

ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและการให้แสงเสริม LED ต่อคุณภาพแตงโมในโรงเรือน
พลาสติก และการใช้แคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค

EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZER RATES AND LED
SUPPLEMENTARY LIGHTING ON WATERMELON QUALITY IN
PLASTIC HOUSE AND CALCIUM CHLORIDE APPLICATION
ON QUALITY OF FRESH-CUT WATERMELON



วศินี จันทร์ชุ่ม
WASINEE CHANCHUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZER RATES AND LED
SUPPLEMENTARY LIGHTING ON WATERMELON QUALITY IN
PLASTIC HOUSE AND CALCIUM CHLORIDE APPLICATION
ON QUALITY OF FRESH-CUT WATERMELON



WASINEE CHANCHUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2023

KMITL-2023-AG-M-065-393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและการให้แสงเสริม LED ต่อ
คุณภาพแตงโมในโรงเรือนพลาสติก และการใช้แคลเซียม
คลอไรด์ต่อคุณภาพแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค

ชื่อนักศึกษา

นางสาววศินี จันทร์ชุ่ม

รหัสประจำตัว

60604018

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เกษตรศาสตร์

พ.ศ.

2566

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของแตงโมเมื่อได้รับปริมาณปุ๋ยและระยะเวลาการเพิ่มแสง LED ที่แตกต่างกัน และการทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางผลผลิตในแตงโมตัดแต่งที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยมีรายละเอียดแต่ละการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณปุ๋ยร่วมกับระยะเวลาการเพิ่มแสง LED ที่ต่างกันเปรียบเทียบกับแสงธรรมชาติ (No LED) เพียงอย่างเดียวในแตงโมที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติก วางแผนการทดลองแบบ 5x3 factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 จำนวน 5 อัตรา และระยะเวลาการให้แสงที่ 6 ชั่วโมง (18.00-24.00) และ 12 ชั่วโมง (18.00-06.00) ผลการศึกษาพบว่า ทางด้านการเจริญเติบโตปริมาณปุ๋ย 3-7 กรัม มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อความสูงต้นเฉลี่ยสูงสุด (75.23 เซนติเมตร) ที่ 21 วันหลังย้ายปลูก และความเขียวใบเฉลี่ยสูงสุด (66.90 และ 63.68) ที่ 49 และ 56 วันหลังย้ายปลูกตามลำดับ นอกจากนี้ทางด้านคุณภาพผลผลิตไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้นความหนาเนื้อมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 15.35 เซนติเมตรในปริมาณปุ๋ย 3 และ 5 กรัม ส่วนการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีผลต่อลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้นและปริมาณคลอโรฟิลล์ และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล (2.31 กิโลกรัม) ความกว้างและยาวผล (15.47 และ 19.29 เซนติเมตร) ความหนาเนื้อ (15.65 เซนติเมตร) และสีของเนื้อแตงโม เมื่อเปรียบเทียบกับแสงธรรมชาติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ LED 6 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณปุ๋ย 16-16-16 ร่วมกับการเพิ่มแสง LED ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทั้งด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต ยกเว้นค่าเขียวใบมีค่าสูงสุดที่ 74.98 และ 72.03 (49 และ 56 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ) เมื่อได้รับปริมาณปุ๋ย 5 กรัมร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถใช้การเพิ่มแสง LED 6 ชั่วโมงแทน 12 ชั่วโมงในการปลูกแตงโมภายในโรงเรือนพลาสติกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพผลผลิตของแตงโมตัดแต่ง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 วิธีการคือ น้ำกลั่น (control) แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1% (1% CaCl_2) และ 2% (2% CaCl_2) ผลการศึกษาพบว่า การแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อคุณภาพผลผลิตในทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และเมื่อทำการเก็บรักษาครบ 7 วัน การแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2% มีผลต่อคุณภาพผลผลิตสูงสุด ได้แก่ ความแน่นเนื้อ (0.53 กิโลกรัม) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (11.10 องศาบริกซ์) และค่าสีเนื้อ L^* (47.49) a^* (16.03) และ b^* (7.09) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น (0.30 กิโลกรัม และ 10.17 องศาบริกซ์ ตามลำดับ) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลงน้อยสุดในระหว่างการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 4.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำกลั่น (10.54 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางคุณภาพผลผลิตต่างๆ ของแตงโมตัดแต่งได้

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, คุณภาพผลผลิต, การเพิ่มแสง, ผลไม้ตัดแต่ง, การเก็บรักษา

Thesis	Effect of Chemical Fertilizer Rates and LED Supplementary Lighting on Watermelon Quality in Plastic House and Calcium Chloride Application on Quality of Fresh-Cut Watermelon
Student	Miss Wasinee Chanchum
Student ID	60604018
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Somsak Kramchote

ABSTRACT

This research comprises two distinct experiments focused on the growth and yield qualities of watermelon under different conditions. In the first experiment, we analyzed the influence of varying fertilizer amounts and LED supplemental lighting durations on watermelon growth and yield. In the second experiment, we studied the effect of soaking watermelons in different concentrations of calcium chloride on yield characteristics.

The initial experiment compared the impacts of fertilizer application rates and LED supplementary lighting durations with natural light in watermelons cultivated in plastic houses. A 5x3 factorial design was adopted in a completely randomized design with four replicates, involving two factors: the rate of 16-16-16 fertilizer and the time period for LED lighting (6 hours from 18.00-24.00 or 12 hours from 18.00-06.00). The results demonstrated that plant height and SPAD values, as measures of growth, significantly varied with 3-7 g of fertilizer application. Moreover, a 12-hour period of LED light supplementation impacted fruit quality parameters such as weight, size, flesh thickness, and color. However, the 6-hour LED lighting period showed no significant statistical difference in comparison. Overall, the study concluded that a 6 hour LED light supplement can substitute for a 12 hour period in watermelon cultivation in plastic houses.

The second experiment investigated the impact of calcium chloride (CaCl_2) concentrations on the quality of fresh-cut watermelon stored at 5 ± 2 °C for 7 days.

Using a completely randomized design (CRD) with three replicates, we compared three

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

treatments: distilled water (control), and 1% and 2% calcium chloride solutions. The results indicated that different calcium chloride concentrations significantly impacted fruit quality, with the exception of titratable acidity after 7 days of storage. A 2% calcium chloride solution had the most substantial effect on fruit quality, improving fresh firmness, total soluble solids, and pulp color, while minimizing weight loss during storage. Hence, calcium chloride solution usage can potentially mitigate quality deterioration in fresh-cut watermelons.

Keywords: Plant growth, Fruit quality, Supplemental light, Fruit fresh-cut, storage



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่อบรมสั่งสอน และสนับสนุนในทุกๆอย่างทั้งในเรื่องของการใช้ชีวิต และมอบการศึกษาให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สมศักดิ์ ครามโชติ ที่คอยดูแล ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการศึกษาวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ รวมทั้งการสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆภายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ ที่คอยชี้แนะหลักการทำงานในการวิจัย ตลอดจนให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นคณะกรรมการสอบในครั้งนี้ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนทั้งปริญญาเอก ปริญญาโท และปริญญาตรีที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้แก่ข้าพเจ้า

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2562

นางสาวศินี จันทรชุ่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
สารบัญภาคผนวก.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.3.1 การทดลองที่ 1.....	3
1.3.2 การทดลองที่ 2.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.4.1 การทดลองที่ 1.....	3
1.4.2 การทดลองที่ 2.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แดงโม (Watermelon).....	5
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญของแดงโม.....	5
2.1.2 การจัดกลุ่มพันธุ์แดงโม.....	6
2.1.3 การเพาะปลูกแดงโม.....	6
2.1.4 การใส่ปุ๋ยแดงโม.....	6
2.1.5 การให้น้ำแดงโม.....	7
2.1.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิตแดงโม.....	7
2.1.7 โรคพืชและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของแดงโม.....	8
2.1.8 พื้นที่เพาะปลูกแดงโมในประเทศไทย.....	8
2.1.9 มาตรฐานผลผลิตแดงโม.....	9
2.2 แสง (Light).....	10
2.2.1 ความเข้มแสง (Light intensity).....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.2. คุณภาพของแสง (Light quality).....	10
2.2.3 ช่วงแสง (Light duration or photoperiod).....	12
2.2.4 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED).....	12
2.3 ธาตุอาหารพืช (Plant nutrients).....	14
2.3.1 การจัดกลุ่มและบทบาทธาตุอาหารพืช.....	14
2.3.2 การดูดใช้ธาตุอาหารจากดินสู่พืช.....	16
2.3.3 การสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน.....	18
2.3.4 ความสำคัญของปุ๋ยต่อพืช.....	18
2.4 โรงเรือนพลาสติก (Greenhouse plastic)	19
2.4.1 การปลูกพืชภายใต้โรงเรือน.....	19
2.4.2 ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชภายในโรงเรือนพลาสติก.....	19
2.4.3 รูปแบบโรงเรือนพลาสติก.....	20
2.5 การเก็บรักษาผลิตผล (Storage operation).....	22
2.5.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาผลิตผล.....	22
2.5.2 วิธีการเก็บรักษาผลิตผล.....	23
2.6 ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (Minimally processed fruit).....	24
2.6.1 การเปลี่ยนแปลงของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค.....	24
2.6.2 การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค.....	25
2.7 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride)	26
2.7.1 การเก็บรักษาผลิตผลพืชชนิดต่างๆ โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	28
3.1 แผนการทดลอง.....	28
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี.....	28
3.3 วิธีดำเนินงาน.....	29
3.3.1 การทดลองที่ 1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และระยะเวลา การเพิ่มแสง LED ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลิตผลแตงโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	29
3.3.2 การทดลองที่ 2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl ₂) ต่อคุณภาพ และการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	35
4.1 การทดลองที่ 1.....	35
4.1.1 การเจริญเติบโต.....	35
4.1.2 คุณภาพผลผลิต.....	40
4.2 การทดลองที่ 2.....	55
4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)	56
4.2.2 ค่าความสว่างของเนื้อ (Pulp color (L^*) value).....	57
4.2.3 ค่าสีแดงของเนื้อ (Pulp color (a^*) value).....	58
4.2.4 ค่าสีเหลืองของเนื้อ (Pulp color (b^*) value).....	59
4.2.5 ความแน่นเนื้อ (Fresh firmness)	60
4.2.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid)	61
4.2.7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity)	62
4.2.8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	63
4.2.9 ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid).....	64
4.2.10 ประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (Overall satisfaction).....	65
4.3 การอภิปรายผล.....	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	68
5.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของแตงโมที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติก.....	68
5.1.1 ลักษณะการเจริญโต.....	68
5.1.2 คุณภาพผลผลิต.....	68
5.2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษา แตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค.....	68
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	69
บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการใส่ปุ๋ยแต่งโมแบ่งตามสัดส่วนความต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโต.....	7
2.2 รูปของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชและความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืช ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	17
4.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แต่งโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	35
4.2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แต่งโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	36
4.3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	37
4.4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD) แต่งโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	38
4.5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD) แต่งโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	38
4.6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD) แต่งโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	39

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ความยาวคลื่นแสงในการสังเคราะห์แสงของพืช (photo synthetically active radiation: PAR).....	11
2.2 ความยาวคลื่นแสงในการสร้างคลอโรฟิลล์ A และสร้างคลอโรฟิลล์ B.....	12
2.3 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติ.....	20
2.4 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงเทียม.....	21
2.5 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบปิด โดยใช้แสงเทียมทั้งระบบ.....	21
4.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อน้ำหนักผล (กิโลกรัม) แต่งโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	40
4.2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล (กิโลกรัม) แต่งโมที่ปลูกใน โรงเรือนพลาสติก.....	40
4.3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล (กิโลกรัม) แต่งโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	41
4.4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	41
4.5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	42
4.6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	42
4.7 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความยาวผล (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	43
4.8 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความยาวผล (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	43
4.9 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความยาว (เซนติเมตร) ผลแต่งโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	44
4.10 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	44
4.11 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แต่งโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.12 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ ความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	45
4.13 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แดงโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	46
4.14 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แดงโมที่ปลูก ในโรงเรือนพลาสติก.....	46
4.15 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ ความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	47
4.16 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แดงโมที่ปลูกใน โรงเรือนพลาสติก.....	47
4.17 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แดงโมที่ปลูกใน โรงเรือนพลาสติก.....	48
4.18 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	48
4.19 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแดงโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	49
4.20 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแดงโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	49
4.21 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	50
4.22 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแดงโมที่ปลูกในโรงเรือน.....	50
4.23 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแดงโม ที่ปลูกในโรงเรือน.....	51
4.24 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแดงโมที่ปลูกในโรงเรือน.....	51
4.25 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.26 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	52
4.27 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	53
4.28 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	53
4.29 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	54
4.30 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความสว่างของเนื้อ (L^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	54
4.31 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีแดงของเนื้อ (a^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	55
4.32 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีเหลืองของเนื้อ (b^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	55
4.33 ผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	56
4.34 ผลค่าความสว่างของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (L^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	57
4.35 ผลค่าสีแดงของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (a^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	58
4.36 แสดงผลค่าสีเหลืองของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (b^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	59
4.37 ผลความแน่นเนื้อ (kg) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	60
4.38 ผลปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ brix) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	61
4.39 ผลปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.40 ผลความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	63
4.41 ผลปริมาณวิตามินซี (%) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	64
4.42 ผลการประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (%) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	65



สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวกที่	หน้า
1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความสูงต้นแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	81
2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้นแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	81
3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้นแตงโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	82
4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าความเขียวใบแตงโม ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	82
5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	83
6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบ แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	83
7 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	84
8 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	85
9 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก และความแน่นเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	86
10 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก และความแน่นเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	87
11 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ต่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	88
12 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ต่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	89
13 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	90
14 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	91

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวกที่	หน้า
15 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของแตงโมตัดแต่ง.....	92
16 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง.....	92
17 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง.....	93
18 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง.....	93
19 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแน่นเนื้อ (kg) ของแตงโมตัดแต่ง.....	94
20 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ brix) ของแตงโมตัดแต่ง.....	94
21 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%)ของแตงโมตัดแต่ง.....	95
22 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของแตงโมตัดแต่ง.....	95
23 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณวิตามินซี (%)ของแตงโมตัดแต่ง.....	96
24 ผลของการประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (%) ของเนื้อแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน.....	96
25 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อลักษณะภายนอกของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	97
26 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อลักษณะภายในของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	97
27 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อแตงโมตัดแต่ง.....	98
28 ราคาขายแตงโมเทียบกับน้ำหนักผลของแตงโมเมื่อได้รับปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ในแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก.....	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แตงโม (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Citrullus lanatus*; ชื่อสามัญ: Watermelon) เป็นพืชที่ปลูกได้กว้าง ในทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี และมีฤดูปลูกสั้นสามารถสร้างรายได้ให้แก่ ผู้ผลิตเป็นจำนวนมาก มีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 85,875 ไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ที่ 3,242 กิโลกรัม และมี ราคาขายต่อกิโลกรัมอยู่ที่ 10.33 บาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) แตงโมถือเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง ในแตงโมปริมาณ 100 กรัมให้พลังงาน 34 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยน้ำ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต 92, 0.7, 0.1 และ 7.0 กรัมตามลำดับ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2553) นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางสมุนไพรหลายประการ เช่น แก้อ่อนใน บำรุงร่างกาย และแก้อาการอ่อนเพลีย (กนกพร อชะวงษา, 2558) ส่วนใหญ่นิยมบริโภคเป็นผลสด หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้ในทางอุตสาหกรรมการแปรรูป เช่น การนำสารสกัดจากเนื้อผลมาเป็น ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่างๆ เนื่องจากมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอ กระบวนการเสื่อมชราของเซลล์ผิวได้ (ศรุตพงศ์ มารยาท, 2564) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาตกแต่ง เพื่อเพิ่มความน่ารับประทานให้กับอาหารมากขึ้น จึงทำให้แตงโมเป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภค โดยแตงโมที่นิยมนำมาบริโภคมักอยู่ในรูปแบบของการตัดแต่งให้พร้อมสำหรับการนำไปบริโภค (James and Ngarmsak, 2010) เพื่อความสะดวกสบายของทั้งผู้ซื้อและผู้ขาย แต่ในการตัดแต่ง พร้อมบริโภคนั้น ผลผลิตมักได้รับผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของเนื้อเยื่อ (Pan and Zu, 2012) ซึ่ง ถือเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต และอาจส่งผลให้คุณภาพผลผลิตลดลงได้ใน ระหว่างการเก็บรักษา (จินตชยา และคณะ, 2553) ปัจจุบันปัญหาในเรื่องของคุณภาพผลผลิตมักเกิด จากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้ประสิทธิภาพทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ราคาผลผลิตตกต่ำ และยังเป็น การเพิ่มต้นทุนการผลิตอีกด้วย โดยปัจจัยการผลิตที่มีต้นทุนสูงที่สุด ได้แก่ ปุ๋ย เนื่องจากพืชมีความ ต้องการและจำเป็นต้องได้รับปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการพัฒนาและเจริญเติบโต

ปุ๋ย (fertilizer) จึงนับว่าเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช มีส่วนช่วยในการเพิ่ม ความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ทำให้ดินสามารถตอบสนองธาตุอาหารได้เหมาะสมกับความต้องการพืช มี ผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาผลผลิตทั้งในด้านของปริมาณและคุณภาพ (ยงยุทธ โอสถสภ, 2559) ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก (primary macronutrients) ที่มีความสำคัญและพืชต้องการใน ปริมาณมาก 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยธาตุดังกล่าวจะเกิด ประสิทธิภาพสูงสุดแก่พืชเมื่อให้ปุ๋ยในปริมาณที่พอเหมาะ และให้ในขณะที่พืชต้องการ (ยงยุทธ โอสถ สภ, 2546; Menzel et al., 1992) แต่เกษตรกรผู้ผลิตส่วนใหญ่มักไม่ได้คำนึงถึงการคำนวณปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออัตราการให้ปุ๋ยแก่พืชในแต่ละครั้ง ทำให้ใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินความจำเป็นที่พืชจะได้รับ และอาจสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตได้ ส่งผลให้ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรสำคัญต่างๆ คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 57,803 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ทำให้เห็นได้ว่าเกษตรกรมีความต้องการปุ๋ยเคมีเพื่อใช้ในการปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิต (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, 2520) โดยผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นเกิดจากการเจริญเติบโตที่มากขึ้น ซึ่งแสงเป็นปัจจัยที่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นผลผลิตต่อไป เนื่องจากแสง (light) เป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง นับเป็นปัจจัยที่ต้องมี (positive factors) และขาดไม่ได้ (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2547) ซึ่งการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช เช่น การสร้างใบ ดอก และผลได้รับอิทธิพลจากคุณภาพแสงทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ 1. ความเข้มของแสง (light intensity) 2. คุณภาพของแสง (light quality) หรือความยาวของคลื่นแสง (wavelength) และ 3. ช่วงแสง (light duration or photoperiod) ทำให้ในปัจจุบันไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED) ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชอย่างแพร่หลาย (นภัทร และไชยยงค์, 2560) ซึ่งแสงจากหลอด LED มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของระยะเวลาการใช้งานที่นานถึง 50,000-100,000 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอายุการใช้งานเพียง 2,000-3,000 ชั่วโมง รวมไปถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าฟลูออเรสเซนต์ถึง 81-90% (อภิชาติ และคณะ, 2557) ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้แสง LED ได้รับความนิยมในกลุ่มเกษตรกรที่ต้องการเพิ่มผลผลิตทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ โดยเฉพาะเกษตรกรที่ปลูกพืชภายในโรงเรือนพลาสติก ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และป้องกันแมลงศัตรูธรรมชาติของพืชที่อาจเป็นพาหะก่อให้เกิดโรคได้ สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการผลิต ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความปลอดภัยตรงตามความต้องการของตลาดและผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่สนใจความสะอาด และปราศจากสารพิษตกค้างเป็นหลัก นอกจากนี้โรงเรือนพลาสติกสามารถควบคุมหรือดัดแปลงปัจจัยอื่นที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตให้มีสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตมากที่สุด (วรารักษ์ ปัญญาวัตติ, 2551)

นอกจากนี้ผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวจะยังมีการเปลี่ยนแปลงในขบวนการต่างๆอยู่ตลอดทั้งทางกายภาพและทางเคมีทำให้ผลผลิตสุกเพิ่มมากขึ้น และอาจส่งผลต่อคุณภาพที่แย่งได้เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ดังนั้นการเก็บรักษาผลผลิตด้วยอุณหภูมิต่ำ ถือเป็นวิธีที่ช่วยยืดอายุผลผลิตและคงสภาพเดิมไว้ให้นานที่สุดเพื่อรักษาคุณภาพและราคาของผลผลิต ซึ่งสารกลุ่มแคลเซียมถูกนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพผลผลิต ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแล็กเทต แคลเซียมคาบอเนต และแคลเซียมโพธิโอเนต (Aguayo et al., 2008; Naser et al., 2018; Guzmán et al., 1999; Costa et al., 2008) โดยการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้กับพืชผักหรือผลไม้ตัดแต่งชนิดต่างๆ เนื่องจากแคลเซียมที่อยู่ภายนอกช่วยเพิ่มความแข็งแรงของแรงดึงระหว่างเซลล์พืช ลดกระบวนการทำงานบางอย่างของเซลล์เพื่อยับยั้งการเปลี่ยนแปลง เพิ่มความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ และลดการเสื่อมสลายทางสรีรวิทยาได้ (Lamikanra and Watson, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการปลูก และเพิ่มคุณภาพผลผลิตให้แก่เกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และระยะเวลาการให้แสง LED สีขาว (white light LED) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

