แปลงผักในร่มภายใต้การให้แสงสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสง

Vegetable indoor Plants under Light Emitting Diodes

นายอาคม ลักษณะสกุล

นายอภิรัญธ์ จันทร์ทอง

วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ

มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณรายจ่ายเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๐

แปลงผักในร่มภายใต้การให้แสงสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสง

นายอาคม ลักษณะสกุล[1]นายอภิรัญธ์ จันทร์ทอง[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปลูกผักในร่มภายใต้การให้แสงสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสง หลอด LED หลอด LED ในการทดลองนี้ประกอบด้วย หลอดแบบ Dual Spectrum จำนวน 3 หลอด แบบ Full Spectrum จำนวน 2 หลอด และหลอด LED แบบใช้งานทั่วไปจำนวน 1 หลอด โดย โดยเป็นหลอดที่มีราคาอยู่ในช่วง 400 ถึง 1500 บาท และหลอด LED Daylight จำนวน 1 หลอด ทำการปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุมการปิดเปิดหลอด LED ให้ทำงานและหยุดสลับกัน 12 ชั่วโมง และมีระบบระบายอากาศเพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส ใช้กระถางปลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร ผักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด โดยการปลูกแบบใช้ดิน ผลการวิจัยพบว่า การเจริญเติบโตของผักทั้ง 3 ชนิดยังไม่เป็นไปตามที่คาดหวังเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกด้วยแสงอาทิตย์

คำสำคัญ แปลงผัก ไดโอดเปล่งแสง ในร่ม

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Vegetable indoor Plants under Light Emitting Diodes

Mr.Arkhom Luksanasakul[1] Mr.Apirun Chanthong[1]

ABSTRACT

This research is an Experimental Study on Vegetable Indoor Plants under Light Emitting Diode. The LEDs in this experiment consist of 2 lamps of Dual Spectrum LED, 3 lamps of Full Spectrum LED and one general purpose LED lamp. All prices are in the range of 400 to 1500 Baht. The experiments take place in a build which controls the opening and closing of the LEDs to work and stop for 12 hours. Including the ventilation system to keep the temperature in the range between 30-35 degree Celsius. Using an Experiment pot with a diameter of 65 cm. The vegetables used in the experiment included Chinese Morning Glory, Lettuce, and Chinese cabbage by use the general soil cultivation. The result found that Growth of all three vegetables under the selected LEDs grow lights was not as expected compared with traditional Cultivation.

Keywords: Vegetable, Plant, LEDs, Indoor

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนสถานที่ทำวิจัยและเก็บข้อมูลตลอดจนทรัพยากรเพื่อการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักศึกษาและผู้มีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูลที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

นายอาคม ลักษณะสกุล

นายอภิรัญธ์ จันทร์ทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
1.5.1 LED	3
1.5.2 ความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	5
1.5.3 ปฏิกิริยาของพืชที่ตอบสนองต่อลักษณะของแสง LED	6
1.5.4 (PHOTOSYNTHETIC ACTIVE RADIATION; PAR)	6
1.5.5 แสงอัลตราไวโอเลต	6
1.5.6 ความหนาแน่นของโฟรตอนการสังเคราะห์แสง	7
1.5.7 ค่าองค์ประกอบสเปกตรัมของแสง	7
1.5.8 ARDUINO	8
1.5.9 LIGHT EMITTER DIODE	8
1.5.10 การปลูกผักสวนครัว	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	12
2.1 การออกแบบการทดลอง	12
2.1.1 การทดลองกับกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก	12
2.1.2 การทดลองกับกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน	12
2.2 อุปกรณ์การทดลอง	12
2.3 โรงเรือนและกระถางปลูก	13
2.4 ระบบควบคุม สำหรับการทดลอง	15
2.5 การปลูกและการเก็บข้อมูล	17
2.5.1 การปลูกกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก	17
บทที่ 3 ผลการวิจัย	19
3.1 ผลของค่าความส่องสว่างของหลอด LED	19
3.2 ผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก	20
3.3 ผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน	24
3.4 เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือนและภายใต้แสงธรรมชาติ	32
บทที่ 4 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	36

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 1 กระบวนการกำเนิดแสงของ LED 3
ภาพที่ 1 2 การตอบสนองมาตรฐานของสายตามนุษย์ต่อแสง 5
ภาพที่ 1 3 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ 5
ภาพที่ 1 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO 8
ภาพที่ 2 1 โรงเรียนสำหรับการทดลอง 13
ภาพที่ 2 2 กระถางสำหรับการทดลองด้วยหลอด LED 14
ภาพที่ 2 3 กระถางสำหรับการทดลองด้วยแสงอาทิตย์ 15
ภาพที่ 2 4 ออกแบบวงจรควบคุมแสงสว่างและอุณหภูมิในโรงเรือน 16
ภาพที่ 2 5 การทดสอบวงจรควบคุมระบบไฟ LED 16
ภาพที่ 3 1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ 22
ภาพที่ 3 2 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสงธรรมชาติ 22
ภาพที่ 3 3 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ 23
ภาพที่ 3 4 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 1 26
ภาพที่ 3 5 การเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 1 26
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ
ภาพที่ 3 6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 2 27
ภาพที่ 3 7 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 2 27
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ
ภาพที่ 3 8 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 3 28
ภาพที่ 3 9 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 3 28
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ
ภาพที่ 3 10 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 4 29
ภาพที่ 3 11 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 4 29
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3 12 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 5 30
ภาพที่ 3 13 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 5 30
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ
ภาพที่ 3 14 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 6 31
ภาพที่ 3 15 การเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 6 31
ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ
ภาพที่ 3 16 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้ 32
LED และแสงธรรมชาติ
ภาพที่ 3 17 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้ 32
LED และแสงธรรมชาติ
ภาพที่ 3 18 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้ 33
LED และแสงธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 1 LIGHT-EMITTING DIODES [3] 4
ตารางที่ 1 2 ช่วงความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [6] 7
ตารางที่ 1 3 ช่วงความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [7] 7
ตารางที่ 1 4 ความยาวคลื่นของ LED สีต่าง ๆ 9
ตารางที่ 2 1 TYPE AND CHARACTERISTIC OF LEDS FOR THE EXPERIMENT 13
ตารางที่ 2 2 หลอด LED สำหรับการทดลองและการเก็บค่าความส่องสว่าง 18
ตารางที่ 3 1 หลอด LED สำหรับการทดลองและการเก็บค่าความส่องสว่าง 19
ตารางที่ 3 2 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก 20
ตารางที่ 3 3 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน 24
ตารางที่ 3 4 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน 25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การขับเคลื่อนประเทศให้ไปสู่ความ “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” รัฐบาลให้ความสำคัญกับภาคเกษตรกรรมอย่างมาก ดังเห็นได้จากนโยบายรัฐบาล ภายใต้วิสัยทัศน์ “ภาคเกษตรก้าวไกลด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตลาดนำการผลิต ชีวิตเกษตรกรมีคุณภาพ ทรัพยากรการเกษตรมีความสมดุลและยั่งยืน” กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดกรอบแนวคิด และทิศทางการพัฒนาของแผนพัฒนาการเกษตรในแผนพัฒนาการเกษตร ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) โดยมีประเด็นสำคัญ เพื่อนาไปสู่การพัฒนาและแก้ไขในอนาคต การปรับตัวของเกษตรกรสู่เกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer) การวิจัยและพัฒนาด้านการเกษตร รวมถึงนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร โดยกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตร ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ในยุทธศาสตร์ที่ 3 เพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย การส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรมด้านการเกษตร การ พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ และการส่งเสริมการนางานวิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์ [1, 2]

ปัจจุบันประเทศไทยนับเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารเพื่อบริโภคในประเทศและผลิตเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศหลายประเภทอาหารด้วยกันแต่ทั้งนี้คุณภาพอาหารที่ได้จากการผลิตยังไม่มีความปลอดภัยเท่าที่ควรโดยเฉพาะอาหารประเภทผัก โดยอาหารประเภทนี้ส่วนใหญ่ที่ออกสู่ท้องตลาดภายในประเทศหรือส่งออกมีอัตราการตกค้างของสารเคมี สารปฏิชีวนะ และสารพิษตกค้าง สูงเกิดค่ามาตรฐาน MRLs (Maximum Residue Limits : ปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรงและส่งผลกระทบต่อภาคการส่งออก ทำให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศได้ [1,2,3,4] ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการตกค้างของสารเคมี สารพิษตกค้างในผัก เนื่องจากเกษตรกรต้องการปลูกผักให้ได้จำนวนมาก และเนื่องด้วยจากกระบวนการในการปลูกผักส่วนใหญ่เป็นการปลูกผักแบบกลางแจ้ง ใช้พื้นที่ในการปลูกเป็นจำนวนมากทำให้เกษตรกรต้องพบปัญหาซึ่งเกิดจากการรบกวนจากแมลงศัตรูพืชทำให้ต้องใช้สารเคมีในปริมาณมากเพื่อลดการระบาดของแมลงศัตรูพืช เมื่อปลูกผักได้ระยะเวลาหนึ่งจะทำให้พื้นที่ปลูกขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อผักทำให้ต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณที่สูงขึ้นซึ่งทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นไปด้วย นอกจากนี้เกษตรกรยังพบปัญหาพื้นที่ผักอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ ความชื้น อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมในการปลูก ส่งผลให้ไม่ได้ผลผลิตตามเป้าที่วางไว้ อีกทั้งฤดูกาลในการปลูกโดยฤดูกาลหนึ่งๆ จะเหมาะสำหรับการปลูกผักบางประเภท

เท่านั้นทำให้เกิดปัญหาผักบางประเภทขาดตลาดในบางฤดูกาลทำให้ราคาของผักเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ผู้บริโภคมีตัวเลือกในการบริโภคลดลง

ดังนั้นเพื่อลดปัญหาที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้เลยได้นำเสนอแปลงปลูกผักให้แสงสว่างโดยไดโอดเปล่งแสง ซึ่งระบบจะควบคุมปริมาณอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมสำหรับการปลูกผัก และเพื่อแก้ไขปัญหาในการปลูกผักซึ่งเกิดจากสภาวะแสงไม่เพียงพอในการปลูกผู้วิจัยจึงได้นำระบบการให้แสงสว่างโดยไดโอดเปล่งแสงเข้ามาช่วยในการบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งจะทำให้แปลงผักที่ได้สามารถปลูกได้หลายพื้นที่มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถขยายช่วงเวลาการสังเคราะห์ของพืชได้มากขึ้นทำให้สามารถเก็บเกี่ยวพืชได้เร็วขึ้น ทำให้ไม่ต้องคำนึกถึงแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ ซึ่งการทำงานโดยส่วนใหญ่จะถูกสั่งงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้ง่ายต่อการดูแลและควบคุมคุณภาพของผักที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ระบบสามารถปลูกผักในบริเวณซึ่งปราศจากแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติได้ด้วยไดโอดเปล่งแสง

