนให้แม่นยำ โดยทำตามหลักการต่อไปนี้

1.) เครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ ทำงานโดยใช้โมดูล RTC DS3231 (Module โมดูลนาฬิกา) เป็นตัวตั้งเวลาให้เครื่องทำงาน โดยเมื่อถึงเวลาที่กำหนด NodeMCU ESP8266 จะสั่งงานให้ Relay module 5v จ่ายไฟให้กับปั้มน้ำซึ่งจะทำการฉีดพ่นฮอร์โมน ปริมาณฮอร์โมนจะถูกควบคุมด้วย YF-S401 Hall Effect Water Flow Meter Sensor เมื่อฮอร์โมนไหลผ่านจนถึงปริมาณที่กำหนด NodeMCU ESP8266 จึงจะสั่งให้ Relay module 5v หยุดทำงาน

2.) NodeMCU ESP8266 ยังสามารถควบคุมการทำงานต่างๆ ของระบบผ่าน application blynk บน smartphone ได้ โดยการเชื่อมต่อ NodeMCU ESP8266 เข้ากับ WIFI ซึ่งจะทำให้ NodeMCU ESP8266 ออนไลน์ และสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติได้โดยตรงผ่าน smartphone

3.) ในส่วน application blynk สามารถควบคุมการปิดปั้มน้ำได้แบบ auto และ manual และสามารถตั้งเวลาการให้ฮอร์โมนได้ตลอด 24 ชั่วโมง สามารถเพิ่มหรือลดปริมาณฮอร์โมนได้ตามที่ต้องการ

2.2 หลักการทำงานของชุดต้นแบบการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอัตโนมัติ

เครื่องเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอัตโนมัติทำงานโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้แก้ปัญหาในการเติมปุ๋ยสำหรับพรรณไม้น้ำให้เหมาะสม โดยทำตามหลักการต่อไปนี้

เครื่องเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอัตโนมัติ ทำงานโดยใช้โมดูล Electrical Conductivity Sensor ทำหน้าที่เป็นตัววัดค่า EC และส่งค่ากลับไปประมวลผลยัง บอร์ด Arduino Uno หลังจากบอร์ด Arduino Uno อ่านค่า EC จึงนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ หากค่า EC ที่อ่านค่าได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้บอร์ด Arduino Uno ก็จะส่งสัญญาณคำสั่งให้ Relay module 5v ทำงานเพื่อจ่ายไฟไปยังปั้มน้ำที่ติดตั้งอยู่บริเวณถังเก็บปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อส่งปุ๋ยเข้าไปยังถังเลี้ยงพรรณไม้น้ำ และเมื่อค่าปุ๋ยเพิ่มขึ้นจนถึงค่ามาตรฐานที่กำหนดปั๊มก็จะหยุดทำงาน

3. การทดลอง

3.1 การทำและติดตั้งชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติมี 4 ขั้นตอนคือ การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ การทดสอบชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ การปรับปรุงชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ

1.) การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ จัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อแก้ไขปัญหา ลดระยะเวลาการทำงาน ลดขั้นตอน และต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน เหตุผลของการจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ จัดทำขึ้นเพื่อต้องการศึกษาระบบอัตโนมัติที่ใช้สำหรับเลี้ยงพรรณไม้น้ำเพื่อนำไปจำหน่ายเชิงพาณิชย์ และเพื่อให้มีความแม่นยำและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นในการทำในแต่ละครั้ง ระบบของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติถูกควบคุมการทำงานด้วย NodeMCU ESP8266 ซึ่งจะทำงานผ่าน WIFI และ มีการใช้งานผ่าน application blynk

1.1) ประกอบชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิกแบบอัตโนมัติ

1. ต่อ YF-S401 Water Flow Sensor เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่าน YF-S401 Water Flow Sensor จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากลับไปให้บอร์ด NodeMCU ESP8266 ประมวลผล

2. ต่อ RTC DS3231 เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 4 เส้น ดังนี้ ต่อช่อง SDA เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 ช่อง A4 ต่อช่อง SCL เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 ช่อง A5 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 ซึ่ง RTC DS3231

จะทำหน้าที่เป็นนาฬิกาทำให้สามารถตั้งเวลาการใช้งานในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยจะตั้งเวลาการทำงานในแต่ละชุดทดลองดังต่อไปนี้

3. ต่อ Relay module 5v จำนวน 2 ตัว ต่อเข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ตัวละจำนวน 3 เส้น ดังนี้ ต่อช่อง IN1 (Relay module 5v ตัวที่ 1) เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 ช่อง D7 IN2 (Relay module 5v ตัวที่ 2) เข้ากับ บอร์ด NodeMCU ESP8266 ช่อง D8 และต่อ ช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 ซึ่ง Relay module 5v จะทำหน้าที่เหมือนกับสะพานไฟ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดบอร์ด NodeMCU ESP8266 จะส่งสัญญาณมายัง Relay module 5v เพื่อให้รีเลย์ทำงาน โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส (contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าครบวงจร จึงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นสามารถใช้งานได้

4. ต่อ Adapter 9V 2A เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด NodeMCU ESP8266 ทำงาน

5. ต่อสายไฟจาก (Relay module 5v ตัวที่ 1) เข้าไปยังปลั๊กเพื่อใช้ควบคุมปั๊มน้ำ และต่อสายไฟจาก (Relay module 5v ตัวที่ 2) เข้าไปยังปั๊มน้ำเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊ม

6. ต่อปั๊มน้ำเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ Adapor 12v 5a ผ่าน Relay module 5v ตัวที่ 2 เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊ม

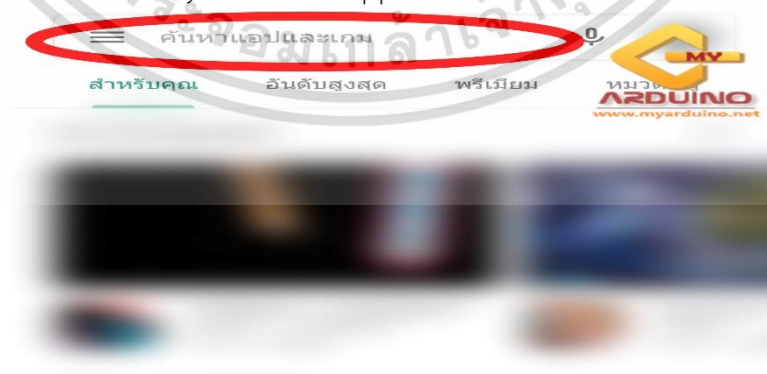
7. ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในตู้กันน้ำพลาสติกฝาทึบ

8. อัปเดตโค้ดลง บอร์ด Arduino Uno ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

