

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

Aeroponic Tower with Artificial Lighting



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

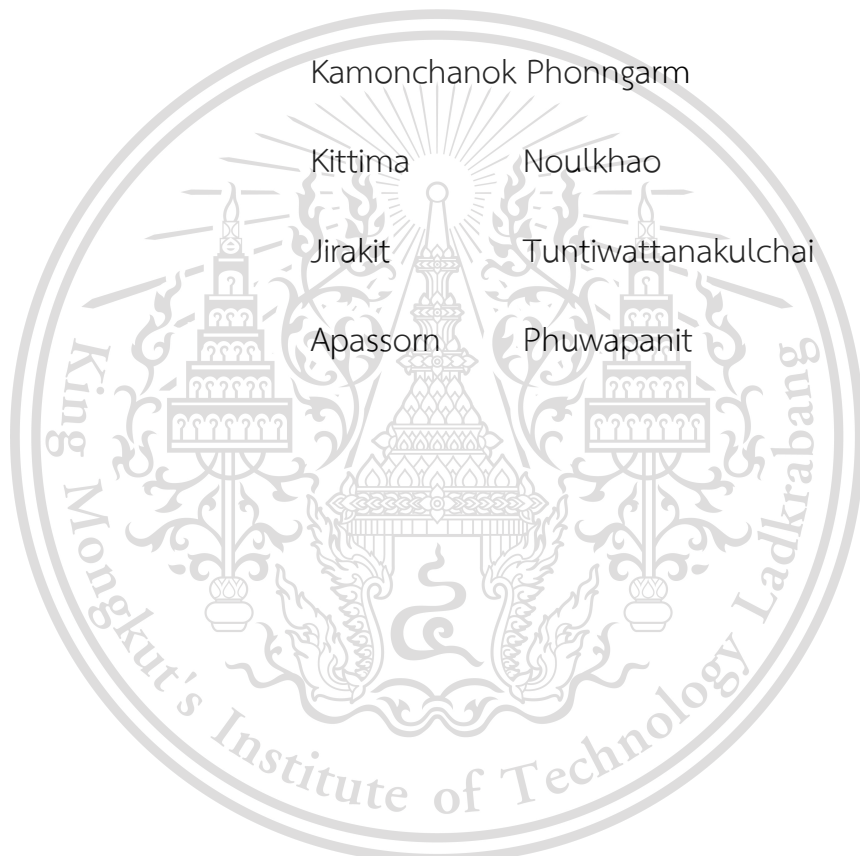
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นจำเป็นต้องใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **ปีการศึกษา 2563** ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Aeroponic Tower with Artificial Lighting



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2562

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

Aeroponic Tower with Artificial Lighting

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวกมลชนก ผลงาม รหัส 60010009

นางสาวกิตติมา นวลขาว รหัส 60010082

นายจิรกิตต์ ต้นติววัฒนกุลชัย รหัส 60010136


นางสาวอาภัสสร ภูพานิช รหัส 60011190

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวกมลชนก ผลงาม	รหัส 60010009
	นางสาวกิตติมา นวลขาว	รหัส 60010082
	นายจิริกิตต์ ต้นดิวัฒน์กุลชัย	รหัส 60010136
	นางสาวอาภัสสร ภูพานิช	รหัส 60011190
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ	
ปีการศึกษา	2563	

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้ง (Aeroponic tower) เพื่อปลูกพืชในพื้นที่ที่จำกัด และมีแหล่งกำเนิดแสงที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช มีระบบชุดควบคุมอัตโนมัติ ประกอบด้วย 1) ระบบการให้น้ำ ซึ่งเป็นการให้น้ำแบบพ่นฝอย (Aeroponic) 2) ระบบการให้แสงประดิษฐ์ (Artificial light) โดยจะใช้หลอดไฟ LED 19 วัตต์ 220 โวลต์ จำนวน 6 หลอด 3) ระบบควบคุมการให้ธาตุอาหารและปรับสภาพ pH ของน้ำ โดยมี EC (Electrical Conductivity) เซนเซอร์และ pH เซนเซอร์ ในการส่งค่าให้ pump dosing ทำงานโดยอัตโนมัติ 4) ระบบควบคุมมอเตอร์เพื่อสั่งงานให้ tower หมุนรับแสงประดิษฐ์ โดยระบบการควบคุมทั้งหมดสามารถแสดงผลและสั่งงานได้ผ่านทาง Blynk Application สามารถแจ้งเตือนสถานะการทำงาน สามารถตั้งช่วงเวลา เปิด - ปิด ในการให้น้ำได้ และควบคุมการเปิด - ปิดแสง มีกราฟแสดงระดับธาตุอาหารที่พืชจะได้รับในตลอดเวลา มีการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อคอยดูภาพรวมการทำงานของระบบ ทำการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของการปลูกผักเคลและผักคะน้าด้วย Aeroponic tower ใน Plant factory ที่มีค่า PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ $132,231.42 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ต่อวัน กับ การปลูกด้วยระบบ Hydroponic ใน Greenhouse ซึ่งมีค่า PPFD เท่ากับ $67,739.57 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ต่อวัน พบว่าในระยะเวลาการปลูกที่เท่ากัน ผักเคลและผักคะน้าที่ปลูกด้วย Aeroponic tower ที่ระยะเวลาปลูกที่ 38 วัน ใน Plant factory มีขนาดใหญ่กว่าใน greenhouse อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงพบว่า มีขนาดใหญ่ที่ใหญ่กว่า และมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ทำให้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกพืชใน Greenhouse ทั้งนี้ระบบ Aeroponic tower ใช้ไฟฟ้าประมาณ 3 หน่วยในเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
คำสำคัญ : แสงประดิษฐ์ ระบบการให้น้ำแบบแอโรโปนิคส์ PPFD ที่พืชสามารถใช้ในการสังเคราะห์
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 แสง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	Aeroponic Tower with Artificial Lighting		
Authors	Kamonchanok Phonngarm		60010009
	Kittima	Noukhao	60010082
	Jirakit	Tuntiwattanakulchai	60010136
	Apassorn	Phuwapanit	60011190
Thesis Advisor	Asst.Prof.Pattarachai Vichaiya		
Year	2020		

ABSTRACT

We purpose an aeroponic tower system for planting vegetable. The tower consist of a cylindrical tube with artificial lighting (LED). The water system spray fertilizer directly to plant's root. The tower has 4 automatically control systems included 1) aeroponic system control water cycle for fertilizer spraying, 2) control of artificial lighting 3) maintain concentration of $1000 \mu\text{sec}/\text{cm}^2$ of fertilizer and pH equal to 6. 4) control rotation speed of 0.1 rpm. Data was sent via internet to Blynk application in smart phone. Experiment conducted to observe the growing of kale in aeroponic tower in plant factory which expose to PPFD of $132,231.42 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ per day and in hydroponic system in greenhouse of $67,739.57 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ per day. It was found that kale planted in aeroponic tower was larger than kale planted in greenhouse. The aeroponic tower with artificial lighting consumedw 3 units of electricity.

Keywords: Artificial lighting Aeroponic tower Photosynthetic Photon Flux Density

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ภัทรชัย วิชัยยะ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือและคำแนะนำทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำและการอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับการอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ รวมถึงนายชิตตะวัน ยางทัด ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณทีมงานร้านช่างโอะะทุกท่านที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดช่วงสถานการณ์ covid-19

สุดท้ายต้องขอขอบคุณครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนตลอดจนคอยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน

นางสาวกมลชนก	ผลงาม	รหัส 60010009
นางสาวกิตติมา	นวลขาว	รหัส 60010082
นายจิริกิตดี	ตันติวัฒนกุลชัย	รหัส 60010136
นางสาวอาภัสสร	ภูพานิช	รหัส 60011190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การปลูกพืชแนวตั้ง	4
2.2 การปลูกพืชด้วยระบบรากแขวน	4
2.3 ค่าความเป็นกรดต่าง(pH)และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย(EC)	5
2.3.1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC)	5
2.3.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)ของสารละลาย	5
2.4 แสงประดิษฐ์ (Artificial light)	5
2.5 Internet of things	7
2.5.1 Node MCU ESP8266	7
2.5.2 EC เซนเซอร์	8
2.5.3 pH เซนเซอร์	8
2.5.4 Blynk	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ 3.1 การออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

3.2 ระบบควบคุมเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	12
3.2.1 ชุดควบคุมระบบอัตโนมัติ	12
3.2.2 การให้น้ำพืชแบบ Aeroponic	14
3.2.3 การให้แสงพืชด้วย Artificial light	14
3.2.4 ชุดมอเตอร์หมุน	14
3.3 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกใน Greenhouse แบบ Hydroponic และใน Plant factory โดยใช้ Aeroponic tower	14
3.4 การเปรียบเทียบแสงที่พืชจะได้รับใน Greenhouse แบบ Hydroponic และใน Plant factory โดยใช้ Aeroponic tower	14
3.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
4.1 ผลการเก็บค่า PPFD ค่าแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	17
4.2 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse	18
4.3 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตใน Plant factory	19
4.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	20
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ	21
บรรณานุกรม	22
ภาคผนวก	23
ภาคผนวก ก	24
ภาคผนวก ข	27
ภาคผนวก ค	43
ภาคผนวก ง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาคผนวก จ 61
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 การปลูกพืชด้วยระบบรากแขวน	4
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงปริมาณการดูดซับช่วงคลื่นแสงของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์	6
รูปที่ 2.3 Internet of Things	7
รูปที่ 2.4 Node MCU ESP8266	8
รูปที่ 2.5 EC เซนเซอร์	8
รูปที่ 2.6 pH เซนเซอร์	8
รูปที่ 2.7 การทำงานของ Blynk	9
รูปที่ 3.1 แสดงภาพ 3 มิติของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	10
รูปที่ 3.2 แสดงภาพด้านบนของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	11
รูปที่ 3.3 แสดงภาพด้านหน้า (ก) และด้านข้าง (ข) ของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	11
รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	12
รูปที่ 3.5 ระบบการทำงานของ Blynk Application	13
รูปที่ 3.6 แสดงภาพหน้าจอ Blynk Application	13
รูปที่ 3.7 เครื่อง Spectrometers	15
รูปที่ 3.8 วิธีวัดแสงในโรงเรือน (ก) และใน Plant factory (ข)	15
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแสงที่วัดในโรงเรือน (ก) และใน Plant factory (ข)	15
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บค่า PPFD ของการหมุน Aeroponic tower 1 รอบใน Plant factory	17
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาของวันกับค่า PPFD ใน Greenhouse	17
รูปที่ 4.3 ความกว้างใบจริงของผักเคลตั้งแต่เริ่มปลูกจนผักมีอายุ 47 วันที่สภาวะการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse	18
รูปที่ 4.4 ความกว้างใบจริงของผักคะน้าตั้งแต่เริ่มปลูกจนผักมีอายุ 47 วันที่สภาวะการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse	18
รูปที่ 4.5 ความกว้างใบจริงของผักเคลและผักคะน้าตั้งแต่เริ่มปลูกจนผักมีอายุ 47 วันที่สภาวะการปลูกใน Plant factory	19
รูปที่ 4.6 จุดคุ้มทุนของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 กำหนดการดำเนินงานของงานวิจัย

2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ณ ปัจจุบัน คนส่วนใหญ่เริ่มหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกทานอาหารที่ดี มีประโยชน์และคำนึงถึงความปลอดภัย โดยเน้นในเรื่องความเป็นธรรมชาติและไร้สารพิษ อย่างเช่น “ผักปลอดสารพิษ” แต่จะมั่นใจได้อย่างไรว่าผักที่ได้มานั้นปราศจากสารพิษจริงๆ ทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถมั่นใจได้ว่าผักนั้นปลอดภัยจากสารพิษ คือการปลูกพืชไว้รับประทานเอง

ผักปลอดสารพิษ เป็นกระบวนการเพาะปลูก ดูแลให้พืชเจริญเติบโตพร้อมเก็บเกี่ยวโดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นพิษหรือกำจัดศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม การเพาะปลูกในลักษณะดังกล่าวก็ยังคงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษและสิ่งปนเปื้อนตามธรรมชาติ ทั้งในขณะเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนย้าย หรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง แม้จะถูกระบุว่าเป็นผักปลอดสารพิษ ผู้บริโภคก็ควรลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาสุขภาพจากการบริโภคพืชผลเหล่านี้ ด้วยการเลือกพืชผลด้วยความระมัดระวัง เลือกที่สดใหม่ คุณภาพดี ล้างทำความสะอาดสิ่งนี้อาจเจือปนในพืชผลเหล่านั้นให้ดี ก่อนนำไปบริโภคหรือปรุงอาหารอย่างเหมาะสมต่อไป หรือการเพาะปลูกพืชปลอดสารพิษด้วยตัวเองก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้เรามั่นใจได้ว่าปลอดภัย

จากอดีตถึงปัจจุบันที่อยู่อาศัยของมนุษย์เริ่มการเปลี่ยนแปลง จากการอยู่ในพื้นที่กว้างใหญ่ในชนบทเริ่มมีการขยายขยายเข้าสู่สังคมเมือง เช่น ห้องเช่า หอพัก หรือคอนโด ที่มีพื้นที่จำกัด มีการเติบโตทางเทคโนโลยี การปลูกผักปลอดสารพิษไว้รับประทานเองจึงเป็นไปได้ยาก ทั้งการมีพื้นที่ที่จำกัด แสงสว่างที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช รวมถึงไม่มีเวลาดูแล

การปลูกพืชระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ (Aeroponic) เป็นการปลูกพืชโดยรากของพืชแขวนอยู่ในอากาศ แล้วจ่ายสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) ให้แก่พืชโดยวิธีฉีดพ่นสารละลายเป็นฝอย (mist) หรือหมอก (aerosol) ไปที่รากพืชโดยตรงอย่างต่อเนื่อง หรืออาจจะฉีดพ่นเป็นระยะๆ และสารละลายที่เหลือก็จะไหลไปรวมกันที่ถังพัก แล้วนำกลับมาใช้ฉีดพ่นใหม่ วิธีการปลูกแบบนี้รากของพืชจะมีการเจริญเติบโต และมีการแตกแขนงอย่างรวดเร็ว เพราะเป็นวิธีการปลูกพืชที่รากได้รับออกซิเจนจากอากาศอย่างเต็มที่ หรือเติมอากาศลงไป สารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นรากของพืชจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอตลอดเวลา ซึ่งเป็นการปลูกพืชแบบหนึ่งที่ประหยัดน้ำและพืชได้รับสารอาหารอย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ดัดแปลงจากเอกสารต้นฉบับของโครงการวิจัยที่สนับสนุนโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและรูปภาพที่ปรากฏในเอกสารนี้ ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้

This material is reserved for personal use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งที่มีระบบการให้แสงแก่พืชด้วยแสงประดิษฐ์ (Artificial light) ระบบการให้น้ำแบบพ่นฝอย (Aeroponics) รวมถึงใช้ระบบอัตโนมัติในการดูแลการเจริญเติบโตของพืชเพื่อตอบสนองความต้องการของคนที่มีพื้นที่ จำกัด แต่ต้องการปลูกผักปลอดสารพิษไว้รับประทาน

1.2 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งโดยใช้แสงประดิษฐ์เพื่อให้พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง
2. สามารถปลูกผักในพื้นที่ที่จำกัดได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ออกแบบเครื่องปลูกผักแนวตั้งด้วยแสงประดิษฐ์ โดยใช้ระบบการให้น้ำแบบพ่นฝอย รวมถึงมีระบบอัตโนมัติในการดูแลการเจริญเติบโตของพืช และได้ผักที่ปลอดสารพิษเหมาะสำหรับปลูกรับประทานเองในครัวเรือน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องปลูกผักแนวตั้งโดยใช้แสงประดิษฐ์เพื่อการสังเคราะห์แสง สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่น้อยและแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
2. ได้เครื่องปลูกผักที่ทำงานได้อัตโนมัติ และสามารถแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังสมาร์ตโฟนได้
3. ผักที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกผักแนวตั้งโดยใช้แสงประดิษฐ์นี้สามารถเก็บผลผลิตได้เร็วกว่าผักที่ปลูกด้วยแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ตารางที่ 1.1 กำหนดการดำเนินงานของงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564				
	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
1. ออกแบบและสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งโดยใช้แสงประดิษฐ์										
2. สร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งโดยใช้แสงประดิษฐ์และติดตั้งระบบการทำงานอัตโนมัติ										
3. นำเครื่องที่สร้างขึ้นไปทดลองปลูกพืชในอาคารพร้อมกับปลูกพืชเพื่อการทดลอง										
4. รวบรวมและเปรียบเทียบผลการทดลอง										
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง										
6. ทำรายงานเล่มปริยญา นิพนธ์										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

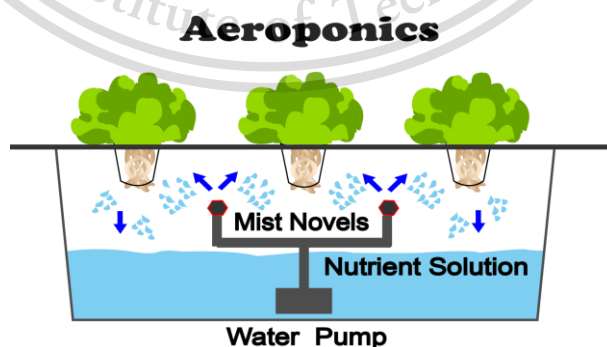
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกพืชแนวตั้ง

การทำเกษตรกรรมแนวตั้ง เป็นการเพาะปลูกพืชในอาคารหรือโรงเรือนในลักษณะเป็นชั้น โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการเพาะปลูก ทั้งการควบคุมแสง ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และความอุดมสมบูรณ์ของวัสดุปลูก ระบบการให้น้ำ การควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช และการคัดเลือกพันธุ์พืช จึงทำให้การทำเกษตรกรรมแนวตั้งสามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี ในพื้นที่ที่จำกัด อีกทั้งได้ผลิตผลที่มีคุณภาพและปริมาณมากกว่าการทำเกษตรกรรมแบบทั่วไป ในส่วนของพลังงานแสงนั้น สามารถใช้ได้ทั้งแสงจากดวงอาทิตย์ และแสงประดิษฐ์ได้ด้วย การทำเกษตรกรรมแบบแนวตั้งจึงสามารถแก้ปัญหา และลดข้อจำกัดต่างๆในการทำเกษตรกรรมแบบทั่วไปได้ เช่น ข้อจำกัดด้านสภาพภูมิศาสตร์ สภาพภูมิอากาศ โรคและแมลงศัตรูพืช ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ และการควบคุมผลผลิต รวมทั้ง ปัญหาที่ดินจำกัด หรือพื้นที่ที่มีทรัพยากรดินที่ไม่สามารถเพาะปลูกพืชได้

2.2 การปลูกพืชด้วยระบบรากแขวน

การปลูกพืชระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ เป็นการปลูกพืชโดยที่ส่วนของรากนั้นลอยอยู่ในอากาศ แล้วจ่ายสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) ให้แก่พืชโดยวิธีฉีดพ่นสารละลายเป็นฝอย (mist) หรือหมอก (aerosol) ไปที่รากโดยตรงอย่างต่อเนื่อง หรือฉีดพ่นเป็นระยะๆ และสารละลายที่เหลือจะไปรวมกันที่ถังพัก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ วิธีการปลูกพืชแบบนี้จึงไม่ต้องเติมออกซิเจนหรืออากาศ เพราะรากของพืชนั้นจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอตลอดเวลา จึงทำให้รากมีการเจริญเติบโตและแตกแขนงอย่างรวดเร็ว (สมศักดิ์, 2555; อภิรัฐ, 2555)



รูปที่ 2.1 : Aeroponics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.1 การปลูกพืชด้วยระบบรากแขวน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : <https://www.nosoilsolutions.com/aeroponics/>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 ค่าความเป็นกรดต่าง(pH) และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย(EC)

2.3.1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของธาตุอาหารทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยปกติ น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าการนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อนำธาตุอาหารละลายในน้ำ ธาตุอาหารเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบ ซึ่งจะเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณธาตุอาหารในระบบการให้น้ำในการปลูก (ไพบุรณ หมายมั่นสมสุข, 2553)

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยส่วนมากจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 - 5.0 millisemens (mS/cm) โดยพืชแต่ละชนิดก็จะใช้ค่า EC ที่แตกต่างกันออกไป เครื่อง EC Meter เป็นเครื่องมือที่มีไว้เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำ และตรวจสอบความถูกต้องของการละลายธาตุอาหารในระบบน้ำที่ใช้ในการปลูก

2.3.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลาย

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน หรือ ไฮดรอกไซด์ไอออน ซึ่งเกิดจากสารที่สามารถแตกตัวให้อนุโมลกรดหรือด่าง เพื่อใช้บอกความเป็นกรดหรือด่าง ของสารละลาย ซึ่งแบ่งค่าได้ตั้งแต่ 0 – 14 ดังนี้

สภาพความเป็นกรด (Acid) หมายถึงค่าที่เป็นกรดต่าง (pH) ต่ำกว่า 7

สภาพความเป็นด่างหรือเบส (Base) หมายถึงค่าที่เป็นกรดต่าง (pH) มากกว่า 7

สภาพความเป็นกลาง (Neutral) หมายถึงค่าที่เป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 7

ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปลูกเลี้ยงพืช พืชจำเป็นต้องดูดซึมธาตุอาหารต่างๆเข้าไปในต้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ไม่ว่าจะสารละลายธาตุอาหารจะดีเพียงใด พืชก็อาจเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร อาจมีปัญหาอันเนื่องมาจาก pH ที่สูงหรือต่ำเกินไป พืชจะดูดซึมธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองได้ปกติก็ต่อเมื่อ pH ของสารละลายธาตุอาหารอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

การปรับ pH ของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม กล่าวคือ ในช่วง 6.0 ถึง 6.5 หากสามารถควบคุมค่า pH ได้อย่างสม่ำเสมอ จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี เพราะพืชส่วนใหญ่ชอบสารละลายที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย และถ้าต่ำกว่านั้นจะทำให้พืชเสี่ยงรากเน่าได้

2.4 แสงประดิษฐ์ (Artificial light)

แหล่งแสงที่เกิดจากมนุษย์สร้าง เพื่อให้ได้ลักษณะแสงที่ตรงตามความต้องการใช้งาน สามารถควบคุมได้

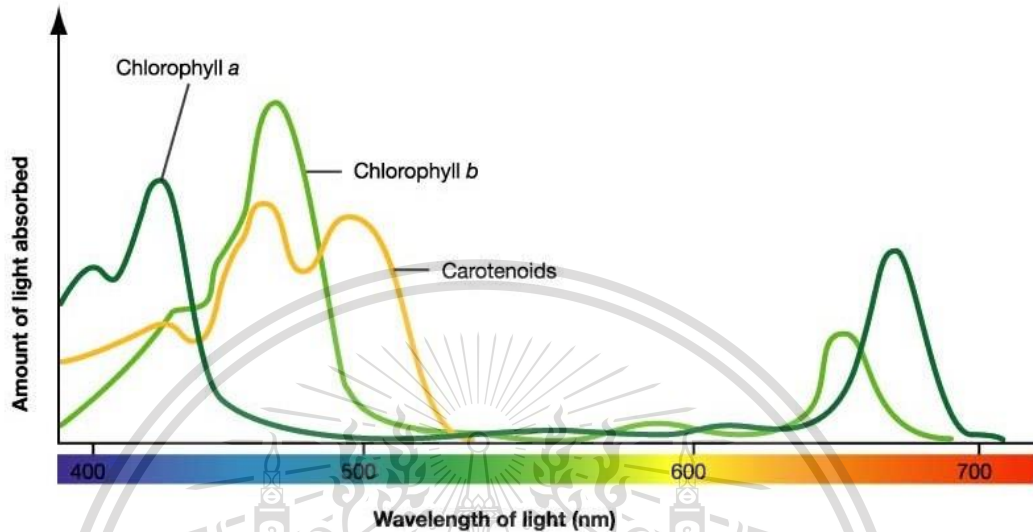
LED Grow Light เป็นหลอดไฟที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อการปลูกต้นไม้โดยเฉพาะ มี 2 ประเภท

หลักๆ ประเภทแรกคือ LED ขับเฉพาะความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงินในช่วง 430 – 460 nm และความยาวคลื่นแสงสีแดงในช่วง 630 – 660 nm เพราะความยาวคลื่นแสงในช่วงนี้ เหมาะสำหรับการไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สังเคราะห์แสงของต้นไม้มากที่สุด และอีกประเภทคือแสงประดิษฐ์ที่จะให้แสงแบบ Full Spectrum จะออกมาเป็นแสงสีขาว โดยที่มีช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงินคล้ายกับประเภทแรกด้วย



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงปริมาณการดูดซับช่วงคลื่นแสงของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

ที่มา : <https://www.aee-growlight.com/led-grow-light/> , 2561

แสง มีมาตรวัดเพื่อบอกถึงคุณภาพของแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นไม้ ค่าทางวิทยาศาสตร์หลักๆ ที่สำคัญ มี 4 ค่า ได้แก่

PAR หรือ Photosynthetically Active Radiation คือ ค่าของแสงในช่วง 400 – 700 nm เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์พบว่าแสงในช่วง 400 - 700 nm เป็นช่วงแสงที่มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ค่า PAR จะแสดงความยาวของคลื่นแสงในช่วง 400 – 700 nm

PPF หรือ Photosynthetic Photon Flux คือ ปริมาณของแสงที่ส่องลงมาในช่วงของ PAR ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น micromoles/วินาที

PPFD หรือ Photon Flux Density คือ ช่วงคลื่น 350 – 800 nm ของแสง ที่รวมช่วงคลื่นอื่นๆที่แสงอาทิตย์ปล่อยออกมาด้วย เช่น UV

PPFD หรือ Photosynthetic Photon Flux Density เป็นปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการสร้างอาหารของพืช และใช้วัด PAR ที่ตกกระทบกับต้นพืชใน 1 วินาทีด้วย มีหน่วยเป็น micromoles/ตารางเมตร/วินาที ซึ่งต้องดูจากคู่มือว่าแสงจาก Artificial light ครอบคลุมพื้นที่เท่าไรต่อความสูงของต้นพืช ค่านี้จึงมีความสำคัญ เนื่องจากต้องพิจารณาเพื่อการออกแบบระบบแสงสว่างให้ครอบคลุมและเหมาะสมกับพืชที่ปลูกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 Internet of Things



ภาพที่ 1 Internet of Things

ที่มา: The Power of Us

Seeking to Bring Customized Education to the Children of America, 2016

รูปที่ 2.3 Internet of Things

ที่มา : https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=78

Internet of Things หรือ IoT คือความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่หลากหลายเข้ากับอินเทอร์เน็ต มีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายและกว้างขวาง โดยรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ต จะช่วยให้สามารถตรวจวัดข้อมูลได้หลากหลายประเภท และช่วยให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และแสดงผลแบบกราฟิกเพื่อช่วยในการตัดสินใจได้ เมื่อนำระบบดังกล่าวผนวกเข้ากับ ระบบ Big Data จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อน มีจำนวนมาก และ ทันเหตุการณ์ (real-time)