1.2.2 เพื่อให้ได้ระบบปลูกผักที่ให้ปริมาณผลผลิตดีกว่าการปลูกผักแบบเดิม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ควบคุมการให้แสงสว่างของแปลงผักในร่มโดยใช้ไดโอดเปล่งแสง ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino แปลงผักในร่มภายใต้การให้แสงสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสงมีแนวความคิดในการพัฒนาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้ดังนี้

1.3.1 ฮาร์ดแวร์ โดยระบบจะประกอบด้วย

1.3.1.1 แหล่งกำเนิดแสงจากไดโอดเปล่งแสง ถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรล-เลอร์เพื่อให้มีความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช

1.3.1.2 แปลงปลูกพืช คือ ส่วนสำหรับปลูกผักและวางระบบให้แสงจากไดโอดเปล่งแสง

1.3.2 ซอฟแวร์ คือ โปรแกรมที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

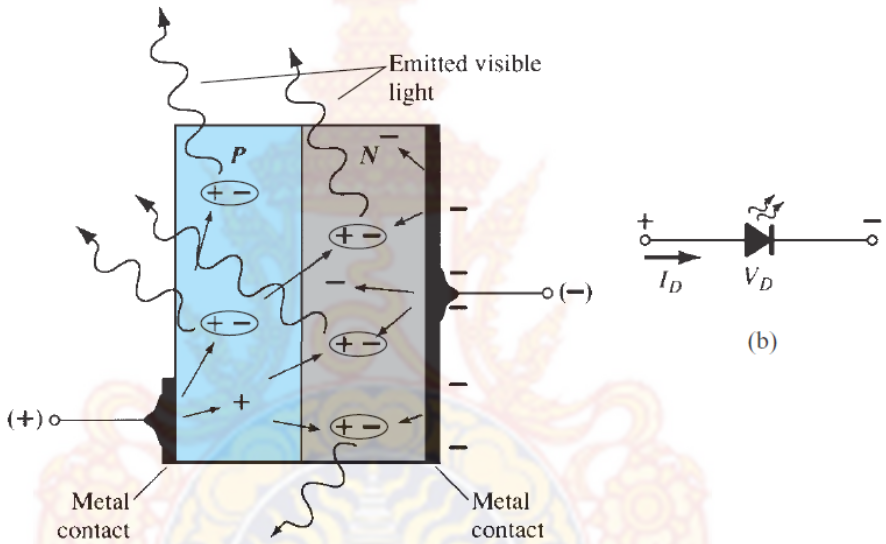
1.4.1 ระบบสามารถปลูกในสถานที่ซึ่งปราศจากแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติได้

1.4.2 ระบบสามารถให้จำนวนผลผลิตการปลูกแบบเทียบเท่าการให้แสงแบบธรรมชาติได้

1.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 LED

LED ย่อมาจาก Light-Emitting Diode เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ปล่อยแสงออกมาเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมัน ในทิศทาง Forward-Biased ซึ่งจะทำให้อนุภาคที่นำกระแส (Electrons และ Holes) เกิดการต่อกันภายในวัสดุสารกึ่งตัวนำ ในทุกอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นแบบ P-N Junction จะเกิดพลังงานขึ้นในขณะที่อิเล็กตรอนอิสระข้ามรอยต่อ P-N ซึ่งส่วนหนึ่งของพลังงานนี้จะปล่อยออกมาในรูปแบบความร้อน (Heat) และบางส่วนถูกปล่อยออกมาในรูปของโพตอน (Photons) ซึ่งกระบวนการของการให้แสงโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้า จะเรียกว่า Electroluminescence [3] ดังแสดงในภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กระบวนการกำเนิดแสงของ LED [3]

วัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิคอนและเจอร์เมเนียมเมื่อเกิดการนำกระแสผ่านรอยต่อ P-N ส่วนใหญ่จะปล่อยพลังงานในรูปความร้อนและจะมีพลังงานในรูปแสงจะปล่อยออกมาเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ซิลิคอนและเจอร์เมเนียมจึงไม่ถูกนำมาใช้ทำเป็น LED สำหรับในสารอื่น เช่น Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP) หรือ Gallium Phosphide (GaP) จำนวนโพตอนของแสงที่ปล่อยออกมาจะมีมากกว่าจึงเหมาะสำหรับการนำไปสร้างเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มองเห็นได้ชัดเจน ทั้งนี้วัสดุสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน จะให้แสงออกมาแตกต่างกัน เช่น สาร Aluminum Indium Gallium Phosphide (AlInGaP) จะให้แสงสีเหลืองอำพัน สาร Gallium Nitride (GaN) จะให้แสงสีฟ้า สาร Gallium phosphide (GaP) จะให้แสงสีเขียว เป็นต้น ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 Light-Emitting Diodes [3]

Color	Construction	Typical Forward Voltage (V)
Amber	AlInGaP	2.1
Blue	GaN	5.0
Green	GaP	2.2
Orange	GaAsP	2.0
Red	GaAsP	1.8
White	GaN	4.1
Yellow	AlInGaP	2.1

แสงและเสียงมีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือมีย่านความถี่ต่าง ๆ กัน เสียงแหลมสูงก็มีความถี่สูง เสียงทุ้มต่ำก็จะเกิดจากความถี่ต่ำ เช่นเดียวกันกับแสง

สเปกตรัมความถี่ (Frequency Spectrum) ของแสงอินฟาเรด อยู่ในย่านประมาณ 100THz ถึง 400 THz โดยแสงที่สามารถมองเห็นได้จะมีสเปกตรัมความถี่อยู่ในช่วง 400 ถึง 750THz (T =Tera)

จะเห็นได้ว่าแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้จะมีความถี่ที่ต่ำกว่าแสงที่สามารถมองเห็น โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงการตอบสนองของอุปกรณ์กำเนิดแสงจะกล่าวถึงความยาวคลื่น (Wavelength) มากกว่าความถี่ (Frequency) ของมัน ซึ่งปริมาณทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{(m)} \qquad \text{1-1}$$

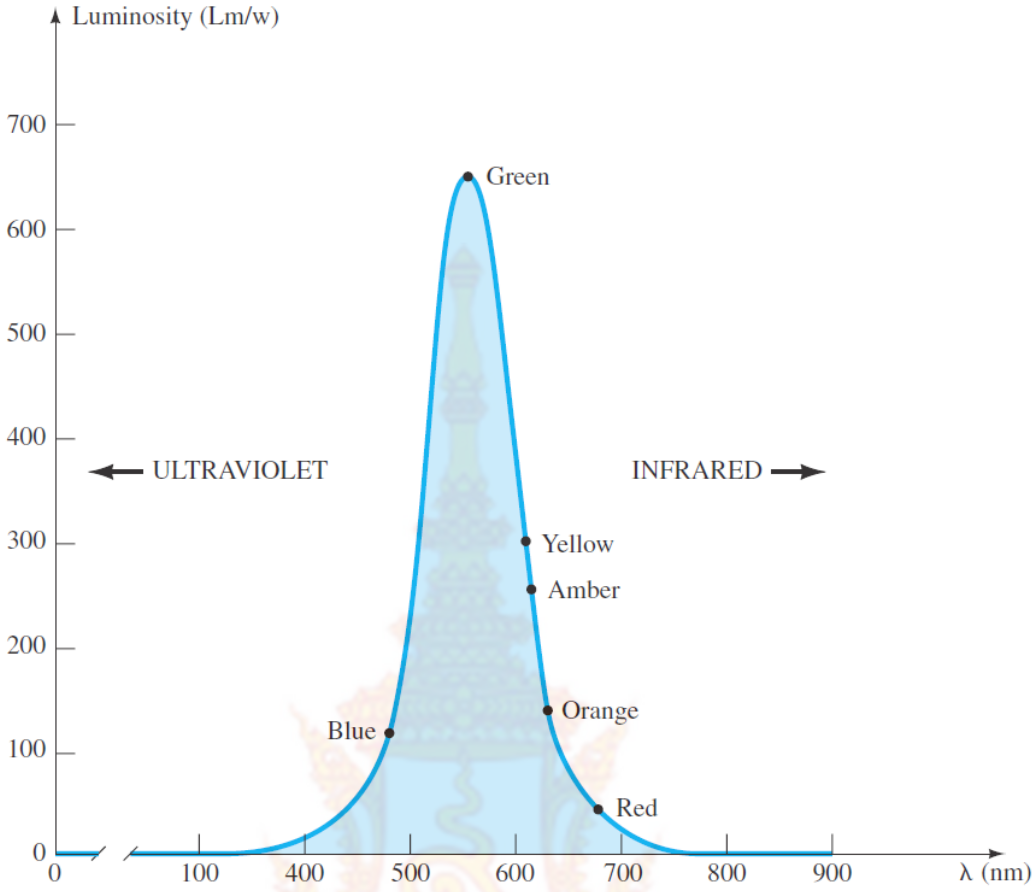
โดยที่ c คือ ค่าคงที่ของความเร็วแสงในสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ 3 x 10^8 m/s

f คือ ความถี่ (Frequency) มีหน่วยเป็น Hz

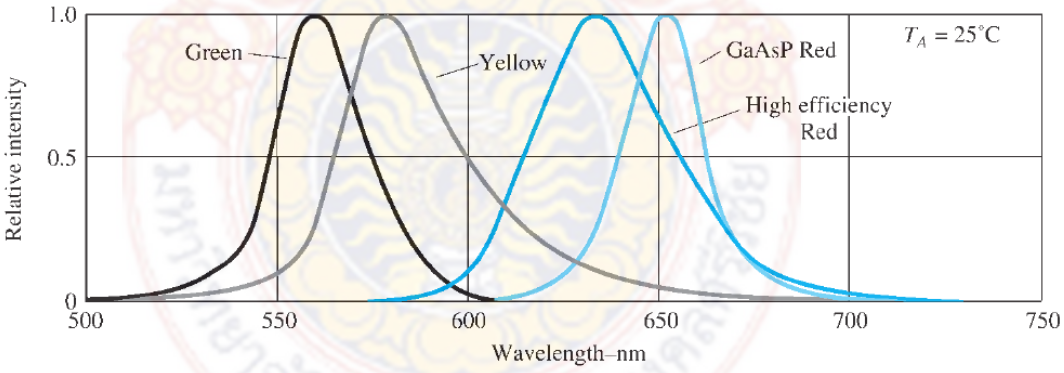
λ คือ ความยาวคลื่น (Wavelength) มีหน่วยเป็น m

เมื่อใช้สมการที่ 1-1 จะพบว่าความถี่ต่ำจะได้ความยาวคลื่นมีค่าสูง โดยแผนภูมิส่วนมากจะใช้หน่วยของความยาวคลื่นเป็นนาโนเมตร (nanometers: nm)