9. เชื่อมต่อบอร์ด NodeMCU ESP8266 เข้ากับ WIFI

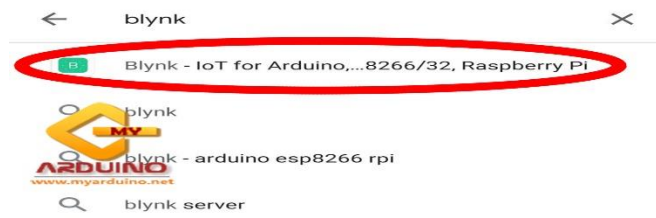
10. เชื่อมต่อบอร์ด NodeMCU ESP8266 เข้ากับ application blynk ดังนี้

- ขั้นตอนการเริ่มต้นใช้งาน NodeMCU Wifi Blynk ขั้นตอนการหา Token และการติดตั้ง Blynkเปิดแอปฯ Play Store หรือ App Store ขึ้นมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไปที่ช่องค้นหาแล้วพิมพ์ว่า blynk ลงไป แล้วเลือกการค้นหาแรก



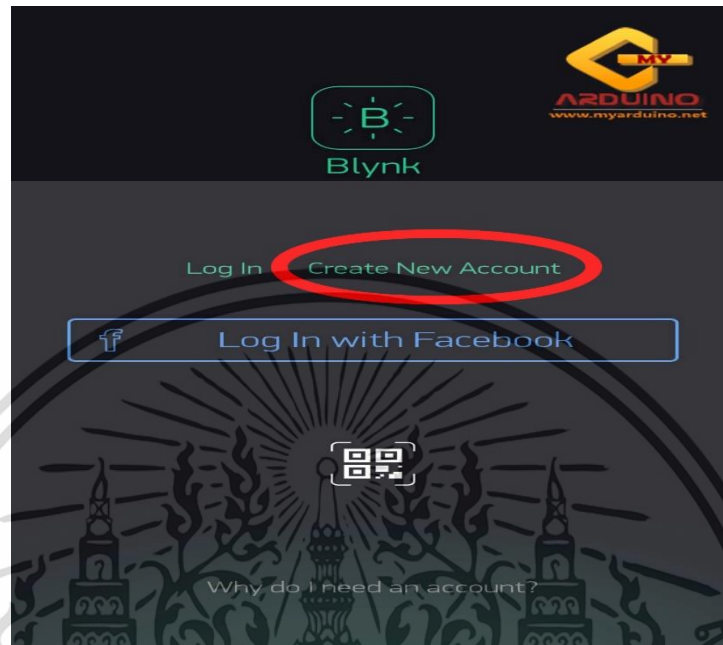
- ทำการติดตั้งแอปพลิเคชัน



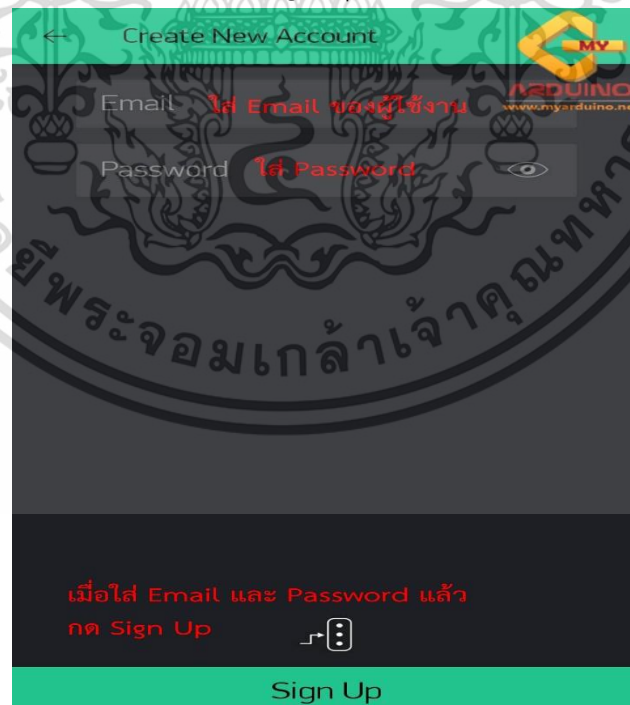
- เปิดแอปฯ ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเปิดแอปฯ ขึ้นมาแล้วจะปรากฏหน้าจอตามรูปข้างล่าง สำหรับผู้ใช้งานครั้งแรก ให้เลือก "Creat"

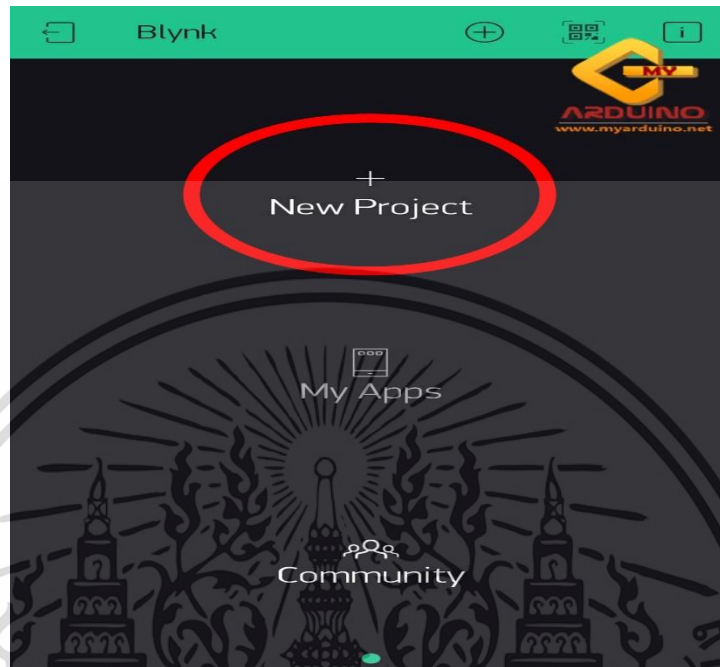


- ให้ผู้ใช้งานสร้างแอดเคาน์ท์ขึ้นมาเพื่อให้แอปฯ สามารถส่ง Token ไปให้ผู้ใช้งานได้ โดยใส่ Email และ Password ลงไปและกด Sign Up