การเกษตรแม่นยำ (Precision Farming) การเกษตรแม่นยำ อาศัยการทำงานร่วมกันของระบบเซ็นเซอร์ที่วัดความชื้น ปริมาณแสงแดด อุณหภูมิ ระบบ ฐานข้อมูลพืช และระบบให้น้ำ ปรับปริมาณแสง และระบบปรับอุณหภูมิ ที่ทำงานสอดคล้องกันเพื่อสร้างสภาวะ แวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด และแม่นยำที่สุด ระบบดังกล่าวนอกจากจะช่วยให้เกษตรกรประหยัดและใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็น ยังช่วยให้เกษตรกรสามารถประมาณการช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและปริมาณพืชผลที่จะได้อีกด้วย

2.5.1 Node MCU ESP8266

Node MCU คือแพลตฟอร์มหนึ่งในระบบ IoT ประกอบด้วยตัวบอร์ด, ซอฟต์แวร์บนบอร์ด สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau และโมดูล WiFi (ESP8266) ทำหน้าที่หน้าที่ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

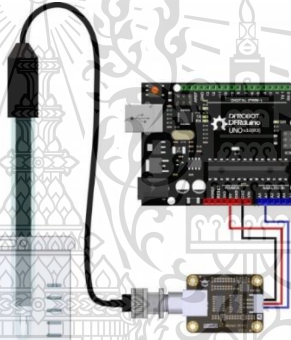


รูปที่ 2.4 Node MCU ESP8266

ที่มา : <http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp8266-nodemcu/>

2.5.2 EC เซนเซอร์

เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ในน้ำ ซึ่งจะแสดงค่าออกมาในหน่วยมิลลิซีเมนต์(mS/cm)



รูปที่ 2.5 EC เซนเซอร์

ที่มา : <https://www.myarduino.net/product/2421/ec-sensor-arduino>

2.5.3 pH เซนเซอร์

เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลายธาตุอาหาร แล้วแปลงออกมาเป็นค่าpH ตัวของเซนเซอร์จะอยู่ที่ปลายหลอดแก้ว



รูปที่ 2.6 pH เซนเซอร์

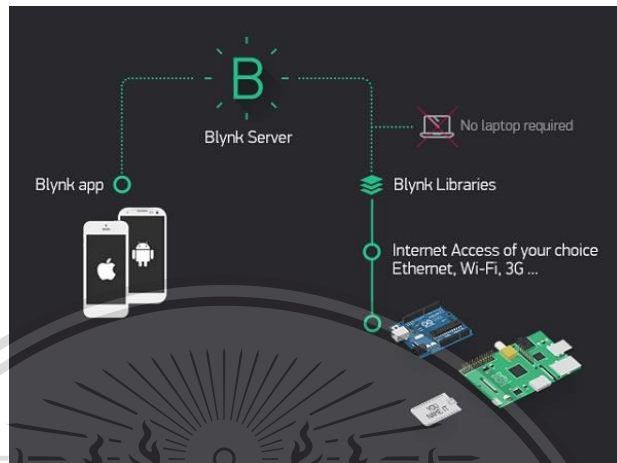
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน <http://www.twelwishes.com/ph-meter/ph-meter.html> ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่มีเหตุใดแต่สิ่งนี้ที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.4 Blynk

Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่ออกแบบมาเพื่อรองรับงาน IoT ที่จะทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เชื่อมต่อเข้ากับระบบผ่านอินเทอร์เน็ต สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ Blynk Application, Blynk Server, Blynk Library



รูปที่ 2.7 การทำงานของ Blynk

ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-iot-with-blynk/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

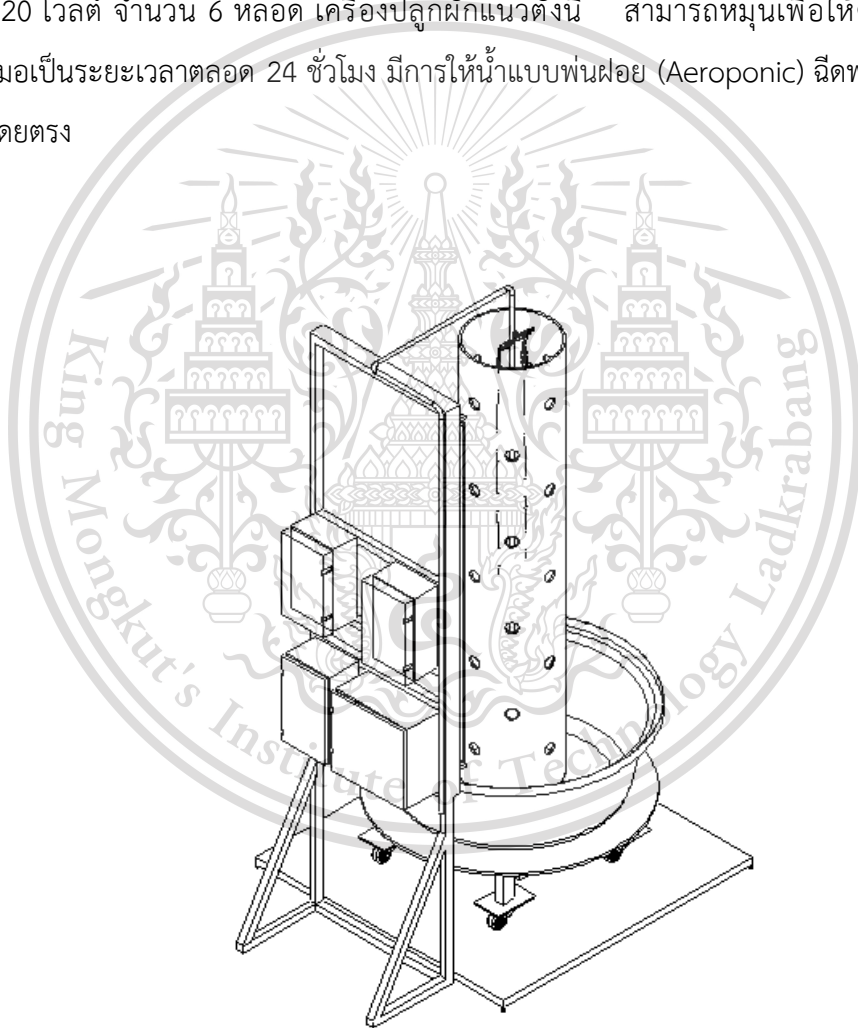
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

โครงสร้างของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 , 3.2 ,3.3 ลักษณะของตัวเครื่องจะมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตรและ สูง 2 เมตร ใช้หลอดไฟ LED 19 วัตต์ 220 โวลต์ จำนวน 6 หลอด เครื่องปลูกผักแนวตั้งนี้ สามารถหมุนเพื่อให้ต้นไม้รับแสงได้สม่ำเสมอเป็นระยะเวลาตลอด 24 ชั่วโมง มีการให้น้ำแบบพ่นฝอย (Aeroponic) ฉีดพ่นธาตุอาหารไปที่รากโดยตรง

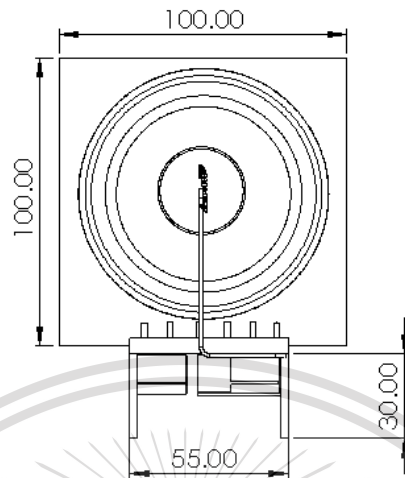


รูปที่ 3.1 แสดงภาพ 3 มิติของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

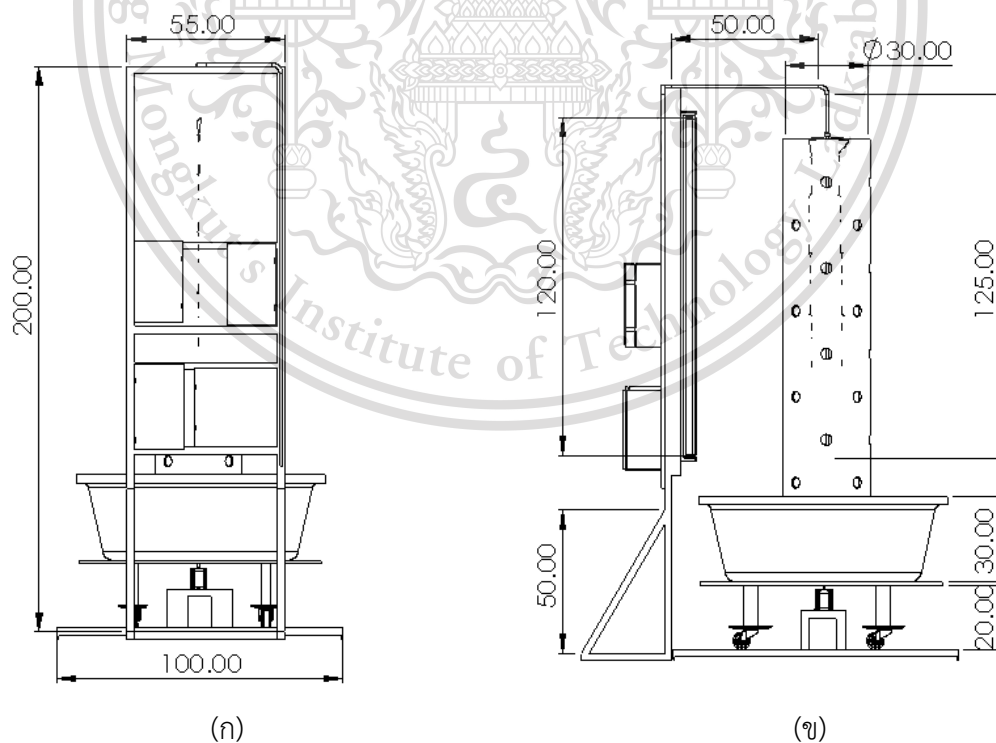
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 แสดงภาพด้านบนของเครื่องปลุกฝักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.3 แสดงภาพด้านหน้า (ก) และด้านข้าง (ข) ของเครื่องปลุกฝักแนวตั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

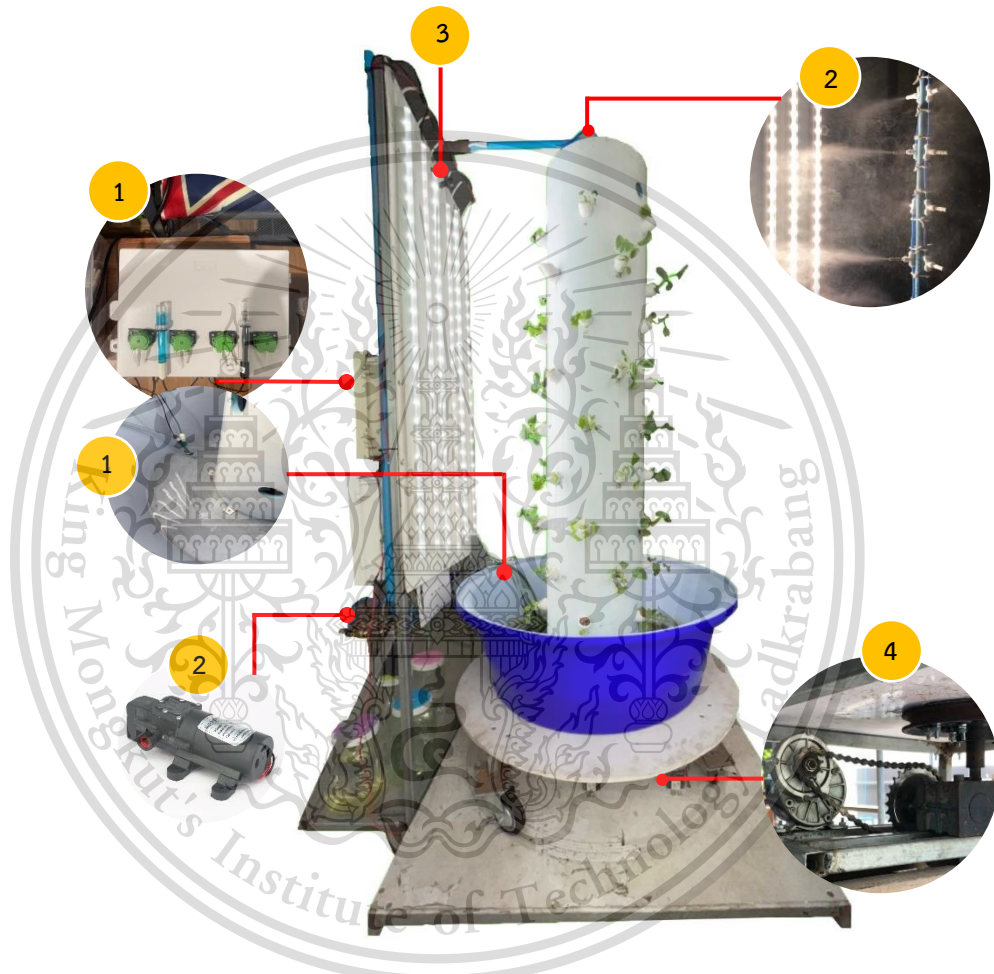
ในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 ระบบควบคุมเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ชุดควบคุมระบบอัตโนมัติ 2) การให้น้ำพืชแบบ Aeroponic 3) การให้แสงพืชด้วย Artificial light และ 4) ชุดมอเตอร์หมุน ระบบของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์จะแสดงดังรูปที่ 3.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