1.2.2 ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับการเพิ่มแสงจากหลอด LED ในเวลากลางคืนต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของแตงโมที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติก ทดสอบในแตงโมพันธุ์กินรี บันทึกผลการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธีของ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.3.2 การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน เก็บบันทึกลักษณะของผลผลิตทุกวัน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธีของ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 การทดลองที่ 1

ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับการเพิ่มแสงจากหลอด LED ในเวลากลางคืนต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของแตงโมที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติก โดยนำเมล็ดแตงโมพันธุ์ กินรี ทรายตะวันต้นกล้าจากบริษัท Advance Seeds จำกัด แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วเทน้ำออกเพื่อทำการบ่มเมล็ดด้วยการห่อด้วยผ้าขาวบางทิ้งไว้อีก 1 คืน และเลือกเมล็ดที่เริ่มมีรากงอกไปเพาะในถาดเพาะเมล็ด หลุมละ 2 เมล็ด จากนั้นประมาณ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ให้คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดสม่ำเสมอกันเพื่อปลูกลงกระถาง กระถางละ 1 ต้นต่อ 1 ซ้ำ โดยใช้ดินผสมกับปุ๋ยคอกเป็นวัสดุปลูกในอัตราส่วน 3:1 กระถางโดยปริมาตร ทั้งหมด 60 กระถาง แบ่งวางในโรงเรือน 3 โรงเรือน โรงเรือนละ 20 กระถาง และกำหนดให้โรงเรือนที่ 1 ไม่มีการเพิ่มแสง LED ในเวลากลางคืน ส่วนโรงเรือนที่ 2 และ 3 มีการเพิ่มแสงจากหลอด day light LED ในเวลากลางคืนจำนวน 6 และ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ และเมื่อย้ายปลูกได้ 7 วัน จึงเริ่มใส่ปุ๋ยตามวิธีการทดลองทั้ง 15 วิธีการรวม โดยทำการใส่ปุ๋ยทุก 7 วันจนครบอายุการเก็บเกี่ยว

1.4.2 การทดลองที่ 2

ทำการศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยคัดเลือกผลแตงโมที่สมบูรณ์ ไม่มีตำหนิ มาหั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ $2 \times 2 \times 2$ เซนติเมตร แบ่งแช่ตามความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่กำหนดคือ ความเข้มข้น 1% และ 2% เปรียบเทียบกับน้ำกลั่น (control) ทำการแช่ 2 นาทีแล้วซับด้วยกระดาษซับ จากนั้นบรรจุลงในกล่องพลาสติกจำนวน 9 ชิ้นต่อกล่อง โดยมีน้ำหนักต่อกล่องประมาณ 100 ± 2 กรัม และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพของผลผลิตทั้งก่อนการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แดงโม (Watermelon)

แดงโมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum.&Nakai จัดเป็นพืชผลไม้ อยู่ในวงศ์เดียวกับกับแคนตาลูปและฟัก (CUCURBITACEAE) มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศ แอฟริกา และเริ่มแพร่เข้ามาทางตอนใต้ของทวีปเอเชีย โดยจีนเป็นประเทศแรกในเอเชียที่เริ่มปลูก และได้รับความนิยมจนถึงปัจจุบัน (จานุลักษณะ ขนบดี, 2541) สามารถปลูกได้ทุกภาคในทุกฤดูกาล ของประเทศไทย แต่ผลผลิตจะออกสู่ตลาดมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม เนื่องจากแดงโมจะให้ผลผลิตดีเมื่อปลูกในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิดที่มีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ 5.5-6.8 และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 65-90 วัน (อุไร จิรมงคลการ, 2547) แดงโมส่วนใหญ่จะ นิยมบริโภคในรูปของผลสด และยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ไวน์ แยม หรือ เมล็ดแดงโมอบกรอบ รวมไปถึงการใช้ในการบำรุงผิวกายได้ด้วย สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการลด น้ำหนัก แดงโมถือเป็นผลไม้ยอดนิยมที่ถูกเลือกรับประทาน เนื่องจากในปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำถึง 91% ของส่วนประกอบทั้งหมด มีปริมาณน้ำตาลที่น้อยและให้พลังงานเพียง 30 กิโลแคลอรี (USDA, 2018) เมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นๆ เช่น แอปเปิ้ล ฝรั่ง และส้ม

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญของแดงโม

รากและลำต้น : มีทั้งระบบรากแก้วและรากแขนงที่ยังลึกได้มากกว่า 1 เมตร เป็นพืช ล้มลุก ประเภทเถาเลื้อยตามผิวดิน มีขนแข็งปกคลุมรอบลำต้น เป็นไม้เนื้ออ่อนทำให้เปราะและหักได้ ง่าย ลำต้นสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้ม (นิตดา และคณะ, 2548)

ใบ : มีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ปลายใบมน ขอบใบหยักลึก 3-7 หยัก โคนใบเป็นรูปหัวใจ จะออกตามข้อปล้องของลำต้น มีสีเขียวเข้ม แผ่นใบเรียบและบาง มีขนเล็กปกคลุมใบทั้งหน้าใบและ หลังใบ

ดอก : เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกกัน แต่อยู่ภายในต้นเดียวกัน เกิดตาม บริเวณซอกใบ ก้านดอกมีสีเขียว ยาวประมาณ 1-3 เซนติเมตร ส่วนดอกมีสีเหลือง ในแต่ละดอกทั้งตัว ผู้และตัวเมียจะมีกลีบเลี้ยงจำนวน 5 กลีบ ฐานกลีบจะเชื่อมติดกันเป็นกรวยดอก มีสีเขียว และปลาย กลีบเลี้ยงแยกตามจำนวนกลีบเลี้ยง ส่วนกลีบดอกจะมีขนอ่อนปกคลุมทั้งแผ่นใบ โดยแผ่นกลีบมี ลักษณะหยักเป็นคลื่น ปลายกลีบแหลม มีสีเหลืองสดจำนวน 5 กลีบ ตรงกลางของกลีบดอกจะเป็น เกสรตัวผู้ในดอกตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกตัวเมีย ก้านของเกสรมีสีเหลือง ส่วนด้านล่างสุดในดอกตัว เมียจะเป็นรังไข่ ลักษณะกลม ใหญ่ ติดกับฐานดอก ส่วนตัวผู้จะเล็ก เพราะไม่มีรังไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล : เป็นผลเดี่ยว ขนาดใหญ่ มีน้ำหนักประมาณ 0.5-5.0 กิโลกรัม ลักษณะทรงผล สีเปลือก และสีเนื้อมีทั้ง ทรงกลมหรือยาวรี เปลือกสีเขียวเข้มหรือสีเขียวแกมเหลือง เนื้อสีแดงหรือสีเหลือง ซึ่งความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์

เมล็ด : มีขนาดเล็กประมาณ 1×1.5 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายหยดน้ำ เปลือกเมล็ดที่ยังอ่อนจะมีสีขาว เมื่อสุกแก่จะมีสีน้ำตาล เมล็ดแบน ขอบเมล็ดมน และเปลือกเมล็ดค่อนข้างแข็ง ส่วนจำนวนเมล็ดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แต่โดยทั่วไปแดงโม 1 ผลจะมีเมล็ดประมาณ 200-600 เมล็ด

2.1.2 การจัดกลุ่มพันธุ์แดงโม

สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่มพันธุ์เบา จะมีลักษณะผลกลม สีเขียวเข้มจนถึงเขียวคล้ำ อายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงเก็บผลผลิตอยู่ที่ 65 วัน เช่น พันธุ์ซุการ์เบบี้ และกลุ่มพันธุ์หนัก มีผลขนาดใหญ่ ทรงกลมยาว สีเขียวอ่อน และมีลวดลายที่ผิวของผล อายุเก็บเกี่ยวที่ 85 วันตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงเก็บผลผลิต เช่น พันธุ์ชาร์ลสตันเกรย์ ช่วงเวลาในการเพาะปลูก คือฤดูแล้งและฤดูหนาว เนื่องจากแดงโมเป็นไม้ผลที่ไม่ชอบฝนชุก โดยปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไป เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคนิวราคะ ลำต้น และใบได้โดยตรง ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย ซึ่งจะอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนมีนาคม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562)

2.1.3 การเพาะปลูกแดงโม

เตรียมดินให้หน้าดินมีความร่วนโปร่ง เพื่อให้รากสามารถเจริญลงไปได้ดี จะเป็นการช่วยให้พืชดูดน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ในการพัฒนาส่วนต่างๆ ทั้งนี้ยังช่วยให้ดินอุ้มความชื้นได้ดีมากขึ้นอีกด้วย ส่วนในหน้าฝนหากจำเป็นต้องปลูก ควรใช้ดินหรือวัสดุปลูกที่มีลักษณะเบา เช่น ดินทราย กาบมะพร้าวสับ เป็นต้น โดยการปลูกพันธุ์เบาจะใช้เมล็ดพันธุ์ 40-50 กรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์หนักใช้ 250-500 กรัมต่อไร่ กำหนดให้แต่ละหลุมในแถวเดียวกันห่าง 90 เซนติเมตร และแต่ละแถวห่างเท่ากับ ความยาวของเถาแดงโม (2-3 เมตร) จากนั้นขุดหลุมซึ่งในดินทรายและดินเหนียวจะมีความลึกของหลุมที่แตกต่างกัน คือ ดินทรายลึกประมาณ 15 เซนติเมตร และดินเหนียวที่ความลึก 10 เซนติเมตร แล้วหยอดเมล็ดลงในหลุม หลุมละ 5 เมล็ด แต่หลุมนั้นจะต้องผ่านการทิ้งไว้แล้ว 1 วัน หลังจากหยอดเมล็ดเรียบร้อยแล้วให้รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อมีใบจริง 2-3 ใบ ให้ทำการถอนแยกเหลือหลุมละ 2-3 ต้น โดยเลือกต้นที่มีลักษณะแข็งแรง

2.1.4 การใส่ปุ๋ยแดงโม

เกษตรกรนิยมใส่ทั้งปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอก) และปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยคอกมีส่วนช่วยให้ดินร่วนโปร่ง มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และยังช่วยปรับให้ปุ๋ยเคมีมีความสมดุลที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การใส่ปุ๋ยจะเริ่มด้วยการใส่ปุ๋ยรองพื้น ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 1,600, 12, 24 และ 16 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ได้ผิวดินให้ห่างจากโคนต้น และเมื่อแต่งไม่มีการเจริญเติบโตให้แบ่งใส่ปุ๋ยเสริม 3 ครั้ง (ธวัช ลวะเปารยะ, 2520) ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการใส่ปุ๋ยแต่งไม่แบ่งตามสัดส่วนความต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโต

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย ทั้งหมด (กก)	ปุ๋ยรองพื้น (กก)	ปุ๋ยเสริมหลังการเจริญเติบโต (กก)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ปุ๋ยหมัก	2,400	1,600	-	800	-
ปุ๋ยยูเรีย	32	12	4	8	8
ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์- ฟอสเฟต	24	24	-	-	-
ปุ๋ยโพแทสเซียม- คลอไรด์	28	16	-	-	12

ที่มา : <https://kukrdb.lib.ku.ac.th>

2.1.4.1 ช่วงเวลาการใส่ปุ๋ยเสริมภายหลังการเจริญเติบโต

- การใส่ปุ๋ยเสริมครั้งที่ 1 ทำการใส่เมื่อต้นแต่งไม่มียุติงประมาณ 5 ใบ โดยใส่ปุ๋ยยูเรียบริเวณรอบโคนต้น
- การใส่ปุ๋ยเสริมครั้งที่ 2 ทำการใส่เมื่อเถาของแต่งไม่มีความยาวประมาณ 1 ฟุต โดยใส่ปุ๋ยยูเรียที่บริเวณด้านข้างของแถวแต่งไม่ ต้องมีการพรวนดินก่อนใส่ปุ๋ยและคลุมปิดด้วยฟาง
- การใส่ปุ๋ยเสริมครั้งที่ 3 ทำการใส่เมื่อเถาของแต่งไม่มีความยาวประมาณ 7 ฟุตหรือ 90 เซนติเมตร โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย และโพแทสเซียมคลอไรด์ที่บริเวณด้านข้างของแถวแต่งไม่

2.1.5 การให้น้ำแต่งไม่

การให้น้ำแต่งไม่ควรให้อย่างน้อย 5 วันต่อครั้ง หรือถ้าให้ทุกวันก็ควรให้ในช่วงเช้า เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ในกระบวนการพัฒนาต่างๆ เนื่องจากแต่งไม่เป็พืชที่สามารถทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ในระดับหนึ่ง ชอบดินที่มีความชุ่มชื้น แต่ไม่แฉะ โดยในช่วงหลังที่แต่งไม่เริ่มติดผลแล้วจะมีความต้องการน้ำมาก จึงไม่ควรปล่อยให้ดินแห้งจนจับกันเป็นปึก จะทำให้ดินขาดอากาศ ส่งผลกระทบต่อรากพืชในการดูดน้ำ (ธวัช ลวะเปารยะ, 2520)

2.1.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่งไม่

แต่งไม่เป็ผลไม้ชนิดหนึ่งที่เมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยวแล้ว จะไม่แสดงให้เห็นว่าสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว โดยสามารถสังเกตการณ์สุกแก่ของผลได้ 3 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.1 การคาดคะเนจากอายุปลูก ซึ่งวิธีนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมดังนี้

1. พันธุ์เบา เก็บเกี่ยวได้หลังดอกบาน 35-42 วัน
2. พันธุ์หนัก เก็บเกี่ยวได้หลังดอกบาน 42-45 วัน

2.1.6.2 การคาดคะเนจากลักษณะผล แบ่งได้ 3 วิธีคือ

1. มือเกาะอยู่ใกล้ขั้วผลมาก และแห้งตั้งแต่ปลายจนมาถึงโคน
2. การดีดฟังเสียง ต้องมีเสียงผสมกันระหว่างเสียงกังวานและเสียงทึบ
3. ความนวลของผล เมื่อแต่งโมเริ่มสุกแก่จะมีสีนวลที่จางลง

2.1.7 โรคพืชและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของแตงโม

2.1.7.1 โรคพืชที่สำคัญ ได้แก่ โรคเหาเหี่ยว จะมีอาการเหาจะแตกตามยาวและมีน้ำเมือกสีน้ำตาลซึมออกมา ทำให้ใบและเถาเหี่ยว โดยโรคนี้อาจระบาดในช่วงออกดอก เกิดจากอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ หรือภายในดินมีปริมาณไนโตรเจนสูง และโรคราน้ำค้าง จะพบจุดสีเหลืองบนหลังใบและขยายตัวเพิ่มปริมาณมากขึ้น และในตำแหน่งเดียวกันที่ใต้ใบจะมีกลุ่มเชื้อราสีม่วงอมเทาเกาะกลุ่มอยู่ เกิดเมื่ออากาศอุ่นและชุ่มชื้นจึงทำให้เชื้อราเจริญเติบโตและกระจายตัวได้ดี

2.1.7.2 ศัตรูพืชที่สำคัญจะพบมาก 3 ชนิด ได้แก่ 1. เพลี้ยไฟ เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กตัวอ่อนจะมีสีสด เมื่อโตเต็มวัยจะมีสีดำ เพลี้ยไฟจะดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอดอ่อนและใต้ใบอ่อนของแตงโม ทำให้ใบไหม้ขยายและยอดหดสั้นลง การแพร่ระบาดจะมาตามลมในฤดูแล้งที่มีความชื้นในอากาศต่ำ 2. เต่าแตง เป็นแมลงปีกแข็งยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เข้าทำลายโดยการกัดกินใบอ่อนแตงโม เป็นการทำลายที่ไม่รุนแรงมาก แต่จะเป็นพาหะที่ก่อให้เกิดโรคเหาเหี่ยว และ 3 แมลงวันแตงเริ่มเข้าทำลายตั้งแต่ระยะติดดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

2.1.8 พื้นที่เพาะปลูกแตงโมในประเทศไทย

โดยในประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกแตงโมทั้งสิ้น 85,875 ไร่ ให้ผลผลิตรวมที่ 158,070 ตัน ซึ่งมีผลผลิตต่อไร่ 3,242 กิโลกรัม และราคาขายได้ต่อกิโลกรัมอยู่ที่ 10.33 บาท นิยมปลูกมากในจังหวัดพิจิตร นครศรีธรรมราช และสงขลา 10,623, 5,979 และ 4,970 ไร่ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) เนื่องจากมีฤดูปลูกที่สั้น สร้างรายได้ให้แก่ผู้ผลิต มีการส่งผลผลิตจำหน่ายทั้งภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งในการส่งออกผลผลิตที่ได้ต้องมีลักษณะที่ดีตรงตามมาตรฐาน ปลอดภัย และปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อพืชและผู้บริโภค

แก้วมณี และคณะ (2564) ทำการศึกษาสภาพทั่วไป ต้นทุน ผลตอบแทน และแนวทางการเพิ่มผลผลิตของกลุ่มผู้ปลูกแตงโมในชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า ชุมชนมีการเพาะปลูกแตงโมปีละครั้ง (มกราคม-มีนาคม) โดยมีการจำหน่ายแบบเหมาไร่ ขายส่ง และขายปลีก ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการเช่าพื้นที่เพื่อเพาะปลูกแตงโม ทำให้มีรายได้เฉลี่ยต่อรอบการผลิตน้อยเนื่องจากมีต้นทุนเฉลี่ยต่อรอบการผลิตที่สูง (นงลักษณ์ และคณะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2559) นอกจากนี้มีข้อเสนอแนวทางการเพิ่มผลผลิต ดังนี้ 1. ลดต้นทุนการผลิตที่เกินความจำเป็น เช่น ปลูกในพื้นที่ที่สามารถดูแล จัดการได้อย่างทั่วถึงเพื่อลดต้นทุนค่าแรงงาน 2. ศึกษาวิธีการปลูก และการดูแลแตงโมอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง และ 3. ส่งเสริมและพัฒนาความรู้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูก

ประเสริฐ และคณะ (2554) มีการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตแตงโมอินทรีย์หลังนาที่บ้านโนนค้อทุ่ง ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอห้วยตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ พบว่า เกษตรกรมีการผลิตแตงโมอินทรีย์หลังนา 3 รูปแบบ คือ แบบอินทรีย์ แบบอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีแต่ลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง และแบบอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยการปลูกจะอาศัยความชื้นในดินและภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย สามารถช่วยให้แตงโมเจริญเติบโตได้ดี การระบาดของโรคและแมลงต่ำ แต่ต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตแตงโมให้มีคุณภาพ (อภิชาติ เมืองซอง, 2561)

2.1.9 มาตรฐานผลผลิตแตงโม

มาตรฐานสินค้าทางการเกษตรครอบคลุมพันธุ์แตงโมที่ผลิตในทางการค้า เพื่อบริโภคผลสด แต่ไม่ครอบคลุมถึงแตงโมที่ผลิตเพื่อใช้ในการแปรรูปทางอุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555) ประกอบด้วย

2.1.9.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำ คือ ต้องเป็นแตงโมทั้งผลที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์ ไม่มีรอยช้ำ รอยแตก หรือร่องรอยความเสียหายเนื่องจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอกของผลแตงโม นอกจากนี้ต้องมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid: TSS) ไม่ต่ำกว่า 9 องศาบริกซ์

2.1.9.2 คุณภาพตามมาตรฐานสินค้าเกษตร แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1. ชั้นพิเศษ (extra class) นับเป็นแตงโมที่มีคุณภาพดีที่สุดในชั้น โดยแตงโมในชั้นนี้จะต้องมีความยาวของขั้วผลติดอยู่ไม่เกิน 5 เซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 11 องศาบริกซ์ รูปทรงผลปกติ ไม่มีตำหนิที่ผิวภายนอกที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

2. ชั้นหนึ่ง (class I) คุณภาพแตงโมในชั้นนี้อาจมีความผิดปกติของรูปทรงหรือตำหนิที่ผิวภายนอกได้เล็กน้อยโดยรวมต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผลแตงโม และต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

3. ชั้นสอง (class II) มีตำหนิที่เกิดจากการขีดข่วน รอยแผลหรือรอยช้ำต่างๆ รวมถึงร่องรอยจากศัตรูพืชที่เข้าทำลายผิวภายนอกโดยรวมไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผลแตงโม และต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

2.2 แสง (Light)

แสงเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมปัจจัยหนึ่งที่มีผลโดยตรงต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช จัดเป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องมี (positive factors) เนื่องจากแสงเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อให้ได้มาซึ่งอาหาร และพลังงาน รวมไปถึงแหล่งของสารประกอบขั้นต้นที่ถูกนำมาสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ในพืชด้วย (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2547) การตอบสนองต่อแสงในพืชประกอบด้วย 3 ลักษณะ ดังนี้

2.2.1 ความเข้มแสง (Light intensity) มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่ เวลา หรือฤดูกาล ที่มีผลต่อปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชจะได้รับ ซึ่งความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อพืช ได้แก่

1. ปริมาณความเข้มแสงที่สูงเกินไป มีผลกระทบดังนี้

- ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content) ลดลง รวมไปถึงการสังเคราะห์แสงที่จะลดลงตามไปด้วย

- อัตราการคายน้ำเพิ่มสูงขึ้น และเมื่ออัตราการดูดน้ำของรากกับอัตราการคายน้ำไม่สมดุลกันจะทำให้เกิดอาการขาดน้ำในพืชได้

- ระบบน้ำย่อย (enzymes) ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้งทำงานลดลง เนื่องจากอุณหภูมิของใบเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้พืชมีการสะสมน้ำตาลแทนแป้ง

2. ปริมาณความเข้มแสงที่เหมาะสม เกิดจากปัจจัยอื่นๆที่เหมาะสม รวมไปถึงการหายใจ และสังเคราะห์แสงด้วย เมื่อองค์ประกอบต่างๆมีความเหมาะสม พืชก็จะสร้างอาหารเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มาก โดยระดับความเข้มแสงในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันสามารถแบ่งพืชตามปริมาณความเข้มแสงได้ 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