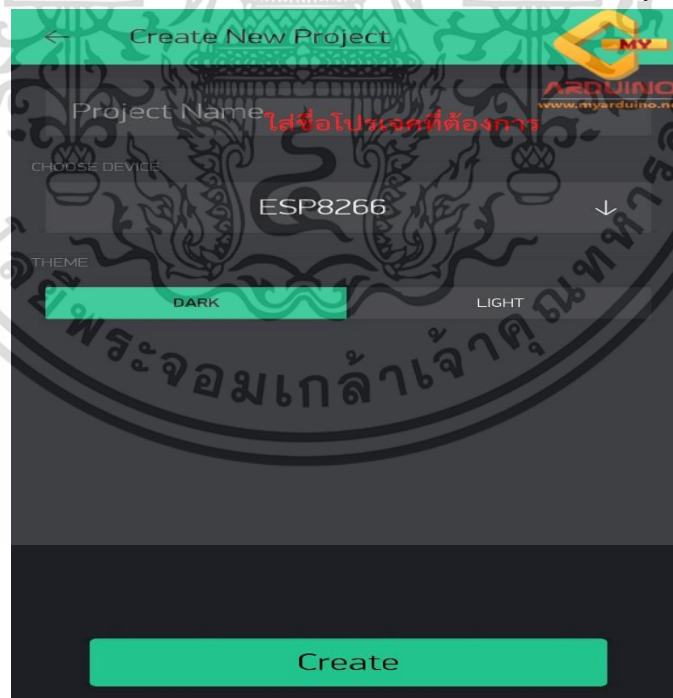


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อทำการสร้างแอคเคาท์เสร็จแล้วก็จะปรากฏหน้าจอตามรูปข้างล่างขึ้นมา และให้เลือกที่เมนู “New Project”

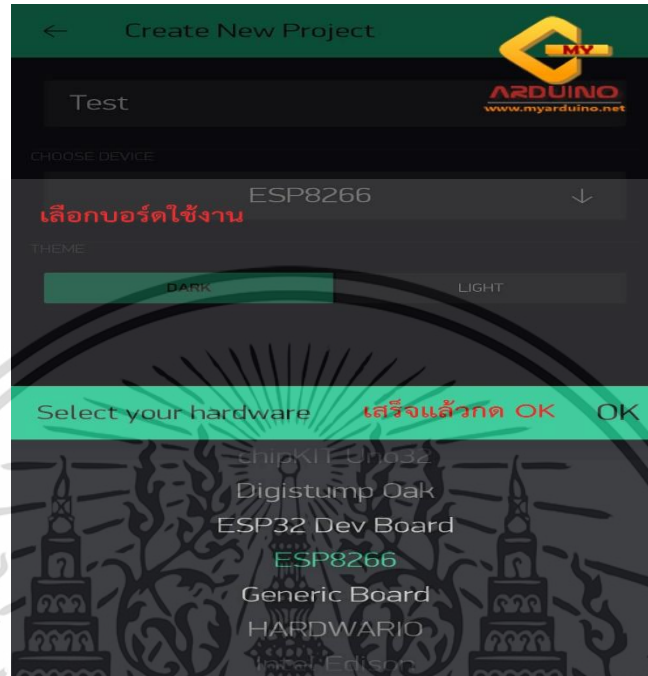


- เมื่อเข้ามาแล้วให้ทำการตั้งชื่อโปรเจกต์ที่ต้องการให้ช่อง Project Name

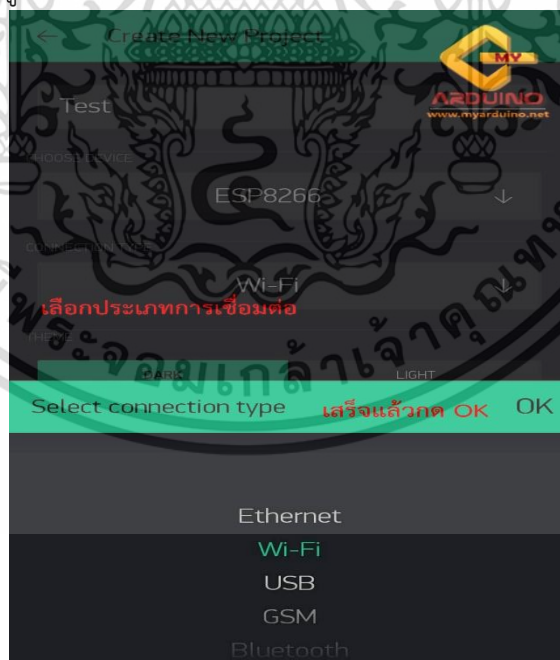


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในเมนูที่ 2 ให้เลือกประเภทของบอร์ดที่ผู้ใช้งานต้องการเชื่อมต่อ (ในที่นี้ทางเราใช้ ESP8266)

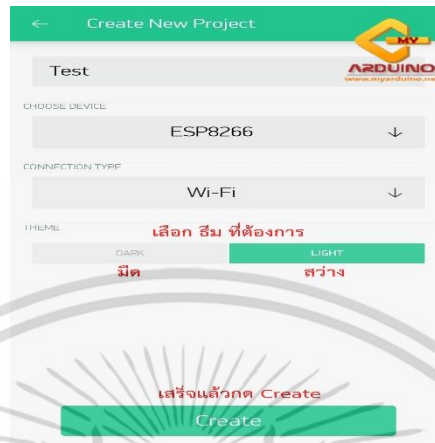


- ในเมนูที่ 3 ให้เลือกประเภทของการเชื่อมต่อ (ในที่นี้ทางเราใช้ Wi-Fi)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผู้ใช้งานสามารถเลือกธีมการใช้งานได้ โดยจะมี 2 ธีมคือ ธีมมืด และธีมสว่าง จากนั้นก็ให้กด “Create”

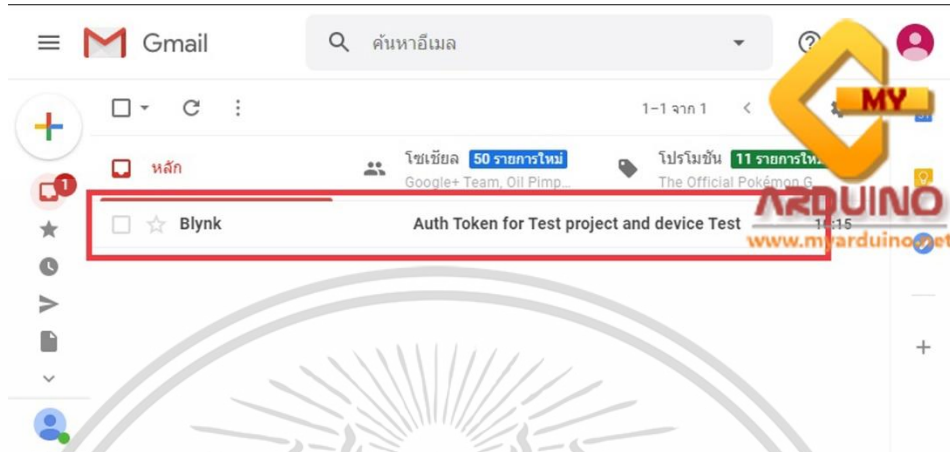


- เมื่อทำการกด “Create” แล้วจะปรากฏหน้าต่างแจ้งเตือนขึ้นมาว่าทางแอปฯ ได้ส่ง Token ไปที่ Email ของผู้ใช้งานแล้ว จากนั้นก็กด OK (ในครั้งต่อไปหากผู้ใช้งานไม่ต้องการให้แสดงหน้าต่างการแจ้งเตือนนี้ขึ้นมาอีกให้เลือก “Don’t show again” ก่อนกด OK)