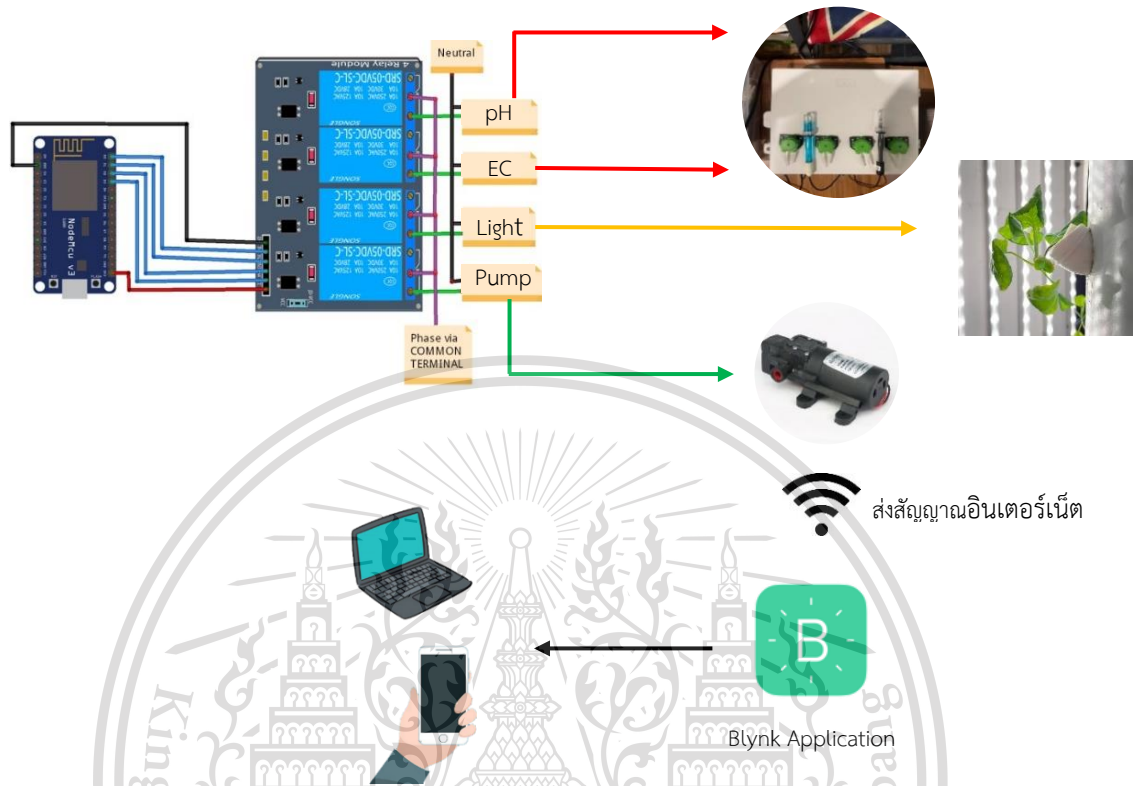
3.2.1 ชุดควบคุมระบบอัตโนมัติ

โดยระบบควบคุมทั้งหมดจะสามารถแสดงผลและสั่งงานผ่าน Blynk Application แสดงดังรูปที่ 3.5 จะประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของการสั่งงานเปิด - ปิดปั๊มสเปรย์ หลอดไฟ LED และมอเตอร์หมุน 2) ส่วนแสดงค่าการตั้งเวลาการเปิด - ปิดปั๊มสเปรย์ โดยทางด้านซ้ายจะเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ระยะเวลาในการเปิดปั๊มสเปรย์และด้านขวาจะเป็นระยะเวลาในการปิดปั๊มสเปรย์ 3) กราฟแสดงไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

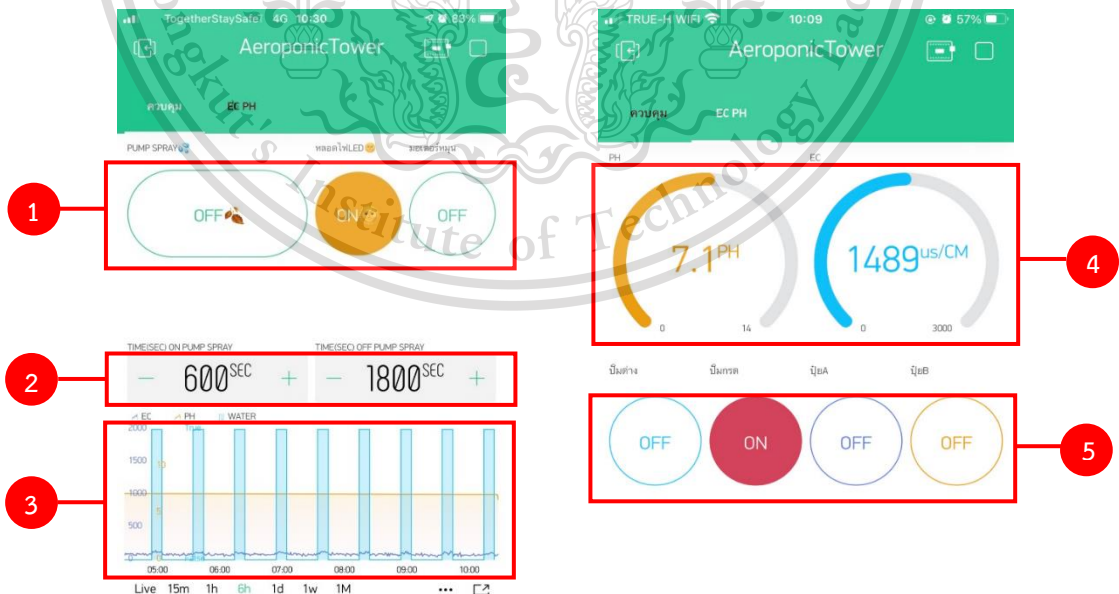
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อมูลธาตุอาหาร EC (Electrical Conductivity) และค่า pH 4) แสดงผลค่า pH และ EC 5) ส่วนของการสั่งงานเปิด - ปิด pH และ EC ดังแสดงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ระบบการทำงานของ Blynk Application



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาร่วมกัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.6 แสดงภาพหน้าจอ Blynk Application
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 การให้น้ำพืชแบบ Aeroponic

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์จะมีอุปกรณ์การให้น้ำพืชแบบ Aeroponic ซึ่งเป็นการพ่นฝอยหรือพ่นหมอก ฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารไปที่รากพืชโดยตรง

3.2.3 การให้แสงพืชด้วย Artificial light

Artificial light หรือแสงประดิษฐ์ ในระบบของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์นี้จะใช้แสงจากหลอดไฟ LED 19 วัตต์ 220 โวลต์ จำนวน 6 หลอดในการให้แสงแก่พืช

3.2.4 ชุดมอเตอร์หมุน

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์จะมีการหมุนด้วยความเร็ว 0.1 rpm หรือ 1 รอบต่อ 8 นาที เพื่อให้พืชได้รับแสงจากหลอดไฟ LED ที่วางไว้ด้านเดียวได้สม่ำเสมอและทั่วถึง

3.3 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกใน Greenhouse แบบ

Hydroponic และ ใน Plant factory โดยใช้ Aeroponic tower

เนื่องจากเราสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ที่สามารถปลูกที่บ้าน คอนโด หรือหอพักได้ จึงมีการเทียบการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้เห็นว่าการปลูกพืชด้วยเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์นี้มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากการปลูกพืชในโรงเรือนเรือน (Greenhouse) อย่างไร โดยเราจะเก็บผลการเจริญเติบโตทางกายภาพได้แก่ ความกว้างของลำต้น ความกว้างของใบ และจำนวนใบ เป็นต้น เราจะเก็บผลทั้งหมดนี้ทุกๆ 3 วัน ทั้งในโรงเรือนและ Plant factory

3.4 การเปรียบเทียบแสงที่พืชได้รับใน Greenhouse แบบ Hydroponic และ ใน Plant factory โดยใช้ Aeroponic tower

ผักที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์มีการให้แสงจากหลอดไฟ LED และผักที่ปลูกในโรงเรือนได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเราจึงใช้เครื่อง Spectrometers วัดค่าแสงเพื่อเปรียบเทียบแสงที่พืชได้รับระหว่างพืช Plant factory และในโรงเรือน โดยใน Plant factory จะวัดนำเครื่อง Spectrometers วางไว้ที่ตำแหน่งเดิมตลอดแล้ววัดทุก 30 วินาที จนเครื่องหมุนครบ 1 และเลื่อนตามพืชตำแหน่งบนสุดถึงพืชตำแหน่งล่างสุด และในโรงเรือนจะเก็บผลตั้งแต่ 6.00 – 18.00 น.

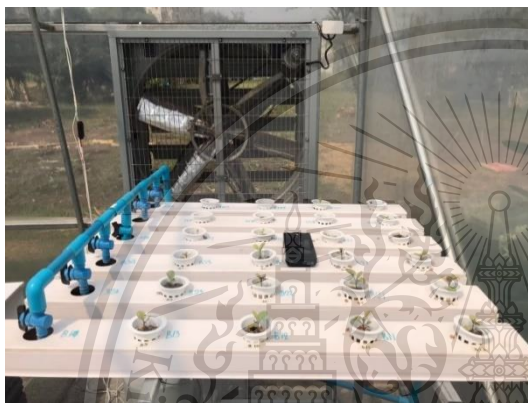
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 เครื่อง Spectrometers



(ก)

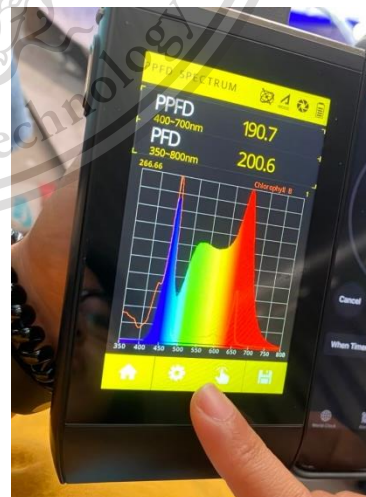


(ข)

รูปที่ 3.8 วิธีวัดแสงในโรงเรือน (ก) และใน Plant factory (ข)



(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามนำไปใช้เผยแพร่และอ้างถึงในสื่อของเอกสารหรือครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแสงที่วัดในโรงเรือน (ก) และใน Plant factory (ข)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ เป็นการวิเคราะห์ถึงต้นทุนเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ อ้างอิงจากพืชที่ปลูก

ยอดรวมทั้งหมด = ราคายอดผัก + ราคาลำต้น + ราคาใบ

กำไร (ต่อครั้ง) = ยอดรวมทั้งหมด - ต้นทุนผันแปร (ค่าไฟ)

ระยะเวลาคืนทุน (ครั้ง) = $\frac{\text{ต้นทุนเครื่อง (บาท)}}{\text{กำไรต่อครั้ง (บาท)}}$

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = จำนวนครั้ง \times จำนวนวันต่อครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

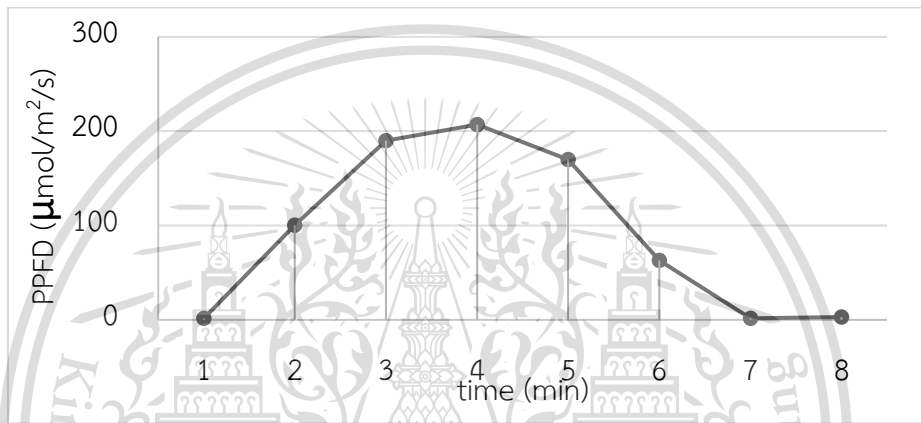
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

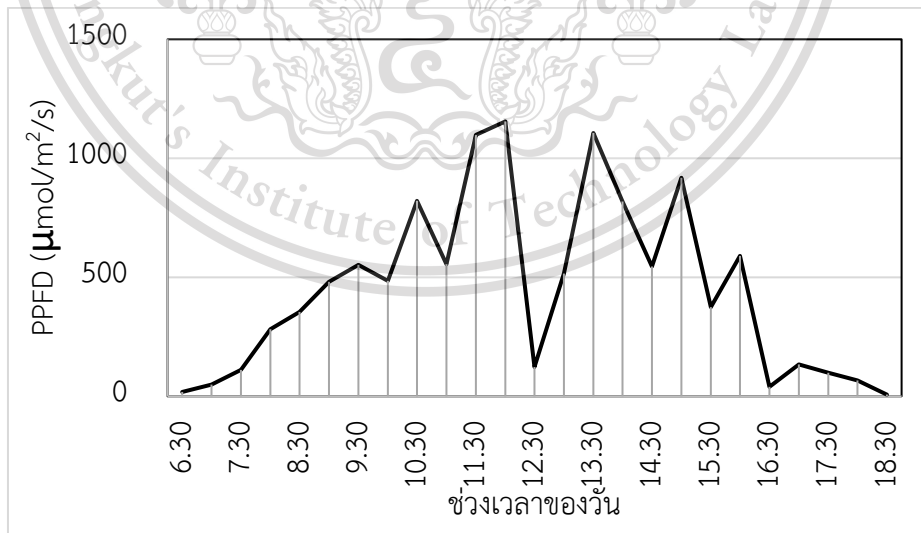
ผลการทดลอง

4.1 ผลการเก็บค่า PPFD ค่าแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

จากการเก็บค่า PPFD ในสภาวะแวดล้อมการปลูกจำนวน 2 แห่ง คือใน Plant factory ที่สามารถวัดค่า PPFD ได้จากแสงประดิษฐ์ หรือจากหลอด LED และใน Greenhouse วัดค่าแสงได้จากแสงจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่า PPFD ของการหมุน Aeroponic tower 1 รอบ ใน Plant factory



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาของวันกับค่า PPFD ใน Greenhouse