2.1 พืชในร่ม มีความต้องการความเข้มแสงน้อย ได้แก่ พืชที่ปลูกภายในอาคาร

2.2 พืชแดดรำไร ต้องการมีการพรางแสง เพื่อลดความเข้มแสงให้แก่พืช

2.3 พืชกลางแจ้ง มีความต้องการความเข้มแสงมาก เป็นพืชที่นิยมปลูกทั่วไปภายนอกอาคาร

3. ปริมาณความเข้มแสงที่ต่ำเกินไป มีผลกระทบต่อพลังงานที่ใช้ในการรวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสร้างสารประกอบอื่นๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีปริมาณต่ำ ไม่เพียงพอต่อการสร้างอาหารให้พืช ส่วนผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ และปริมาณน้อย

2.2.2 คุณภาพของแสง (Light quality) หรือความยาวของคลื่นแสง (Wavelength)

แสงอาทิตย์มีความยาวคลื่นแสงทั้งหมดอยู่ระหว่าง 225-2,500 นาโนเมตร แต่ตกกระทบพื้นผิวโลกอยู่ที่ระหว่าง 310-2,300 นาโนเมตร ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 310 นาโนเมตร (แสงเหนือม่วง:

Ultra Violet, UV) เป็นแสงที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยจะโดนดูดไว้ที่ชั้นโอโซน (ozone) ส่วนแสงที่

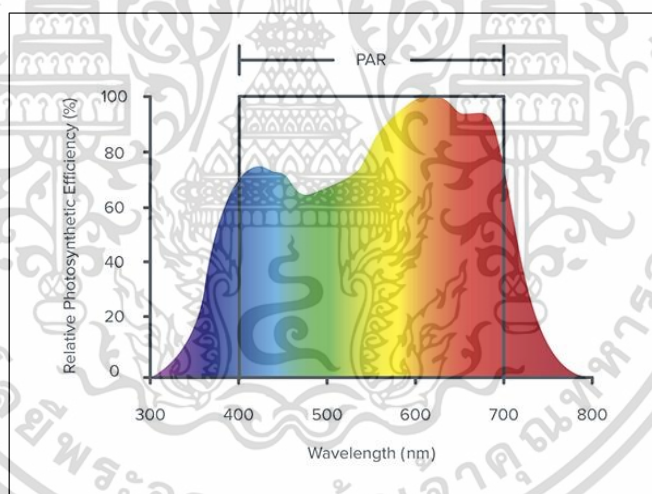
ไม่ผ่านชั้นโอโซนนี้ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งปวง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นยาวมากกว่า 2,300 นาโนเมตร (แสงสีแดง: infra-red) ไออน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นตัวดูดซับไว้ สามารถแบ่งแสงที่ตกลงบนพื้นผิวโลกได้ 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. คลื่นแสงที่มนุษย์มองไม่เห็น (invisible light) คือ แสง UV ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต และแสง infra-red ที่มีผลต่อการยืดยาวของข้อปล้อง

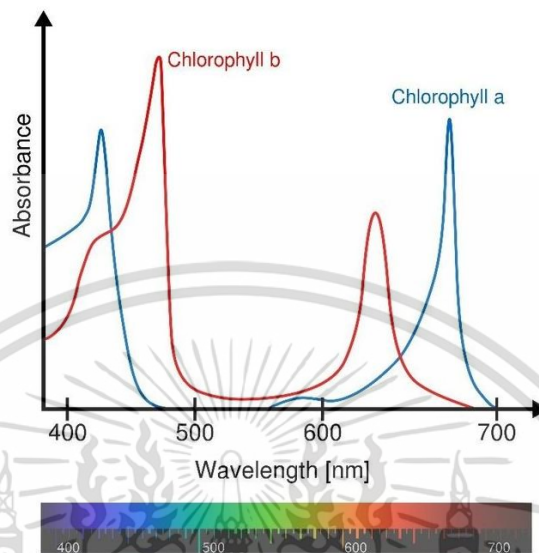
2. คลื่นแสงที่มนุษย์มองเห็น (visible light) คือ ช่วงความยาวคลื่นที่ 380-770 นาโนเมตร โดยทั่วไปพืชจะมีการสังเคราะห์แสงในช่วงแสงเฉพาะเรียกว่า Photo synthetically active radiation: PAR อยู่ระหว่างความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ซึ่งสามารถแบ่งสีของแสงตามความยาวคลื่น (ภาพที่ 2.1) (นภัทร และไชยยันต์, 2560) ได้แก่

- แสงสีม่วง มีความยาวคลื่นแสงที่ 380-436 นาโนเมตร
- แสงสีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นแสงที่ 436-495 นาโนเมตร
- แสงสีเขียว มีความยาวคลื่นแสงที่ 495-566 นาโนเมตร
- แสงสีเหลือง มีความยาวคลื่นแสงที่ 566-589 นาโนเมตร
- แสงสีส้ม มีความยาวคลื่นแสงที่ 589-627 นาโนเมตร
- แสงสีแดง มีความยาวคลื่นที่ 627-770 นาโนเมตร



ภาพที่ 2.1 ความยาวคลื่นแสงในการสังเคราะห์แสงของพืช (photo synthetically active radiation: PAR) (McCree, 1970)

โดยพืชจะดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้ดีที่สุดในช่วง 400-480 นาโนเมตร (ขวัญชนก ศรีธธา สุข, 2562) เพื่อสร้างคลอโรฟิลล์ A และสร้างคลอโรฟิลล์ B ได้ดีที่สุดในแสงสีแดงที่ช่วงความยาวคลื่น 630-680 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ความยาวคลื่นแสงในการสร้างคลอโรฟิลล์ A และสร้างคลอโรฟิลล์ B

ที่มา: <https://www.blockdit.com>

2.2.3 ช่วงแสง (Light duration or Photoperiod) ช่วงเวลาหรือระยะเวลาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน ซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและฤดูกาล ระยะเวลาที่พืชต้องการแสงในปริมาณมากที่สุด คือ ระยะเวลาเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) พัฒนาไปสู่ระยะการเจริญทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth) ในระยะนี้ช่วงแสงจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการออกดอก จำนวนผลผลิต และคุณภาพผลผลิต แบ่งการตอบสนองของช่วงแสงได้ดังนี้

1. พืชวันสั้น (short day plant) ความยาวช่วงแสงสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (critical day length)
2. พืชวันยาว (long day plant) ความยาวช่วงแสงสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (critical day length)
3. พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (day neutral plant) ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือฤดูกาลที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2547)

2.2.4 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED)

ไดโอดเปล่งแสง (light emitting diode: LED) จัดอยู่ในกลุ่มไดโอดที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง สามารถเปล่งแสงได้ในช่วงสเปกตรัมแคบ มีทิศทางการส่องสว่างเฉพาะด้านหน้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูง นอกจากนี้ยังใช้พลังงานน้อย และมีอายุการใช้งานนานถึง 100,000 ชั่วโมง (หทัยชนก หมั่นเกล้า, 2556) ต่อมาในต่างประเทศได้มีการนำแสงจากหลอด LED มาใช้ในการปลูกพืชแบบระบบปิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของผลผลิตให้สูงขึ้น (Hasan et al., 2017) ทำให้ในหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยจึงเริ่มที่จะทดลองและวิจัยเกี่ยวกับการใช้แสงจากหลอด LED แทนแสงธรรมชาติ (Kozai, 2013) ในการปลูกพืชนิยมปลูกทดสอบร่วมกับผักใบ ไม้ดอก และไม้ผลภายในโรงเรือนระบบปิด โดยแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงจากหลอด LED ถูกนำมาใช้ในการปลูกพืชเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีความยาวคลื่นที่เป็นประโยชน์แก่พืชสูงสุด ช่วยเพิ่มผลผลิตในสตอเบอร์รี่ (Choi et al., 2015) และเพิ่มความสูง ความกว้างพุ่ม และจำนวนใบในกะเพรา โหระพา และแมงลัก (จุนธิภา และคณะ, 2553) นอกจากนี้แสง LED มีส่วนช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตในพืชกลุ่มผักสลัดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chin and Chong (2012) ที่พบว่าแสงจากหลอด LED มีผลต่อพื้นที่ใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักสดของผักกาดหอม รวมไปถึงในกลุ่มของไม้ดอกที่ศึกษาโดย จิตราพรรณ พิสิก (2550) พบว่า แสงจากหลอด LED ช่วยพัฒนาตาบนก้านช่อดอกได้สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้จำนวนเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น 2.5 เท่า และหลอด LED มีการใช้งานและพลังงานที่มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มานัส และนิพนธ์, 2558)

เทพสุดา และณัฐชัย (2564) มีการศึกษาเปรียบเทียบแสงธรรมชาติและแสง LED ต่อลักษณะต่างๆในข้าวไทย 5 พันธุ์ พบว่า ค่าความเขียวใบ (SPAD) ของข้าวที่ปลูกภายใต้แสง LED มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกในแสงธรรมชาติเท่ากับ 43.75 และ 33.85 ตามลำดับ และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว แต่ไม่ใช่ทุกพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับพันธุ์กรรมและการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมของพันธุ์นั้นๆ ซึ่งอาจมีผลมาจากการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้น (เมื่อพืชได้รับแสงอย่างเต็มที่ในกระบวนการสังเคราะห์แสง) ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์มากขึ้น มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Chen et al. (2014) ที่มีการให้แสง LED ในระยะต้นกล้ามีผลต่อเนื่องไปสู่การพัฒนาทางลำต้น ผลผลิต และสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ (a/b) ในใบข้าว

นอกจากแสง LED สีน้ำเงินและแสงสีแดงที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการเพิ่มคุณภาพผลผลิตแล้ว แสง LED สีขาวนับเป็นแสงอีกสีหนึ่งที่ได้รับการนิยมนำมาใช้เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต โดยชานนท์ ลากจิต (2560) ได้ทำการศึกษา LED แสงสีต่างๆในการปลูกผักบุ้งจีนแบบอะควาโพนิก พบว่าแสงสีขาวมีผลต่อความกว้างลำต้น จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นทั้งแสงสีแดง สีน้ำเงิน หรือสีขาวต่างมีความสำคัญและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตอาจมีความต้องการแสงทั้ง 3 ลักษณะต่างกัน เช่น แสงสีแดงช่วยกระตุ้นในการออกดอก ส่วนแสงสีน้ำเงินช่วยเรื่องการเจริญเติบโตทางใบ จึงมีการอนุมานได้ว่าการรวมสเปกตรัมแสง (ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) อาจเป็นวิธีที่เหมาะสมในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตแก่พืช เพื่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านออกดอกและติดผลต่อไป แต่ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดพืชและความต้องการทางผลผลิตของผู้ผลิตด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ธาตุอาหารพืช (Plant Nutrients)

ธาตุอาหารประกอบด้วยธาตุต่างๆมากกว่า 60 ธาตุ ขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการนำไปใช้ เนื่องจากพืชไม่สามารถเลือกดูดเฉพาะธาตุที่จำเป็นได้ ธาตุที่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต การขยายพันธุ์ และเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึม จะถือว่าธาตุเหล่านั้นมีความสำคัญ และจำเป็นสำหรับพืช (ปัทมา วิตยากร, 2533) ซึ่งธาตุอาหารที่มีความจำเป็นสำหรับพืช (essential elements) มีทั้งหมด 17 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S), โบรอน (B), คลอรีน (Cl), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), โมลิบดีนัม (Mo), สังกะสี (Zn) และนิเกิล (Ni) นอกจากนี้ยังพบว่า ซิลิกา (Si), โซเดียม (Na) โคบอลต์ (Co), ซีลีเนียม (Se) และอะลูมิเนียม (Al) เป็นธาตุเสริม (accessory elements) ที่มีส่วนช่วยเสริมลักษณะบางประการให้แก่พืช (ยงยุทธ โอสภสกา, 2546) โดยแหล่งของธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ส่วนอีก 14 ธาตุจะได้รับมาจากดินเป็นหลัก

2.3.1 การจัดกลุ่มและบทบาทธาตุอาหารพืช

ธาตุที่พืชได้รับจากดินจำนวน 14 ธาตุ สามารถแบ่งกลุ่มตามปริมาณ และความต้องการใช้ของพืชได้เป็น 2 กลุ่ม คือ มหาธาตุหรือธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrients หรือ major elements) จำนวน 9 ธาตุ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม และจุลธาตุหรือธาตุอาหารเสริม (micronutrient elements) จำนวน 8 ธาตุ (ยงยุทธ โอสภสกา, 2546)

2.3.1.1 มหาธาตุหรือธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrients หรือ major elements) จำนวน 9 ธาตุ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) ดังนี้

1. ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยจะอยู่ในรูปสารประกอบ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) ที่ได้จากอากาศ และจากน้ำ (H_2O)

2. ธาตุอาหารหลัก เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก เพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตที่ดี โดยดินทั่วไปมักมีปริมาณของธาตุเหล่านี้อยู่น้อย จึงต้องใช้ปุ๋ยเคมีเป็นตัวเพิ่มธาตุอาหารเหล่านี้ให้มีปริมาณมาก มี 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งในแต่ละธาตุจะมีบทบาทหรือหน้าที่ต่างกัน

- ไนโตรเจน (nitrogen) เป็นองค์ประกอบของเอมไซม์ นิวคลีโอโปรตีน และคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีหน้าที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต เช่น กระตุ้นการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ เพิ่มปริมาณโปรตีน และควบคุมการออกดอกติดผล รวมไปถึงการสะสมอาหารในพืชด้วย แต่ถ้าหากได้รับไนโตรเจนที่มากเกินไปจะส่งผลเสีย ทำให้พืชมีระยะสุกแก่ที่ช้ากว่ากำหนด และในผลผลิตเมล็ดมีขนาดเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด ไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+), ไนเตรทไอออน (NO_3^-) และยูเรีย ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฟอสฟอรัส (phosphorus) เป็นองค์ประกอบของสารสำคัญต่างๆที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และเป็นตัวถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้ทั้งรากฝอยและรากแขนงเจริญเติบโตได้ดีในระยะแรก สามารถดูดธาตุโพแทสเซียมตามความต้องการใช้ในธาตุฟอสฟอรัสได้ดีขึ้น นอกจากนี้ดอก ผล และเมล็ดสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แก่พืชจะอยู่ในรูปของ โมโนฟอสเฟสไอออน ($H_2PO_4^-$) และไดฟอสเฟสไอออน (HPO_4^-)

- โพแทสเซียม (potassium) มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ พบธาตุนี้มากในบริเวณปลายราก ยอด ตา หรือส่วนที่กำลังพัฒนาและเจริญเติบโตของพืช มีส่วนช่วยในการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งกับน้ำตาลในพืช ทำให้ลำต้นแข็งแรง และให้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ

3. ธาตุอาหารรอง โดยทั่วไปในดินจะมีปริมาณของธาตุเหล่านี้ที่เพียงพอต่อความต้องการพืช มีความจำเป็นรองลงมาจากธาตุอาหารหลัก มี 3 ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ซึ่งแต่ละธาตุมีบทบาทและหน้าที่ดังนี้

- แคลเซียม (calcium) เป็นองค์ประกอบของสารที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ มีฤทธิ์ต่อต้านสารออกซิน (auxin) เพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ยืดยาวผิดปกติ สร้างโปรตีนและเคลื่อนย้ายแป้งในระยะที่พืชสร้างเมล็ด โดยแคลเซียมในดินจะอยู่ในรูปของเกลือ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เป็นต้น

- แมกนีเซียม (magnesium) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และช่วยสร้างน้ำมันให้แก่พืชเมื่อมีธาตุกำมะถันร่วมอยู่ด้วย ซึ่งธาตุแมกนีเซียมในดินจะอยู่ในรูปของแร่ เช่น โดโลไมต์ และรูปของสารละลายเกลือ เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$)

- กำมะถัน (sulfur) เป็นองค์ประกอบของวิตามิน B1 และสารระเหยที่ทำให้เกิดกลิ่นในหอม กระเทียม หรือกะหล่ำปลี รวมไปถึงการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนด้วย โดยรูปของกำมะถันที่อยู่ในดิน เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซัลไฟท์ (SO_3^{2-})

2.3.1.2 จุลธาตุหรือธาตุอาหารเสริม (micronutrient element) ประกอบด้วยธาตุ 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดีนัม (Mo) โบรอน (B) คลอรีน (Cl) และนิเกิล (Ni) จัดเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่ถือว่ามีส่วนสำคัญในการพัฒนาและเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก ซึ่งในแต่ละธาตุมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกัน

- เหล็ก (iron) มีบทบาทสำคัญในการสร้างคลอโรฟิลล์ สังเคราะห์โปรตีน และเร่งการทำงานในปฏิกิริยา Oxidation และ Reduction ธาตุเหล็กที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+})

- แมงกานีส (manganese) มีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวควบคุมกระบวนการ Oxidation และ Reduction ของพืชเมื่อมีธาตุเหล็กร่วมด้วย นอกจากนี้ยังมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดในพืช โดยพืชสามารถนำไปใช้ได้ในรูปแบบของ แมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) และแมงกานีส (Mn^{3+})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สังกะสี (zinc) มีความสำคัญในเรื่องของการสร้างคลอโรฟิลล์ สร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์บางชนิด อยู่ในรูปซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) ซึ่งพืชสามารถดูดนำไปใช้ได้ทันที

- ทองแดง (copper) มีส่วนช่วยในกระบวนการหายใจ เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์บางชนิดและโปรตีน รวมไปถึงการสร้างคลอโรฟิลล์ในพืช ซึ่งพืชสามารถนำธาตุทองแดงไปใช้ได้เมื่ออยู่ในรูปคอปเปอร์ไอออน (Cu^+)

- โมลิบดีนัม (molybdenum) เป็นธาตุที่ช่วยตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี (symbiotic nitrogen fixation) ทำให้พืชดูดไนเตรทได้ดียิ่งขึ้น

- โบรอน (Boron) มีความเกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์ และจำเป็นต่อการงอกของ Pollen tube หรือ Pollen grain

- คลอรีน (chlorine) เป็นองค์ประกอบอยู่ในสารละลายเกลือ ที่มีผลต่อ osmotic pressure อยู่ในรูปของ คลอไรด์ไอออน (Cl^-)

- นิกเกิล (nickel) มีส่วนช่วยในการสร้างเมล็ด และทำให้เมล็ดแข็งแรง เนื่องจากมีบทบาทเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ยูรีเอสที่ช่วยในการย่อยสลายยูเรียให้เป็นแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์

2.3.2 การดูดใช้ธาตุอาหารจากดินสู่พืช

พืชจะดูดใช้ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของสารละลายดิน ธาตุบางธาตุที่มีประจุไฟฟ้าบวก เช่น แคลเซียม หรือโพแทสเซียม พืชจะสามารถดูดธาตุอาหารเหล่านั้นขึ้นมาใช้ได้โดยตรง (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ซึ่งการดูดธาตุอาหารมาใช้ในกระบวนการต่างๆของพืช ต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการสร้างพลังงานของระบบการหายใจของพืช ดังนั้นวัสดุปลูกที่ใช้จึงควรมีความโปร่ง เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่ดิน การที่พืชได้รับอาหารจากดินจะประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ

1. การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) เกิดจากสารเพคติน (pectin) ที่เป็นสารประกอบอยู่ในผนังเซลล์ของรากพืช สามารถดูดจับ anion และ cation เมื่อรากพืชสัมผัสผ่านสารละลายดินที่มี anion และ cation ในปริมาณมาก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยน โดยทั้ง anion และ cation จากสารละลายดินจะเข้ามาแทนที่ anion และ cation บริเวณรากพืช ซึ่งการแทนที่นี้ทำให้รากพืชได้รับธาตุอาหารต่างๆ

2. การแลกเปลี่ยนสัมผัส (contact exchange) เป็นกระบวนการที่มีการทำงานคล้ายกับกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน ต่างกันที่การแลกเปลี่ยนสัมผัสเป็นการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างรากพืชกับอนุภาคดินที่สัมผัสรากโดยตรง ซึ่งพืชจะได้ประโยชน์จากไอออนเหล่านี้เมื่อผ่านเข้าไปยังเมมเบรนของเซลล์ (cell membrane) โดยวิธีการผ่านชั้นเมมเบรนเข้าสู่เซลล์ ประกอบด้วย 2 วิธีการคือ

2.1 Passive Transport เป็นกลไกที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม แต่จะใช้พลังงานทางฟิสิกส์ คือ ถ้าไอออนภายนอกเซลล์มีพลังงานศักย์เคมีไฟฟ้า (electrochemical potential) สูงกว่าภายในเซลล์ ไอออนจากภายนอกก็จะเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนเข้าสู่เซลล์

2.2 Active Transport เป็นกลไกที่ต้องใช้พลังงานจากกระบวนการเมแทบอลิซึม เพื่อให้ไอออนจากภายนอกเซลล์ผ่านเมมเบรนไปยังเซลล์รากพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2541)

ตารางที่ 2.2 รูปร่างของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชและความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุอาหารพืช	สัญลักษณ์ธาตุ	รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืช (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
คาร์บอน	C	CO ₂	45
ออกซิเจน	O	O ₂ , H ₂ O	45
ไฮโดรเจน	H	H ⁺ , H ₂ O	6.0
ไนโตรเจน	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	1.5
โพแทสเซียม	K	K ⁺	1.0
ฟอสฟอรัส	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	0.2
แคลเซียม	Ca	Ca ²⁺	0.5
แมกนีเซียม	Mg	Mg ²⁺	0.2
กำมะถัน	S	SO ₄ ²⁻	0.1
เหล็ก	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	100
คลอรีน	Cl	Cl ⁻	100
แมงกานีส	Mn	Mn ²⁺	50
โบรอน	B	H ₃ BO ₃ ⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻	20
สังกะสี	Zn	Zn ²⁺	20
ทองแดง	Cu	Cu ²⁺	6.0
โมลิบดีนัม	Mo	MoO ₄ ²⁻	0.1