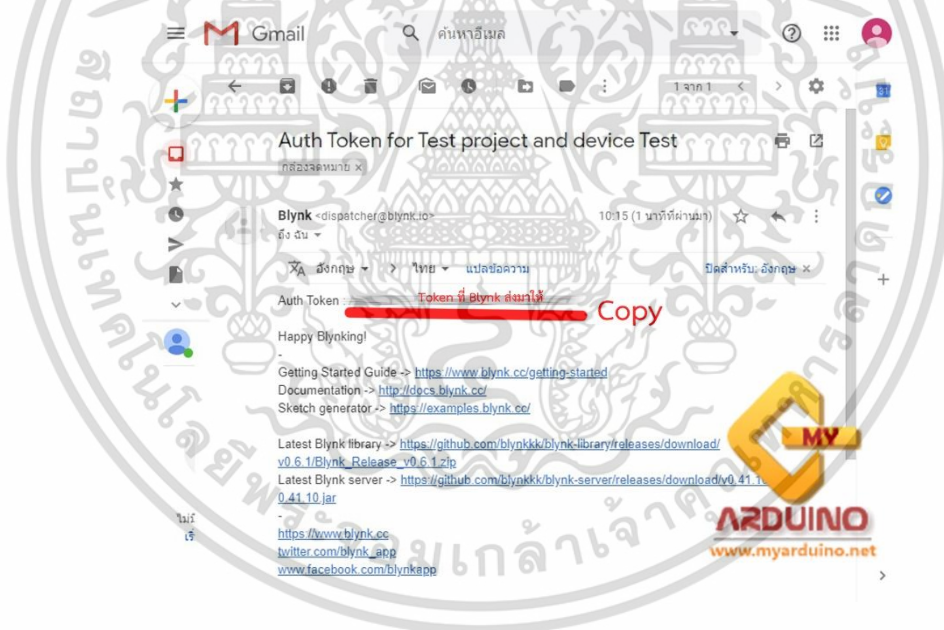


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ให้เข้าไปที่ Email ที่ผู้ใช้งานทำการสร้างแอคเคานท์กับ Blynk ไว้ และจะพบกับ Email ของ Blynk

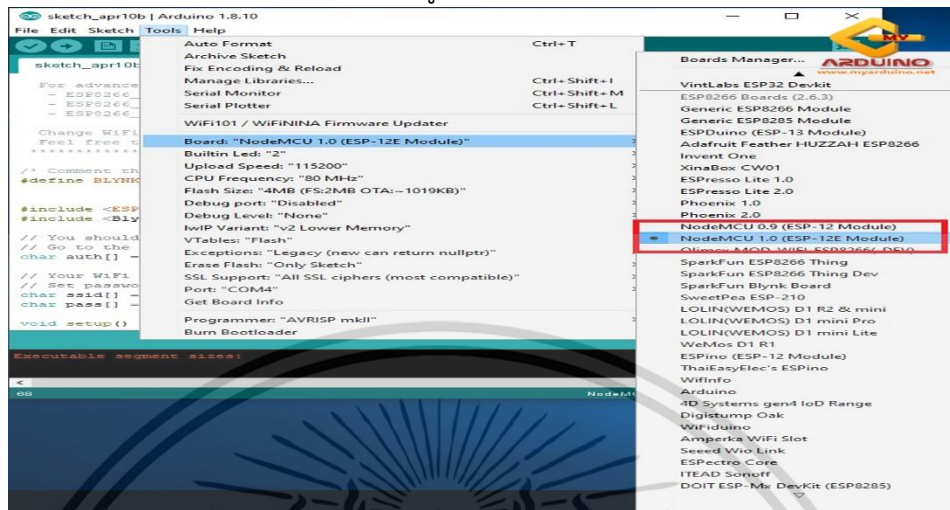


- เมื่อกดเข้ามาในหน้าต่างเมื่อหาเมลแล้ว ก็จะพบกับ Auth Token ให้ผู้ใช้งานทำการ Copy Token ตามเส้นแดงในรูปข้างล่าง

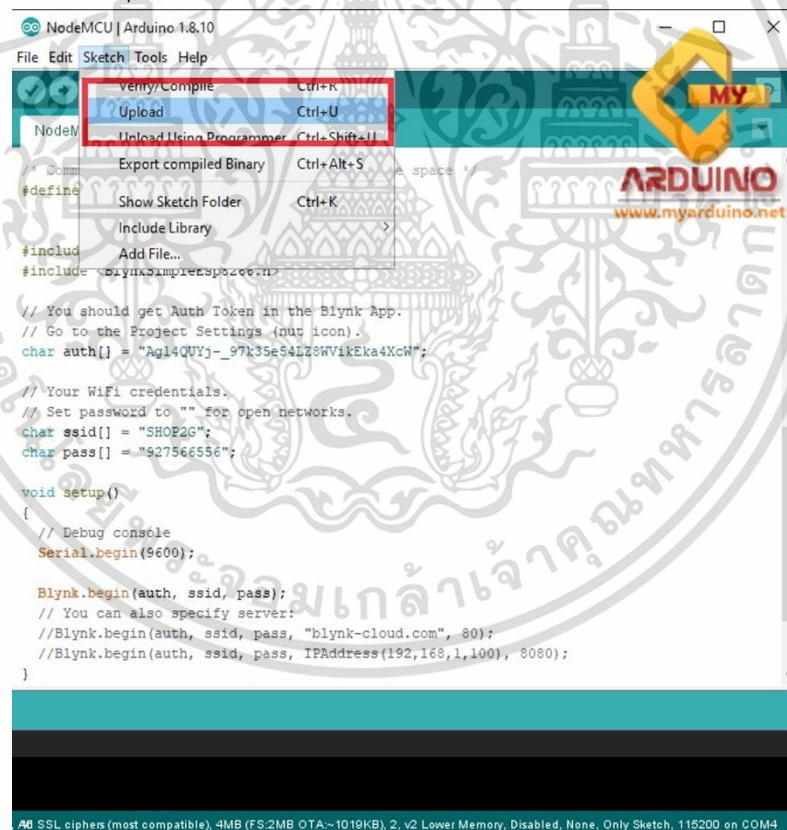


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกประเภทของบอร์ดที่ผู้ใช้งานต้องการ