การตอบสนองของสายตาของมนุษย์ในการมองเห็นพลังงานแสงจะมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 350 nm ถึง 800 nm โดยมีค่าสูงสุดอยู่ประมาณ 550 nm นั่นหมายถึงการตอบสนองของสายตามนุษย์จะตอบสนองต่อสีเขียวมากที่สุด สำหรับสีแดงและสีน้ำเงินจะมีค่าต่ำสุด แผนภูมิดังภาพที่ 1-2 แสดงให้เห็นว่า LED สีแดง และสีน้ำเงินต้องมีประสิทธิภาพสูงกว่าสีเขียวจึงจะทำให้สายตาสามารถมองเห็นได้ที่ความเข้มเท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าสายตาสามารถตอบสนองต่อแสงสีเขียวได้ไวกว่าแสงสีอื่น และพึงจำไว้ว่า ความยาวคลื่นที่แสดงดังภาพที่ 1-2 เป็นความยาวคลื่นสูงสุดของแต่ละสี โดยทุกสีจะมี Curve การตอบสนองเป็นรูประฆังคว่ำของแต่ละสีเช่นเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1-2 การตอบสนองมาตรฐานของสายตามนุษย์ต่อแสง [3]



ภาพที่ 1-3 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ [3]

1.5.2 ความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

นับตั้งแต่องค์การนาซาเริ่มทดลองใช้หลอด LED สำหรับปลูกพืชในช่วงทศวรรษที่ 1980 ทำให้ทราบว่าคลื่นแสงที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อพืชอย่างกว้างขวาง สเปกตรัมบางตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช บางสเปกตรัมเพิ่มผลผลิตในดอกไม้และผลไม้ บางสเปกตรัมดูเหมือนจะมีผลน้อยมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น

ผู้ปลูกในร่มส่วนใหญ่จะเชื่อว่าแสงสำหรับการปลูกพืชในร่มที่ดีที่สุดจะมีสเปกตรัมของแสงเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ที่มากกว่าคลื่นแสงที่มองเห็นได้ หลังจากที่ทุกพืชมีวิวัฒนาการมานับล้านปีเพื่อให้สามารถแปลงพลังงานแสงเป็นคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลได้ดีที่สุด แสงที่หาได้ง่ายที่สุดจากดวงอาทิตย์อยู่ในสเปกตรัมตรงกลางที่เราเห็นว่าเป็นสีเขียวสีเหลืองและสีส้ม นี่คือความถี่หลักที่ดวงตาของมนุษย์ใช้ แต่จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความถี่แสงเหล่านี้ถูกใช้น้อยที่สุด การสังเคราะห์แสงส่วนใหญ่อยู่ในความถี่สีฟ้าและสีแดง[4]

1.5.3 ปฏิกิริยาของพืชที่ตอบสนองต่อลักษณะของแสง LED

แสงสำหรับการปลูกพืชแตกต่างจากแสงสำหรับมนุษย์ พลังงานแสงสำหรับมนุษย์นั้นสามารถวัดได้เป็นลูเมน (Lumens) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่อพื้นที่ อาจเรียกว่า ระดับความสว่าง (Lighting Illuminance level) ที่สามารถวัดเป็นความส่องสว่าง (Illuminance, E) ที่มีหน่วยเป็น Lux (Lumens Per Square Meter) หรือ Foot-candles (Lumens Per Square Foot) แสงสำหรับการปลูกพืชนั้น จากการทดลองพบว่าคุณสมบัติของแสงที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน [5] เช่น ความหนาแน่นของโฟตอนการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD) ในช่วงสเปกตรัมของแสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (PAR Spectral) ค่าช่วงแสง (Photoperiod) ค่าองค์ประกอบสเปกตรัมของแสง (Light Spectral Composition) ค่าโหมดของแสง (Lighting Mode) เช่น ช่วงเวลา (Timing) ความต่อเนื่อง (Continuous)

1.5.4 (Photosynthetic Active Radiation; PAR)

ปริมาณของแสงที่ใช้สำหรับการสังเคราะห์แสงของพืช จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการนำเสนอช่วงความยาวแสงที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชอาจมีความแตกต่างกันเล็กน้อยดังแสดงใน ตารางที่ 1-2 และตารางที่ 1-3 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่สุดอยู่ระหว่าง 400 ถึง 700 นาโนเมตร

1.5.5 แสงอัลตราไวโอเลต

แสงอัลตราไวโอเลต (10nm - 400nm) แม้ว่าการสัมผัสกับแสง UV จะทำให้เกิดอันตรายต่อพืช แต่แสงอัลตราไวโอเลตในปริมาณน้อย ๆ อาจมีผลดี ในหลาย ๆ กรณี เช่น แสงยูวีเป็นส่วนสำคัญอย่างมากเกี่ยวกับสีของพืช รสชาติ กลิ่น เป็นต้น จากผลของการศึกษาพบว่า แสงยูวีที่ 385 nm ช่วยในการสะสมสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ของพืช ช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช แต่ไม่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโต

ตารางที่ 1-2 ช่วงความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [6]

ช่วงความยาวคลื่น (nm)	อิทธิพลที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช
380-436 (ม่วง)	ไม่แน่นอน
436-495 (น้ำเงิน)	เหมาะสมสำหรับการเพาะเมล็ด และช่วงการอนุบาลพืช
495-566 (เขียว)	ไม่ชัดเจน ช่วยในการสังเคราะห์แสง
566-589 (เหลือง)	ไม่ชัดเจน ช่วยในการสังเคราะห์แสง
589-627 (ส้ม)	เป็นช่วงที่เหมาะที่สุดสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
627-770 (แดง)	เป็นช่วงที่เหมาะที่สุดสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ช่วยเร่งดอก ลำต้น

ตารางที่ 1-3 ช่วงความยาวคลื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [7]

ช่วงความยาวคลื่น (nm)	อิทธิพลที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช
280–315	มีผลน้อยต่อกระบวนการ Morphological และ physiological
315–400	คลอโรฟิลจะดูดซับได้น้อย เป็นแสงที่ส่งผลต่อการขยายตัวของเนื้อเยื่อ การยืดตัวของลำต้น
400–520	เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด
520–610	เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีการดูดซับต่ำ
610–720	มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และ Light Cycle Effect
720–1000	อัตราการดูดซึมต่ำกระตุ้นการขยายตัวของเซลล์ส่งผลกระทบต่อการออกดอกและการงอกของเมล็ด
>1000	แปลงเป็นความร้อน

1.5.6 ความหนาแน่นของโฟรตอนการสังเคราะห์แสง

ความหนาแน่นของโฟรตอนการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD) เป็นค่าการแผ่รังสีสำหรับการสังเคราะห์แสง ซึ่งแสงจะตกกระทบบนพื้นผิว โดยวัดเป็นความหนาแน่นของโฟตอนที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง มีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ($\mu mol\, m^{-2} s^{-1}$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-2000 $\mu mol\, m^{-2} s^{-1}$

1.5.7 ค่าองค์ประกอบสเปกตรัมของแสง

ค่าองค์ประกอบสเปกตรัมของแสง (Light Spectral Composition)

1.5.7.1 ค่าโหมดของแสง (Lighting Mode)

1.5.7.2 ช่วงเวลา (Timing)

1.5.7.3 ความต่อเนื่อง (Continuous)

1.5.8 Arduino

Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดที่ใช้ ATmega328P เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการประมวลผล ซึ่งมีขนาด 14 ขา Digital Input/Output สามารถใช้งานเป็น PWM 6 ขา Analog Input 6 ขา ใช้สัญญานนาฬิกาทำงาน 16 MHz นอกจากนั้นยังประกอบด้วยสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่สนับสนุนการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ การต่อใช้งานทำได้ง่ายโดยผ่าน USB Cable ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายโดยไม่ต้องกังวลถึงความผิดพลาดในกรใช้งานมากนัก ในกรณีที่เลวร้ายที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียก็สามารถเปลี่ยนใหม่ได้ในราคาที่ไม่แพง [8]

ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจุบัน Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวควบคุมในงานด้านต่าง ๆ อีกทั้งที่ซอฟแวร์เป็นแบบ Open Source และมีการใช้งานอย่างกว้างขวางที่ให้มีตัวอย่างในการพัฒนาโปรแกรมในการใช้งานอยางแพร่หลาย ทำให้ในปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าวจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง ดังภาพที่ 1-4

ภาพที่ 1-4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino [https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3]

Arduino มีจุดเด่นหลายประการจึงทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งานอย่างกว้างขวาง สามารถเรียนรู้ได้ง่าย เนื่องจากคำสั่งใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไลบรารี มีอุปกรณ์ต่อพ่วงที่สามารถใช้งานร่วมกันอย่างมากมาย ซึ่งล้วนแล้วแต่มีไลบรารีสนับสนุนการใช้งานพร้อมใช้ Arduino มีราคาไม่แพง โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนารองรับระบบปฏิบัติการทั้ง Windows Linux และ Mac มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน สามารถหา Source Code เพื่อการศึกษาและพัฒนาต่อยอดได้ง่าย

1.5.9 Light Emitter Diode

Light Emitter Diode (LED) หรือ ไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงได้ในช่วงสเปกตรัมแคบโดยสีที่เปล่งออกมาจะเป็นตัวบ่งบอกความยาวคลื่นของ LED แต่ละสี ตารางที่ 1 แสดงความยาวคลื่นของ LED สีต่าง ๆ

ตารางที่ 1-4 ความยาวคลื่นของ LED สีต่าง ๆ

สี	ความยาวคลื่น (Wavelength)
สีขาว	462 นาโนเมตร
สีฟ้า	470 นาโนเมตร
สีเขียว	560 นาโนเมตร
สีเหลือง	585 นาโนเมตร
สีแดง	633 นาโนเมตร

โดยในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นพืชจะอาศัยความยาวคลื่นเพียงช่วงใดช่วงหนึ่งเท่านั้นเพื่อช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจากธรรมชาติหรือแสงขาวประกอบไปด้วยความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 นาโนเมตร ถึงความยาวคลื่น 780 นาโนเมตร ทำให้สามารถอาศัยไดโอดเปล่งแสงเพื่อจำลองเป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับแปลงปลูกผักได้

1.5.10 การปลูกผักสวนครัว

การปลูกผักสวนครัวเพื่อการบริโภคในครัวเรือนสามารถทำได้ไม่ยาก พื้นที่ในการปลูกสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมตามที่อยู่อาศัย นอกจากการปลูกบนแปลงปลูกบนพื้นดินโดยทั่วไปแล้ว จะเห็นได้ว่าการปลูกในกระบะ กระถาง ชั้นวางแนวตั้ง แนวนอน การแขวนกำแพง แปลงลอยน้ำ หรือรูปแบบอื่น ๆ ก็สามารถทำได้ สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาสำหรับการปลูกผักก็คือ แสง เนื่องจากผักเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะผักจีน แปลงปลูกจำเป็นต้องได้รับแสงแดดเท่ากันตลอดแปลงตลอดวัน จำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่ง ทิศทาง ที่จะให้แปลงผักได้รับแสงแดดมากที่สุดอย่างน้อยครึ่งวัน สำหรับการปลูกผักในกระถางก็เช่นกัน ต้องวางตำแหน่งของกระถางให้ได้รับแสงแดดอย่างน้อยครึ่งวัน แต่การปลูกในกระถางก็มีข้อดีคือสามารถที่จะเคลื่อนย้ายกระถางไปรับแสงแดดหรือหลบแสงได้ตามต้องการหากแสงแรงเกินไป เพราะว่าแสงแรงเกินไปอาจทำให้ผักได้รับความร้อนมากเกินไปเช่นกัน ดังนั้นในกรณีที่เป็นแปลงปลูกบนดิน หากในช่วงที่แสงแดดจัดก็จำเป็นต้องหาอุปกรณ์บังหรือกรองแสงเพื่อป้องกันความร้อนเช่นกัน [9]