ที่มา: ยงยุทธ โอสภสกา, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจ. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน

ประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 4 กระบวนการ (เพิ่มพูน กীরติกสิกร, 2528) ดังนี้

2.3.3.1 สูญเสียจากผลผลิต (crop removal) เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น เมล็ดหรือผลออกจากพื้นที่ปลูก ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของสารประกอบจะติดไปกับผลผลิตเหล่านั้นด้วย

2.3.3.2 สูญเสียจากน้ำที่ไหลบริเวณผิวดินสู่ด้านล่าง (deep percolation) พบการสูญเสียลักษณะนี้มากในดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อธาตุอาหารถูกชะล้างลงสู่ด้านล่างรากพืชจะไม่สามารถดูดธาตุเหล่านั้นขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากมีความลึกเกินที่รากพืชจะดูดได้

2.3.3.3 สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมเป็นตัวทำให้ธาตุอาหารเคลื่อนย้ายจากบริเวณหนึ่งไปอีกบริเวณหนึ่ง โดยการพัดพาของลมหรือน้ำ

2.3.3.4 สูญเสียจากการระเหิด (volatilization) เกิดจากธาตุที่อยู่ในดินแปรสภาพเป็นแก๊ส เช่น แอมโมเนียมแปรสภาพเป็นแก๊สแอมโมเนีย

2.3.4 ความสำคัญของปุ๋ยเคมีต่อพืช

ปุ๋ยเคมีได้มาจากการผลิตในกระบวนการทางเคมี โดยการนำก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ที่ได้มาจากการสังเคราะห์แอมโมเนียร่วมกับกรดที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ ทำให้มีปริมาณของธาตุอาหารที่ค่อนข้างสูง แม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อยก็ให้ธาตุอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของพืช และมีความสมบูรณ์ในการละลายน้ำได้ดี ปลดปล่อยสารอาหารและแร่ธาตุต่างๆ ให้กับพืชได้อย่างรวดเร็ว ทำให้พืชนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ (Choi et al., 2003) มีการแบ่งประเภทของปุ๋ยไว้ 3 ชนิด โดยพิจารณาจากจำนวนของธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยเป็นหลัก ได้แก่

- ปุ๋ยเชิงเดี่ยว คือ มีธาตุอาหารหลักเพียง 1 ชนิด เช่น ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัส ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียม

- ปุ๋ยเชิงประกอบ คือ ปุ๋ยที่ประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลัก 2 ชนิด เรียกชื่อตามส่วนประกอบทางเคมีนั้นๆ

- ปุ๋ยเชิงผสม คือ มีการนำธาตุอาหารอย่างน้อย 3 ชนิดมาผสมกันจนได้สูตรตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่แล้ว เช่น ปุ๋ยเคมีที่ประกอบด้วย N P K จะเรียกกันว่า ปุ๋ย 15-15-15

พัทตร์เพ็ญ และคณะ (2559) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ โดยปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ อาจมีผลมาจากปุ๋ยเคมีมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เร็วทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ต่างกับปุ๋ยอินทรีย์ที่ธาตุอาหารอยู่ในรูปของสารประกอบทำให้การปลดปล่อยธาตุอาหารเป็นไปอย่างช้าๆ (ยงยุทธ โอสถสกา, 2552) นอกจากนี้ปุ๋ยเคมียังมีส่วนช่วยให้ปริมาณฟอสฟอรัสใน

ดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (Zhang et al., 2009) และในระยะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโต (vegetative stage) พืชสามารถดูดใช้ธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ (Xu et al., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในพืชอื่นๆ ที่พบว่าปุ๋ยเคมีทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นในโรสเมรี่ (Singh and Guleria, 2013) รวมถึงปริมาณแคโรทีนอยด์ คาร์โบไฮเดรต วิตามินซี คอลโรฟิลล์เอ และคอลโรฟิลล์บีที่เพิ่มขึ้นในผักโขม (Alderfasi et al., 2010)

2.4 โรงเรือนพลาสติก (Greenhouse Plastic)

ส่วนใหญ่โรงเรือนพลาสติกถูกสร้างขึ้นเพื่อทำการเกษตร เนื่องจากสามารถปกป้องพืชได้จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และช่วยป้องกันโรคหรือแมลงที่เป็นอันตรายก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืช นิยมสร้างด้วยวัสดุโปร่งแสง เพื่อให้พืชดูดแสงที่ผ่านเข้ามาไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2550)

2.4.1 การปลูกพืชภายใต้โรงเรือน

ในอดีตโรงเรือนถูกสร้างขึ้นเพื่อปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมภายนอกในบางช่วงเวลาของฤดูกาลที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเพียงเท่านั้น แต่ในปัจจุบันโรงเรือนมีความสำคัญในการศึกษา ทดลอง และวิจัยร่วมกับการปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น โดยแบ่งประโยชน์หลักของโรงเรือนได้ 3 ด้าน คือ

1. ด้านการป้องกันและปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิที่หนาวหรือร้อนจนเกินไป ภัยธรรมชาติที่เกิดจากพายุ ลม หรือฝน เป็นต้น และลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงและโรคต่างๆ ที่เป็นศัตรูธรรมชาติของพืช
2. ด้านการควบคุมหรือดัดแปลงปัจจัยที่มีผลต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโต เมื่อปลูกพืชในโรงเรือนปัจจัยต่างๆ ที่ต้องการควบคุม เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ หรือปริมาณน้ำ และปุ๋ย สามารถควบคุมได้ง่ายขึ้น
3. ด้านการขยายช่วงเวลาในการเพาะปลูกที่มากขึ้น เมื่อการปลูกพืชในโรงเรือนสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้ง่ายและดีขึ้น ทำให้ปลูกพืชได้มากกว่า 1 ฤดูปลูกต่อปี นอกจากนี้สามารถควบคุมได้ทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิต รวมถึงการวางแผนเพาะปลูกและการดูแลรักษาพืชด้วย

2.4.2 ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชภายในโรงเรือนพลาสติก

2.4.2.1 ปัจจัยด้านพันธุกรรม (genetic factor) เป็นปัจจัยภายใน (internal factor) ที่เป็นพื้นฐานในการกำหนดลักษณะต่างๆ ที่พืชแสดงออก โดยการแสดงออกของพืชจะมากหรือน้อยนั้นจะมีปัจจัยภายนอกหรือเรียกว่า “ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม” เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย (ธนากร น้ำหอมจันทร์, 2562)

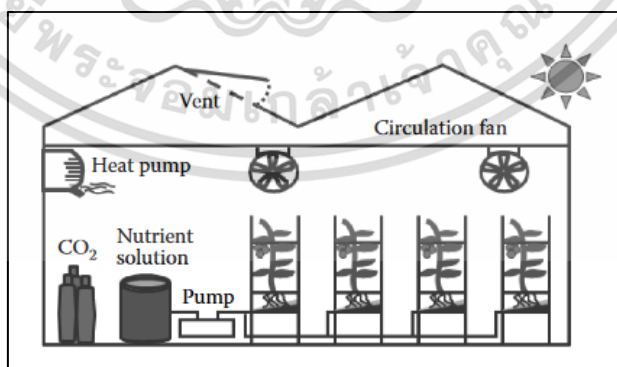
2.4.2.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (environmental factor) เป็นปัจจัยภายนอก (external factor) ที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช ได้แก่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แสง (light) จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง และสร้างอาหารให้กับพืช เพื่อให้พืชมีการพัฒนาและเจริญเติบโตต่อไป
- อุณหภูมิ (temperature) ที่เหมาะสมจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี โดยพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการพิจารณาอุณหภูมิตามชนิดหรือพืชที่ปลูก
- น้ำ (water) มีความสำคัญคือ เป็นตัวทำละลายอาหารและแร่ธาตุต่างๆ แล้วลำเลียงเข้าสู่พืช และช่วยรักษาระดับอุณหภูมิภายในต้นพืช
- ดิน (soil) อาจพบธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชอยู่ภายใน และมีส่วนช่วยยึดเหนี่ยวลำต้นให้อยู่ในทิศทางที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต
- ธาตุอาหาร (nutrients) เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการพืช
- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตจะช่วยปรับปรุงผลผลิต และคุณภาพที่ตรงตามความต้องการของตลาด (ธนากร น้ำหอมจันทร์, 2563)

2.4.3 รูปแบบโรงเรือนพลาสติก

การปลูกพืชภายในโรงเรือนสามารถนำเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (Kim et al., 2000) ปัจจุบันแบ่งประเภทของโรงเรือนตามระบบการเพาะปลูกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.4.3.1 แบบระบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติ (plant factory with sunlight) เป็นระบบการปลูกพืชที่ใช้ต้นทุนต่ำ เนื่องจากใช้แสงธรรมชาติในการเจริญเติบโต แต่รูปแบบนี้ไม่สามารถป้องกันแมลงศัตรูพืชและโรคพืชได้ (Brandon et al., 2016)

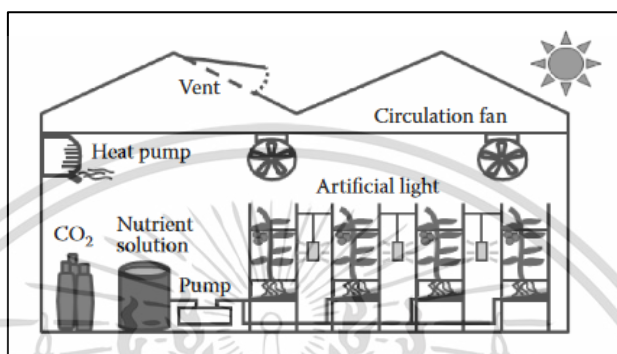


ภาพที่ 2.3 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติ

ที่มา: <https://www.researchgate.net>

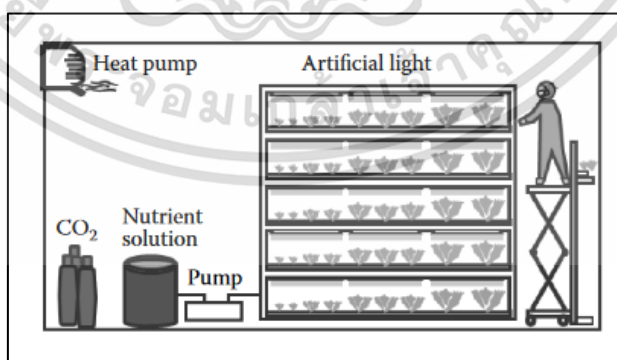
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 แบบระบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงเทียม (plant factory with sunlight and supplemental light) เป็นระบบที่มีต้นทุนเพิ่มเข้ามา เนื่องจากต้องมีการติดตั้งแสงเทียมเพื่อใช้ในเวลากลางคืน ให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้เพิ่มมากขึ้น เหมาะกับประเทศที่มีช่วงเวลากลางวันน้อย และได้รับความนิยมมากในเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เช่น เบญจมาศ (ถกลวรรณ และคณะ, 2561; Brandon et al., 2016)



ภาพที่ 2.4 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบเปิด โดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงเทียม
ที่มา: <https://www.researchgate.net>

2.4.3.3 แบบระบบปิด โดยใช้แสงเทียม (plant factory with fully artificial light) เป็นระบบที่นำแสงเทียมมาใช้ทั้งหมด ส่งผลให้มีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง แต่ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื่องจากการปลูกพืชระบบปิดนั้นง่ายต่อการควบคุมและจัดการปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เหมาะสำหรับทำงานทดลองหรือการวิจัยในเชิงวิชาการ (จริญญา ฤทธิรัมย์, 2563; Brandon et al., 2016)



ภาพที่ 2.5 โรงเรือนปลูกพืชรูปแบบปิด โดยใช้แสงเทียมทั้งระบบ
ที่มา: <https://www.researchgate.net>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเก็บรักษาผลิตผล (Storage operation)

เป็นวิธีการยืดอายุของผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยว เพื่อรักษาคุณภาพและราคาของผลผลิตหรือสินค้าให้อยู่ในระดับที่ผู้ผลิตและผู้บริโภคพึงพอใจหรือยอมรับได้ (Wills et al., 1998) ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวถือเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิต และอาจส่งผลถึงระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจาก 4 สาเหตุ (दनัย และคณะ, 2562) ดังนี้

1. สาเหตุทางกล เกิดได้จากทุกขั้นตอนของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดี เช่น มีบาดแผลจากการเก็บเกี่ยว หรือเกิดรอยขีดจากการกดหรือกระแทก เป็นต้น
2. สาเหตุจากกระบวนการทางสรีรวิทยา เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี (Snowdon, 1990) เช่น การหายใจและการคายน้ำ รวมถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยว
3. สาเหตุจากโรคและแมลง เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อและแมลงต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหายในด้านการสูญเสียทางปริมาณและคุณภาพ (quantity and quality loss) มากที่สุด
4. สาเหตุจากสารเคมี เกิดจากการที่เกษตรกรใช้สารเคมีเฉพาะปลูกหรือหลังการเก็บเกี่ยวในปริมาณที่มากเกินไปเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดการปนเปื้อนและยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอีกด้วย (दनัย บุญยเกียรติ, 2558)

การสูญเสียของผลผลิตสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในแปลงปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ณัฐวัฒน์ และคณะ, 2559) ซึ่งปริมาณการสูญเสียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิตและฤดูกาลในขณะนั้น ดังนั้นการควบคุมดูแลที่มีประสิทธิภาพจึงถือเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยลด การเกิดความสูญเสียได้ เช่น เก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีความสุกแก่พอดี ควบคุมดูแลการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับผลผลิต เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลผลิตทั้งรูปร่างและขนาด และเก็บรักษาผลผลิตอย่างถูกวิธีเพื่อยืดอายุผลผลิตให้นานที่สุด (จิราภา เหลืองอรุณเลิศ, 2554)

2.5.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาผลิตผล

2.5.1.1 อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษา เนื่องจากพืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และความชื้นจะมีความสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการเก็บรักษา (สายชล เกตุษา, 2528)

2.5.1.2 การสุกแก่ของผลผลิต สามารถแบ่งได้ 2 แบบ ดังนี้

- ความสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) คือ ระยะเวลาที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายอย่างที่เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเก็บเกี่ยวของพืชแต่ละชนิด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

- ความสุกแก่ทางการค้า (commercial maturity) คือ ระยะความแก่ของผลผลิตช่วงใดช่วงหนึ่งที่ตลาดต้องการ จะมีระยะของความสุกแก่ที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดพืช วัตถุประสงค์ การขนส่ง และการนำไปใช้

2.5.1.3 พันธุ์หรือชนิดพืชที่ปลูกจะมีวิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน จึงควรศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาที่ได้ประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมต่อผลผลิต

2.5.1.4 คุณภาพผลผลิตที่ทำการเก็บรักษาจะต้องสมบูรณ์ คุณภาพดี ไม่มีร่องรอยของการแตก ช้ำ หรือเน่าที่จะเป็นสาเหตุให้เชื้อต่างๆเข้าทำลายได้

2.5.1.5 การลดความร้อนหลังเก็บเกี่ยวมีผลต่ออัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ส่งผลให้ผลผลิตมีระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

2.5.1.6 ผลผลิตที่จะนำมาเก็บรักษาจำเป็นต้องมีความสะอาด เพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดการเน่าเสียหรือโรคต่างๆได้

2.5.2 วิธีการเก็บรักษาผลผลิต

2.5.2.1 การเก็บรักษาด้วยวิธีธรรมชาติ (natural storage) เช่น การเก็บรักษาบนต้นภายในแปลง หรือภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลไม้บางชนิดแม้ว่าถึงระยะการสุกแก่แล้วแต่เมื่อไม่มีการเก็บเกี่ยวผลนั้นก็ไม่สุกจนเสื่อมสภาพ นับเป็นการเก็บรักษาอย่างหนึ่งโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆเข้ามาช่วย (สายชล เกตุษา, 2528)

2.5.2.2 การเก็บรักษาด้วยห้องเย็น (cold storage) เป็นการเก็บรักษาผลผลิตในอุณหภูมิต่ำ ต้องมีการพิจารณาระดับของอุณหภูมิตามชนิดของผลผลิตที่ต้องการเก็บรักษา การใช้อุณหภูมิต่ำเหมาะสมสำหรับเก็บรักษาผลผลิตที่มีการเสื่อมสภาพเร็ว เน่าเสียง่าย เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ดังนี้

- ยับยั้งการหายใจและกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆในพืช
- ยับยั้งการสูญเสียความชื้นและการเหี่ยวของผลผลิต
- ยับยั้งการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย

2.5.2.3 การเก็บรักษาด้วยการควบคุมสภาพของบรรยากาศ (controlled atmosphere storage: CA storage) เป็นการลดระดับความเข้มข้นของออกซิเจน หรือการเพิ่มระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศห้องเย็นที่เก็บรักษา ทำให้การหายใจเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากกระบวนการสุกและการบวนการชราของผลถูกยับยั้ง

2.5.2.4 การเก็บรักษาด้วยการลดความดัน (hypobaric storage) เป็นการเพิ่มการแพร่กระจายของเอทิลินที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อพืชออกไปสู่ภายนอกอย่างรวดเร็ว

2.2.2.5 การเก็บรักษาด้วยการใช้สารเคลือบผิว เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและความเสียหายด้านนอกผลผลิต นิยมใช้สารเคลือบผิวประเภทที่ละลายน้ำหรือละลายในตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอินทรีย์ ซึ่งโดยทั่วไปตามธรรมชาติผิวของผลไม้จะมีสารพวกควินินและไซปคอลลูมอยู่ และพืชบางชนิดสามารถสร้างไซหลังการเก็บเกี่ยวได้เอง

2.6 ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (Minimally processed fruit)

ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคหรือผลไม้สดหั่นชิ้น (minimally processed fruit หรือ fresh-cut fruit) หมายถึง การที่ผู้จำหน่ายนำผลผลิตมาทำความสะอาด ปอกเปลือก เอาเมล็ดออก และตัดแต่งหั่นเป็นชิ้นเพื่อบรรจุลงภาชนะที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการพกพาและบริโภค ปัจจุบันได้รับความนิยมในการนำมาวางจำหน่ายเพิ่มมากขึ้นทั้งในตลาดสดและห้างสรรพสินค้า (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2566)

2.6.1 การเปลี่ยนแปลงของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

ผลไม้ที่ได้รับความนิยมนำมาตัดแต่ง ได้แก่ แอปเปิ้ล ฝรั่ง มะละกอ สับปะรด มะม่วง ฝรั่ง และแอปเปิ้ล ซึ่งการตัดแต่งเป็นการทำลายเซลล์หรือเนื้อเยื่อพืชทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่รวดเร็วและเสื่อมสภาพได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของชีวเคมีที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาล (browning) บริเวณรอยตัด และอาจก่อให้เกิดเชื้อจุลินทรีย์ทำลายผลผลิตได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.6.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

1. อัตราการหายใจ

เมื่อผลผลิตถูกตัดแต่งจะทำให้มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับบรรยากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ออกซิเจนสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ในเซลล์มากขึ้น มีส่วนทำให้คุณค่าทางอาหารของผลผลิตลดลง นอกจากนี้การหายใจยังให้ความร้อนซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดเร็วขึ้น การเสื่อมสภาพของผลผลิตก็เกิดขึ้นได้เร็วตามไปด้วย

2. การผลิตเอทิลีน

เป็นฮอร์โมนพืชที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษาของผลผลิต ซึ่งก๊าซเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้ผลผลิตสุกและถึงระยะชราภาพเร็วขึ้น โดยเฉพาะผลผลิตที่มีบาดแผลหรือร่องรอยความเสียหายจะเกิดได้เร็วกว่าผลผลิตที่ไม่มีตำหนิ (ชูทวีป และปาริชาติ, 2559)

2.6.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

1. การเกิดสีน้ำตาล (browning)

การตัดแต่งผลผลิตทำให้เอนไซม์ สารตั้งต้น และออกซิเจนเกิดการสัมผัสกัน ทำให้สาร monophenol (สารไม่มีสี) ถูกออกซิโดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) และถูกออกซิโดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือโปรตีนต่อ กลายเป็นสารสีน้ำตาล และรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ที่ปรากฏบนผลผลิตเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเกิดกลิ่นหรือรสที่ผิดปกติ

การผิดปกติของกลิ่นและรสเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะมีเอนไซม์ lipoxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารคีโตน และแอลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารที่สามารถระเหยได้

3. การเปลี่ยนสี

เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่มีสีเขียว ทำให้รงควัตถุกลุ่มแคโรทีนอยด์ปรากฏขึ้น เช่น เมื่อแตงโมหรือมะเทศสุกจะมีสีแดงของไลโคปีน หรือ มะม่วง กัลวยที่เมื่อสุกจะมีสีเหลืองจากเบตา-แคโรทีนอยด์

4. ความแน่นเนื้อ

การตัดแต่งผลผลิตเป็นการทำลายการยึดเกาะตัวของเซลล์ ทำให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน

5. การเน่าเสียจากจุลินทรีย์

กระบวนการตัดแต่งผลผลิตส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการฉีกขาดหรือมีบาดแผล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่อาจทำให้เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ (ซูทวีป และปารีชาติ, 2559)

2.6.2 การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

ผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยวจะมีอุณหภูมิที่สูงเท่าอุณหภูมิของอากาศ และสภาพแวดล้อมในตอนนั้น ความร้อนจากแปลงปลูก เรียกว่า field heat ส่วนความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหายใจ เรียกว่า vital heat โดยความร้อนทั้งสองจะทำให้ผลผลิตมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมให้เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาผลผลิตด้วยการลดอุณหภูมิจึงเป็นวิธีที่ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลผลิตได้ ซึ่งประโยชน์ของการลดอุณหภูมิ ได้แก่