- กด Upload เพื่ออัปโหลดโค้ดลงบอร์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อทำการอัปโหลดโค้ดลงบอร์ดเสร็จแล้วจะมีลักษณะตามรูปข้างล่าง



```

NodeMCU | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help

NodeMCU$

/* Comment this out to disable prints and save space */
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "Ag14QUVj_-57k35e54L25WVikEka4XcN";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "SHOP25";
char pass[] = "927566556";

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

void loop()
{
  Blynk.run();
}

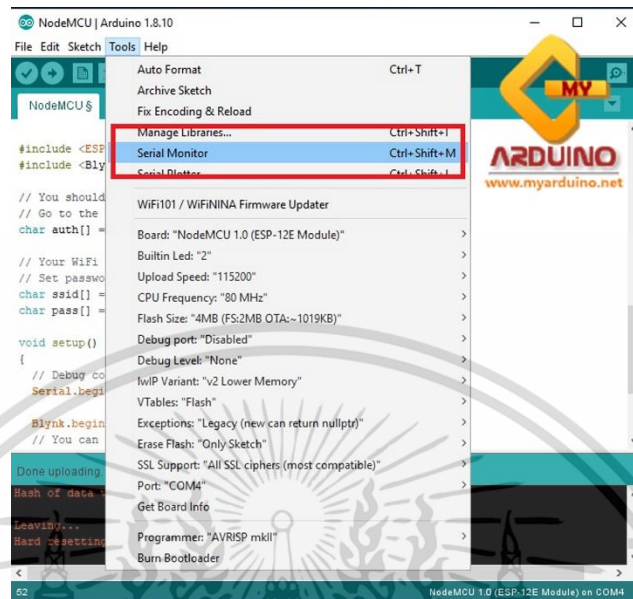
Done uploading.
Writing at 0x00000000... (7 %)
Writing at 0x00004000... (15 %)
Writing at 0x00008000... (23 %)
Writing at 0x0000c000... (30 %)
Writing at 0x00010000... (38 %)
Writing at 0x00014000... (46 %)
Writing at 0x00018000... (53 %)
Writing at 0x0001e000... (61 %)
Writing at 0x00020000... (69 %)
Writing at 0x00024000... (76 %)
Writing at 0x00028000... (84 %)
Writing at 0x0002c000... (92 %)
Writing at 0x00030000... (100 %)
Note: 232272 bytes (204576 compressed) at 0x00000000 in 13.3 seconds (effective 123.4 kbit/s)
Hash of data verified.
Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) on COM4
  
```

- ในขณะเดียวกันในหน้าจอมือถือก็จะมีสถานะแจ้งเตือนขึ้นมาว่าโปรเจกต์ของผู้ใช้งานได้ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แล้ว (ในที่นี้ทางเราตั้งชื่อโปรเจกต์ว่า Test)

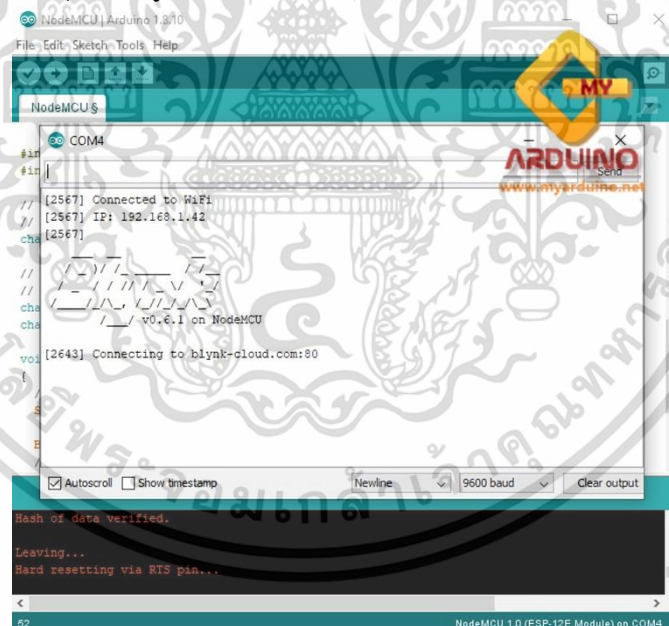


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นให้ทำการเปิดหน้าต่าง Serial Monitor ขึ้นมา



- หากทุกอย่างถูกต้องในหน้าต่าง Serial Monitor จะแสดงข้อความตามรูปข้างล่าง



ที่มา:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำและติดตั้งชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำ อนุเบียสแบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบ
อัตโนมัติ

1.) การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบ อัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบ
อัตโนมัติจัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อแก้ไขปัญหา ระยะเวลา
การทำงานลดขั้นตอน และต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน เหตุผลของ
การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบอัตโนมัติ จัดทำ
ขึ้นเพื่อต้องการศึกษาระบบอัตโนมัติที่ใช้สำหรับเลี้ยงพรรณไม้น้ำเพื่อนำไปจำหน่ายเชิงพาณิชย์
และเพื่อให้มีความแม่นยำและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ในการทำในแต่ละครั้ง

ระบบของเครื่องเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอนุเบียสแบบอัตโนมัติ
ถูกควบคุมการทำงานด้วยบอร์ด Arduino Uno ที่ประมวลผลค่า EC จากการค่าของ Electrical
Conductivity Sensor

1.1) ประกอบชุดต้นแบบเพื่อการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำ อนุเบียสแบบอัตโนมัติ

1. ต่อ Electrical Conductivity Sensor เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้
สายไฟจัมเปอร์จำนวน 3 เส้น ดังนี้ ต่อโมดูลที่ช่องที่มีสัญลักษณ์ A ของ Electrical Conductivity
Sensor เข้าที่ช่อง A1 ของ บอร์ด Arduino Uno ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด
Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno

2. ต่อ Relay module 5v จำนวน 1 ตัว ต่อเข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้
สายไฟจัมเปอร์ตัวละจำนวน 3 เส้น ดังนี้ ต่อช่อง IN1 เข้ากับบอร์ด Arduino และต่อ ช่อง Vcc เข้า
กับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด
Arduino Uno ซึ่ง Relay module 5v จะทำหน้าที่เหมือนกับสะพานไฟ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดบอร์ด
Arduino Uno จะส่งสัญญาณมายัง Relay module 5v เพื่อให้รีเลย์ทำงาน โดยการป้อน
กระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส
(contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าครบวงจร จึงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้น
สามารถใช้งานได้

3. ต่อ Adapter 9V 2A เข้ากับบอร์ด Arduino Uno เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด
บอร์ด Arduino Uno

4. ต่อสายไฟจาก Relay module 5v เข้าไปยังปลั๊กเพื่อใช้ควบคุมปั้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ต่อปั้มน้ำเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ Adapor 12v 5a ผ่าน Relay module 5v เพื่อควบคุมการทำงานของปั้ม

6. ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในตู้กันน้ำพลาสติกฝาทึบ

7. อัปโหลดโค้ดลง บอร์ด Arduino Uno ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

5. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดระยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

6. ระยะเวลาในการทดลอง

มี 2 ขั้นตอน

1. การจัดทำและติดตั้งเครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri var. barteri*) แบบอัตโนมัติเป็นเวลา 2 เดือน คือระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม พ.ศ. 2564

2. การทดสอบเครื่องฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri var. barteri*) แบบอัตโนมัติใช้เวลาดำเนินการเป็นเวลา 2 เดือน คือ เดือน พฤษภาคม- มิถุนายน พ.ศ. 2564