1.5.10.1 การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับการปลูกผักให้ขุดพลิกหน้าดินแปลงปลูก แล้วตากแดดทิ้งไว้ 7 วัน การทำแปลงให้ขุดดินลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยคลุกเคล้าให้ทั่วกันรดน้ำให้ชุ่ม ทิ้งไว้ 3-5 วัน ก็พร้อมสำหรับการปลูก สำหรับการเตรียมดินในกระถางหรือภาชนะอื่น ๆ ให้ทำการผสมดิน 1 ส่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก 1 ส่วน หรืออาจผสมทรายหรือขี้เถ้าแกลบไปด้วยเพื่อช่วยการระบายน้ำด้วยก็ได้ [9]

1.5.10.2 การปลูก

การปลูกผักสามารถทำได้ 2 วิธี คือการปลูกแบบเพราะต้นกล้าก่อนแล้วค่อยย้ายลงแปลงปลูก โดยการหว่านเมล็ดในแปลงเพาะต้นกล้าที่เตรียมไว้ก่อนแล้วโรยทับด้วยดินคลุกชนิดเดียวกันหนา 1 เซนติเมตร คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง รดน้ำให้ชุ่ม เช้า – เย็น หลังจากนั้นเมื่อต้นกล้ามีใบ 3-5 ใบก็ทำการย้ายลงแปลงปลูก โดยการย้ายควรจะทำในตอนเย็น [9]

การปลูกแบบหว่านเมล็ดลงแปลงปลูกทีเดียว ทำการหวานเมล็ดลงเปลงปลูกหรือหยอดลงร่องปลูกที่ลึกประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วโรยทับด้วยดินแบบเดียวกัน คลุมด้วยหญ้าแห้งหรือฟาง รดน้ำเช้า – เย็น เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 3 – 5 ใบ ก็ทำการจัดระยะห่างระหว่างต้นผักตามระยะผักตามชนิดของผัก [9]

3.1 การทบทวนวรรณกรรม

Camila C. Almeida, Pedro. S. Almeida, Nicolad R. C. Monteiro, Milena F. Pinto and Henrique A. C. Braga [6] เป็นการศึกษาระบบอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมไดโอดเปล่งแสงเพื่อสนับสนุนการทดลองทางด้านสรีรวิทยาของพืช โดยออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อลดกระบวนการและเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับโรงเรือนกระจกสำหรับการปลูกผัก โดยการออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อกำหนดค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมซึ่งนำมาใช้สำหรับแหล่งกำเนิดแสงชนิดไอโอดเปล่งแสง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของผัก ซึ่งวงจรสามารถควบคุมความเข้มแสงที่ดีที่สุด สามารถเพิ่มลดความเข้มแสงได้ มีการทำงานที่รวดเร็ว

Ahmad Nizar Harum, Nurul Najwa Ani, Robiah Ahmad, Nurul Syahirah Azmi [7] เป็นการศึกษาการควบคุมไดโอดเปล่งแสงสีแดงและสีฟ้าสำหรับการทำแปลงปลูกผักกวางตุ้งในร่ม เนื่องจากความไม่แน่นอนของสภาพอากาศและการรบกวนจากศัตรูพืชหรือโรคของพืช โดยจะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงและสีฟ้าในอัตราส่วน 16:4 ซึ่งถูกใช้จำลองแทนแหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีสเปกตรัมของแสงที่คล้ายคลึงกับสเปกตรัมในการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติมโตของพืชโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบ ความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับผักกวางตุ้ง จากการทดลองหาทำการเพิ่มความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงยังสามารถลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถปลูกผักได้หลายครั้งมากขึ้น

Yuanping Li, Huacai Chen, Huihua Ji, Shoubing Wang, Zhouhong Zhu [8] เป็นการศึกษาผลของการเสริมการส่องสว่างโดยไดโอดเปล่งแสงซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตต่อสตรอเบอร์รี่ โดยงานวิจัยนี้โดยในระบบจะใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งไดโอดเปล่งแสงจะมีสีและมีกำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน 4 ชนิด ซึ่งได้รับการออกแบบและพัฒนาสำหรับเสริมการส่องสว่างให้กับสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกในเรือนกระจก ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงแบบไดโอดเปล่งแสงมี 2 แบบ คือ แบบสีแดงและสี

ฟ้าในอัตราส่วน 5:1 และ แบบสีส้ม สีแดง และสีฟ้า ในอัตราส่วน 3:2:1 และทดสอบที่กำลังไฟฟ้าเป็น 30 60 120 วัตต์ โดยจะถูกเสริมให้ 4 ชั่วโมงในทุก ๆ วัน การเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่จะถูกตรวจสอบทุก ๆ 7 วัน โดยจะพิจารณาจากความสูงของต้น จำนวนใบ ความยาวก้านใบ ขนาดของใบ ซึ่งผลที่ได้จากการเสริมการส่องสว่างด้วยไดโอดเปล่งมีผลที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกภายใต้สภาพปกติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบสามารถปลูกผักในบริเวณซึ่งปราศจากแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติได้ด้วยไดโอดเปล่งแสง และเพื่อให้ได้ระบบปลูกผักที่ให้ปริมาณผลผลิตดีกว่าการปลูกผักแบบเดิม ดังนั้นเพื่อให้สามารถได้คำตอบการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการศึกษาทดลองดังนี้

2.1.1 การทดลองกับกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก

2.1.1.1 ทำการปลูกแบบทั่วไปภายนอกอาคารในกระถางที่ทำจากล้อยางรถยนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตรผักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด โดยการปลูกแบบใช้ดิน

2.1.1.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชทุกวัน โดยวัดความสูงของลำต้น ความกว้างของลำต้น และลักษณะทางกายภาพ

2.1.2 การทดลองกับกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

2.1.2.1 ทำการปลูกแบบทั่วไปภายในโรงเรือน ในกระถางที่ทำจากล้อยางรถยนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร ภายใต้การให้แสงโดย LED จำนวน 6 ชนิด ผักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด โดยการปลูกแบบใช้ดิน ภายในโรงเรือนมีระบบควบคุมการให้แสง LED 12 ชั่วโมง หยุด 12 ชั่วโมง และควบคุมอุณภูมิให้อยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซนเซียส

2.1.2.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชทุกวัน โดยวัดความสูงของลำต้น ความกว้างของลำต้น และลักษณะทางกายภาพ

2.2 อุปกรณ์การทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลอด LED ปลูกผักทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถหาซื้อได้ผ่านระบบออนไลน์ในปัจจัย ในการทดลองผู้วิจัยทำการเลือก LED ปลูกผักสำหรับการทดลองในครั้งนี้จำนวน 5 หลอด ซึ่งประกอบด้วย LED แบบ Dual Spectrum จำนวน 3 หลอด และแบบ Full Spectrum จำนวน 2 หลอด และเลือกหลอด LED แบบใช้งานทั่วไปจำนวน 1 หลอด ดังแสดงในตารางที่ 2-1

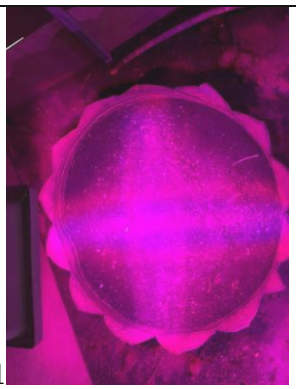
ตารางที่ 2-1 Type and Characteristic of LEDs for the Experiment

No.	Type	Descriptions	Power (Watt)	Luminous power (Lumen)
1	Dual Spectrum	2 Blue 4 Red	12	350
2	Dual Spectrum	3 Blue 6 Red	27	-
3	Dual Spectrum	160 Blue 640 Red	80	3200
4	Full Spectrum	18 Blue 42 Red 6 White 6 IR 6 UV	50	3200
5	Full Spectrum	12 Blue 22 Red 2 White 2 IR 2 UV	30	1200
6	LED Daylight	white LED	4	480

2.3 โรงเรือนและกระถางปลูก

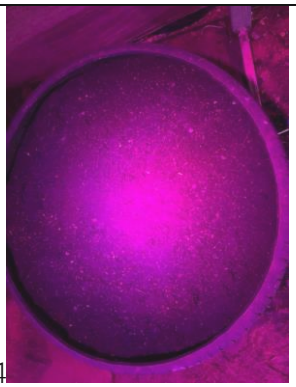
โรงเรียนสำหรับการทดลอง เป็นโรงเรือนขนาด 2 เมตร ยาว 4 เมตร พร้อมติดตั้งระบบระบายอากาศ เพื่อให้อากาศถ่ายเทอุณหภูมิไม่แตกต่างจากภายนอก สำหรับกระถางสำหรับการทดลองผู้วิจัยใช้กระถางที่ทำจากยางรถยนต์บรรจุดินสำหรับปลูกต้นไม้ที่มีขายทั่วไป แล้วทำการติดตั้งหลอด LED แต่ละชนิดตามตำแหน่งของกระถางทั้ง 6 ตำแหน่งแสดงดังภาพที่ 2-1

ภาพที่ 2-1 โรงเรียนสำหรับการทดลอง


1

2

3


4

5

6

ภาพที่ 2-2 กระถางสำหรับการทดลองด้วยหลอด LED

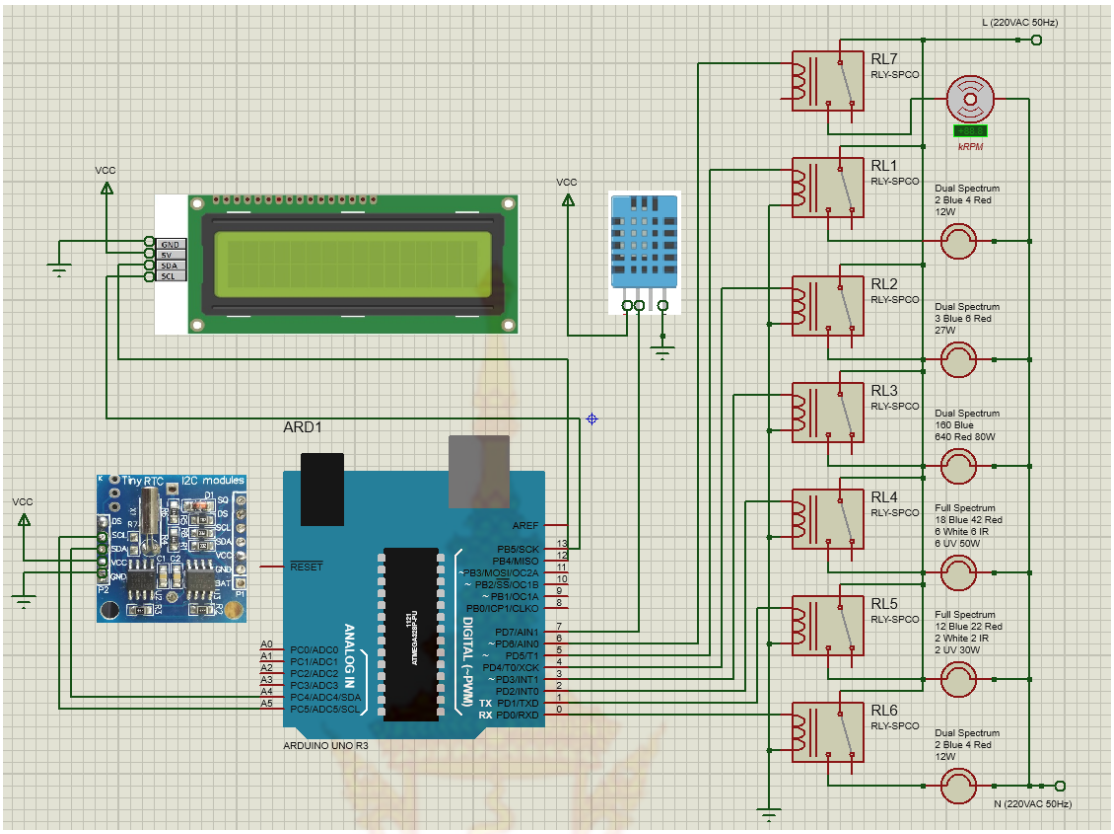
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ภาพที่ 2-3 กระถางสำหรับการทดลองด้วยแสงอาทิตย์