- ลดกระบวนการหายใจ และการสุกของผลไม้
- ลดการสูญเสียน้ำ
- ชะลอหรือชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์
- ลดการสังเคราะห์เอทิลีน

โดยการเก็บรักษาผลผลิตทุกชนิดที่อุณหภูมิต่ำนั้น จะต้องเก็บในอุณหภูมิต่ำที่สุดที่จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำจนเกินไป จะทำให้น้ำในเซลล์แข็งตัวกลายเป็นผลึกน้ำแข็งที่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) นอกจากนี้พบว่ามีการนำสารชนิดต่างๆที่ไม่เป็นอันตรายกับผลผลิตและผู้บริโภคมาใช้ เพื่อช่วยยืดอายุผลผลิตและคงสภาพเดิมไว้ให้นานที่สุด ซึ่งสารในกลุ่มแคลเซียมนิยมนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพผลผลิต เนื่องจากมีคุณสมบัติบางประการที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride)

แคลเซียม (Ca) ถูกจัดเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการในปริมาณน้อยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งพบว่าในดินมีปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพืชแล้ว โดยแคลเซียมยังมีส่วนช่วยในการแบ่งเซลล์และกระบวนการอื่นๆในช่วงที่พืชมีการพัฒนาและเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อโครงสร้างผนังเซลล์ (cell wall) ทำหน้าที่เชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์แข็งแรง ดังนั้นแคลเซียมจึงถือเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผักและผลไม้ โดยเฉพาะในผลไม้ จะนิยมนำแคลเซียมชนิดต่างๆ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตท แคลเซียมไนเตรท และ แคลเซียมซัลเฟตมาใช้ เพื่อช่วยรักษาหรือเพิ่มคุณภาพผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว (เฉลิมชัย วงศ์อารี, 2561)

แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เป็นสารดูดซับความชื้น และละลายน้ำได้ดี ปัจจุบันถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารเติมแต่งอาหารและสารช่วยเพิ่มความแข็งแรงที่มีผลให้เนื้อสัมผัสกรอบขึ้น รวมถึงอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารด้วย (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2565) ในทางการยืดอายุผลผลิตให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ โดยการฉีดพ่นสารละลายให้กับผลผลิตทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว หรือนำผลผลิตมาจุ่มลงในสารละลาย นอกจากนี้สามารถลดการเกิดโรคต่างๆในผลไม้ได้อีกด้วย (Kader, 2002) ซึ่งมีหลายงานวิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น ก่อนเก็บรักษามีการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้กับบองุ่น (Nigro et al., 2006) และสตอเบอรี่ (Wojcik and Lewandowski, 2003) ส่งผลให้หลังการเก็บรักษามีการเน่า (rotting) ของผลผลิตลดลง

2.7.1 การเก็บรักษาผลผลิตพืชชนิดต่างๆ โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

มีการทดลองแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ในสับปะรดตัดแต่งเป็นเวลา 2 นาทีเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น โดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายที่ 1% และ 2% เก็บรักษา 10 วัน (พนิดา และมยุรี, 2560) พบว่า สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% มีแนวโน้มช่วยลดการเสื่อมสภาพของสับปะรดตัดแต่งได้ กล่าวคือ ลดการเกิดสีน้ำตาลที่ขึ้นเนื้อสับปะรดในวันที่ 4-10 และเพิ่มความกรอบให้กับเนื้อสัมผัสทำให้สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้นานถึง 8 วัน แต่มีผลที่ต่างกับการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (1%) ในพริกชี้หู พันธุ์หัวเรือ (พัชรี และคณะ, 2562) และพริกหวาน (Rao et al., 2011) ที่ใช้ระยะเวลาในการแช่ 15 นาที สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และชะลออัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของแคลเซียมคลอไรด์ขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ และระยะเวลาในการแช่ผลผลิต (Varela et al., 2007)

ดวงใจ และคณะ (2565) มีการทดลองการแช่แคลเซียมคลอไรด์ (3%) ร่วมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา (5 15 และ 25 °C) พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการแช่สารละลายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมคลอไรด์ (3%) ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gao et al. (2020) พบว่าการแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2.5% นาน 15 นาที สามารถชะลอการสุกแก่ของมะละกอได้ 4 วันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4% นาน 15 นาที ช่วยคงสภาพผลผลิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผล Netted Melon น้อยที่สุด (นกน้อย ชูคงคา, 2545)

การนำผลแอปเปิ้ลมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ภายใต้สภาพสุญญากาศ (vacuum infiltration) ส่งผลต่อการเก็บรักษาที่นานขึ้น และมีค่าความแน่นเนื้อที่มากกว่าแอปเปิ้ลที่ไม่ได้แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Fallahi et al., 2010) อาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายและการกระจายตัวของแคลเซียมที่ละลายได้จากผนังเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ (Chardonnet et al., 2003) ส่วนในแอปเปิ้ลตัดแต่งที่พร้อมบริโภคเมื่อได้รับการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถคงสภาพของสี และเนื้อสัมผัสได้มากกว่า 5 วัน (Zheng et al., 2014)

มีการศึกษาในมะละกอดิบเส้นพร้อมปรุงที่ทำการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5%) เป็นเวลา 2 นาทีร่วมกับแช่ในน้ำร้อน (40 และ 50°C) เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ปรากฏว่า ความร้อนทำให้เส้นมะละกอมีสีเข้มขึ้น (ค่าความสว่างลดลง) ความแน่นเนื้อลดลง และมีการสูญเสีย น้ำหนักเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ สามารถรักษาความแน่นเนื้อของ เส้นมะละกอได้ (อัครรัตน์ ไชยธรรม, 2541) นอกจากนี้ยังมีการศึกษานำแคนตาลูปทั้งผลแช่ใน แคลเซียมคลอไรด์ (1%) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 45 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($5 \pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 0, 5 และ 10 วันจากนั้นค่อยนำแคนตาลูปมาหั่นเป็นชิ้นพร้อมบริโภค และนำไปเก็บรักษา อีก 4 วันเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง (กัญญารัตน์ และไกรยศ, 2562) พบว่าแคนตาลูปที่แช่ในแคลเซียม คลอไรด์ (1% ที่ 60°C) เก็บรักษา 10 วัน และนำมาตัดแต่งให้พร้อมบริโภคที่ 4 วัน สามารถลดการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพภายนอก เช่น เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และสีได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับผลแคนตาลูปที่ ไม่ได้แช่สารละลาย ซึ่งการให้ความร้อนอาจมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแพร่ของแคลเซียมให้เข้าสู่ ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ให้ดีขึ้น ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น (Aguayo et al., 2008; Harker et al., 1989; Silveira et al., 2011)

จะเห็นได้ว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลไม้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพน้อยลง ชะลอการสูญเสีย น้ำหนักของผลผลิต ลดการอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัสขณะเก็บรักษา และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ นานขึ้น ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ชนิดของผลผลิต อุณหภูมิ และความสมบูรณ์ของ ผลผลิตก่อนการเก็บรักษา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมในด้านของการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวแบบพร้อมบริโภคของแตงโม ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ 1. ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และการเพิ่มแสง LED ต่อผลผลิตแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก และ 2. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่ง

3.1 วางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบ 5x3 factorial in Completely Randomized Design และการทดลองที่ 2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลอง ณ โรงเรือนพลาสติก และห้องปฏิบัติการทางวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

- อุปกรณ์การปลูกพืช ได้แก่ เมล็ดพันธุ์แตงโมกินรี, ถาดเพาะเมล็ด, ดินปลูก และกระถาง
- อุปกรณ์การเก็บรักษา ได้แก่ กล่องพลาสติกใส และตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- สิ่งทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 16-16-16, แสง LED (day light LED) และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)
- เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง, เวอร์เนียคาลิเปอร์, เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (penetrometer และ fruits hardness tester), เครื่องวัดความหวาน (hand refractometer และ brix refractometer), เครื่องวัดสี (color flex spectrophotometer และ color meter) เครื่องวัด pH (pH meter) และเครื่องวัดความเข้มแสง (digital luxmeter)
- อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ Test tube, Beaker, Erlenmeyer flask, Funnel, Cylinder, Dropping bottle, Dropper, Volumetric flask, Buret, Buret clamp, Stand และ Spatula
- สารเคมี ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1% และ 2%, กรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4%, 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอลเข้มข้น 0.04%, กรดแอสคอบิก, ฟีนอล์ฟทาลินเข้มข้น 1% และโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N
- อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ ผ้าขาวบาง, กล่องถ่ายรูป, มีด, เขียง และอุปกรณ์จัดบันทึกอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีดำเนินงาน

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลอง 1. การศึกษาผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และระยะเวลาการเพิ่มแสง LED ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลิตผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก และการทดลองที่ 2. ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังนี้

3.3.1 การทดลองที่ 1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และระยะเวลาการเพิ่มแสง LED ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลิตผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

ศึกษาผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และการเพิ่มแสง LED ต่อผลผลิตแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก วางแผนการทดลองแบบ 5×3 factorial in Completely Randomized Design (5×3) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 (A) ปริมาณปุ๋ยสูตร NPK 16-16-16 จำนวน 5 อัตรา

ดังนี้ A1 = 3 กรัมต่อกระถาง

A2 = 5 กรัมต่อกระถาง

A3 = 7 กรัมต่อกระถาง

A4 = 9 กรัมต่อกระถาง

A5 = 11 กรัมต่อกระถาง

ปัจจัยที่ 2 (B) คือ ระยะเวลาการให้แสง LED

ดังนี้ B1 = แสงธรรมชาติ (No LED)

B2 = เพิ่มแสง LED 6 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 18.00-24.00 น (LED 6 h)

B3 = เพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 18.00-06.00 น (LED 12 h)

ประกอบด้วย 15 วิธีการรวม (treatment combination)

โดย 1. 3 g NPK (16-16-16) + No LED (ชุดควบคุม)

2. 5 g NPK (16-16-16) + No LED

3. 7 g NPK (16-16-16) + No LED

4. 9 g NPK (16-16-16) + No LED

5. 11 g NPK (16-16-16) + No LED

6. 3 g NPK (16-16-16) + LED 6 h

7. 5 g NPK (16-16-16) + LED 6 h

8. 7 g NPK (16-16-16) + LED 6 h

9. 9 g NPK (16-16-16) + LED 6 h

10. 11 g NPK (16-16-16) + LED 6 h

11. 3 g NPK (16-16-16) + LED 12 h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. 5 g NPK (16-16-16) + LED 12 h
13. 7 g NPK (16-16-16) + LED 12 h
14. 9 g NPK (16-16-16) + LED 12 h
15. 11 g NPK (16-16-16) + LED 12 h

3.3.1.1 การเตรียมดินและการปลูก

นำเมล็ดพันธุ์แตงโม กินรี ตราตะวันต้นกล้าจากบริษัท Advance Seeds จำกัด แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วเทน้ำออกเพื่อทำการบ่มเมล็ดด้วยการห่อด้วยผ้าขาวบางทิ้งไว้อีก 1 คืน และเลือกเมล็ดที่เริ่มมีรากงอกเพาะลงในถาดเพาะที่ใส่พีทมอสเตรียมไว้ หลุมละ 2 เมล็ด จากนั้นประมาณ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ให้คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดสม่ำเสมอเพื่อปลูกลงในกระถางพลาสติก สีดำขนาด 15 นิ้ว กระถางละ 1 ต้นต่อ 1 ซ้ำ โดยใช้ดินผสมกับปุ๋ยคอกเป็นวัสดุปลูกในอัตราส่วน 3:1 กระถางโดยปริมาตร ทั้งหมด 60 กระถาง แบ่งวางในโรงเรือน 3 โรงเรือน โรงเรือนละ 20 กระถาง ระยะห่างระหว่างกระถางของแถวเดียวกันประมาณ 5 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างกระถางของแถวต่างข้างประมาณ 40 เซนติเมตร โดยกำหนดให้โรงเรือนที่ 1 ไม่มีการเพิ่มแสง LED ในเวลากลางคืน ส่วนโรงเรือนที่ 2 และ 3 มีการเพิ่มแสงจากหลอด day light LED ในเวลากลางคืนจำนวน 6 และ 12 ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ ผูกเชือกเพื่อให้ลำต้นของแตงโมเลื้อยขึ้นไปในแนวตั้ง เมื่อถึงเวลาในการใส่ปุ๋ยให้ทำการพรวนดินรอบๆกระถางก่อน และใส่ปุ๋ยตรงบริเวณที่พรวนดินให้ห่างจากโคนต้นแตงโมตามปริมาณปุ๋ยที่กำหนดไว้ ซึ่งปริมาณปุ๋ยทั้งหมดที่แตงโมได้รับเท่ากับ 30 50 70 90 และ 110 กรัมต่อฤดูปลูก โดยปริมาณปุ๋ยทั้งหมดจะถูกแบ่งใส่จำนวน 10 ครั้ง กำหนดระยะเวลาห่าง 7 วัน ดังนั้นแตงโมจะได้รับปุ๋ยในปริมาณ 3 5 7 9 และ 11 กรัมต่อสัปดาห์ โดยเริ่มใส่ครั้งแรกเมื่อย้ายปลูกต้นแตงโมได้ 7 วัน ส่วนการให้น้ำแตงโมจะเป็นช่วงเช้า (07.30-08.00 น.) และช่วงเย็น (16.00-16.30 น.) ของทุกวันด้วยสายยาง โดยรดทีละกระถาง กระถางละประมาณ 30 วินาที เมื่อดอกบานทำการผสมเกสรด้วยมือในช่วงเช้าเท่านั้น และจดบันทึกวันในการผสมเกสรเพื่อใช้ประเมินอายุในการเก็บเกี่ยว ทำการตัดแต่งใบแตงโมอยู่เสมอเพื่อป้องกันไม่ให้มีแมลงศัตรูพืชที่อาจก่อให้เกิดโรคพืชได้ เนื่องจากการปลูกแตงโมในแนวตั้งจึงต้องมีการพรางผลของแตงโมด้วยการใส่ในตะกร้าที่มีเชือกผูกโยงไว้ด้านบน ป้องกันผลหลุดจากขั้วเมื่อน้ำหนักที่มากขึ้น และเมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยวให้ทำการสุ่มคัดเลือกผลแตงโมเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลคุณภาพผลผลิตต่อไป

3.3.1.2 การเก็บบันทึกข้อมูล

- ด้านการเจริญเติบโต

1. ความสูงต้น (เซนติเมตร) โดยวัดจากส่วนที่อยู่เหนือวัสดุปลูกจนถึงปลายยอด เริ่มครั้งแรกที่อายุ 21 วันจนถึงอายุ 56 วันหลังย้ายปลูก ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเขียวใบ (SPAD reading) วัดด้วยเครื่อง Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter โดยเลือกวัดใบที่ 9 (นับจากโคนต้นขึ้นมา) วัดใบละ 3 จุดของแต่ละต้น เริ่มครั้งแรกที่อายุ 21 วันจนถึงอายุ 56 วันหลังย้ายปลูกทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 7 วัน

- ด้านผลผลิตและคุณภาพผลผลิต (หลังเก็บเกี่ยว)

1. น้ำหนักผล (กิโลกรัม) ชั่งหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2

ตำแหน่ง

2. ความกว้างและความยาวผล (เซนติเมตร) ทำการผ่าแบ่งครึ่งผลตามแนวยาวออกเป็น 2 ส่วน และวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์

3. ความหนาเปลือก, ความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) วัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ โดยวัดทั้งด้านกว้างและด้านยาว

4. ความแน่นเนื้อ (นิเวต) วัดด้วยเครื่อง penetrometer ซึ่งหัวเจาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนเนื้อแตงโมลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อผล

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS: องศาบริกซ์) วัดด้วยเครื่อง hand refractometer โดยใช้น้ำคั้นจากแตงโม และค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA: เปอร์เซ็นต์) ใช้น้ำคั้นจากเนื้อแตงโมไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็น indicator จนถึงจุดยุติ (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนถาวร) บันทึกปริมาณของสารละลายต่างที่ใช้ เพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์กรดที่สามารถไทเทรตได้ จากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้} = \left(\frac{\text{Nbase} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt. ของกรดชนิดที่วิเคราะห์}}{\text{ml น้ำคั้นที่ใช้}} \right) \times 100$$

โดย Nbase = normality ของ NaOH (0.1N)

ml base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt. ของกรดชนิดที่วิเคราะห์ = 0.06404

ml น้ำคั้นที่ใช้ = จำนวนมิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้ในการไทเทรต

7. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำน้ำคั้นแตงโมวัดด้วยเครื่อง pH meter

8. สีเนื้อ (ค่า L*, a*, b*) ทำการเปรียบเทียบสีเนื้อแตงโม ด้วยเครื่อง color flex spectrophotometer โดยสุ่มวัดสีเนื้อแตงโมจำนวน 4 จุด ค่าที่อ่านได้จะเป็น L* a* b* color space

ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (100) หรือ ความมืด (0)

ค่า a* หมายถึง ค่าสีแดง (+) หรือค่าสีเขียว (-)

ค่า b* หมายถึง ค่าสีเหลือง (+) หรือค่าสีน้ำเงิน (-)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเก็บข้อมูลอื่นๆ

1. ความเข้มแสงภายในโรงเรือนพลาสติก (ลักซ์) วัดด้วยเครื่อง Digital Luxmeter รุ่น LX1330B ทำการวัดทุก 3 วัน โดยวัด 4 ช่วงเวลาต่อครั้ง ได้แก่ 09.00 13.00 18.00 และ 21.00 นาฬิกา

2. ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนพลาสติก (เปอร์เซ็นต์) วัดด้วยเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิดิจิทัล Unbranded/Generic รุ่น HTC-1-White ทำการเก็บบันทึกข้อมูลทุกวัน ในช่วงเวลา 9.00 13.00 และ 18.00 น.

3. อุณหภูมิภายในโรงเรือนพลาสติก (องศาเซลเซียส) วัดด้วยเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิดิจิทัล Unbranded/Generic รุ่น HTC-1-White ทำการเก็บบันทึกข้อมูลทุกวัน ในช่วงเวลา 9.00 13.00 และ 18.00 น.

3.3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธีของ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Statistix 8 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด

3.3.2 การทดลองที่ 2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค

ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 3 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ ดังนี้

วิธีการที่ 1 แช่น้ำกลั่น (control)

วิธีการที่ 2 แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1% (1% CaCl_2)

วิธีการที่ 3 แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2% (2% CaCl_2)

3.3.2.1 การเตรียมผลผลิต

เลือกผลแตงโมที่สมบูรณ์ ไม่มีตำหนิ นำมาหั่นเป็นชิ้นโดยเอาแต่เฉพาะส่วนเนื้อสีแดงให้มีขนาดต่อชิ้นประมาณ $2 \times 2 \times 2$ เซนติเมตร จากนั้นเตรียมสารละลายโดยชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 1 กรัมสำหรับความเข้มข้น 1% และชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 2 กรัมสำหรับความเข้มข้น 2% ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร แล้วจึงนำชิ้นแตงโมมาแช่ในสารละลายตามวิธีการที่กำหนดไว้ข้างต้น เป็นเวลา 2 นาที แล้วซับด้วยกระดาษซับ จากนั้นบรรจุลงในกล่องพลาสติกจำนวนกล่องละ 9 ชิ้น โดยมีน้ำหนักต่อกล่องที่ประมาณ 100 ± 2 กรัม แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

5±2 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลก่อนการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษาในทุกวันจนครบระยะเวลาทั้งหมดที่ 7 วัน

3.3.2.2 การเก็บบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลก่อนการเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาทุกวันจนครบ 7 วัน

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (%) ทำการชั่งน้ำหนักแตงโมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษา และนำมาคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนัก} = \left(\frac{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักสดหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา}} \right) \times 100$$

2. ความแน่นเนื้อ (fruit firmness: kg) วัดด้วยเครื่อง fruits hardness tester โดยกดหัวเจาะลงบนชิ้นแตงโมทุกชิ้น ชิ้นละ 1 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดได้จากน้ำคั้นของแตงโมด้วยเครื่อง pH meter

4. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA: %) ใช้น้ำคั้นจากเนื้อแตงโมไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็น indicator จนถึงจุดยุติ (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนถาวร) บันทึกปริมาณของสารละลายต่างที่ใช้ เพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์กรดที่สามารถไทเทรตได้ จากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้} = \left(\frac{\text{Nbase} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt. ของกรดชนิดที่} \text{ใช้}}{\text{ml น้ำคั้นที่ใช้}} \right) \times 100$$

โดย Nbase = normality ของ NaOH (0.1N)

ml base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt. ของกรดชนิดที่ ใช้ = 0.06404

ml น้ำคั้นที่ใช้ = จำนวนมิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้ในการไทเทรต

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS: องศาบริกซ์) วัดด้วยเครื่อง brix refractometer ใช้น้ำคั้นจากแตงโม และค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์

6. ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid: %) โดยวิธี indophenol ใช้น้ำคั้นจากเนื้อแตงโมปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิก 0.4% ให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการปรับปริมาตรแล้ว 10 มิลลิลิตร มาปรับด้วยกรดออกซาลิก 0.4% อีกครั้งให้ได้ปริมาตร 40 มิลลิลิตร และนำมาไทเทรตด้วย 2,6-ไดคลอโรโรฟีนอล อินโดฟีนอลเข้มข้น 0.04% โดยใช้ phenolphthalein 1% จำนวน 3 หยดเป็น indicator ไทเทรตจนถึงจุดยุติ (น้ำคั้น

เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนถาวร) บันทึกปริมาณของ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอลเข้มข้น 0.04% ที่ใช้ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณวิตามินซี จากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{b \times 0.001 \times 100 \times 100}{a \times c}$$