ผลและวิจารณ์

ผล

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ มี 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนการจัดทำชุดต้นแบบฯ 2) การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบฯ 3) การปรับปรุงชุดต้นแบบฯ และ 4) การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของชุดต้นแบบฯ

1. การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียสแบบอัตโนมัติ โดยการฉีดพ่นฮอร์โมนครั้งละ 2 ลิตร 2 ครั้ง/วัน เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. และมีการเติมสารละลายปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ที่ค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ซึ่งชุดต้นแบบมีการทำงานเป็นไปตามปกติ ตรงตามค่าที่กำหนดไว้ และพบว่าไม้น้ำอโนเบียสมีการเจริญเติบโตที่ดีอย่างเห็นได้ชัด ทั้งการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และราก เมื่อเทียบกับชุดทดลองที่ใช้แรงงานคน (ภาพผนวกที่ 1, ภาพผนวกที่ 2)

2. การทดสอบและการปรับปรุงการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ (ตารางที่ 3)

ดำเนินการทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ ทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบการฉีดพ่นบนใบไม้น้ำอโนเบียสด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส เพื่อศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 การทดสอบการทำงานและการปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิกและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) แบบอัตโนมัติ

ระบบของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิก และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ	ขั้นตอนการดำเนินการ	ขั้นตอนการดำเนินการ
ระบบการฉีดพ่นบนใบไม้น้ำอานูเบียสด้วยฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิก	การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิก และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ	การปรับปรุงชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอ์เรลลิกแอซิก และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียสแบบอัตโนมัติ
ระบบการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบแหล่งจ่ายไฟไปยังรีเลย์ 5 โวลต์มีปัญหา ทำให้หน้าสัมผัสคอนแทคของรีเลย์ไม่ทำงาน จึงจ่ายไฟเข้าระบบไม่ได้ - บอร์ดไมโครโทรลเลอร์แสดงสถานะไฟผิดปกติ ทำให้หน้าจอแสดงผล (LCD) มีปัญหา 	<ul style="list-style-type: none"> - ทำการเพิ่มแหล่งจ่ายไฟไปยังรีเลย์ โดยเพิ่มเมมบอร์ดจ่ายไฟ MB102 เข้าไปเพื่อจ่ายไฟแบบ 5 โวลต์ ให้กับรีเลย์เพิ่มเติม - ทำการต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าไปก่อนที่จะจ่ายไฟไปยังรีเลย์ 5 โวลต์ เพื่อจะช่วยซับแรงดันไฟฟ้าได้
	<ul style="list-style-type: none"> - สารละลายปุ๋ยเกิดการตกตะกอนของตะกอนหนัก ทำให้ปุ๋ยแยกชั้นกับน้ำ - หัวโพรบเซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) แชนอยู่ในถัง การทดลองเป็นเวลานานอาจทำให้หัวโพรบเสื่อมสภาพ 	<ul style="list-style-type: none"> - ใส่หัวทรายงาน ขนาด 5 นิ้ว เข้าไปในถังปุ๋ยที่ทำการละลาย เพื่อให้อากาศดันมวลน้ำให้ผสมกับปุ๋ยอยู่ตลอดเวลา - นำหัวโพรบเซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ขึ้นมาเก็บไว้แทนการแช่อยู่ในน้ำ แต่จะทำการวัด 1 วัน/ครั้ง เพียงแค่จุ่มหัวโพรบลงไปในการทดลองเครื่องก็จะทำงานอัตโนมัติ

3. การศึกษาประสิทธิภาพชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส แบบอัตโนมัติ

จากการทำงานของชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียสแบบอัตโนมัติ ทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตของไม้น้ำอโนเบียสทางลำต้น ใบ และราก หลังจากสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าจำนวนใบเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย และจำนวนรากเฉลี่ย มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่า 13.62 ± 0.18 เซนติเมตร 5.20 ± 0.36 เซนติเมตร 1.75 ± 0.40 เซนติเมตร และ 6.81 ± 0.86 ราก ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 1)