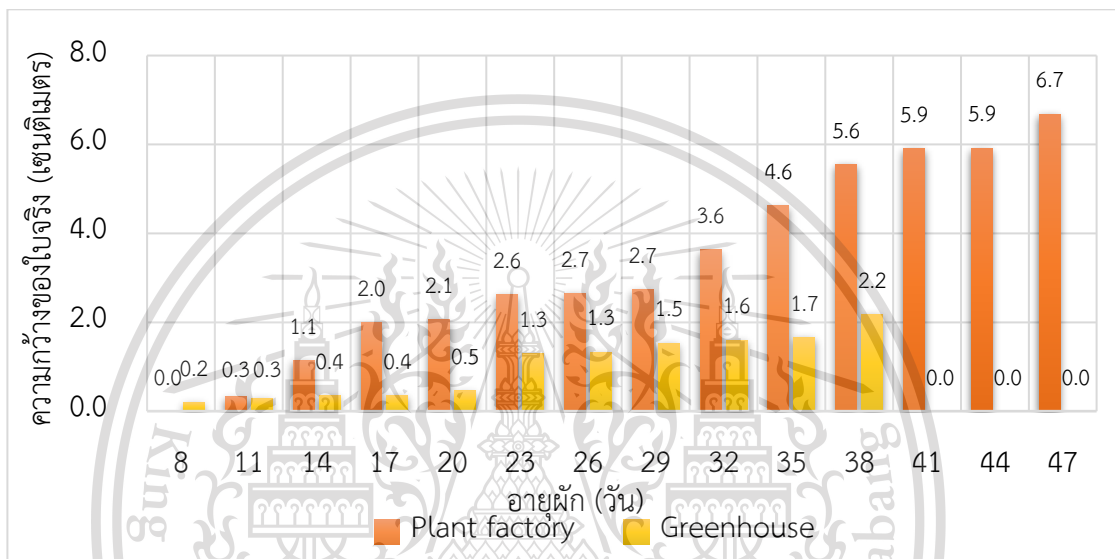
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จากรูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่า PPFD ของการหมุน Aeroponic tower 1
รอบ ใน Plant factory คำนวณพื้นที่ได้กราฟได้เท่ากับ 734.619 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ดังนั้นในหนึ่งวันพืชจะ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

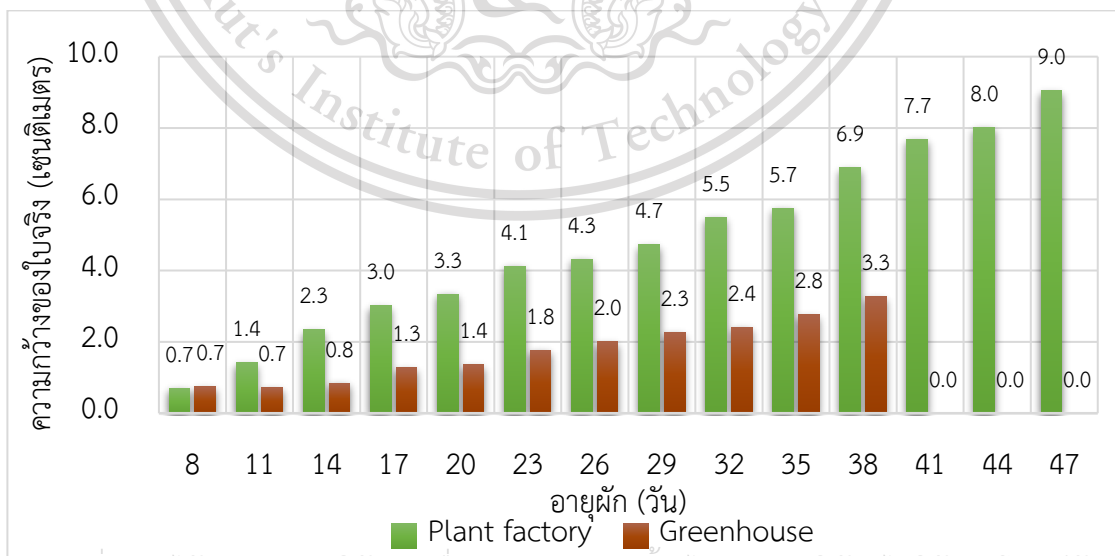
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ได้รับพลังงานแสงเท่ากับ 132,231.42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ และจากรูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาของวันกับค่า PPFD ใน Greenhouse ในหนึ่งวันพืชจะได้รับพลังงานแสงจากการคำนวณพื้นที่ที่ได้กราฟได้เท่ากับ 67,739.57 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$

4.2 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse



รูปที่ 4.3 ความกว้างใบจริงของผักเคลตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนผักมีอายุ 47 วัน ที่สภาวะการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse



รูปที่ 4.4 ความกว้างใบจริงของผักคะน้าตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนผักมีอายุ 47 วัน ที่สภาวะการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

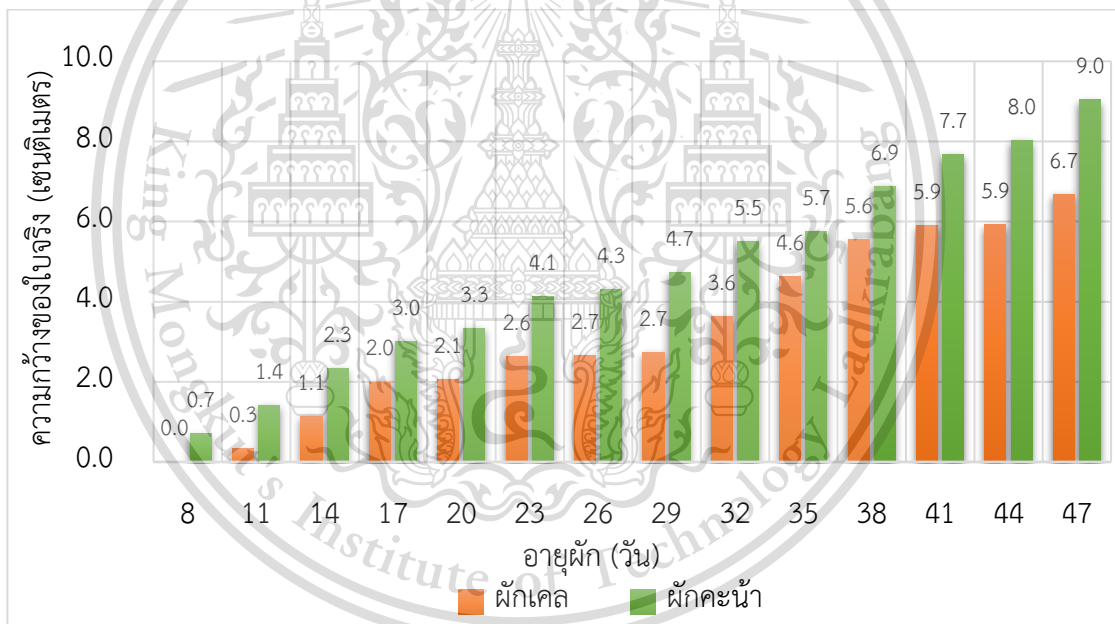
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงให้เห็นว่าผักเคลและผักคะน้าที่ปลูกด้วย Aeroponic Tower ใน Plant factory มีขนาดความกว้างใบจริงที่ใหญ่กว่าและมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าผักเคลและผักคะน้าที่ปลูกด้วยระบบ Hydroponic ใน Greenhouse

อายุผักคะน้าที่ 38 วันและผักเคลที่ 45 วันใน Plant factory สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้โดยใช้เกณฑ์ขนาดความกว้างใบในท้องตลาดเป็นข้อมูลอ้างอิง ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวของผักคะน้าในการปลูกที่สภาวะปกติในโรงเรือนอยู่ที่ 55 - 60 วันและอายุการเก็บเกี่ยวของผักเคลในการปลูกที่สภาวะปกติในโรงเรือนอยู่ที่ 60 - 70 วัน ดังนั้นพบว่าการปลูกด้วย Aeroponic Tower ใน Plant factory สามารถเร่งระยะเวลาในการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่าการปลูกด้วยระบบ Hydroponic ใน Greenhouse

4.3 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตใน Plant factory



รูปที่ 4.5 ความกว้างใบจริงของผักเคลและผักคะน้าตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนผักมีอายุ 47 วัน ที่สภาวะการปลูกใน Plant factory

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าในระยะเวลาที่เท่ากันผักคะน้ามีขนาดความกว้างใบที่ใหญ่กว่าและมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าผักเคล

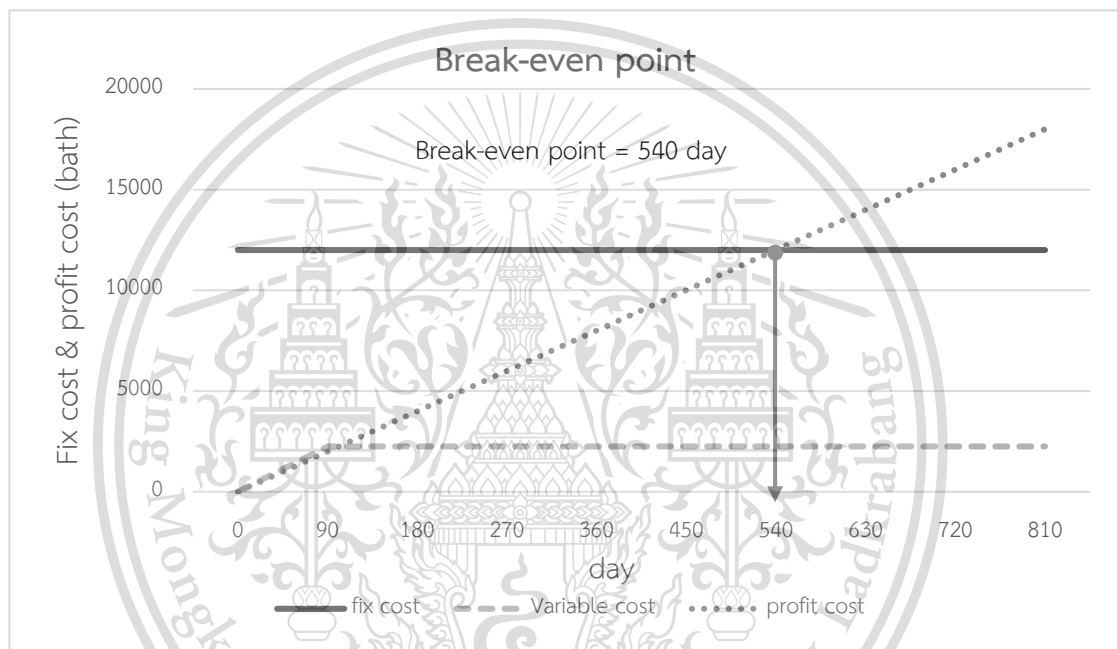
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ (Aeroponic Tower with Artificial Lighting) มีต้นทุนในการสร้างเครื่อง เครื่องละ 12,000 บาท มีต้นทุนแปรผัน (ค่าไฟฟ้า) 2,250 บาท ต่อกรอบ หนึ่งกรอบมีระยะเวลาการปลูกผักเคลทั้งหมด 45 วัน ดังนั้น ราคาเคลขายต้นละ 65 บาท หนึ่งทาวเวอร์สามารถปลูกได้จำนวน 50 ต้น ดังนั้นจะได้รับจากการขายทั้งหมดเท่ากับ 3,250 ได้กำไรจากการขายหักต้นทุนแปรผันแล้วเท่ากับ 1000 บาทต่อกรอบ ดังนั้นต้องปลูกจำนวน 12 กรอบ หรือนับเป็น 540 วัน หรือเท่ากับ 1 ปี 6 เดือน จึงจะคืนทุนได้



รูปที่ 4.6 จุดคุ้มทุนของเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ (Aeroponic Tower with Artificial Lighting) ถูกออกแบบและสร้างขึ้นนี้มีความสามารถในการปลูกผักลักษณะเป็นพุ่ม สามารถจัดวางได้ในพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร สามารถจัดตั้งอยู่ในที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่จำกัด รวมถึงพื้นที่ที่มีแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช เช่น คอนโดมิเนียม บ้านเช่า หอพัก หรือในอาคารบ้านเรือนก็สามารถใช้เครื่องปลูกผักแนวตั้งปลูกพืชให้เจริญเติบโตได้ โดยพืชไม่จำเป็นต้องใช้แสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์อาหารในการเจริญเติบโต แต่เป็นการใช้แสงจากหลอดไฟ LED ซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งานในการติดตามการทำงานของเครื่องและสั่งงานเรื่องการให้แสง การให้น้ำได้ด้วยระบบ Internet of Things (IoT) ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนหน้าจอสมาาร์ทโฟนได้ตลอดเวลา นอกจากนี้เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์สามารถย่นระยะเวลาจาก 70 เหลือ 45 วัน ในการเก็บเกี่ยวได้เป็นสองเท่าของการปลูกผักแบบปกติ โดยในปกติพืชจะได้รับแสงเพื่อที่จะได้รับแสงเพียง 12 ชั่วโมงต่อวัน แต่ในโครงการนี้มีการให้แสงแก่ผักเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตลอด 45 วัน (ระยะเวลาที่ผักเคลโตพร้อมเก็บเกี่ยว) เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์นี้มีต้นทุนเครื่องอยู่ที่ 12,000 บาท โดยสามารถปลูกผักได้ครั้งละสูงสุด 50 ต้น และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1 ปี 6 เดือน สำหรับการปลูกผักเคล จากข้อมูลทั้งหมดกล่าวได้ว่าเครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์ร่วมกับระบบ IoT จะเป็นแนวคิดการปลูกผักแนวตั้งรูปแบบใหม่ในระบบเกษตรกรรมอัจฉริยะในประเทศไทยได้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการเปรียบเทียบเครื่องคุณภาพของพืชโดยทดสอบความสามารถในการเก็บรักษา รวมถึงใช้เครื่อง texture analyzer ทดสอบเนื้อสัมผัสอาหาร เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางคุณภาพของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] AEE Grow Light หลอดไฟปลูกต้นไม้.(2561).LED GROW LIGHT คืออะไร. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2564 จาก <https://www.aee-growlight.com/led-grow-light/>
- [2] embededsystem2558.(2558). ESP8266 NodeMCU คืออะไร? และการติดตั้ง ESP8266 NodeMCU บนArduino IDE. สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2564 จาก <https://embededsystem2558.wordpress.com/esp8266-nodemcu/>
- [3] จุฑามาศ จิโนบัว, ไฉน ตาคำแสน, ตะวัน ณ ลำพูน, ปิยวัฒน์ ศรีวิรัช, วรณศิริ สมควร, นพพลี กษัตริ์.(2556). แอโรโพนิกส์ การปลูกพืชในระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2564 จาก <https://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/56/No12.pdf>
- [4] พันธุ์ธิดา ลิ้มศรีประพันธ์ .(2558).การสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในลักษณะโรงเรือน เพื่อส่งเสริมศักยภาพของชุมชนสู่การเกษตรแบบยั่งยืน. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2564 จาก https://research.psu.ac.th/files/res_che2553/resche_files/216_chapter2.pdf
- [5] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม.(2561).การทำเกษตรกรรมแนวตั้ง (Vertical Farming). สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2564 จาก <http://www.ej.eric.chula.ac.th/content/6105/35>
- [6] สำนักงาน กสทช.(2560).เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0. สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2564 จาก <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/.pdf.aspx>
- [7] บริษัท คอมคิวบ์ จำกัด.(2562) . Conductivity Meter .สืบค้นเมื่อ 29 เมษายน 2564 จาก <https://www.voake.com/c/ec-meter/>
- [8] บริษัท นีโอนิคส์.(2563). pH meter คือเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง สืบค้นเมื่อ 29 เมษายน 2564 จาก <http://www.twellwishes.com/ph-meter/ph-meter.html>
- [9] SUPPORT THAIEASYELEC.(2563). เริ่มต้น IoT App ด้วย Blynkสืบค้นเมื่อ 29 เมษายน 2564 จาก <https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-iot-with-blynk/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก1 ผลการวัดค่า PPFD ของแสงหลอดไฟ LED ใน Plant factory