โดย a = ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้ คือ 10 มิลลิลิตร

b = ปริมาตรของ 2,6-ไดคลอโรฟีนอลที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายตัวอย่าง

c = ปริมาตรของ 2,6-ไดคลอโรฟีนอลที่ใช้ในการไทเทรตกับวิตามินซีมาตรฐาน

7. สีเนื้อ (ค่า L^* , a^* , b^*) ทำการเปรียบเทียบสีเนื้อแดงโม ด้วยเครื่อง color meter โดยสุม่วัดสีเนื้อแดงโมจำนวน 1 จุดต่อชิ้น ทั้งหมด 9 ชิ้นแล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าที่อ่านได้จะเป็น L^* a^* b^* color space

ค่า L^* หมายถึง ความสว่าง (100) หรือ ความมืด (0)

ค่า a^* หมายถึง ค่าสีแดง (+) หรือค่าสีเขียว (-)

ค่า b^* หมายถึง ค่าสีเหลือง (+) หรือค่าสีน้ำเงิน (-)

8. ประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมของแตงโมตัดแต่ง (Overall satisfaction of watermelon: %) ทำการประเมินลักษณะที่ปรากฏ และการยอมรับด้านสี กลิ่น รวมไปถึงความชอบโดยรวมของผู้ประเมิน ซึ่งมีระดับคะแนนทั้งหมด 9 ระดับ ดังนี้

9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุด

8 คะแนน หมายถึง ยอมรับมาก

7 คะแนน หมายถึง ยอมรับปานกลาง

6 คะแนน หมายถึง ยอมรับน้อย

5 คะแนน หมายถึง เฉยๆ

4 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับน้อย

3 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมาก

1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด

3.3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธีของ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Statistix 10 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1

จากการศึกษาผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และการเพิ่มแสง LED ต่อผลผลิตแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก โดยเก็บผลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น (เซนติเมตร) และความเขียวใบ (SPAD reading) และด้านคุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล (กิโลกรัม) ความกว้างผล (เซนติเมตร) ความยาวผล (เซนติเมตร) ความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) ความหนาเปลือก (เซนติเมตร) ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสีของเนื้อแตงโม (L^* , a^* , b^*)

4.1.1 การเจริญเติบโต

4.1.1.1 ความสูงต้น

ผลการศึกษาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้นแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ตารางที่ 4.1) พบว่าปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุปลูก 21 วัน โดยพบว่าแตงโมที่ได้รับปุ๋ยปริมาณ 3-9 กรัมต่อกระถาง มีค่าความสูงเท่ากับ 75.63-72.83 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าแตงโมที่ได้รับปุ๋ยปริมาณ 11 กรัมต่อกระถางที่มีค่าความสูงเท่ากับ 69.83 เซนติเมตร และที่อายุปลูกตั้งแต่ 28-56 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางที่อายุปลูก 28-56 วัน มีแนวโน้มความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 122.94-133.01 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

NPK 16-16-16 Fertilizer	plant height (cm) days after transplanting					
	21	28	35	42	49	56
3 g	75.63a	122.94	128.18	130.11	131.30	133.01
5 g	75.63a	121.61	127.65	130.01	131.42	132.89
7 g	74.43a	122.16	128.61	130.47	132.03	133.82
9 g	72.83ab	120.03	126.96	128.35	130.18	131.81
11 g	69.83b	120.88	127.16	128.81	130.32	132.00
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED ในระยะเวลาที่ต่างกัน (ตารางที่ 4.2) พบว่าที่อายุปลูก 21 วันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อมีการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่อายุปลูกตั้งแต่ 28-56 วัน เท่ากับ 130.15-140.78 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

LED light	plant height (cm) days after transplanting					
	21	28	35	42	49	56
No LED	72.03	111.98c	117.35c	119.14c	120.65c	122.22c
LED 6 h	73.52	122.44b	129.61b	131.61b	133.16b	135.11b
LED 12 h	75.23	130.15a	136.16a	137.88a	139.34a	140.78a
F-test	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ตารางที่ 4.3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกอายุปลูกที่ศึกษา ยกเว้นอายุปลูกที่ 42 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยแตงโมที่ได้รับปริมาณปุ๋ย 9 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 140.77 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	plant height (cm) days after transplanting					
	21	28	35	42	49	56
3 g NPK + No LED	72.13	116.75	120.55	128.28g	123.50	124.83
5 g + NPK + No LED	73.00	113.07	118.20	121.17g	122.42	123.85
7 g + NPK + No LED	73.00	111.43	116.85	118.18gh	119.67	121.15
9 g + NPK + No LED	71.75	107.90	114.15	115.45h	117.70	119.35
11 g + NPK + No LED	70.25	110.78	117.03	118.60gh	119.98	121.92
3 g + NPK + LED 6 h	75.13	124.17	131.23	133.23cdef	134.27	136.30
5 g + NPK + LED 6 h	76.75	122.28	130.23	132.50def	134.05	135.80
7 g + NPK + LED 6 h	73.38	123.80	131.55	134.13bcde	135.68	138.02
9 g + NPK + LED 6 h	69.55	119.63	127.22	128.82f	130.60	132.48
11 g + NPK + LED 6 h	72.80	122.33	127.85	129.47ef	131.17	132.95
3 g + NPK + LED 12 h	79.63	127.90	132.77	134.82bcd	136.13	137.90
5 g + NPK + LED 12 h	75.93	129.47	134.53	136.35abcd	137.80	139.03
7 g + NPK + LED 12 h	76.92	131.25	137.43	139.13ab	140.73	142.27
9 g + NPK + LED 12 h	77.20	132.57	139.50	140.77a	142.25	143.60
11 g + NPK + LED 12 h	66.45	129.55	136.60	138.35abc	139.82	141.13
F-test						
16-16-16 Fertilizer (A)	*	ns	ns	ns	ns	ns
LED light (B)	ns	**	**	**	**	**
A x B	ns	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	6.16	3.53	3.00	2.84	2.80	2.68

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ความเขียวใบ

ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความเขียวใบแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ตารางที่ 4.4) พบว่าที่อายุปลูก 21-42 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่ออายุปลูกที่ 49 และ 56 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถาง มีค่าความเขียวใบมากที่สุดเท่ากับ 67.32 และ 64.03 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD reading) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

NPK 16-16-16 Fertilizer	SPAD reading (unit) days after planting					
	21	28	35	42	49	56
3 g	79.18	76.14	73.58	70.37	67.32a	64.03a
5 g	80.63	76.33	73.18	70.13	66.53a	63.24a
7 g	79.98	76.32	73.49	69.43	66.85a	63.78a
9 g	80.39	76.33	73.23	69.29	66.09a	62.28ab
11 g	78.08	74.03	71.23	67.09	63.22b	59.78b
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ตารางที่ 4.5) พบว่าความเขียวใบมีความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง ตั้งแต่อายุปลูก 21-56 วัน เท่ากับ 84.11-68.30 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ตั้งแต่อายุปลูก 21-56 วัน เท่ากับ 76.35-57.38 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD reading) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

LED light	SPAD reading (unit) days after planting					
	21	28	35	42	49	56
No LED	76.35c	72.10c	68.49c	64.26c	61.24c	57.38c
LED 6 h	78.50b	75.04b	72.57b	69.32b	65.64b	62.14b
LED 12 h	84.11a	80.35a	77.78a	74.22a	71.14a	68.30a
F-test	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ตารางที่ 4.6) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่อายุปลูก 49 และ 56 วัน โดยแตงโมที่ได้รับปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีค่าความเขียวใบมากที่สุดเท่ากับ 74.98 และ 72.03 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบ (SPAD reading) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	SPAD reading (unit) days after planting					
	21	28	35	42	49	56
3 g NPK + No LED	75.23	72.05	68.48	64.68	62.28efg	58.25de
5 g + NPK + No LED	78.98	73.35	69.58	66.45	63.95def	60.15cde
7 g + NPK + No LED	75.08	71.10	67.6	62.78	60.38fg	56.60e
9 g + NPK + No LED	77.53	73.15	69.13	64.4	61.05fg	56.50e
11 g + NPK + No LED	74.95	70.85	67.65	62.98	58.53g	55.38e
3 g + NPK + LED 6 h	80.60	77.23	75.13	71.83	68.20bcd	64.73bc
5 g + NPK + LED 6 h	75.88	72.68	69.33	66.2	60.68fg	57.55de
7 g + NPK + LED 6 h	81.28	77.63	75.63	72.78	70.48abc	67.48ab
9 g + NPK + LED 6 h	77.25	74.38	71.98	68.85	66.00cde	61.75cd
11 g + NPK + LED 6 h	77.48	73.28	70.78	66.93	62.83efg	59.20de
3 g + NPK + LED 12 h	81.70	79.15	77.13	74.6	71.48ab	69.13ab
5 g + NPK + LED 12 h	87.05	82.95	80.65	77.73	74.98a	72.03a
7 g + NPK + LED 12 h	83.58	80.23	77.25	72.75	69.70bc	66.95b
9 g + NPK + LED 12 h	86.40	81.48	78.58	74.63	71.23ab	68.60ab
11 g + NPK + LED 12 h	81.80	77.95	75.28	71.38	68.30bcd	64.78bc
F-test						
NPK 16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns	ns	*	*
LED light (B)	**	**	**	**	**	**
A x B	ns	ns	ns	ns	**	**
C.V. (%)	4.20	4.38	4.71	4.84	5.08	5.54

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

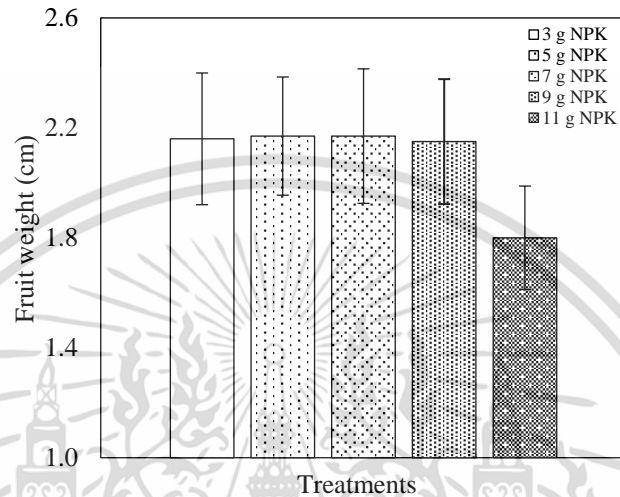
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 คุณภาพผลผลิต

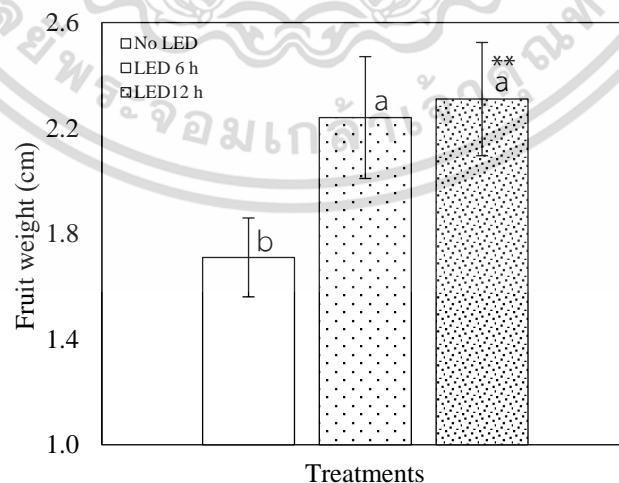
4.1.2.1 น้ำหนักผล (fruit weight)

แสดงผลการศึกษาระยะการปลูกของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อ น้ำหนักผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.1) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 5 และ 7 กรัมต่อกระถางมีแนวโน้มให้น้ำหนักผลสูงที่สุดเท่ากับ 2.17 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อ น้ำหนักผล (กิโลกรัม) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.2) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีผลให้น้ำหนักผลสูงที่สุดเท่ากับ 2.31 กิโลกรัม ซึ่งการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมีผลให้น้ำหนักผลน้อยที่สุดเท่ากับ 1.71 กิโลกรัม

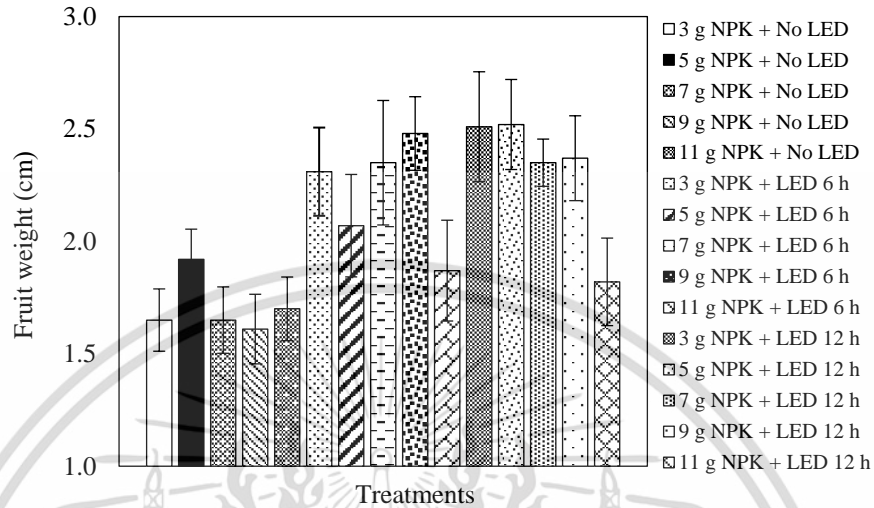


หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อ น้ำหนักผล (กิโลกรัม) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

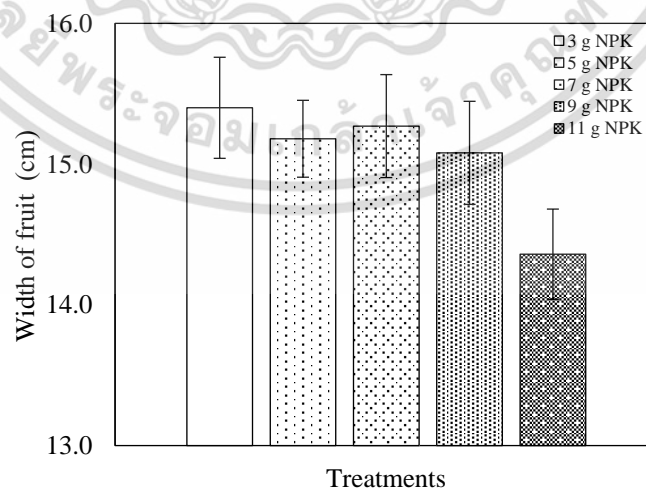
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้น้ำหนักผลสูงที่สุดเท่ากับ 2.52 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล (กิโลกรัม) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

4.1.2.2 ความกว้างผล (width of fruit)

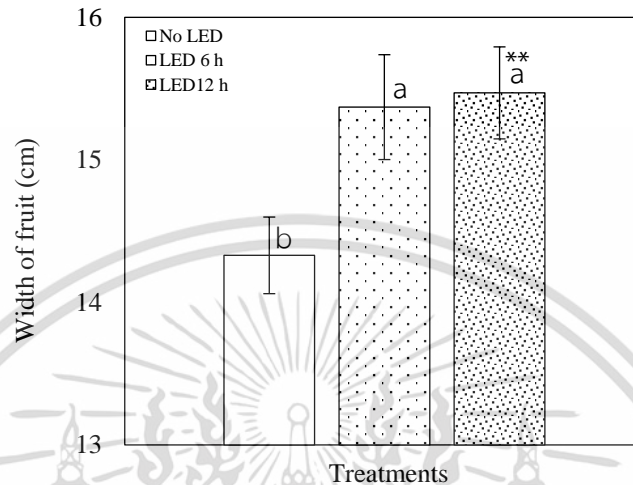
ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความกว้างผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.4) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางมีแนวโน้มให้ความกว้างผลสูงที่สุดเท่ากับ 15.40 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

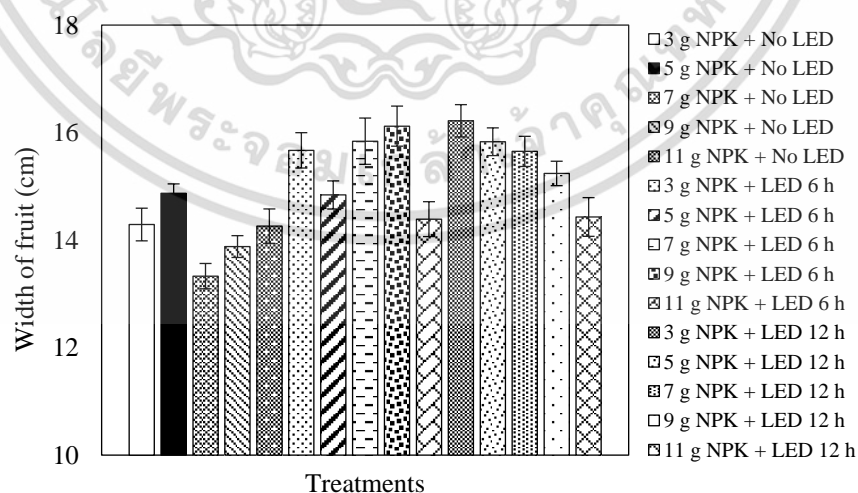
เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.5) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเพิ่มแสง LED 12 และ 6 ชั่วโมง มีผลให้ความกว้างผลสูงที่สุดเท่ากับ 15.47 และ 15.37 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมีผลให้ความกว้างผลน้อยที่สุด เท่ากับ 14.33 เซนติเมตร



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.6) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความกว้างผลสูงที่สุดเท่ากับ 16.22 เซนติเมตร

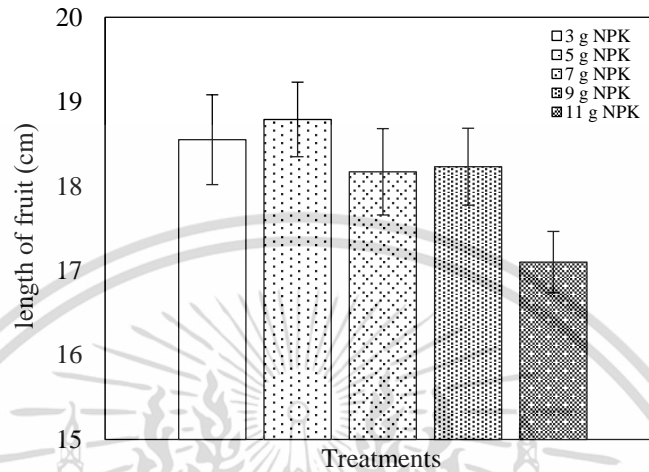


ภาพที่ 4.6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความกว้างผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

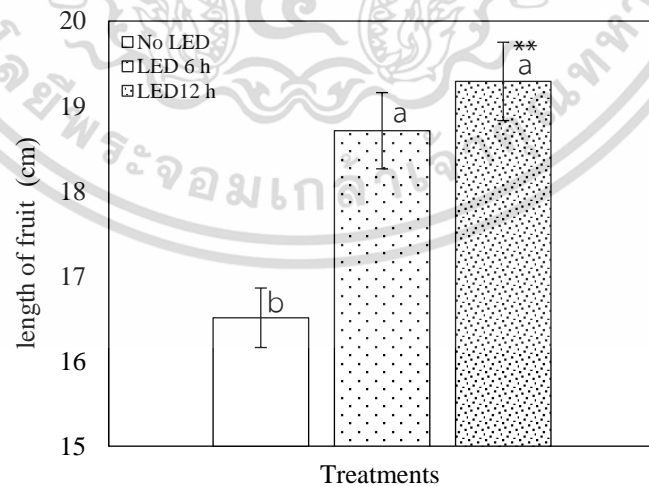
4.1.2.3 ความยาวผล (length of fruit)

ผลการศึกษาระยะการปลูกของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความยาวผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.7) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถางมีแนวโน้มให้ความยาวผลสูงที่สุดเท่ากับ 18.79 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.7 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความยาวผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.8) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเพิ่มแสง LED 12 และ 6 ชั่วโมง มีผลให้ความยาวผลสูงที่สุดเท่ากับ 19.29 และ 18.71 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมีผลให้ความยาวผลน้อยที่สุด เท่ากับ 16.51 เซนติเมตร

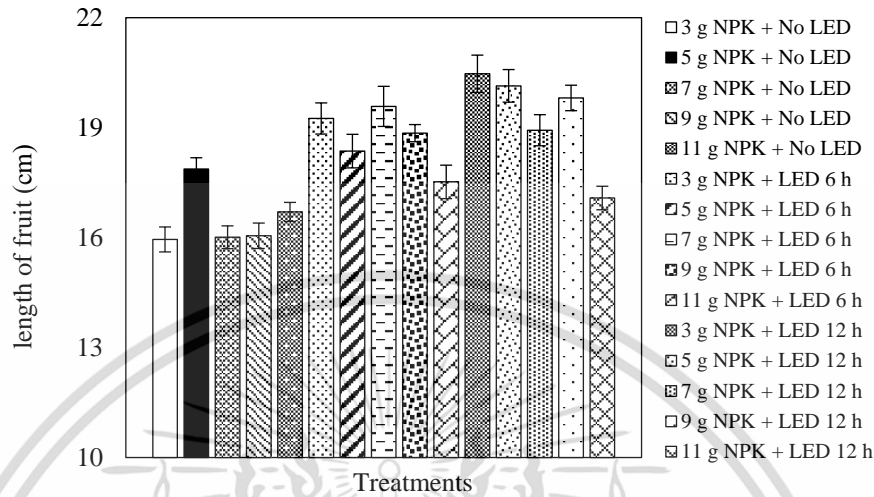


หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.8 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความยาวผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