วิจารณ์

การจัดทำชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดแบบอัตโนมัติ สามารถทำได้สำเร็จตามที่ออกแบบ มีการทำงานได้ดี มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง สามารถใช้ในการจัดการการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดได้จริง ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ระบบ คือ การฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดแบบอัตโนมัติ หลักการทำงานของชุดต้นแบบฮอร์โมนทางใบ โดยทำการฉีดพ่นฮอร์โมนครั้งละ 2 ลิตร 2 ครั้ง/วัน เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. ระบบฉีดพ่นฮอร์โมนอัตโนมัติช่วยในการฉีดพ่นฮอร์โมนตามเวลาและปริมาณที่กำหนดไว้ ทำการฉีดพ่นให้กระจายทั่วบริเวณใบของอณูเบียด โดยใช้อุปกรณ์ Flow sensor ในการตรวจจับอัตราการไหลของฮอร์โมนให้ไหลตามปริมาณที่กำหนด เมื่อถึงเวลาที่กำหนดฉีดพ่นฮอร์โมน โดยซึ่งปั๊มจะทำงาน ฮอร์โมนที่เป็นของเหลวจะไหลผ่าน Flow sensor จากนั้นบอร์ด Arduino จะทำการประมวลผลจาก Flow sensor ว่าเมื่อของเหลวไหลผ่านตามค่าที่กำหนดไว้แล้ว บอร์ด Arduino จะสั่งให้รีเลย์ทำการหยุดจ่ายไฟให้กับโดสซึ่งปั๊ม ระบบฉีดพ่นฮอร์โมนจะหยุดทำงานทันที สอดคล้องกับ วรชัย (2563) ที่ศึกษาระบบพ่นหมอกอัตโนมัติ ระบบพ่นหมอก คือ การพ่นละอองน้ำออกไปเพื่อไล่อากาศร้อน และช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับวัดอุณหภูมิ ในการตรวจเช็คอุณหภูมิภายในโรงเรือน เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ มากกว่า 35 องศาเซลเซียส Arduino จะทำการประมวลผลและสั่งงาน Relay ทำการจ่ายไฟให้กับปั๊มน้ำเพื่อทำการพ่นหมอกภายในโรงเรือน ในขณะที่กำลังพ่นหมอกอยู่นั้น อุปกรณ์ตรวจจับวัดค่าอุณหภูมิได้ต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส ระบบพ่นหมอกก็จะหยุดทำงานโดยทันที และชุดต้นแบบการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดแบบอัตโนมัติ มีการเติมสารละลายปุ๋ยที่ถูกต้องแม่นยำ โดยชุดต้นแบบการเติมสารละลายปุ๋ยได้ทำการตั้งค่าความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ (EC) ไว้ที่ 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร เป็นค่าคงที่ เมื่อค่าความเข้มข้นของสารละลายในน้ำลดลงโดสซึ่งปั๊มจะทำการดูดสารละลายปุ๋ยที่ทำการละลายไว้แล้วเติมลงไปผสมกับน้ำที่อยู่ในถังทดลอง หัวโพรบวัดค่าการนำไฟฟ้าก็ยังคงทำงานวัดค่า (EC) จนกว่าค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำจะเพิ่มขึ้นถึงค่าที่กำหนดไว้ คือ 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร จากนั้นระบบก็จะสั่งให้โดสซึ่งปั๊มหยุดการทำงานทันที เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วรชัย (2563) ที่ศึกษาระบบการจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติที่ทำการให้ปุ๋ยกับผักไฮโดรโปนิคส์ตามค่าที่ผักต้องการเพื่อการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้เครื่อง EC Controller เป็นตัวควบคุมการผสมปุ๋ยและควบคุมการให้ปุ๋ยกับผักไฮโดรโปนิคส์ โดยการนำมิเตอร์สำหรับวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมาใช้ เมื่อระบบเริ่มทำงานมิเตอร์ก็จะทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ หากค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมีค่าต่ำกว่า 2.00 โมโครซีเมนส์/เซนติเมตร โดสซึ่งปั๊มจะทำการดูดสารละลายไปผสมกับน้ำในถัง ขณะที่โดสซึ่งปั๊มกำลังดูดสารละลายเข้าไปผสมกับน้ำอยู่นั้น มิเตอร์ก็ยังคงวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำอยู่ตลอดเวลา เมื่อมิเตอร์วัดค่าได้ถึง 2.2 โมโครซีเมน /เซนติเมตร ระบบก็จะสั่งงานให้โดสซึ่งปั๊มหยุดทำงาน และจากการทำชุดต้นแบบพบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง (ยังไม่พบงานวิจัยที่มีการแก้ไขปัญหาลักษณะนี้) จึงทำการปรับปรุงชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบเพื่อการฉีดยาฉีดด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอเนกประสงค์แบบอัตโนมัติ ปรับปรุงแก้ไขทั้ง 2 ระบบ ในส่วนของการฉีดยาฉีดด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและสารละลายปุ๋ย ได้ทำการเพิ่มแหล่งจ่ายไฟไปยังรีเลย์ โดยการเพิ่มเมมบอร์ดจ่ายไฟ MB102 เข้าไปเพื่อจ่ายไฟแบบ 5 โวลต์ ให้กับรีเลย์เพิ่มเติม เพื่อป้องกันไม่ให้นำสัมผัสคอนแทคของรีเลย์ที่ทำหน้าที่เป็นตัว เปิด-ปิด วงจรไม่ทำงาน และบอร์ดไมโครโทรลเลอร์แสดงสถานะไฟผิดปกติทำให้หน้าจอแสดงผล (LCD) มีปัญหา ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากแรงดัน EMF หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดการยุบตัวของคอยล์รีเลย์จึงทำให้สัญญาณรบกวนในระบบของ ไมโครโทรลเลอร์ จึงทำการต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าไปก่อนที่จะจ่ายไฟไปยังรีเลย์ 5 โวลต์ เพื่อจะช่วยซับแรงดันไฟฟ้าได้ และส่วนของการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอเนกประสงค์ ได้ทำการใส่หัวทรายงาน ขนาด 5 นิ้ว เข้าไปในถังปุ๋ยที่ทำการละลายแล้ว เพื่อให้อากาศดันมวลน้ำให้ผสมกับปุ๋ยที่ตกตะกอนให้ฟุ้งกระจายอยู่ตลอดเวลา และนำหัวโพรบเซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ขึ้นมาเก็บไว้แทนการแช่อยู่ในน้ำตลอดเวลาที่อาจส่งผลให้หัวโพรบเซ็นเซอร์ (EC) เสื่อมสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สามารถสร้างชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด และการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดแบบอัตโนมัติได้
2. ชุดต้นแบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี ช่วยลดแรงงานคน ลดระยะเวลา และมีการทำงานที่แม่นยำ ซึ่งในการฉีดพ่นฮอร์โมนทางใบที่ปริมาตร 2 ลิตร 2 ครั้ง/วัน และการเติมสารละลายปุ๋ยที่ค่าการนำไฟฟ้า 0.35 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอณูเบียดได้