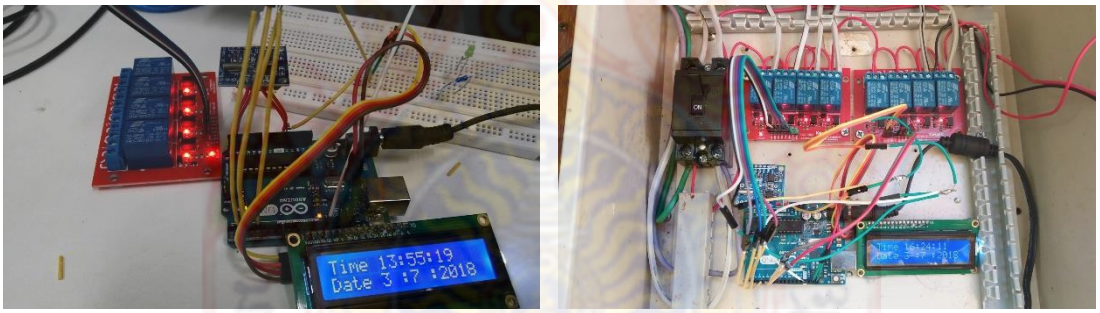
2.4 ระบบควบคุม สำหรับการทดลอง

การวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการเลือกหลอด LED สำหรับปลูกผักที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่พืชนามาใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง 380-770 นาโนเมตร จำนวน 5 หลอด โดยเป็นหลอดที่มีราคาอยู่ในช่วง 400 ถึง 1500 บาท และหลอด LED Daylight จำนวน 1 หลอด โดยออกแบบการควบคุมให้หลอด LED ให้มีการเปิด-ปิด ทุก ๆ 12 : 12 ชั่วโมง และภายในโรงเรียนมีระบบระบายอากาศเพื่อให้มีอากาศถ่ายเทโดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-35 ℃ เท่ากับสภาพอากาศภายนอกโรงเรือน

การควบคุมผู้วิจัยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ร่วมกับ RTC Module เป็นตัวควบคุมเวลา และ DHT11 สำหรับการวัดและควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยออกแบบวงจรควบคุมดังแสดงในภาพที่ 2-4 ออกแบบวงจรควบคุมแสงสว่างและอุณหภูมิในโรงเรือนภาพที่ 2-4 และภาพที่ 2-5 เป็นวงจรสำหรับการใช้งานจริง



ภาพที่ 2-4 ออกแบบวงจรควบคุมแสงสว่างและอุณหภูมิในโรงเรือน



ภาพที่ 2-5 การทดสอบวงจรควบคุมระบบไฟ LED

2.5 การปลูกและการเก็บข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยทำการปลูกแบบใช้ดิน โดยศึกษาวิธีการปลูกตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการปลูกในกระถางทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เซนติเมตร โดยใช้ดินผสมสำหรับปลูกพืชที่มีขายทั่วไป ผักที่ใช้ในการทดลอง เป็นผักบุ้ง ผักกาด และกวางตุ้ง ทำการปลูกในโรงเรือนที่สร้างขึ้น และทำการติดตั้งหลอด LED ตามที่ระบุใน Table 1 การติดตั้งสูงจากดินปลูกประมาณ 30 เซนติเมตร

2.5.1 การปลูกกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก

2.5.1.1 ทำการปลูกแบบทั่วไปภายนอกอาคารในกระถางที่ทำจากล้อยางรถยนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตรผักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด โดยการปลูกแบบใช้ดิน

2.5.1.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชทุกวัน โดยวัดความสูงของลำต้น ความกว้างของลำต้น และลักษณะทางกายภาพ

2.5.2 การปลูกกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

2.5.2.1 ทำการปลูกแบบทั่วไปภายในโรงเรือน ในกระถางที่ทำจากล้อยางรถยนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร ภายใต้การให้แสงโดย LED จำนวน 6 ชนิด ผักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด โดยการปลูกแบบใช้ดิน ภายในโรงเรือนมีระบบควบคุมการให้แสง LED 12 ชั่วโมง หยุด 12 ชั่วโมง และควบคุมอุณภูมิให้อยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซนเซียส

2.5.2.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชทุกวัน โดยวัดความสูงของลำต้น ความกว้างของลำต้น และลักษณะทางกายภาพ

ในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดคุณภาพของแสงสำหรับการปลูกพืชโดยตรง และเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการศึกษาผลการทดลองจึงใช้ เครื่องมือวัดแสงทั่วไปทำการวัดค่าความส่องสว่างในกระถางทดลองโดยวัดความส่องสว่างที่จุดกึ่งกลาง (Point A) และความส่องสว่างที่ขอบ (Point B) ของกระถางทดลอง ซึ่งได้ผลของความส่องสว่างของหลอดแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 หลอด LED สำหรับการทดลองและการเก็บค่าความส่องสว่าง

No.	Type	Luminous power (Lumen)	Illuminance Point A (Lux)	Illuminance Point B (Lux)
1	Dual Spectrum 2 Blue 4 Red 12W	350	1160	72
2	Dual Spectrum 3 Blue 6 Red 27W	-	14300	38
3	Dual Spectrum 160 Blue 640 Red 80W	3200	2140	700
4	Full Spectrum 18 Blue 42 Red 6 White 6 IR 6 UV 50W	3200	2500	450
5	Full Spectrum 12 Blue 22 Red 2 White 2 IR 2 UV 30W	1200	720	205
6	LED Daylight White LED	480	1100	400

บทที่ 3
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบสามารถปลูกผักในบริเวณซึ่งปราศจากแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติได้ด้วยไดโอดเปล่งแสง และเพื่อให้ได้ระบบปลูกผักที่ให้ปริมาณผลผลิตดีกว่าการปลูกผักแบบเดิม การดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างโรงเรือนจำลองเพื่อศึกษาผลการปลูกผักโดยใช้แสงจาก LED เปรียบเทียบกับการปลูกโดยใช้แสงธรรมชาติ และเก็บผลการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแตกต่างทั้งสองตัวอย่าง ผลการเก็บข้อมูลและผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.1 ผลของค่าความส่องสว่างของหลอด LED

ในการทดลองนี้ใช้หลอด LED สำหรับการทดลอง 6 ชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นหลอด LED สำหรับการปลูกพืชที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ในการทดลองในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดคุณภาพของแสงสำหรับการปลูกพืชโดยตรง และเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการศึกษาผลการทดลองจึงใช้เครื่องมือวัดแสงทั่วไปทำการวัดค่าความส่องสว่างในกระถางทดลองโดยวัดความส่องสว่างที่จุดกึ่งกลาง (Point A) และความส่องสว่างที่ขอบ (Point B) ของกระถางทดลอง ซึ่งได้ผลของความส่องสว่างของหลอดแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 หลอด LED สำหรับการทดลองและการเก็บค่าความส่องสว่าง

No.	Type	Luminous power (Lumen)	Illuminance Point A (Lux)	Illuminance Point B (Lux)
1	Dual Spectrum 2 Blue 4 Red 12W	350	1160	72
2	Dual Spectrum 3 Blue 6 Red 27W	-	14300	38
3	Dual Spectrum 160 Blue 640 Red 80W	3200	2140	700
4	Full Spectrum 18 Blue 42 Red 6 White 6 IR 6 UV 50W	3200	2500	450
5	Full Spectrum 12 Blue 22 Red 2 White 2 IR 2 UV 30W	1200	720	205
6	LED Daylight White LED	480	1100	400

จากตารางที่ 3-1 พบว่าหลอด Dual Spectrum 2 Blue 4 Red 12W ขนาด 12 Watt กำลังส่องสว่าง 350 Lumen ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 1160 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 72 Lux หลอด Dual Spectrum 3 Blue 6 Red ขนาด 27 Watt ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 14300 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 38 Lux หลอด Dual Spectrum 160 Blue 640 Red ขนาด 80 Watt กำลังส่องสว่าง 3200 Lumen ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 2140 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 700 Lux หลอด Full Spectrum 18 Blue 42 Red 6 White 6 IR 6 UV ขนาด 50 Watt กำลังส่องสว่าง 3200 Lumen ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 2500 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 450 Lux หลอด Full Spectrum 12 Blue 22 Red 2 White 2 IR 2 UV ขนาด 30 Watt กำลังส่องสว่าง 1200 Lumen ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 720 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 205 Lux หลอด LED Daylight White LED กำลังส่องสว่าง 480 Lumen ให้แสงที่ความสูง 30 เซนติเมตร ที่จุด A (จุดกึ่งกลาง) เท่ากับ 1100 Lux ที่จุด B (ขอบกระถาง) เท่ากับ 400 Lux

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าหลอดแต่ละชนิดในท้องตลาดมีความแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งด้านกำลังส่องสว่างและการกระจายแสงของดวงโคม ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวนี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.2 ผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก

การทดลองปลูกผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก ผู้วิจัยได้ปลูกผักจำนวน 3 ชนิด ประกอบด้วย ผักบุ้ง ผักกาด และผักกวางตุ้ง โดยปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร ภายใต้การควบคุมแบบปกติและทำการเก็บค่า ความเข้มการส่องสว่างของแสงธรรมชาติ และขนาดความสูงและความกว้างของผักดังแสดงตารางที่ 3-2 และกราฟดังแสดงใน ภาพที่ 3-1ภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3