เวลา (วินาที)	ค่า PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
30	2.985
60	1.503
90	37.4
120	100.4
150	154.4
180	190
210	211
240	207
270	195
300	170
330	120
360	63.06
390	14.81
420	1.674
450	2.987
480	2.985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก2 ผลการวัดค่า PPFD ของแสงจากดวงอาทิตย์ ใน Greenhouse

เวลา (น.)	ค่า PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)			average
	3/9/2564	3/10/2564	3/11/2564	
6.30	10.24	17.86	7.445	11.8
7.00	50.12	49.78	52.08	50.7
7.30	112	110.7	113	111.9
8.00	275	281.7	222.6	259.8
8.30	340	354.3	375.9	356.7
9.00	1108	480.8	526.2	705.0
9.30	1197	552.2	603.8	784.3
10.00	1150	484.4	833.5	822.6
10.30	1133	821.8	836.7	930.5
11.00	523	555.3	458.1	512.1
11.30	456	1099	1084	879.7
12.00	230	1155	1205	863.3
12.30	341.4	123.4	1215	559.9
13.00	423.2	515.9	367.3	435.5
13.30	412.3	1107	1015	844.8
14.00	387	818.4	945.6	717.0
14.30	681.6	545.4	662.5	629.8
15.00	522.5	918.5	610.3	683.8
15.30	387	375	435	399.0
16.00	681.6	589.3	566	612.3
16.30	322	39.79	211	190.9
17.00	226.7	134.2	162	174.3
17.30	102.3	99.24	89	96.8
18.00	31.45	66.35	71.2	56.3
18.30	7.66	7.082	6.33	7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The logo of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a crown-like structure. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang' is written around the perimeter of the circle.

ภาคผนวก ข

ผลการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักเคลระหว่างการปลูกด้วย Aeroponic tower ใน Plant factory กับ การปลูกด้วยระบบ Hydroponic ใน Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข1 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 20/2/2021 อายุผัก 5 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	8.75	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	0.95	9.15	N/A	N/A
3	N/A	N/A	N/A	N/A	0.90	10.25	N/A	N/A
4	N/A	N/A	N/A	N/A	0.75	9.10	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	0.90	8.55	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	0.75	8.60	N/A	N/A
7	N/A	N/A	N/A	N/A	0.75	8.05	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	1.10	11.10	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	0.95	9.55	N/A	N/A
10	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	9.90	N/A	N/A
11	N/A	N/A	N/A	N/A	1.10	11.60	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	1.10	7.95	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A				
14	N/A	N/A	N/A	N/A				
15	N/A	N/A	N/A	N/A				
Average	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข2 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 23/2/2021 อายุผัก 8 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.00	6.10	N/A	N/A	1.00	8.10	N/A	N/A
2	0.95	10.50	N/A	N/A	1.10	9.15	N/A	N/A
3	0.80	9.65	N/A	N/A	0.95	10.40	N/A	N/A
4	0.95	9.25	N/A	N/A	1.20	11.15	2.15	1
5	1.20	8.30	N/A	N/A	1.40	10.30	2.40	1
6	1.00	7.95	N/A	N/A	0.90	8.95	3.10	1
7	1.00	9.10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.05	9.65	N/A	N/A	1.00	12.30	3.15	1
9	1.15	9.20	N/A	N/A	1.00	9.80	2.20	1
10	1.05	9.90	N/A	N/A	0.95	9.95	3.60	1
11	0.95	6.95	N/A	N/A	1.00	11.00	3.65	1
12	0.80	5.50	N/A	N/A	0.95	9.85	N/A	N/A
13	1.00	8.45	N/A	N/A				
14	1.10	8.00	N/A	N/A				
15	1.05	9.70	N/A	N/A				
Average	1.00	8.50	N/A	N/A	1.04	10.09	2.89	1.00
Standard deviation	0.11	1.58	N/A	N/A	0.14	1.15	0.64	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข3 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 26/2/2021 อายุผัก 11 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.10	12.20	1.45	1	1.30	7.40	0	0
2	1.35	16.30	5.50	2	1.30	9.20	2.65	1
3	1.15	11.10	4.00	1	1.35	10.00	1.30	2
4	1.20	13.30	4.00	1	N/A	N/A	N/A	N/A
5	1.60	12.20	2.75	1	1.25	5.60	3.2	1
6	1.35	11.60	2.30	1	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1.25	14.10	2.80	1	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.25	14.80	2.20	1	1.10	10.75	4.30	2
9	1.30	15.70	9.85	2	1.80	7.30	0.00	0
10	1.35	13.50	2.90	1	1.40	11.20	4.70	2
11	1.40	11.90	2.40	1	1.20	11.75	3.30	1
12	1.50	9.20	2.20	1	1.45	7.30	6.50	1
13	1.50	11.20	2.90	1				
14	1.20	14.25	1.80	1				
15	1.35	14.70	2.00	1				
Average	1.32	12.99	3.27	1.17	1.35	8.94	2.88	1.11
Standard deviation	0.14	2.03	2.09	0.39	0.20	2.13	2.18	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข4 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 01/3/2021 อายุผัก 14 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	0.95	13.95	12.50	2	0.75	7.00	4.45	1
2	1.30	17.70	11.00	1	1.10	8.90	0.00	0
3	1.35	17.30	15.30	2	0.95	1.05	3.05	1
4	1.40	14.45	13.30	2	N/A	N/A	N/A	N/A
5	1.20	15.90	9.75	2	1.30	8.35	0.00	0
6	1.35	13.00	12.10	2	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1.45	15.70	10.40	2	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.05	17.45	11.10	2	0.95	12.50	6.85	2
9	0.15	16.00	15.15	2	1.15	9.40	4.30	1
10	1.40	16.90	10.70	2	1.30	11.60	7.20	2
11	1.10	12.00	10.50	2	1.35	11.80	6.70	2
12	1.10	10.60	8.75	2	0.95	8.00	0.00	0
13	1.30	15.55	9.95	2				
14	1.50	19.45	13.70	2				
15	1.35	17.6	7.45	1				
Average	1.20	15.08	11.44	1.92	1.09	8.73	3.62	1.00
Standard deviation	0.33	2.30	2.23	0.29	0.20	3.45	3.03	0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข5 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 04/3/2021 อายุผัก 17 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.3	13.55	17.2	2	1.1	4.6	3.7	2
2	1.25	18.8	24.65	2	1.4	6.7	2.5	2
3	1.4	18.2	25.5	2	1.7	10.3	2.7	1
4	1.45	14.65	23.2	2	N/A	N/A	N/A	N/A
5	1.3	17.1	17.25	3	N/A	N/A	N/A	N/A
6	1.25	11.3	13.65	3	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1.5	18.3	19.8	2	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.4	17.5	21.4	2	1.7	11.6	6.4	2
9	1.5	17.1	29.6	4	N/A	N/A	N/A	N/A
10	1.3	17.6	19.5	2	1.3	1.5	7.1	2
11	1.3	13.8	14.3	2	1.4	6.5	0	0
12	1.2	11.4	18.4	2	1.9	7.3	2.85	2
13	1.4	16.1	20	2				
14	1.45	20.2	24.5	3				
15	1.55	22.1	18.7	3				
Average	1.37	15.78	20.51	2.33	1.50	6.93	3.61	1.57
Standard deviation	0.11	2.71	4.35	0.65	0.28	3.38	2.44	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข6 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 07/3/2021 อายุผัก 20 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.65	11.15	21.35	3	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	1.5	6.05	3.05	1
3	1.95	13.45	23.25	4	1.05	8.2	5.75	1
4	1.35	11.65	21.15	3	N/A	N/A	N/A	N/A
5	1.65	15.85	20.45	5	N/A	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1.65	15.05	19.25	4	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.35	15.25	20.45	4	1.55	10.15	6.45	2
9	1.35	14.25	21.7	4	N/A	N/A	N/A	N/A
10	2.05	14.75	19.05	3	1.15	11.85	6.65	2
11	1.5	13.35	19.35	4	N/A	N/A	N/A	N/A
12	1.25	11.05	17.05	3	1.15	4.15	1.15	1
13	1.55	14.65	15.1	3				
14	2.25	17.45	27.25	4				
15	1.35	15.6	21.45	4				
Average	1.61	13.58	20.53	3.70	1.28	8.08	4.61	1.40
Standard deviation	0.31	1.76	2.92	0.67	0.23	3.09	2.41	0.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข7 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 10/3/2021 อายุผัก 23 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.5	12.8	31	3	1.3	13	15.9	3
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	1.65	18.1	28.95	4	N/A	N/A	N/A	N/A
4	1.4	no	21.5	3	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2	17.1	28.9	5	1.2	12.3	10.2	2
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1	10	7.2	1
7	1.65	16.2	28.3	4	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.7	15.2	20	4	N/A	N/A	N/A	N/A
9	1.8	13.8	27.75	4	1.2	19.2	20	3
10	1.65	18.4	27	3	0.95	12.2	13.5	2
11	1.4	11.4	19.8	3	1.1	13.2	10.9	2
12	1.5	12	28.4	3	N/A	N/A	N/A	N/A
13	2	15	22.8	3				
14	2	20.2	28.95	4				
15	1.6	22.3	28.8	4				
Average	1.68	15.00	26.32	3.60	1.13	13.32	12.95	2.17
Standard deviation	0.21	2.63	3.84	0.70	0.13	3.10	4.55	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข8 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 13/3/2021 อายุผัก 26 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	1.4	14.4	34.2	4	1.4	13.7	12.5	3
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	1.6	16.3	28.5	4	N/A	N/A	N/A	N/A
4	1.3	no	22.7	3	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.3	18.7	23.8	6	1.4	11.6	11.6	3
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1.4	10.2	8.7	2
7	1.2	13.5	27.7	4	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.6	13.3	23	4	N/A	N/A	N/A	N/A
9	1.6	N/A	28.6	5	1.6	16.2	21	3
10	1.95	17.3	29.1	4	1.6	11.7	15	3
11	1.7	N/A	23	4	2.3	N/A	11	3
12	1.6	7.5	27.8	3	N/A	N/A	N/A	N/A
13	1.6	16.6	23	3				
14	1.9	15.7	27.7	4				
15	1.6	15.9	25.5	5				
Average	1.64	14.43	26.51	4.10	1.62	12.68	13.30	2.83
Standard deviation	0.29	3.65	3.40	0.88	0.35	2.33	4.29	0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข9 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 16/3/2021 อายุผัก 29 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้าง ใบเลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	2.2	N/A	39.4	5	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	1.6	N/A	31.6	5	N/A	N/A	N/A	N/A
4	1.6	N/A	23.2	4	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.2	N/A	25	6	1.2	11.6	13.6	4
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1.3	9.4	11.1	2
7	1.6	N/A	28.8	5	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1.6	N/A	20.5	4	N/A	N/A	N/A	N/A
9	1.6	N/A	29.6	5	1.9	19.5	25.8	4
10	2.2	N/A	35.4	5	1.6	11.3	11.9	4
11	1.9	N/A	19.8	4	1.4	N/A	14.2	3
12	1.8	N/A	28.8	4	N/A	N/A	N/A	N/A
13	1.6	N/A	20.45	3				
14	2.6	N/A	28.5	5				
15	2.2	N/A	24.7	6				
Average	1.90	N/A	27.37	4.70	1.48	12.95	15.32	3.40
Standard deviation	0.34	N/A	5.92	0.67	0.28	4.47	5.99	0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข10 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 19/3/2021 อายุผัก 32 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	3.05	N/A	41.05	6	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3.45	N/A	35.05	7	N/A	N/A	N/A	N/A
4	2.55	N/A	33.05	5	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	1.95	N/A	11.55	4
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1.35	N/A	9.55	2
7	3.25	N/A	35.35	6	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	3.35	N/A	37.05	7	N/A	N/A	N/A	N/A
10	2.55	N/A	38.25	7	2.05	N/A	9.35	3
11	3.05	N/A	28.05	5	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	3.05	N/A	42.25	7	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Average	3.04	N/A	36.26	6.14	1.78	N/A	10.15	3.00
Standard deviation	0.34	N/A	4.53	0.90	0.38	N/A	1.22	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข11 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 22/3/2021 อายุผัก 35 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	2.95	N/A	54.4	7	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3.4	N/A	44.45	7	N/A	N/A	N/A	N/A
4	2.9	N/A	45	6	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	1.2	N/A	20.7	5
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A	10.5	2
7	3.5	N/A	41.7	7	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	3	N/A	44.1	8	N/A	N/A	N/A	N/A
10	3.1	N/A	46.1	7	1.2	N/A	18.7	3
11	3	N/A	35	6	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	2.9	N/A	58.8	7	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Average	3.09	N/A	46.19	6.86	1.13	N/A	16.63	3.33
Standard deviation	0.23	N/A	7.37	0.69	0.12	N/A	5.40	1.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข12 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 25/3/2021 อายุผัก 38 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวนใบ จริง
1	3.8	N/A	65.3	8	1	N/A	20.7	2
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3.8	N/A	55.4	9	N/A	N/A	N/A	N/A
4	2.9	N/A	50	7	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.1	N/A	N/A	4	2.1	N/A	24.1	6
6	N/A	N/A	N/A	N/A	1.2	N/A	20.5	3
7	4.5	N/A	50	8	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	3	N/A	60.22	9	N/A	N/A	N/A	N/A
10	3	N/A	53.6	8	1.4	N/A	22	5
11	2.9	N/A	40.55	7	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A				
14	6	N/A	69.1	7				
15	N/A	N/A	N/A	N/A				
Average	3.56	N/A	55.52	7.50	1.43	N/A	21.83	4.00
Standard deviation	1.15	N/A	9.19	1.60	0.48	N/A	1.66	1.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข13 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 28/3/2021 อายุผัก 41 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	6.65	N/A	69.65	10	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	6.55	N/A	64.05	12	N/A	N/A	N/A	N/A
4	6.05	N/A	52.35	9	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	6.05	N/A	56.05	11	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	5.05	N/A	66.05	13	N/A	N/A	N/A	N/A
10	4.55	N/A	55.35	11	N/A	N/A	N/A	N/A
11	4.05	N/A	44.55	10	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	6.35	N/A	64.55	10	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Average	5.66	N/A	59.08	10.86	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	0.98	N/A	8.40	1.35	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข14 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 31/3/2021 อายุผัก 44 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	6.4	N/A	74.6	10	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	7.3	N/A	54.3	13	N/A	N/A	N/A	N/A
4	5.5	N/A	53.2	10	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	10.1	N/A	67.5	12	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	6.3	N/A	63.3	13	N/A	N/A	N/A	N/A
10	6.5	N/A	50.5	11	N/A	N/A	N/A	N/A
11	4.05	N/A	44.55	10	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	11.7	N/A	65.5	12	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Average	7.23	N/A	59.18	11.29	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	2.49	N/A	10.09	1.38	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข15 ผลการเจริญเติบโตของผักเคล (มิลลิเมตร) วันที่ 03/4/2021 อายุผัก 47 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	7.65	N/A	79.05	12	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	7.05	N/A	68.25	12	N/A	N/A	N/A	N/A
4	5.15	N/A	55.05	11	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	6.05	N/A	68.55	13	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	6.05	N/A	72.15	14	N/A	N/A	N/A	N/A
10	7.05	N/A	64.55	11	N/A	N/A	N/A	N/A
11	6.05	N/A	57.05	9	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	7.05	N/A	70.05	11	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Average	6.51	N/A	66.84	11.71	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	0.82	N/A	7.86	1.60	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ค

ผลการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักคะน้าระหว่างการปลูกด้วย Aeroponic tower
ใน Plant factory กับ การปลูกด้วยระบบ Hydroponic ใน Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค1 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 20/2/2021 อายุผัก 5 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.10	13.80	N/A	N/A	0.75	10.55	N/A	N/A
2	1.10	13.80	N/A	N/A	1.10	13.15	N/A	N/A
3	1.10	18.95	N/A	N/A	0.75	12.05	N/A	N/A
4	0.95	12.20	N/A	N/A	1.15	11.35	N/A	N/A
5	0.75	11.15	N/A	N/A	0.95	10.85	N/A	N/A
6	0.90	13.05	N/A	N/A	0.75	12.75	N/A	N/A
7	0.85	13.85	N/A	N/A	0.75	13.65	N/A	N/A
8	1.15	13.05	N/A	N/A	0.85	15.15	N/A	N/A
9	1.15	12.65	N/A	N/A	0.95	12.20	N/A	N/A
10	1.15	11.20	N/A	N/A	0.95	13.85	N/A	N/A
11	1.20	12.35	N/A	N/A	0.95	15.40	N/A	N/A
12	0.95	12.20	N/A	N/A	0.95	11.95	N/A	N/A
13	1.10	12.25	N/A	N/A				
14	1.15	13.55	N/A	N/A				
15	0.95	15.95	N/A	N/A				
Average	1.04	13.19	N/A	N/A	1	13	N/A	N/A
Standard deviation	0.13	2.03	N/A	N/A	0.14	1.56	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค2 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 23/2/2021 อายุผัก 8 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉียง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉียง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.10	19.60	7.75	1	1.00	12.40	3.90	1
2	1.25	19.80	9.65	1	1.20	12.55	8.30	1
3	1.10	19.25	7.50	1	1.30	16.40	7.45	1
4	0.95	17.25	5.40	1	0.95	13.80	7.20	1
5	1.00	17.25	3.90	1	1.20	14.30	5.80	1
6	1.10	17.30	7.45	1	1.20	15.10	5.95	1
7	1.00	20.45	6.90	1	1.15	18.70	11.15	1
8	1.20	17.05	7.25	1	1.20	19.40	8.80	1
9	1.20	17.00	7.60	1	1.30	16.00	6.55	1
10	1.15	17.10	4.30	1	1.65	16.30	10.20	2
11	1.15	18.10	7.40	1	1.30	19.00	6.90	1
12	1.25	15.75	6.00	1	1.00	16.55	6.55	1
13	1.20	15.10	8.05	1				
14	1.15	18.45	7.45	1				
15	1.30	19.35	9.40	1				
Average	1.14	17.99	7.07	1.00	1	16	7	1
Standard deviation	0.10	1.44	1.61	0.00	0.19	2.37	1.98	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค3 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 26/2/2021 อายุผัก 11 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.25	20.10	17.85	2	0.95	12.45	3.55	1
2	1.05	20.75	14.15	2	1.35	14.10	7.65	2
3	1.05	18.35	14.15	2	1.10	16.25	9.45	2
4	1.05	17.15	13.75	2	1.15	12.25	7.05	1
5	1.00	19.45	13.65	2	1.10	13.85	5.45	1
6	1.15	19.95	14.04	2	1.10	14.45	6.10	1
7	1.10	20.45	13.85	2	1.10	17.15	11.30	2
8	1.05	18.85	13.05	2	1.10	18.25	7.25	2
9	1.25	17.05	12.25	2	1.60	14.70	6.50	1
10	1.20	21.50	11.25	2	1.35	17.20	9.50	2
11	1.15	18.85	14.55	2	1.15	16.55	7.65	2
12	1.35	18.55	14.40	2	1.30	12.20	5.10	1
13	1.25	17.45	12.95	2				
14	1.15	17.45	13.15	2				
15	1.20	21.10	18.55	2				
Average	1.15	19.25	14.11	2.00	1	15	7	2
Standard deviation	0.10	1.38	1.88	0.00	0.17	2.10	2.13	0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค4 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 01/3/2021 อายุผัก 14 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.25	22.25	26.55	3	1.15	12.65	6.15	2
2	1.35	22.75	21.65	3	1.15	13.85	9.45	3
3	1.45	21.10	24.05	3	1.1	17.05	9.50	2
4	1.55	21.65	22.05	2	1.55	12.65	6.20	2
5	1.25	18.35	22.75	2	1.15	13.55	6.45	2
6	1.65	20.05	18.35	2	1.15	14.55	8.05	2
7	1.25	21.35	23.65	2	1.25	17.85	12.65	2
8	1.35	19.25	25.15	2	1.15	18.10	9.35	2
9	1.45	18.85	23.25	2	0.75	12.75	6.85	2
10	1.15	20.05	22.35	2	1.15	13.30	8.55	2
11	1.45	19.05	23.15	2	1.15	16.15	9.55	2
12	1.55	18.55	26.15	2	0.95	13.00	8.35	2
13	1.25	19.75	21.60	2				
14	1.45	21.90	23.30	2				
15	1.45	21.35	27.55	2				
Average	1.39	20.27	23.44	2.25	1	15	8	2
Standard deviation	0.14	1.51	2.29	0.45	0.18	2.09	1.88	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค5 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 04/3/2021 อายุผัก 17 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.7	22.4	31.8	3	0.95	12.9	7.9	2
2	1.4	22.4	31.8	3	1.1	15.3	18.4	3
3	1.8	21.3	29.1	3	1.2	17	12.9	2
4	1.4	21.45	28.3	3	1.2	13.8	10.8	2
5	1.4	20.1	29	3	1.25	14	12.7	2
6	1.95	18.5	32.4	3	1	15.3	10.95	2
7	2.1	28.4	33.3	3	1.5	18.4	20.5	2
8	2.3	29.8	31.1	3	1.6	19.5	13.8	2
9	1.6	28.3	30.2	3	1.4	14.7	11.3	2
10	1.6	21.4	31.65	3	1.9	15.5	9.1	3
11	1.6	20.5	29.5	3	1.4	19.3	13.9	2
12	1.6	17.3	29.4	3	1.3	13	11.4	2
13	1.6	19.4	25.5	3				
14	1.4	21.5	28.55	3				
15	1.6	20.5	30.2	3				
Average	1.67	22.65	30.12	3.00	1	16	13	2
Standard deviation	0.27	4.02	1.97	0.00	0.27	2.32	3.60	0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค6 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 07/3/2021 อายุผัก 20 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.45	21.45	37.55	4	1.45	12.35	4.02	2
2	N/A	N/A	N/A	N/A	2.05	13.05	13.05	3
3	2.1	17.05	30.05	4	1.85	17.4	11.65	3
4	2.05	22.25	37.1	4	2.05	12.1	12.65	2
5	2.35	17.15	32.45	4	1.65	12.05	16.15	2
6	1.35	20.05	35.65	4	1.65	15.65	12.35	2
7	2.35	19.65	30.55	4	1.35	11.25	20.35	3
8	2.05	20.05	36.25	4	1.75	20.05	14.55	3
9	1.85	18.35	30.45	4	N/A	N/A	N/A	N/A
10	1.65	20.15	31.6	4	1.55	15.05	14.05	3
11	1.45	17.35	37.05	4	2.05	18.55	18.35	2
12	2.05	17.05	31.35	4	1.25	13.05	12.15	2
13	2.35	17.45	28.45	4				
14	2.25	17.55	33.45	4				
15	1.75	21.05	35.15	4				
Average	1.93	19.14	33.36	4.00	2	15	14	2
Standard deviation	0.35	1.86	3.06	0.00	0.28	2.97	4.20	0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค7 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 10/3/2021 อายุผัก 23 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	2.7	19.6	33	4	0.95	12.9	9.1	2
2	N/A	N/A	N/A	N/A	1.2	13.5	19	4
3	2.9	21.1	46.8	4	1.2	16.4	13.6	2
4	3.2	22.45	44.3	4	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.95	21.6	40.6	5	0.95	13.3	20.95	2
6	2.95	20.4	46.9	4	1	15	15.4	2
7	2.95	no	29.5	3	1.1	14.3	24.8	3
8	2.7	18	41.8	4	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	3.5	25.3	42.4	4	1.2	15.2	18.45	3
11	3	20	44.2	4	1.2	18.8	20.5	3
12	2.95	21.1	41.2	4	N/A	N/A	N/A	N/A
13	2.95	18	50	4				
14	2.8	17.4	36	4				
15	2.85	22.3	39.6	4				
Average	2.95	21.06	41.25	4.00	1	15	18	3
Standard deviation	0.21	2.04	5.74	0.47	0.12	1.94	4.89	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค8 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 13/3/2021 อายุผัก 26 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.5	N/A	41.6	5	1.4	12.4	13.3	2
2	N/A	N/A	N/A	N/A	1.6	15.3	24.9	4
3	2.4	20.3	52.7	5	1.5	17.3	21.1	3
4	2.4	21.1	38.7	5	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.2	19.2	48.6	5	1.6	12.3	20.7	3
6	2.2	19.8	46.6	5	1.3	15	17.5	3
7	1.7	N/A	17.6	2	2.4	17.2	31.7	4
8	1.6	17.4	45.1	5	N/A	N/A	N/A	N/A
9	1.9	N/A	31.1	3	1.5	N/A	17.2	2
10	2.2	20.2	49.6	5	2.3	16	21.4	4
11	2.6	20.1	50.1	5	1.1	22.2	12.7	3
12	2.1	15.3	49.3	5	N/A	N/A	N/A	N/A
13	2.2	16.3	50.3	5				
14	2.2	N/A	36.6	5				
15	2.2	20.3	46.2	5				
Average	2.10	19.18	43.15	4.55	2	16	20	3
Standard deviation	0.32	1.91	9.56	1.04	0.44	3.16	5.88	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค9 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 16/3/2021 อายุผัก 29 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	1.9	N/A	43.3	6	1.6	12.3	14.8	3
2	N/A	N/A	N/A	N/A	2.7	12.9	32.5	5
3	2.1	N/A	56.1	6	1.6	N/A	24.2	3
4	2.2	N/A	50.7	6	N/A	N/A	N/A	N/A
5	2.3	17.1	51.3	6	1.5	14.7	21.8	4
6	2.2	19.15	48.8	6	1.4	N/A	17.7	3
7	1.6	N/A	16.4	3	1.8	N/A	31.75	4
8	2.2	N/A	49.7	6	N/A	N/A	N/A	N/A
9	2.1	N/A	25.3	3	1.6	N/A	16.8	2
10	2.3	22.2	50.2	5	1.8	N/A	21.7	4
11	2.3	18.8	55.2	6	1.5	17.1	22.2	4
12	2.2	N/A	54.9	6	N/A	N/A	N/A	N/A
13	2.2	N/A	58.5	6				
14	2.2	N/A	50.45	5				
15	2.2	N/A	50.55	6				
Average	2.14	19.31	47.24	5.36	2	14	23	4
Standard deviation	0.19	2.12	11.90	1.21	0.39	2.16	6.17	0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค10 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 19/3/2021 อายุผัก 32 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	5.05	N/A	50.05	7	2.15	N/A	13.05	3
2	N/A	N/A	N/A	N/A	3.35	N/A	34.45	6
3	5.05	N/A	69.45	7	1.15	N/A	28.05	3
4	5.05	N/A	46.55	7	N/A	N/A	N/A	N/A
5	5.05	N/A	55.05	7	4.05	N/A	22.45	3
6	5.9	N/A	51.65	7	2.35	N/A	19.25	2
7	N/A	N/A	N/A	N/A	2.65	N/A	32.05	3
8	5.05	N/A	55.75	7	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	5.05	N/A	52.35	7	3.05	N/A	18.05	4
11	5.35	N/A	59.55	7	3.3	N/A	26.15	5
12	4.45	N/A	54.05	7	N/A	N/A	N/A	N/A
13	5.15	N/A	58.05	7				
14	4.15	N/A	56.45	7				
15	4.15	N/A	50.75	7				
Average	4.95	N/A	54.98	7.00	3	N/A	24	4
Standard deviation	0.49	N/A	5.84	0.00	0.89	N/A	7.32	1.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค11 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 22/3/2021 อายุผัก 35 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	5.5	N/A	67.4	8	2.3	N/A	14.5	5
2	2.9	N/A	23	2	1.95	N/A	37.2	7
3	5	N/A	83.1	8	3.1	N/A	31.2	3
4	4.3	N/A	60.4	7	N/A	N/A	N/A	N/A
5	5.4	N/A	50.75	7	1.8	N/A	27.2	4
6	6.5	N/A	75.95	7	1.3	N/A	23.7	2
7	2.3	N/A	27.3	3	3	N/A	32	3
8	4.95	N/A	62	7	N/A	N/A	N/A	N/A
9	3.2	N/A	50.3	5	N/A	N/A	N/A	N/A
10	4.1	N/A	64.1	7	3.1	N/A	22.9	3
11	6	N/A	55.5	7	4	N/A	32.5	5
12	4.5	N/A	54.3	6	N/A	N/A	N/A	N/A
13	5	N/A	67	7				
14	5	N/A	68.5	6				
15	3.8	N/A	52.4	6				
Average	4.56	N/A	57.47	6.17	3	N/A	28	4
Standard deviation	1.16	N/A	16.07	1.90	0.88	N/A	7.15	1.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค12 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 25/3/2021 อายุผัก 38 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	6.9	N/A	80.9	8	2	N/A	22.5	4
2	2.5	N/A	30.3	2	5	N/A	46.5	6
3	6.5	N/A	90.2	9	3	N/A	31.2	4
4	5.6	N/A	75	8	N/A	N/A	N/A	N/A
5	5	N/A	71.9	7	3.1	N/A	35	4
6	7.1	N/A	87.5	8	2.5	N/A	27.4	2
7	2.5	N/A	34.4	4	4.3	N/A	40.4	4
8	6	N/A	82.5	8	N/A	N/A	N/A	N/A
9	4.8	N/A	58.5	6	N/A	N/A	N/A	N/A
10	6.7	N/A	81.3	7	2.5	N/A	23.3	4
11	6.3	N/A	67.5	8	4	N/A	35.1	6
12	6	N/A	67.6	8	N/A	N/A	N/A	N/A
13	6	N/A	69.5	7				
14	5.2	N/A	70.8	8				
15	4	N/A	65	8				
Average	5.41	N/A	68.86	6.92	3	N/A	33	4
Standard deviation	1.45	N/A	17.20	2.02	1.03	N/A	8.31	1.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค13 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 28/3/2021 อายุผัก 41 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	7.25	N/A	74.05	10	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	7.45	N/A	81.65	10	N/A	N/A	N/A	N/A
4	7.25	N/A	81.15	9	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7.05	N/A	69.05	10	N/A	N/A	N/A	N/A
6	9.95	N/A	82.05	11	N/A	N/A	N/A	N/A
7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	9.05	N/A	81.05	10	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	7.65	N/A	78.35	10	N/A	N/A	N/A	N/A
11	8.55	N/A	78.55	10	N/A	N/A	N/A	N/A
12	7.85	N/A	70	10	N/A	N/A	N/A	N/A
13	8.05	N/A	90.35	9				
14	7.45	N/A	75.55	10				
15	7.35	N/A	59.15	10				
Average	7.91	N/A	76.75	10.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	0.87	N/A	8.00	0.50	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค14 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 31/3/2021 อายุผัก 44 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เฉลี่ย	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	8.2	N/A	86.1	10	N/A	N/A	N/A	N/A
2	3.5	N/A	38.3	5	N/A	N/A	N/A	N/A
3	8.2	N/A	96.4	12	N/A	N/A	N/A	N/A
4	9.4	N/A	83.3	10	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7.3	N/A	104.4	11	N/A	N/A	N/A	N/A
6	8.7	N/A	93.6	12	N/A	N/A	N/A	N/A
7	3.4	N/A	52.9	7	N/A	N/A	N/A	N/A
8	8.5	N/A	82	11	N/A	N/A	N/A	N/A
9	6.2	N/A	62.3	7	N/A	N/A	N/A	N/A
10	8.9	N/A	95.3	10	N/A	N/A	N/A	N/A
11	8.3	N/A	83.3	11	N/A	N/A	N/A	N/A
12	11.2	N/A	85.1	10	N/A	N/A	N/A	N/A
13	8.05	N/A	90.35	9				
14	8.1	N/A	76.6	11				
15	7.3	N/A	73.8	11				
Average	7.68	N/A	80.25	9.67	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	2.04	N/A	17.56	2.19	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ค15 ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า (มิลลิเมตร) วันที่ 03/4/2021 อายุผัก 47 วัน