ข้อเสนอแนะ

1. แนะนำว่าควรใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดฉีดพ่นบริเวณใบของไม้น้ำอณูเบียดอายุมากกว่า 3 เดือนขึ้นไป เพราะผลของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิดช่วยเพิ่มขนาดใบ มากกว่าการขยายของลำต้น หรือเพิ่มหน่อ จึงเหมาะกับการเพิ่มขนาดของใบไม้น้ำอณูเบียดก่อนจำหน่าย
2. ควรเพิ่มระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติเข้าไปในชุดต้นแบบ เพราะมีตะกอนมากทำให้รากของไม้น้ำอณูเบียดเน่าในระหว่างการเพาะเลี้ยง
3. ควรหาสมุนไพรต่างๆ ที่ไล่แมลงไปวางไว้บริเวณรอบๆ งานทดลองเพื่อไล่แมลง เช่น ตั๊กแตน มด หนู ที่จะมารบกวนหรือทำความเสียหายให้กับกล่องคอนโทรลบ็อกซ์และแผงวงจรต่างๆ ในงานทดลองได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาญจนวี พงษ์ฉวี รัฐภัทร ประดิษฐ์สรรพ และ วรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. ม.ป.ป. **พรรณไม้หน้า**. บริษัท คุณาไทย จำกัด, นนทบุรี. หน้า.7-20.
- จิราพร กุลคำ. 2555. การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการ ผลิตอนุเบียสนานา (*Anubias nana*) แบบไร้ดิน. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 6 ฉบับที่ 2**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 86 หน้า.
- ณัฐพร สังขรเขต. 2553. **ความต้องการธาตุอาหารของอนุเบียส (*Anubias nana*) ในระบบการ ปลุกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT)**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการประมง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร, ชุมพร 50 หน้า.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2547. **การปลุกพืชโดยไม่ใช้ดินหลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิต เจริญธุรกิจในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ธรรมรัชการพิมพ์, ราชบุรี. 724 หน้า.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2548. **การปลุกพืชโดยไม่ใช้ดินหลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิต เจริญธุรกิจในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ธรรมรัชการพิมพ์, ราชบุรี. 724 หน้า.
- ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. 2557. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในโรงเรือนเพาะปลุกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ปีที่ 8 (ฉบับที่ 1): 111 หน้า**.
- ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ และ กุลวดี เถนว่อง. 2557. ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลุกพืช วิธีไฮโดรพอนิกส์. **การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ครั้งที่ 4**. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, ปทุมธานี. 383-388 หน้า.
- บุญดี สมที่นีก. 2548. **พรรณไม้หน้า**. สำนักพิมพ์ประสานมิตร, กรุงเทพมหานคร. 118 หน้า.
- ปรารณา จันทร์ทา พัชราพรรณ คงเพชรศักดิ์ และ สุกานดา ดอกสันเทียะ. ม.ป.ป. **ฮอว์โมนพืช**. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พรคิด อ้นขาว. 2562. ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลุกผักไฮโดรพอนิกส์ ด้วย Internet of Things (IoT). **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 11(1): 146-157**.
- พัฒน์ พิชาน. 2555. **สวนไม้หน้า**. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้เทคโนโลยีการเกษตร บริษัทไทย ควอลิตี้บุ๊กส์ (2006) จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 128 หน้า.
- มนูญ ศิริบุหงศ์. 2544. **การปลุกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มัลลิกา มิดน้อย. 2550. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอเมซอลแอฟริกา (*Echinodorus africanus* K. rataj) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep Flow Techniqu (DFT). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 75 หน้า.
- ราเชนทร์ วิสุทธิ แพทย์ สยามสินสวัสดิ์ ศิริธรรม สิงโต และ ประธาน โปสวัสดิ์. 2548. เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน (soilless Culture). ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปทุมธานี. 35 หน้า.
- รุ่งนภา บุญคง. 2558. ผลของสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการฟอกฆ่าเชื้อบริเวณผิวของพรรณไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias barteri* var. *nana*). รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, ชุมพร. 48 หน้า.
- วรชัย ศรีสมุดคำ ญัฐพล ภูระหงษ์ กฤษณ์พันธ์ พรรณรัตน์ชัย และ ศรราม ดอนม่วง. 2563. การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัว สำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์, น. 645-654. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.
- วารินี ธรรมชาติไพศาล. 2555. ปลูกพืชไร้ดิน Amazing Hydroponics. ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้เทคโนโลยีการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 100 หน้า.
- วิกัญญา ประทุมยศ และ เลิศชัย จิตรอารี. 2563. ประสิทธิภาพของจิบเบอเรลลินในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนทุเรียน (*Durio zibethinus*) พันธุ์หมอนทอง. วารสาร Thai Journal of Science and Technology ปีที่ 9 ฉบับที่ 5
- วิกัญญา ประทุมยศ และ เลิศชัย จิตรอารี. 2563. ประสิทธิภาพของจิบเบอเรลลินในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนทุเรียน (*Durio zibethinus*) พันธุ์หมอนทอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 9 (ฉบับที่ 5): 700 หน้า.
- สันติ ช่างเจรจา ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิติ ศรีตันทิพย์ และ รุ่งนภา ช่างเจรจา. 2551. ผลของจิบเบอเรลลินต่อการชะลอการออกดอกของสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร ปีที่ 39 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) 174-177 (2551).
- สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำปลาสวยงาม. สำนักพิมพ์นีออนบุ๊กมีเดีย, นนทบุรี. 130 หน้า.
- อรุณี รอดลอย. 2563. การบริหารจัดการ การผลิตและการตลาด พรรณไม้น้ำสวยงามในประเทศไทย เพื่อการส่งออกและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2563. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 102 หน้า.
- อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. โขกเจริญมาเก็ตติ้ง จำกัด, นครราชสีมา. 130 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- F. Renan., M. Thaise., B. C. Moacir., S. L. Antonio., N. M. Rafaei. and W. C. Antunes. 2017. **Environmental and Experimental Botany**. Barcelona, Spain.
- Jensen, J. B. 1997. **Hydroponic: A Practical for the Soilless Grower**. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida, USA. 230 p.
- National Geographic. 2019. **ฮอร์โมนพืช (Plant Hormone)**. แหล่งที่มา : <https://ngthai.com/science/25895/plant-hormone>. 9 กรกฎาคม 2564
- P. Sihombing., N. A. Karina., J. T. Tarigan. and M. I. Syarif. 2017. Automated hydroponics nutrition plants systems using arduino uno microcontroller based on android. **Journal of Physics: Conf. Series** 978.
- Samarakoon. U. C., Weerasinghe P. A. and W. A. P. Weerakkody. 2006. Effect of Electrical Conductivity (EC) of the Nutrient Solution on Nutrient Uptake, Growth and Yield of Leaf Lettuce (*Lactuca sativa L.*) in Stationary Culture. **Tropical Agricultural Research** Vol. 18: 13-21.
- แหล่งที่มา: <https://www.myarduino.net/b/238>. เข้าถึงเมื่อ 13 กรกฎาคม 2564.
- แหล่งที่มา: <https://www.myarduino.net/p/3454>. เข้าถึงเมื่อ 13 กรกฎาคม 2564.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก: การเจริญเติบโตของไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *barteri*) ที่เพาะปลูกในชุดต้นแบบเพื่อการฉีดพ่นใบด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและสารละลายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

ตารางผนวกที่ 1 จำนวนใบเฉลี่ยของอโนเบียสที่เพาะปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยฮอร์โมนชีวภาพที่ความเข้มข้นต่างกัน

ค่าที่ตรวจวัด	(ชุดต้นแบบอัตโนมัติ)	(ชุดต้นแบบด้วยตนเอง)	(ชุดต้นแบบด้วยตนเอง)
จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น ^{ns}	10.06 ±0.65	10.06±0.56	9.50±0.59
จำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุด ^{ns}	13.62 ±0.18	13.56±0.98	12.31±0.26
ความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น ^{ns}	4.48±0.59	4.75±0.70	4.51±0.59
ความยาวใบเฉลี่ยสิ้นสุด ^{ns}	5.20±0.36	5.40±0.55	4.96±0.56
ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น ^{ns}	0.12±0.34	0.50±0.81	0.12±0.34
ความกว้างใบเฉลี่ยสิ้นสุด ^{ns}	1.75±0.40	1.50±0.26	2.00±0.31
จำนวนหน่อเริ่มต้น ^{ns}	5.18±0.94	4.18±0.13	4.31±0.54
จำนวนหน่อสิ้นสุด ^{ns}	1.75±0.40	1.50±0.26	2.00±0.31
จำนวนรากเริ่มต้น ^{ns}	5.18±0.94	4.18±0.13	4.31±0.54
จำนวนรากสิ้นสุด ^{ns}	6.81±0.86	6.68±0.86	4.43±0.65
ความยาวรากเริ่มต้น ^{ns}	8.31±0.76	8.95±0.55	7.50±0.66
ความยาวรากสิ้นสุด ^{ns}	2.50±0.33	1.06±0.38	1.00±0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 ไม้ น้ำอุนเป็ยสเมื่อเริ่มต้นการทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 ไม้ น้ำอุนเป็ยสเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา



ชื่อ นายสุธีรัตน์ นามสะอาด
 เกิดวันที่ 13 มกราคม 2542
 สถานที่เกิด อำเภอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
 ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษา: โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
 ปริญญาตรี: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากร
 ทางน้ำ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขต
 ชุมพร เขต รุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้