ตารางที่ 3-2 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก

วันที่	ความเข้มการส่องสว่าง	กลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก					
		ผักบุ้ง		ผักกาด		ผักกวางตุ้ง	
	Klux	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)
1	88.2	0	0	0	0	0	0
2	108.3	0	0	1	0	1	0
3	86.5	0.5	0	2.5	0.1	2.5	0
4	88.8	1	0.2	2.5	0.2	2.5	0.1
5	60.4	2	0.3	3	0.3	3	0.1
6	107.8	3.8	0.3	3.5	0.3	3.5	0.2
7	78.4	3.9	0.3	4	0.4	3.5	0.2

วันที่	ความเข้มการส่องสว่าง	กลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอก					
		ผักบุ้ง		ผักกาด		ผักกวางตุ้ง	
	Klux	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)	ความสูง (ซม)	ความกว้าง (ซม)
8	105	6	0.4	4.5	0.4	4	0.2.5
9	103	6	0.4	6	0.5	5	0.3
10	99.9	7	0.4	6.5	0.6	6.8	0.3
11	101.9	9	0.4	7	0.6	8.2	0.4
12	78.9	11	0.5	7.5	0.7	9	0.5
13	94.7	12	0.5	9	0.7	10	0.7
14	85	14	0.5	10	0.8	11.5	0.85
15	105	15	0.5	11	0.8	13	1
16	76.3	16	0.6	11.5	0.9	14.2	1.2
17	90	17	0.6	14	1	16	1.4
18	87.5	19	0.6	14	1.3	17	1.5
19	98.3	20	0.6	15	1.8	18.3	1.7
20	105	21	0.7	16	2.5	20	1.8
21	85.6	23	0.7	16.5	2.7	21.2	2
22	70.3	24	0.7	17	3	23	2.1
23	85.9	24	0.7	18	3.5	24	2.5
24	100	25	0.7	20	3.5	25.5	2.5
25	90.2	26	0.8	21	3.5	26	2.7
26	99	26.5	0.8	21.5	4	27	2.8
27	100	27	0.8	22	4	28	2.8
28	102	27	0.8	22	4.5	28.5	2.9
29	89	28	0.8	23	4.5	30	2.9
30	101.2	29	0.8	24	4.5	32	2.9

จากภาพที่ 3-1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ จะเห็นได้ว่าผักบุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยในระยะเวลาการทดลอง 30 วันผักบุ้งมีการเจริญเติบโตโดยวัดจากขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 29 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.8 เซนติเมตร

ภาพที่ 3-1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ

จากภาพที่ 3-2 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสงธรรมชาติ จะเห็นได้ว่าผักกาดมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยในระยะเวลาการทดลอง 30 วันผักกาดมีการเจริญเติบโตโดยวัดจากขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 24 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 4.5 เซนติเมตร

ภาพที่ 3-2 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสงธรรมชาติ

จากภาพที่ 3-3 **กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ** จะเห็นได้ว่าผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยในระยะเวลาการทดลอง 30 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตโดยวัดจากขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 32 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 2.9 เซนติเมตร

ภาพที่ 3-3 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสงธรรมชาติ

3.3 ผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

การทดลองปลูกผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมการควบคุมภายในโรงเรือน ผู้วิจัยได้ปลูกผักจำนวน 3 ชนิดเช่นเดียวกับการปลูกภายใต้แสงธรรมชาติ ภายใต้หลอด LED 6 หลอดดังแสดงในตารางที่ 3-1 โดยปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร ภายใต้การควบคุมแบบปกติ และทำการเก็บค่า ความเข้มการส่องสว่างของแสงธรรมชาติ และขนาดความสูงและความกว้างของผัก ดังแสดงในตารางที่ 3-3 และตารางที่ 3-4 และกราฟดังแสดงในภาพที่ 3-4 ภาพที่ 3-6 ภาพที่ 3-8 ภาพที่ 3-10 ภาพที่ 3-12 และภาพที่ 3-14 ตามลำดับ

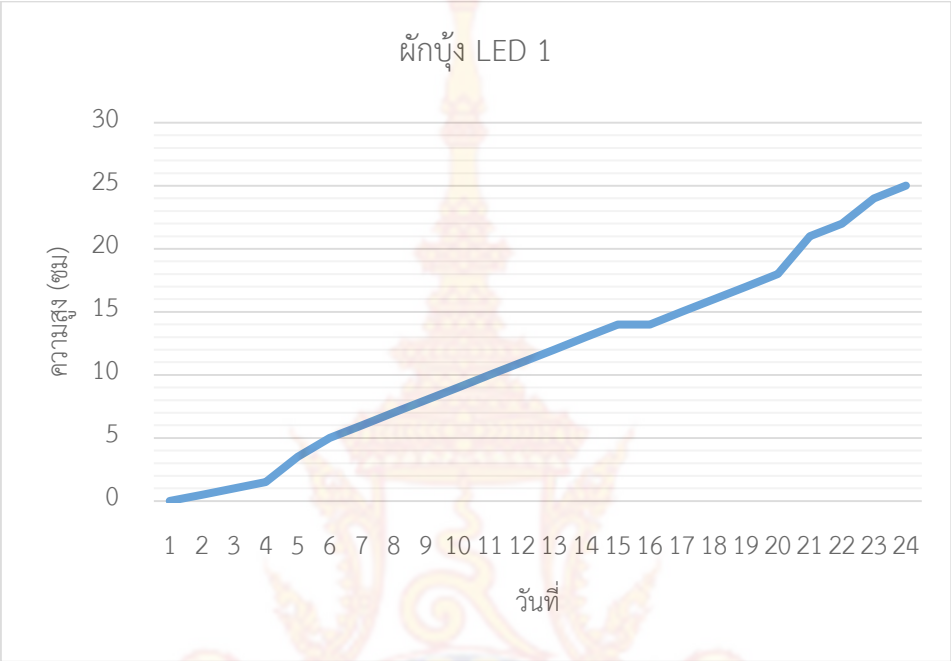
ตารางที่ 3-3 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

วันที่	กลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน								
	ผักบุ้ง (LED 1)			ผักกวางตุ้ง (LED 2)			ผักกาด (LED 3)		
	Klux	H (ซม)	W (ซม)	Klux	H (ซม)	W (ซม)	Klux	H (ซม)	W (ซม)
1	1.16	0	0	14.3	0	0	2.14	0	0
2	1.16	0	0	14.3	1	0	2.14	1	0
3	1.16	0.5	0	14.3	2.5	0	2.14	2.5	0
4	1.16	1	0	14.3	2.5	0	2.14	2.5	0
5	1.16	1.5	0.2	14.3	3	0.1	2.14	3	0.1
6	1.16	3.5	0.2	14.3	3.5	0.2	2.14	3.5	0.1
7	1.16	5	0.3	14.3	3.5	0.2	2.14	4	0.1
8	1.16	6	0.3	14.3	4	0.2	2.14	4.5	0.2
9	1.16	7	0.3	14.3	5	0.2	2.14	6.2	0.2
10	1.16	8	0.3	14.3	6.8	0.2	2.14	6.5	0.2
11	1.16	9	0.3	14.3	6.9	0.2	2.14	6.7	0.2
12	1.16	10	0.3	14.3	7	0.2	2.14	8	0.2
13	1.16	11	0.3	14.3	9	0.2	2.14	9	0.3
14	1.16	12	0.3	14.3	11	0.3	2.14	10	0.3
15	1.16	13	0.4	14.3	12	0.3	2.14	11	0.3
16	1.16	14	0.4	14.3	13	0.3	2.14	11	0.4
17	1.16	14	0.4	14.3	13.9	0.3	2.14	11.5	0.4
18	1.16	15	0.4	14.3	15	0.3	2.14	12	0.4
19	1.16	16	0.4	14.3	16.5	0.4	2.14	12	0.5
20	1.16	17	0.5	14.3	17	0.4	2.14	12	0.5
21	1.16	18	0.5	14.3	18	0.4	2.14	12.5	0.5
22	1.16	21	0.5	14.3	19	0.4	2.14	13	0.6
23	1.16	22	0.5	14.3	21	0.5	2.14	13	0.6
24	1.16	24	0.5	14.3	22	0.5	2.14	14	0.6
25	1.16	25	0.5	14.3	22	0.5	2.14	15	0.7

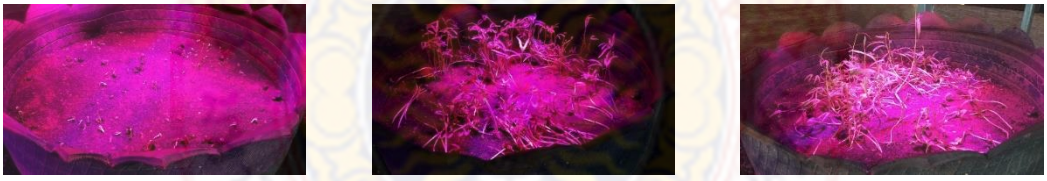
ตารางที่ 3-4 บันทึกผลการเจริญเติบโตของกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

วันที่	กลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือน								
	ผักกาด (LED 4)			ผักบุ้ง (LED 5)			ผักกวางตุ้ง (LED 6)		
	Klux	H (ซม)	W (ซม)	Klux	H (ซม)	W (ซม)	Klux	H (ซม)	W (ซม)
1	2.5	0	0	0.72	0	0	1.1	0	0
2	2.5	1	0	0.72	0	0	1.1	1	0
3	2.5	2.5	0	0.72	0.5	0	1.1	2.5	0.2
4	2.5	2.5	0	0.72	1	0	1.1	2.5	0.4
5	2.5	3	0.1	0.72	1.5	0.2	1.1	3	0.4
6	2.5	4	0.1	0.72	3.5	0.2	1.1	2.5	0.4
7	2.5	5	0.1	0.72	4	0.3	1.1	2.5	0.3
8	2.5	6	0.2	0.72	5	0.3	1.1	0	0
9	2.5	6.2	0.2	0.72	6.5	0.3	1.1	0	0
10	2.5	6.5	0.2	0.72	7	0.3	1.1	0	0
11	2.5	6.7	0.2	0.72	8.5	0.3	1.1	0	0
12	2.5	7	0.2	0.72	10	0.3	1.1	0	0
13	2.5	8.5	0.3	0.72	11	0.3	1.1	0	0
14	2.5	9	0.3	0.72	11.5	0.3	1.1	0	0
15	2.5	11	0.3	0.72	13	0.3	1.1	0	0
16	2.5	11	0.4	0.72	14	0.4	1.1	0	0
17	2.5	12	0.4	0.72	15	0.4	1.1	0	0
18	2.5	12.5	0.4	0.72	17	0.4	1.1	0	0
19	2.5	13	0.5	0.72	18	0.4	1.1	0	0
20	2.5	14	0.5	0.72	18.5	0.4	1.1	0	0
21	2.5	15	0.5	0.72	19	0.4	1.1	0	0
22	2.5	15.5	0.6	0.72	20	0.4	1.1	0	0
23	2.5	16	0.6	0.72	21	0.5	1.1	0	0
24	2.5	18	0.6	0.72	22	0.5	1.1	0	0
25	2.5	20	0.7	0.72	23	0.5	1.1	0	0