	Plant factory				Greenhouse			
	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้าง ใบจริง	จำนวน ใบจริง	ลำต้น	กว้างใบ เลี้ยง	กว้างใบ จริง	จำนวนใบ จริง
1	7.55	N/A	80.55	11	N/A	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	8.55	N/A	102.15	13	N/A	N/A	N/A	N/A
4	8.55	N/A	91.55	11	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7.55	N/A	85.05	11	N/A	N/A	N/A	N/A
6	9.55	N/A	97.55	13	N/A	N/A	N/A	N/A
7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	8.55	N/A	89.15	12	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	10.05	N/A	92.55	12	N/A	N/A	N/A	N/A
11	10.05	N/A	90.05	12	N/A	N/A	N/A	N/A
12	8.55	N/A	87.45	12	N/A	N/A	N/A	N/A
13	9.55	N/A	98.45	12				
14	9.55	N/A	80.05	12				
15	N/A	N/A	N/A	N/A				
Average	8.91	N/A	90.41	11.89	N/A	N/A	N/A	N/A
Standard deviation	0.90	N/A	7.09	0.78	N/A	N/A	N/A	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือนด้วยแสงประดิษฐ์

Aeroponic Tower with Artificial Lighting

กมลชนก ผลงาม¹, กิตติมา นวลขาว¹, จิรจิตต์ ต้นดีวัฒนกุลชัย¹, อาภัสสร ภูพานิช¹ และ ศศภัทรชัย วิชัยยะ^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
โทรศัพท์ 02-329-8336 Email : patvichaiya@hotmail.com

บทนำ

คนใส่ใจเรื่องสุขภาพหันมาบริโภคผักปลอดสารพิษ

สถานที่อยู่อาศัย มีพื้นที่จำกัด

Aeroponic tower ปลูกผักแนวตั้งในครัวเรือน

วัตถุประสงค์ ออกแบบและสร้างเครื่องปลูกผักแนวตั้งที่สามารถใช้งานได้ในพื้นที่จำกัด โดยใช้แสงประดิษฐ์เป็นพลังงานเพื่อการสังเคราะห์แสงแก่พืช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

Aeroponic tower มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 2 เมตร

- ชุดควบคุมระบบอัตโนมัติ
 - EC sensor & pH sensor
 - ปรับธาตุอาหาร และ pH โดยไมโครสตริ่ง
 - สามารถตั้งเวลาเปิด - ปิด การให้น้ำ
 - ควบคุมการเปิด - ปิด หลอดไฟ LED
 - ควบคุมความเร็วของชุดมอเตอร์หมุน
- การให้น้ำพืชมแบบ Aeroponic
 - โดยปั๊มไดอะแฟรม 12V
- การให้แสงพืชด้วย Artificial Light
- Tower ปลูกพืช
- กระบอกรับน้ำ
- ชุดมอเตอร์หมุน

ข้อมูลค่าแสงจากการวัดด้วยเครื่อง Spectrometer

PPFD หรือ Photosynthetic Photon Flux Density คือพลังงานแสงที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสง (มีหน่วยเป็น $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

แสง LED	PPFD 400-700nm	2113	PPFD 400-700nm	1155
	PPFD	2220		1665
PPFD-B	42.08		PPFD-B	2705
PPFD-R	90.62		PPFD-R	475.1
PPFD-G	78.62		PPFD-G	409.7
PPFD-custom 80-860nm	2220		PPFD-custom 80-860nm	1665

Plant factory

Greenhouse

จากการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่า PPFD ของการหมุน Aeroponic tower 1 รอบ ใน Plant factory จำนวนพื้นที่ใต้กราฟได้เท่ากับ $734.619 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ดังนั้นในหนึ่งวันที่จะได้รับพลังงานแสงเท่ากับ $132,231.42 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ต่อต้น/วัน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาของวันกับค่า PPFD ใน Greenhouse ในหนึ่งวันที่จะได้รับพลังงานแสงจากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟได้เท่ากับ $67,739.57 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ต่อต้น/วัน

ผลการทดลอง

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างการปลูกใน Plant factory กับ Greenhouse

ระบบควบคุมอัตโนมัติ

Blynk Application

- สั่งงาน เปิด - ปิด ปั๊มไดอะแฟรม, หลอดไฟ LED, มอเตอร์หมุน
- ตั้งเวลาการให้น้ำ (หน่วยเป็นวินาที)
- กราฟแสดงข้อมูล จากเซนเซอร์ EC และ ค่า pH
- แสดงผลค่า pH และสั่งการทำงานปั๊มไดอะแฟรมโดยอัตโนมัติ
- แสดงผลค่า EC และสั่งการทำงานปั๊มไดอะแฟรมโดยอัตโนมัติ

ผักเคล

ผักคะน้า

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผักเคลและผักคะน้าที่ปลูกด้วย Aeroponic tower มีการเจริญเติบโตเป็นสองเท่า และใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตพร้อมเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าการปลูกแบบ Hydroponic ใน Greenhouse โดยพืชที่ปลูกใน Aeroponic tower ได้รับแสงจากแสงประดิษฐ์ที่มีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดย Aeroponic tower มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 หน่วยต่อวัน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดสอบด้านคุณภาพของผลผลิตโดยการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer และความสามารถในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติคณะผู้จัดทำ



ชื่อ นางสาวกมลชนก พลงาม

การศึกษา

ระดับมัธยมตอนปลาย: จุฬารัตนราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช

ระดับปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ 508 หมู่ 6 ตำบลท่าเรือ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80290

โทรศัพท์ 088-690-0049

Email : kamonchanok.phonngarm@gmail.com

ความฝัน : อยากมีธุรกิจเกี่ยวกับการเกษตรเป็นของตนเอง สามารถขยาย

ตลาดได้ไกล และขยายธุรกิจให้เป็นที่รู้จักในระดับนานาชาติ



ชื่อ นางสาวกิตติมา นวลขาว

การศึกษา

ระดับมัธยมตอนปลาย : โรงเรียนสุราษฎร์ธานี 2

ระดับปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ 52 หมู่ 5 ตำบลคลองสระ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

84160

โทรศัพท์ 092-212-6688

Email : Tunyong2885@gmail.com

ความฝัน : อยากมีธุรกิจคอนโดมิเนียมที่มีระบบเทคโนโลยีการเกษตรที่

ทันสมัย และเป็นที่รู้จักทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ชื่อ นายจिरกิตต์ ตันติววัฒนกุลชัย

การศึกษา

ระดับมัธยมตอนปลาย: โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร

ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ 518 หมู่2 ตำบลหนองรี อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี 71220

โทรศัพท์ 098-056-6353

Email : togammat.folk@gmail.com

ความฝัน : เที่ยวรอบโลก ศึกษาเทคโนโลยีต่างๆแล้วนำกลับมาประยุกต์ในประเทศไทย



ชื่อ นางสาวอานัสสร รุวานนิช

การศึกษา

ระดับมัธยมตอนปลาย: โรงเรียนนาารีวิทยา ราชบุรี (St. Mary Convent)

ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ 487/76 ถนนศรีสุริยวงศ์ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี 70000

โทรศัพท์ 086-300-4782

Email : eyejung17216@gmail.com

ความฝัน : ทำงานทางด้านวิศวกรรมเกษตรที่เรียนมาเป็นเวลา 1-2 ปี แล้วไปศึกษาต่อปริญญาโทด้านบริหารธุรกิจ เพื่อพัฒนาธุรกิจส่วนตัวให้เติบโตมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.