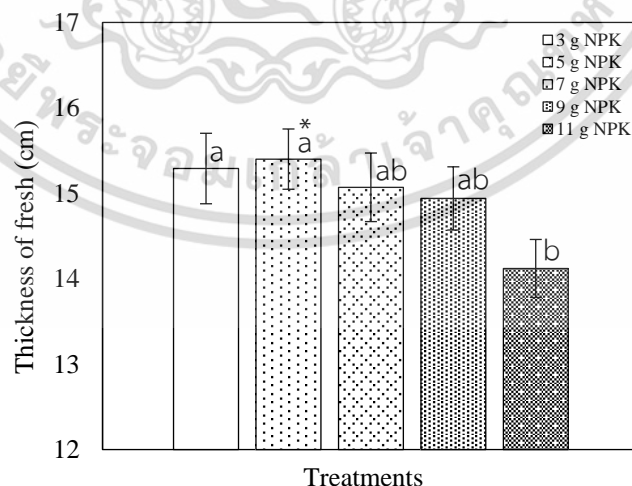
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.9) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความยาวผลสูงที่สุดเท่ากับ 20.47 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.9 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความยาวผล (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

4.1.2.4 ความหนาเนื้อ (thickness of fresh)

ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.10) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณปุ๋ย 5 และ 3 กรัมต่อกระถางมีความหนาเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 15.40 และ 15.29 เซนติเมตรตามลำดับ

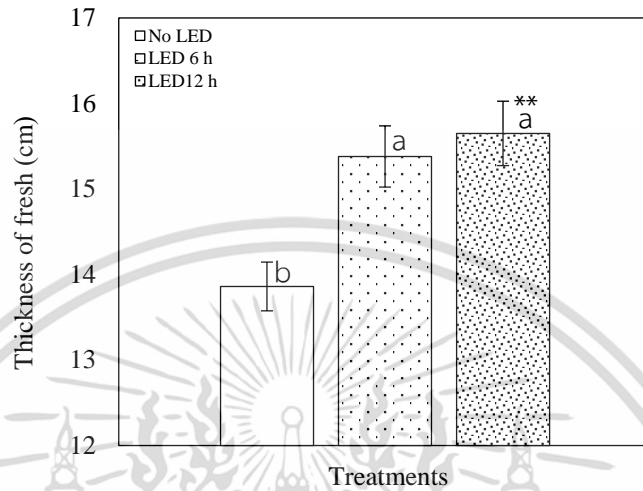


หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 4.10 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

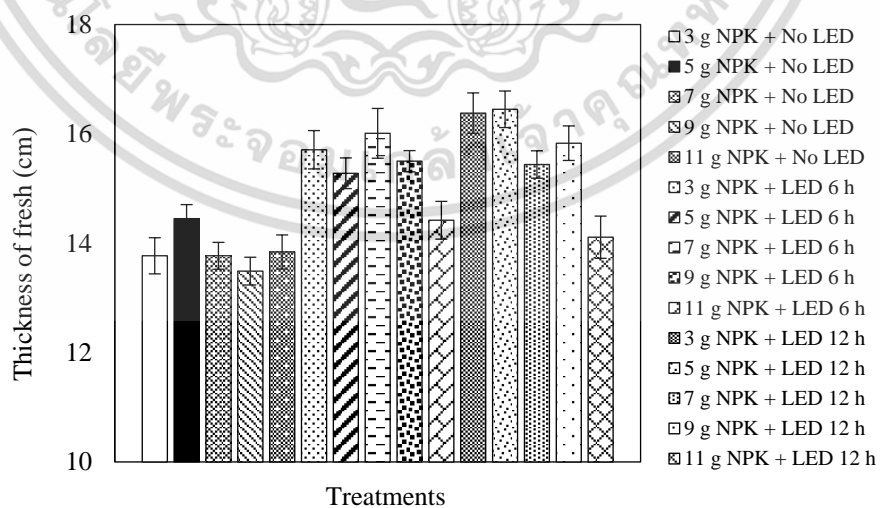
เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.11) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเพิ่มแสง LED 12 และ 6 ชั่วโมง มีผลให้ความหนาเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 15.65 และ 15.38 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมีผลให้ความหนาเนื้อน้อยที่สุด เท่ากับ 13.86 เซนติเมตร



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.11 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.12) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่ามีปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความหนาเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 16.45 เซนติเมตร

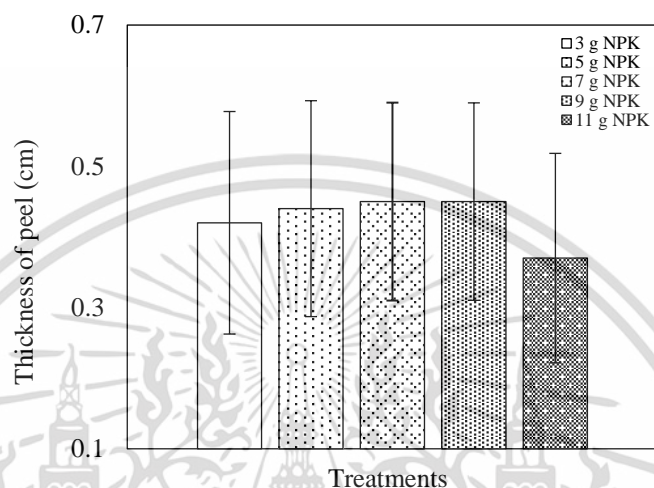


ภาพที่ 4.12 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

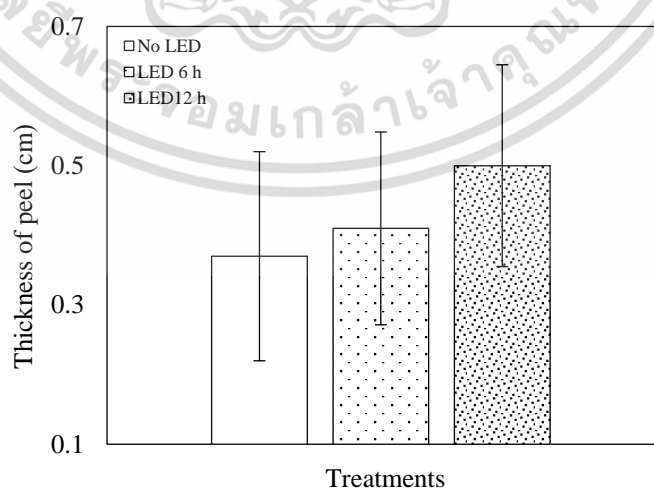
4.1.2.5 ความหนาเปลือก (thickness of peel)

ผลการศึกษาระยะของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเปลือกแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.13) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 7 และ 9 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ความหนาเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 0.45 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.13 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

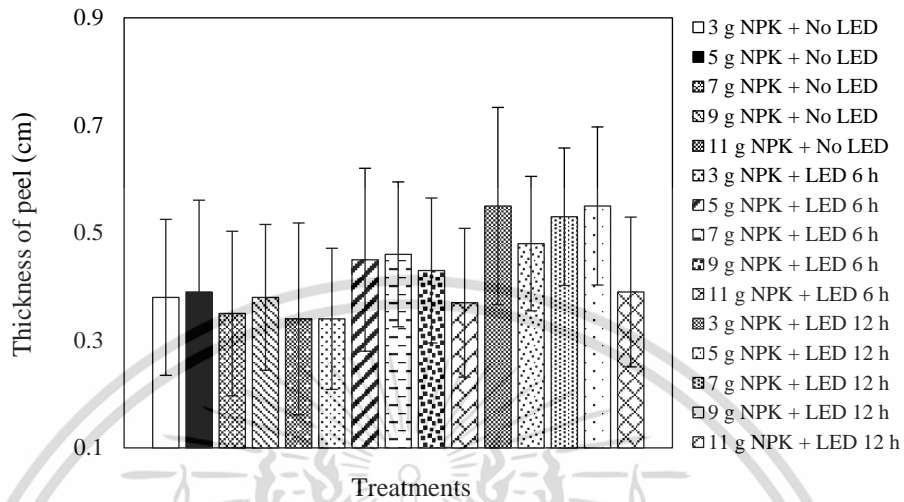
เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ตารางที่ 4.14) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ความหนาเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 0.50 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.14 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

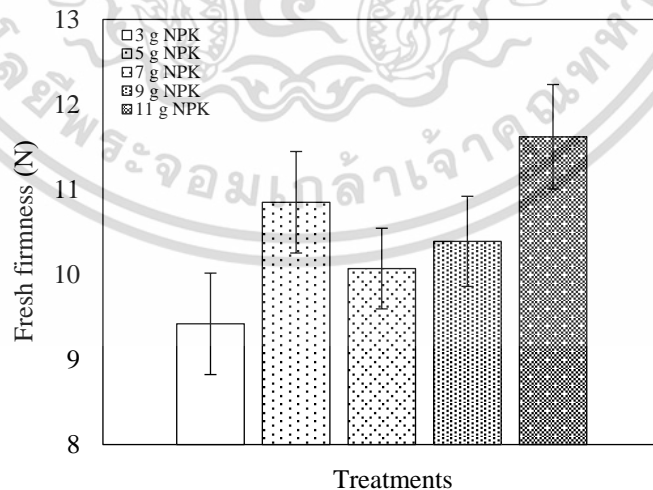
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ตารางที่ 4.15) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 และ 9 กรัมต่อกระถาง ร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความหนาเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 0.55 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.15 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเปลือก (เซนติเมตร) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

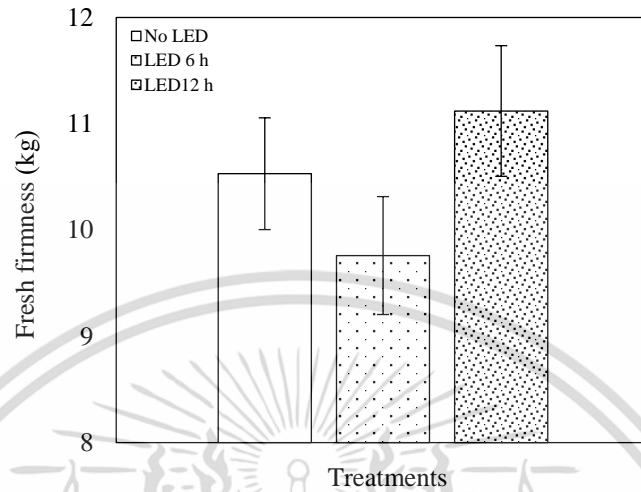
4.1.2.6 ความแน่นเนื้อ (Fresh firmness)

ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความแน่นเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.16) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 11 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 11.62 นิวตัน

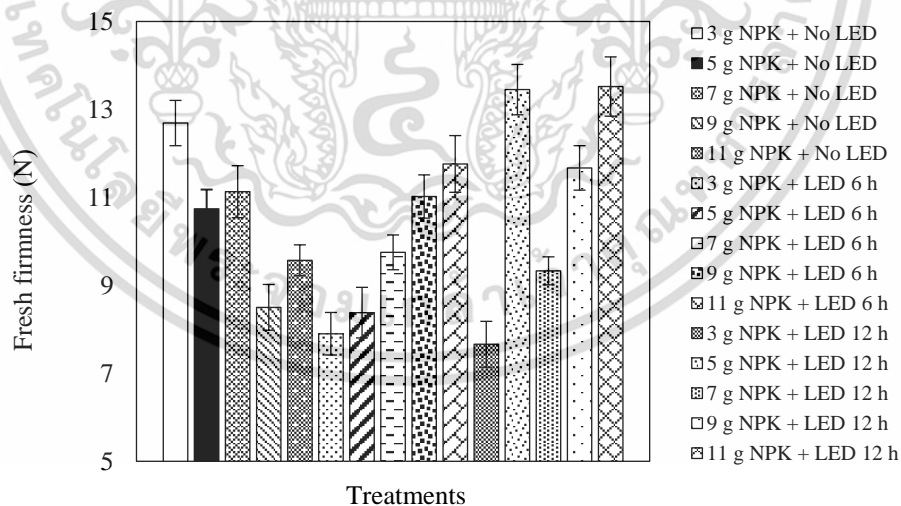


ภาพที่ 4.16 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.17) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 11.12 นิวตัน



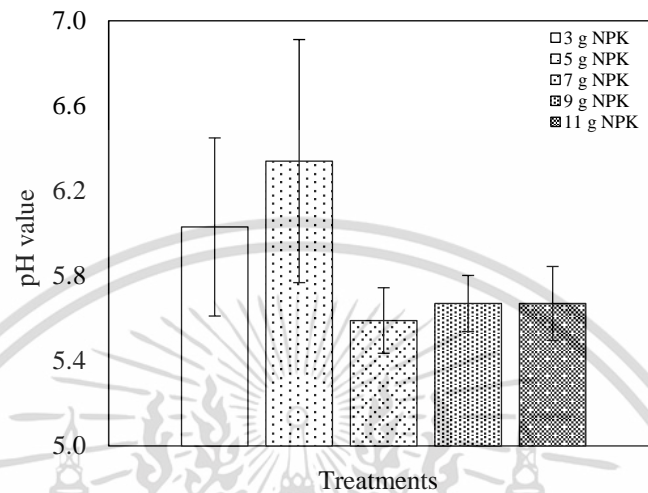
ภาพที่ 4.17 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.18) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 11 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 13.52 นิวตัน



ภาพที่ 4.18 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความแน่นเนื้อ (นิวตัน) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

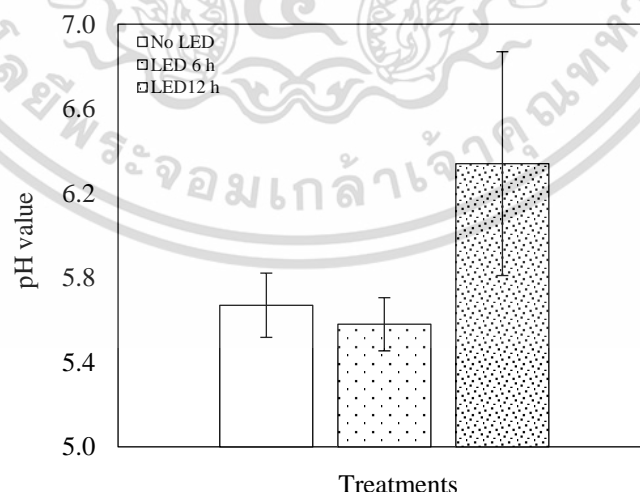
4.1.2.7 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่างของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.19) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 6.34



ภาพที่ 4.19 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

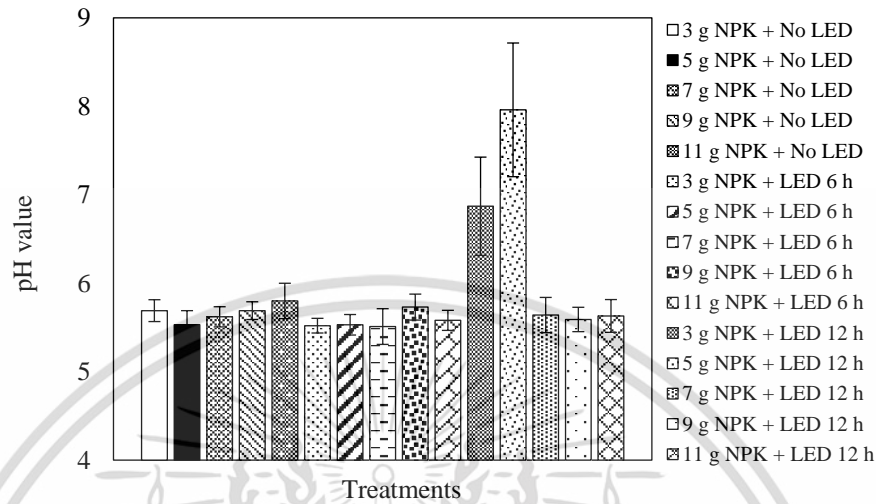
เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.20) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 6.34



ภาพที่ 4.20 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

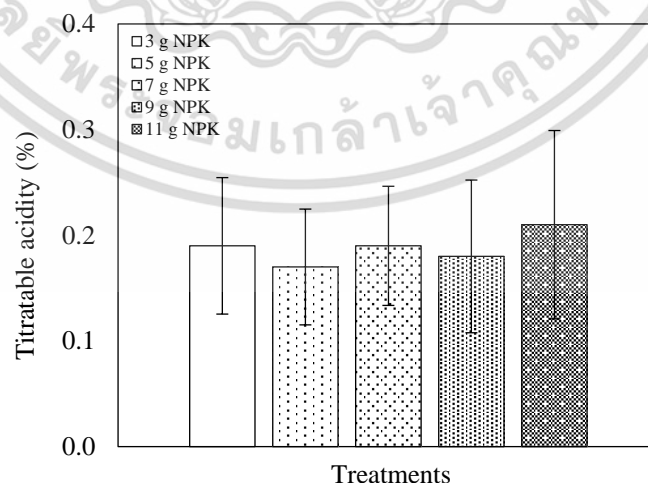
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.21) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 5 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 7.96



ภาพที่ 4.21 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

4.1.2.8 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity)

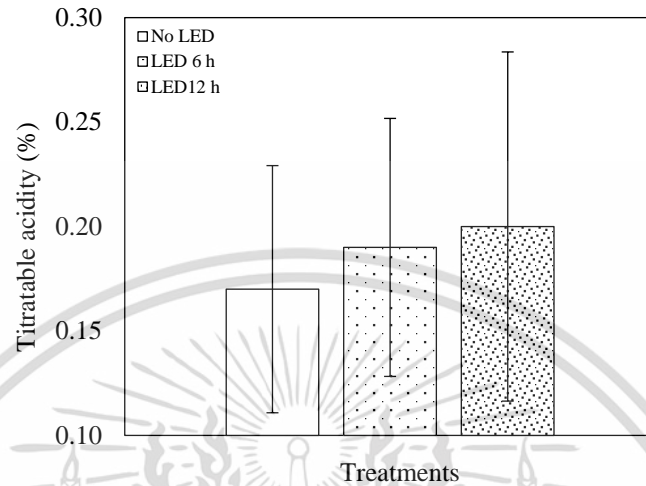
ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.22) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 11 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.22 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

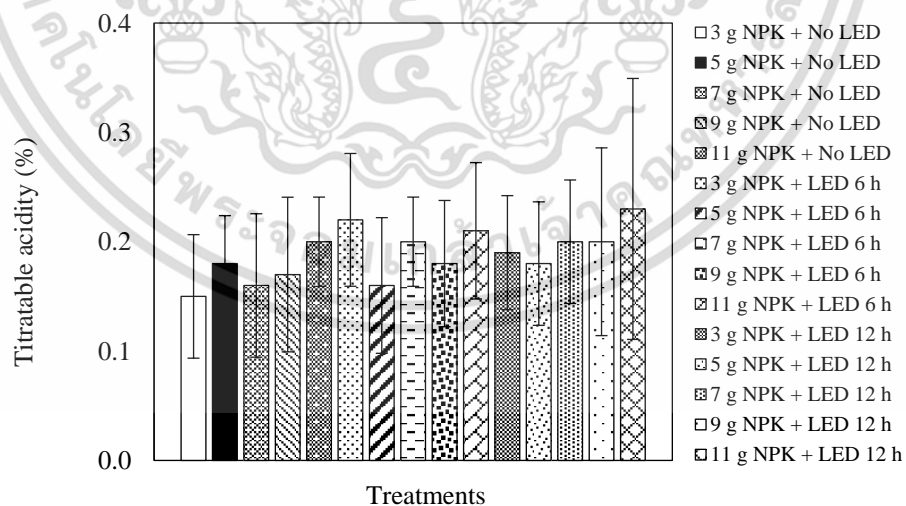
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.23) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.23 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

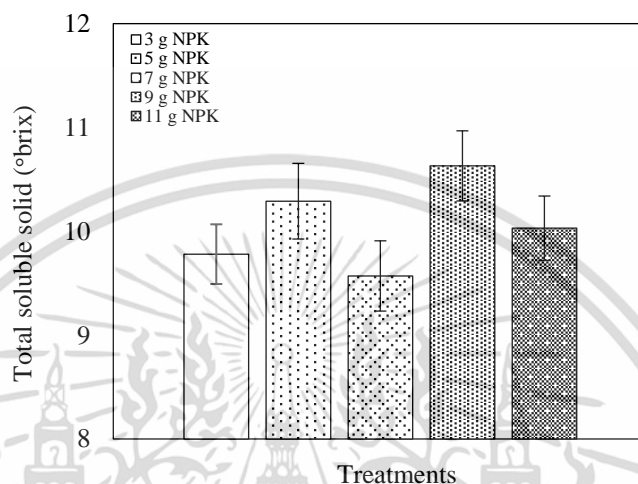
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.24) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มปุ๋ย 11 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.24 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

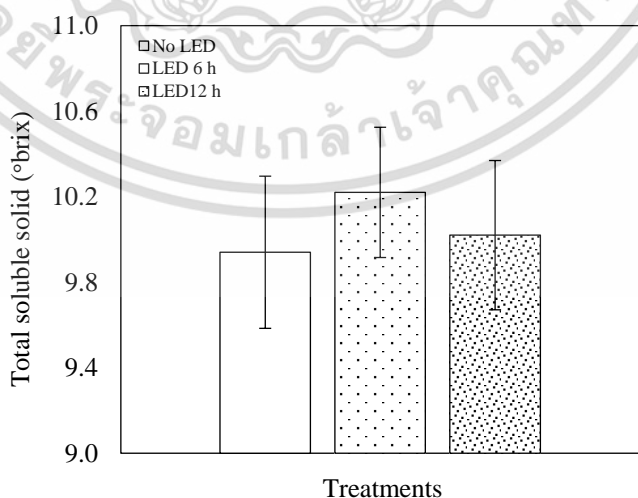
4.1.2.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid)

ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.25) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 9 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 10.63 องศาบริกซ์