จากภาพที่ 3-4 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 1 จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักบุ้งมีการเจริญเติบโตแบบไม่ปกติ คือผักจะเติบโตเฉพาะด้านความสูงของลำต้นเท่านั้น ไม่มีการแตกกิ่งก้านและใบที่ปกติ โดยวัดขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 25 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.5 และพบว่าผักมีความอ่อนแอมาก ดังจะเห็นได้จากการให้ปุ๋ยโดยการผสมน้ำเพียงเล็กน้อยในวันที่ 25 ก็ทำให้ผักเฉาตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-5



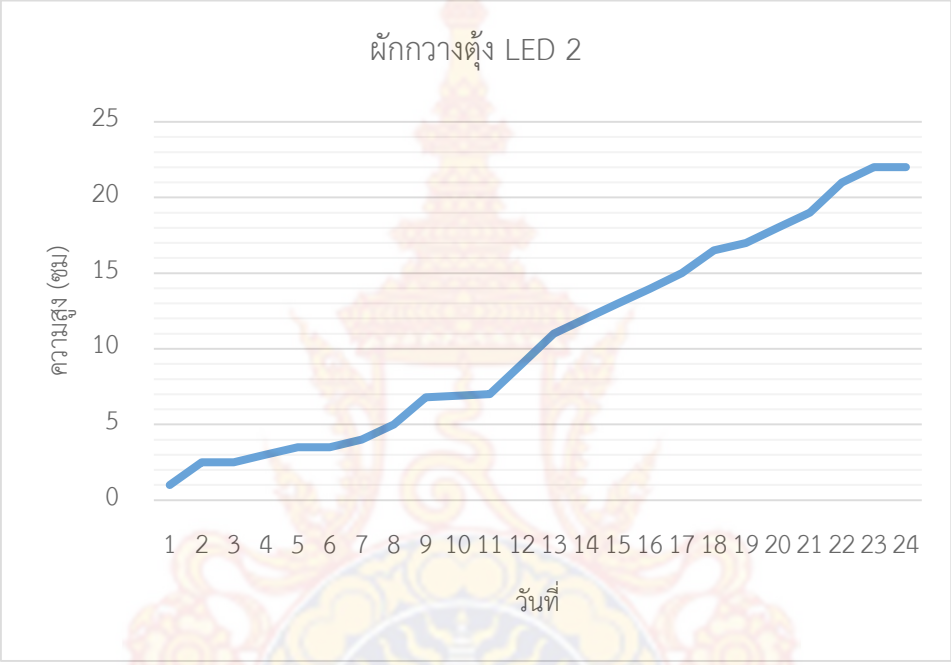
ภาพที่ 3-4 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 1



ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-5 การเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 1 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

จากภาพที่ 3-6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 2 จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตแบบไม่ปกติ คือผักจะเติบโตเฉพาะด้านความสูงของลำต้นเท่านั้น ไม่มีการแตกกิ่งก้านและใบที่ปกติ โดยวัดขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 22 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.5 และพบว่าผักมีความอ่อนแอมาก ดังจะเห็นได้จากการให้ปุ๋ยโดยการผสมน้ำเพียงเล็กน้อยในวันที่ 25 ก็ทำให้ผักเฉาตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-7

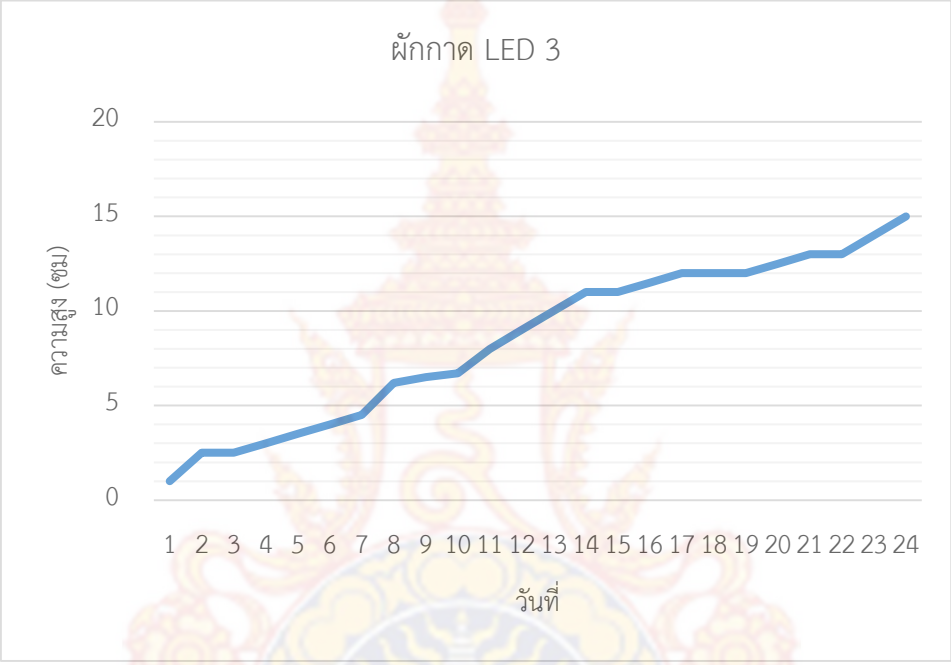


ภาพที่ 3-6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 2

ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-7 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 2 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

จากภาพที่ 3-8 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 3 จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตแบบไม่ปกติ คือผักจะเติบโตเฉพาะด้านความสูงของลำต้นเท่านั้น มีการแตกกิ่งก้านเพียงเล็กน้อย โดยวัดขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 15 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.7 และพบว่าผักมีความอ่อนแอมาก ดังจะเห็นได้จากการให้ปุ๋ยโดยการผสมน้ำเพียงเล็กน้อยในวันที่ 25 ก็ทำให้ผักเฉาตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-9

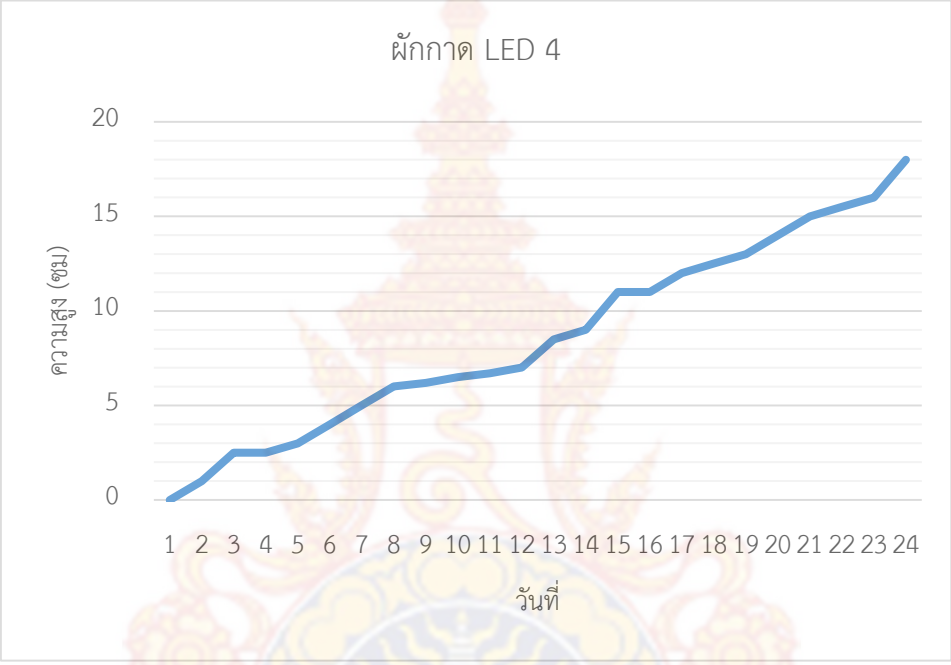


ภาพที่ 3-8 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 3

ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-9 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 3 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

จากภาพที่ 3-10 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 4 จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตแบบไม่ปกติ คือผักจะเติบโตเฉพาะด้านความสูงของลำต้นเท่านั้น มีการแตกกิ่งก้านเพียงเล็กน้อย โดยวัดขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 20 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.7 และพบว่าผักมีความอ่อนแอมาก ดังจะเห็นได้จากการให้ปุ๋ยโดยการผสมน้ำเพียงเล็กน้อยในวันที่ 25 ก็ทำให้ผักเฉาตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-11

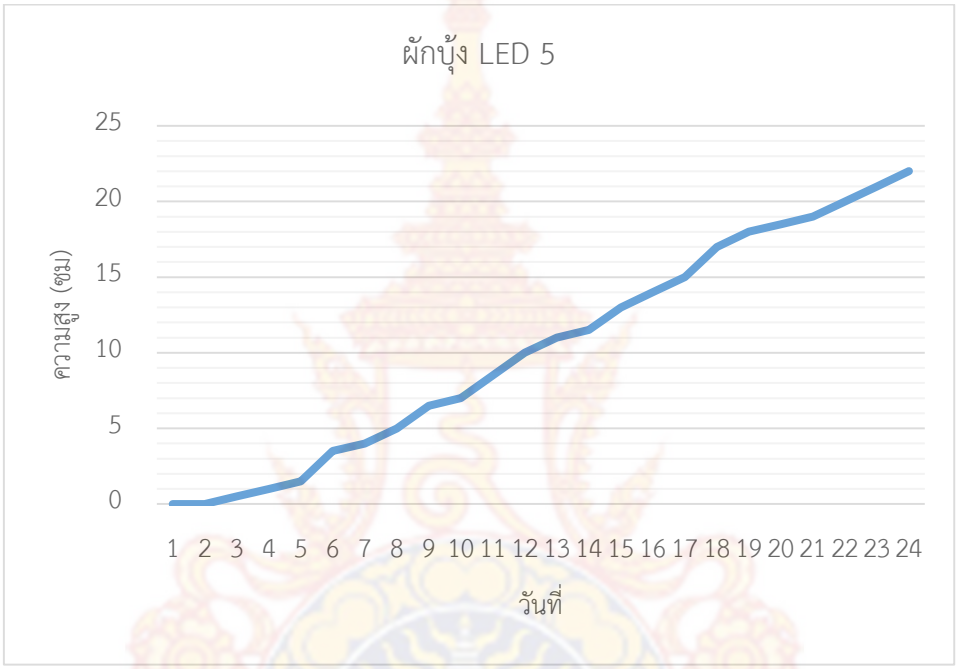


ภาพที่ 3-10 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 4

ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-11 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 4 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

จากภาพที่ 3-12 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 5 จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตแบบไม่ปกติ คือผักจะเติบโตเฉพาะด้านความสูงของลำต้นเท่านั้น มีการแตกกิ่งก้านเพียงเล็กน้อย โดยวัดขนาดความสูงของลำดับได้ประมาณ 23 เซนติเมตร และความโตของลำต้นประมาณ 0.5 และพบว่าผักมีความอ่อนแอมาก ดังจะเห็นได้จากการให้ปุ๋ยโดยการผสมน้ำเพียงเล็กน้อยในวันที่ 25 ก็ทำให้ผักเฉาตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-13

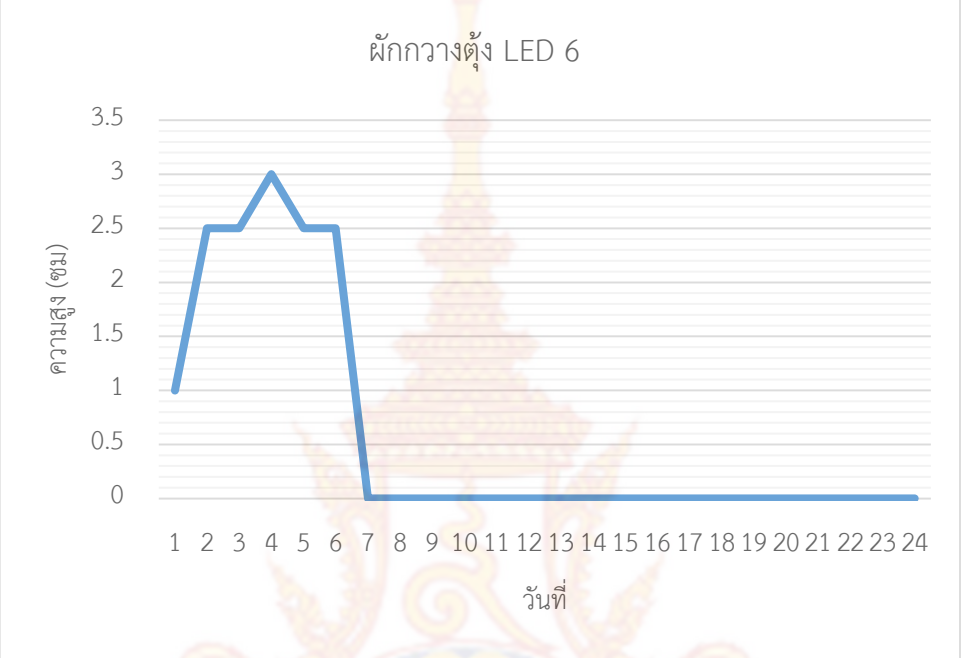


ภาพที่ 3-12 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 5

ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-13 การเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้แสง LED หลอดที่ 5 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

จากภาพที่ 3-14 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 6 ซึ่งเป็นหลอด LED Daylight ทั่วไปจะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการทดลอง 25 วันผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตเฉพาะนี้ช่วงการงอกจากเม็ดเท่านั้นคือช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 7 ของการทดลองหลังจากนั้นพืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้แล้วตายทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-14 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 6

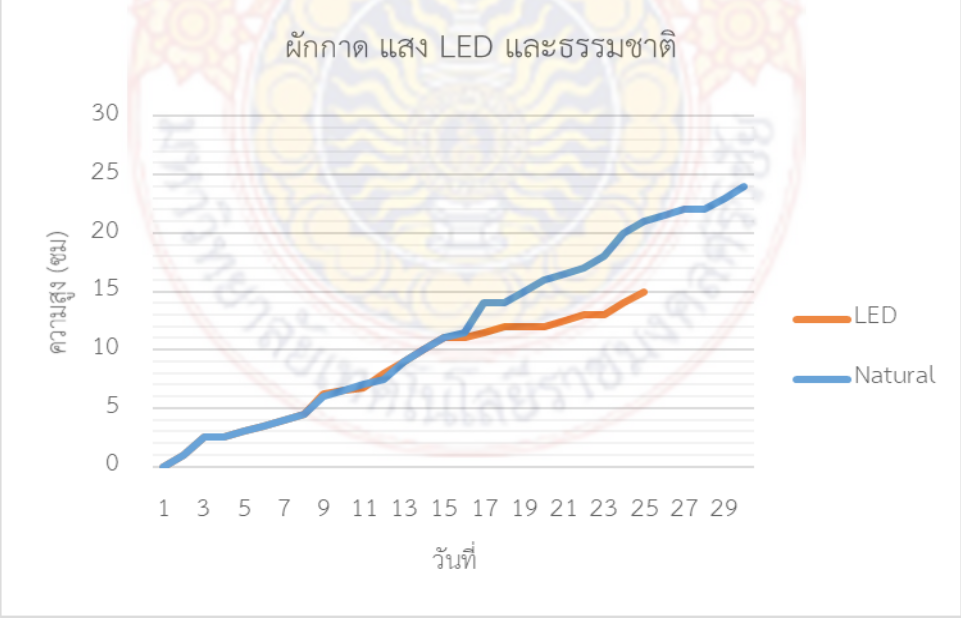
ก) ข) ค)

ภาพที่ 3-15 การเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้แสง LED หลอดที่ 6 ในวันที่ 3, 15, 25 ตามลำดับ

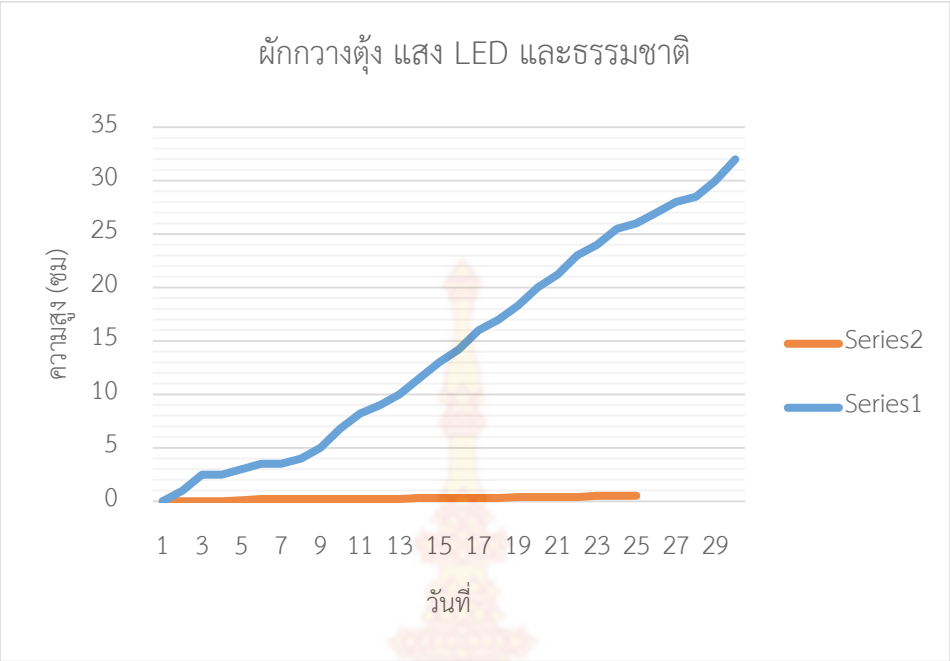
3.4 เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของผักกลุ่มทดลองภายใต้การควบคุมในโรงเรือนและภายใต้แสงธรรมชาติ

จากผลการทดลองปลูกผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอกดังแสดงตารางที่ 3-2 และผลการทดลองปลูกผักกลุ่มควบคุมภายใต้สภาพแวดล้อมการควบคุมภายในโรงเรือน ตารางที่ 3-3 และตารางที่ 3-4 ได้นำเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักแต่ละชนิดดังแสดงใน ภาพที่ 3-16 ภาพที่ 3-17 และภาพที่ 3-18

ภาพที่ 3-16 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักบุ้งภายใต้ LED และแสงธรรมชาติ



ภาพที่ 3-17 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดภายใต้ LED และแสงธรรมชาติ



ภาพที่ 3-18 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งภายใต้ LED และแสงธรรมชาติ

บทที่ 4
อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองปลูกผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และผักกาด ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED แบบ Dual Spectrum จำนวน 3 หลอด แบบ Full Spectrum จำนวน 2 หลอด และหลอด LED แบบใช้งานทั่วไปจำนวน 1 หลอด นั้นพบว่าการเจริญเติบโตของผักทั้ง 3 ชนิดยังไม่เป็นไปตามที่คาดหวังเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกด้วยแสงอาทิตย์ จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า การปลูกพืชด้วยแสง LED จำเป็นต้องทราบข้อมูลจำเพาะของหลอดสำหรับการปลูกพืช คือ Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) in the PAR spectral range, Photoperiod, Light Spectral Composition, Lighting mode และ Impulse or Continuous [5] ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลอด LED ที่ในท้องตลาดทั่วไปไม่ได้ระบุข้อมูลที่จำเป็นดังกล่าว เมื่อนำมาปลูกโดยไม่มีเครื่องมือวัดคุณสมบัติของแสง ก็ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ตามต้องการ สำหรับการปลูกผักภายใต้หลอด LED Daylight แสงสีขาวเป็นการยืนยันว่าแสงดังกล่าวไม่มีความยาวคลื่นสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้และตายในที่สุด [10]

ข้อเสนอแนะสำหรับการปลูกผักด้วยหลอด LED หากเราไม่ได้ออกแบบหลอด LED สำหรับปลูกผักเอง เราจำเป็นต้องทราบข้อมูลของหลอดอย่างเพียงพอ ว่ามีชนิดของแสงที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับการปลูกพืชที่เราต้องการหรือไม่

บรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, "แผนพัฒนาการเกษตร ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)," ed. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559.

[2] สานักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สานักนายกรัฐมนตรี, "แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)," ed. กรุงเทพมหานคร: สานักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สานักนายกรัฐมนตรี,, 2559.

[3] ROBERT BOYLESTAD and L. NASHELSKY, *ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUIT THEORY*, Eleventh Edition ed. New Jersey, United States of America: Pearson Education, Inc., 2013.

[4] CA LightWorks. (2016). *Light Spectrum and Plant Growth*. Available: https://californialightworks.com/light-spectrum-and-plant-growth/

[5] Y. A. Berkovich, I. O. Konovalova, S. O. Smolyanina, A. N. Erokhin, O. V. Avercheva, E. M. Bassarskaya*, et al.*, "LED crop illumination inside space greenhouses," *REACH - Reviews in Human Space Exploration,* vol. 6, pp. 11-24, 2017/06/01/ 2017.

[6] นภัทร วัจนเทพินทร์ and ไชยยันต์ บุญมี, "ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช?," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, vol. 25, pp. 158-176, 2560.

[7] Y. Xu, Y. Chang, G. Chen, and H. Lin, "The research on LED supplementary lighting system for plants," *Optik - International Journal for Light and Electron Optics,* vol. 127, pp. 7193-7201, 2016/09/01/ 2016.

[8] บริษัท ฮีทีที จำกัด, เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล *AVR* ด้วย *Arduino*: บริษัท ฮีทีที จำกัด, 2552.

[9] ศูนย์ประสานงานโครงการพระราชดำริกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2552). การพึ่งตัวเองด้านการทำการเกษตร พืชผักสวนครัว.

[10] ปัญญา มัฆะศร, "เครื่องต้นแบบแหล่งกำเนิดแสงเทียม สำหรับการปลูกต้นไม้ด้วยระบบการควบคุมการเปิดและปิดแสงแบบอัตโนมัติ," in การประชุมวิชาการ ระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 5 : พลังงานทดแทนและความมั่นคงทางอาหารเพื่อมนุษยชาติ, อุบลราชธานี, 2552.

ภาคผนวก