ภาพที่ 4.25 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

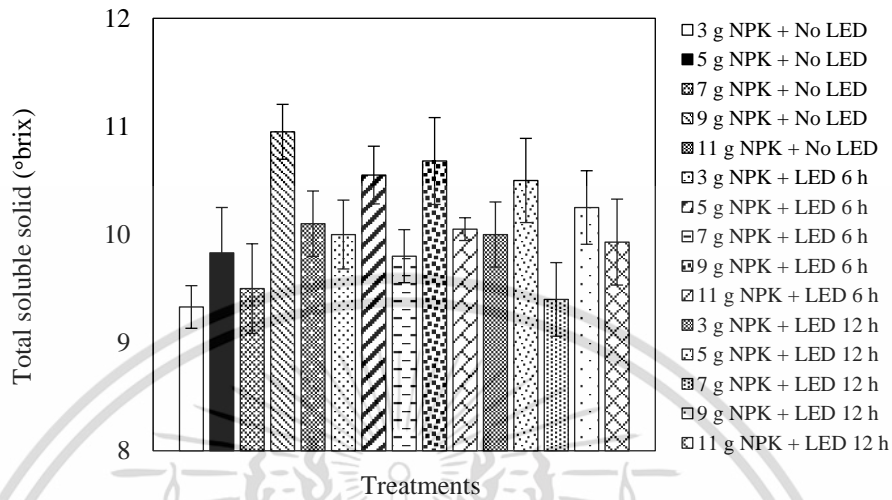
เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.26) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 10.22 องศาบริกซ์



ภาพที่ 4.26 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

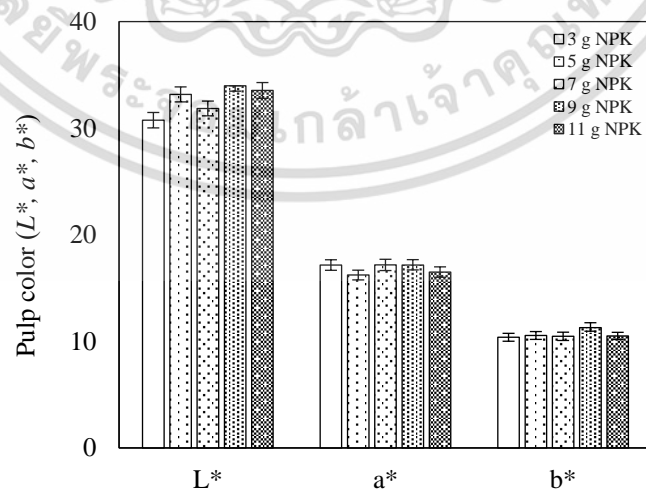
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ภาพที่ 4.27) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางร่วมกับการแสงธรรมชาติ มีแนวโน้มให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 10.95 องศาบริกซ์



ภาพที่ 4.27 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

4.1.2.10 ค่าสีของเนื้อแตงโม (Pulp color L^* , a^* , b^*)

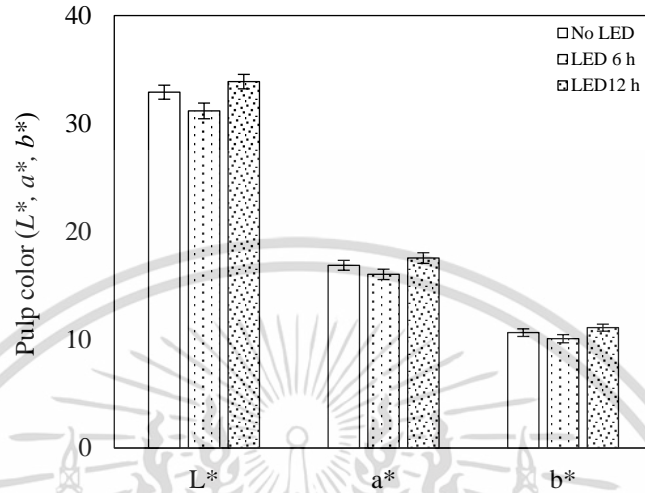
ผลการศึกษาของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีของเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก (ภาพที่ 4.28) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณปุ๋ย 9 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ค่าสีเนื้อแตงโมทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงที่สุดเท่ากับ 33.98 17.16 และ 11.29 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.28 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าสีของเนื้อ (L^* , a^* , b^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

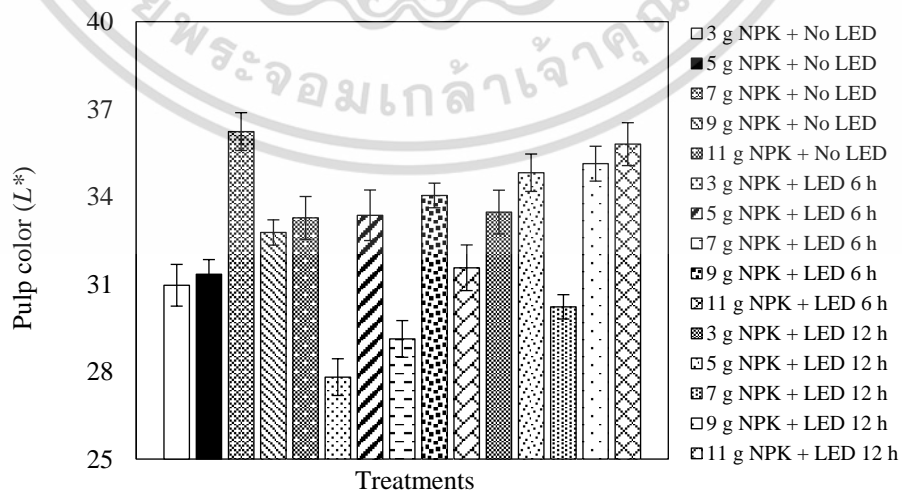
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแตงโมได้รับแสงเพิ่มจากหลอด LED (ภาพที่ 4.29) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มแสง LED 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ค่าสีเนื้อแตงโมทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงที่สุดเท่ากับ 33.98 17.57 และ 11.13 ตามลำดับ

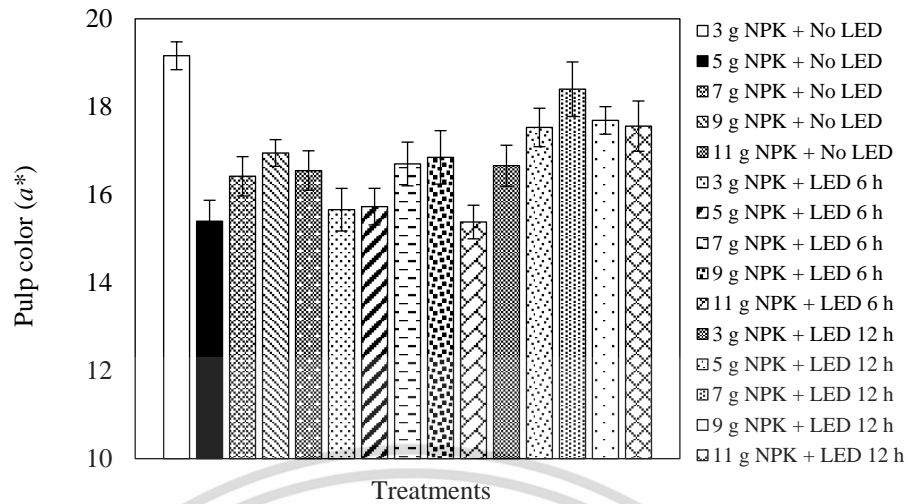


ภาพที่ 4.29 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีของเนื้อ (L^* , a^* , b^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

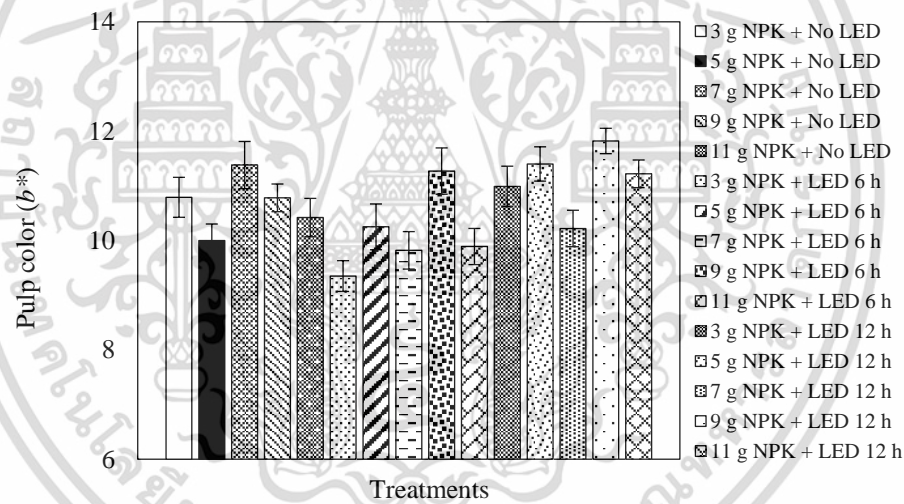
และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED (ตารางที่ 12) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการเพิ่มปุ๋ย 7 กรัมต่อกระถางร่วมกับแสงธรรมชาติมีแนวโน้มให้ค่าความสว่างของเนื้อแตงโมสูงที่สุดเท่ากับ 36.23 (ภาพที่ 4.30) ส่วนปริมาณปุ๋ย 3 กรัมต่อกระถางร่วมกับแสงธรรมชาติมีแนวโน้มให้ค่าสีแดงของเนื้อแตงโมสูงที่สุดเท่ากับ 19.16 (ภาพที่ 4.31) และปริมาณปุ๋ย 9 กรัมต่อกระถางร่วมกับการเพิ่มแสง 12 ชั่วโมงมีแนวโน้มให้ค่าสีเหลืองของเนื้อแตงโมสูงที่สุดเท่ากับ 11.82 (ภาพที่ 4.32)



ภาพที่ 4.30 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความสว่างของเนื้อ (L^*) แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก



ภาพที่ 4.31 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีแดงของเนื้อ (a*) แดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก



ภาพที่ 4.32 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าสีเหลืองของเนื้อ (b*) แดงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

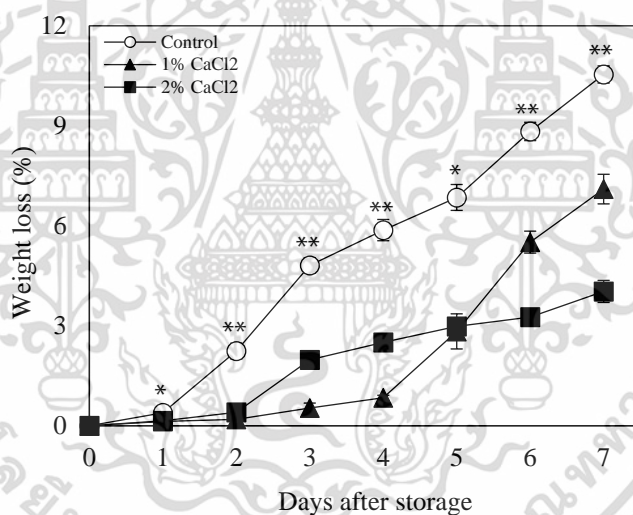
4.2 การทดลองที่ 2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษา แดงโมตัดแต่งพร้อมบริโภครวม

จากการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแดงโมตัดแต่ง ทำการเก็บผลการทดลองด้านคุณภาพผลผลิต ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) สีของเนื้อ แดงโม (L^* , a^* , b^*) ความแน่นเนื้อ (กิโลกรัม) ปริมาณกรดของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ปริมาณของแข็งที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณวิตามินซี (เปอร์เซ็นต์) และค่าประเมินความพึงพอใจและการยอมรับของแดงโมตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการสูญเสียน้ำหนักในเนื้อแดงโมตต์แดง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.33) พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่าเนื้อแดงโมตต์แดงแช่น้ำกลั่นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุดคือ 10.54 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุดคือ 4.03 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.33) แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นที่ต่างกันระหว่างการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ 1% และ 2% จะเห็นได้ว่าในช่วงอายุการเก็บรักษา 3 ถึง 5 วัน เนื้อแดงโมตต์แดงที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าความเข้มข้น 2% คือ 0.53-2.83 เปอร์เซ็นต์ และ 1.98-2.98 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่อายุการเก็บรักษาในวันที่ 6 และ 7 ของความเข้มข้น 2% มีค่า 3.26 และ 4.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าความเข้มข้น 1% (5.51 และ 7.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ)



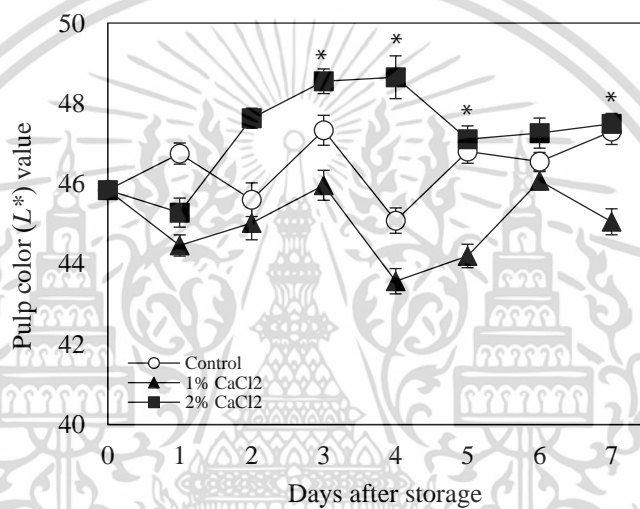
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.33 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเนื้อแดงโมตต์แดงที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.2 ค่าความสว่างของเนื้อ (Pulp color (L^*) value)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าความสว่างของเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.34) พบว่าความสว่างของเนื้อแตงโมตัดแต่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 1 2 และ 6 วัน โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% ของอายุการเก็บรักษาที่ 3 4 5 และ 7 วันมีค่าความสว่างสูงสุดที่ 48.55 48.65 47.11 และ 47.49 ตามลำดับ และเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% มีค่าความสว่างของเนื้อต่ำสุดที่ 45.96 43.57 44.20 และ 45.05 ในอายุการเก็บรักษาที่ 3 4 5 และ 7 วันตามลำดับ

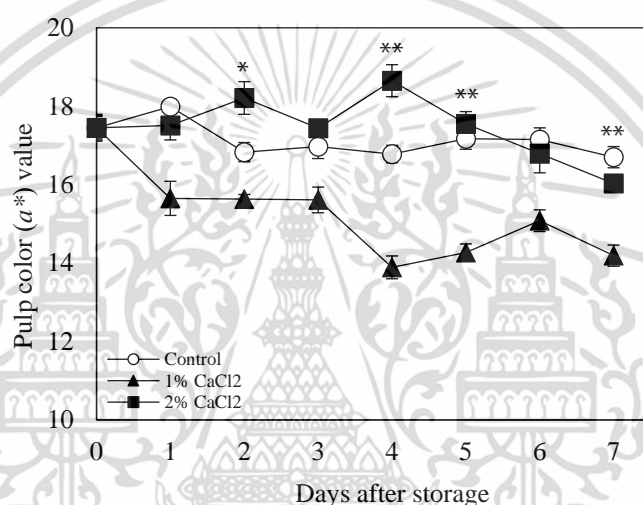


หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 4.34 แสดงผลค่าความสว่างของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (L^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.3 ค่าสีแดงของเนื้อ (Pulp color (a^*) value)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีแดงของเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.35) พบว่าค่าสีแดงของเนื้อแตงโมตัดแต่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$, $P < 0.01$) ตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 1 3 และ 6 วัน โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% ในอายุการเก็บรักษาที่ 2 4 5 และ 7 วันมีค่าสีแดงของเนื้อสูงสุดที่ 18.21 18.65 17.55 และ 16.03 ตามลำดับ และเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% มีค่าสีแดงของเนื้อต่ำสุดที่ 15.63 13.89 14.27 และ 14.19 ของอายุการเก็บรักษาที่ 2 4 5 และ 7 วันตามลำดับ



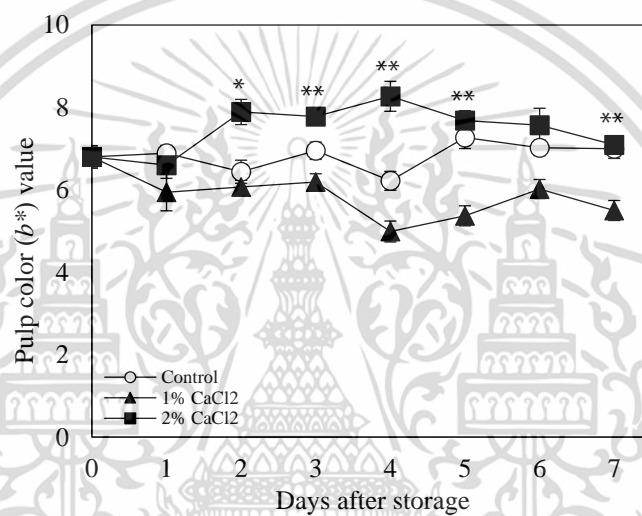
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.35 แสดงผลค่าสีแดงของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (a^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.4 ค่าสีเหลืองของเนื้อ (Pulp color (b^*) value)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีเหลืองของเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.36) พบว่าค่าสีเหลืองของเนื้อแตงโมตัดแต่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$, $P < 0.01$) ตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 1 และ 6 วัน โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% ในอายุการเก็บรักษาที่ 2 3 4 5 และ 7 วันมีค่าสีเหลืองของเนื้อสูงสุดที่ 7.89 7.78 8.27 7.68 และ 7.09 ตามลำดับ และเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% มีค่าสีเหลืองของเนื้อต่ำสุดที่ 6.07 6.19 4.99 5.37 และ 5.50 ของอายุการเก็บรักษาที่ 2 3 4 5 และ 7 ตามลำดับ



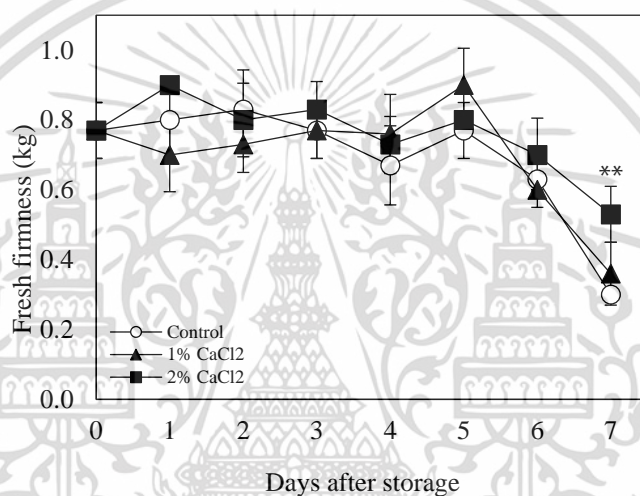
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.36 แสดงผลค่าสีเหลืองของเนื้อแตงโมตัดแต่ง (b^*) ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.5 ความแน่นเนื้อ (Fresh firmness)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแน่นเนื้อในเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.37) พบว่าความแน่นเนื้อของแตงโมตัดแต่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 7 วัน ($P < 0.01$) โดยแตงโมที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% มีผลให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุดเท่ากับ 0.53 กิโลกรัม ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1% มีค่าความแน่นเนื้อที่รองลงมาคือ 0.36 กิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกับการแช่น้ำกลั่นที่เท่ากับ 0.30 กิโลกรัม

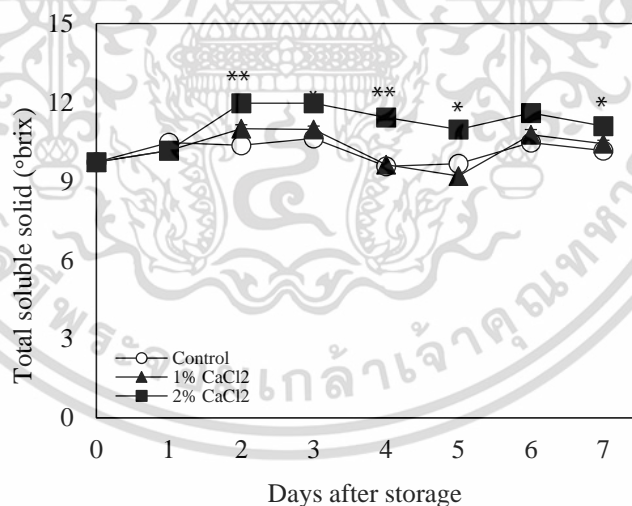


หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.37 แสดงผลความแน่นเนื้อ (kg) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.38) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อแตงโมตัดแต่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$, $P < 0.01$) ตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 1 และ 6 วัน โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% ที่อายุการเก็บรักษา 2 วันมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดที่ 11.97 องศาบริกซ์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 10.37 องศาบริกซ์ ในอายุการเก็บรักษาที่ 3 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดที่ 11.97 องศาบริกซ์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 10.63 องศาบริกซ์ อายุการเก็บรักษาที่ 4 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดที่ 11.43 องศาบริกซ์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 9.57 องศาบริกซ์ อายุการเก็บรักษาที่ 5 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดที่ 10.97 องศาบริกซ์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% เท่ากับ 9.20 องศาบริกซ์ และอายุการเก็บรักษาที่ 7 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดที่ 11.10 องศาบริกซ์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 10.17 องศาบริกซ์



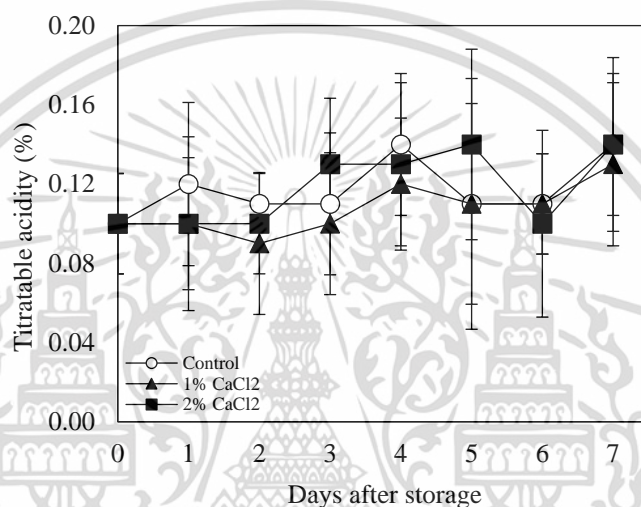
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.38 แสดงผลปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity)

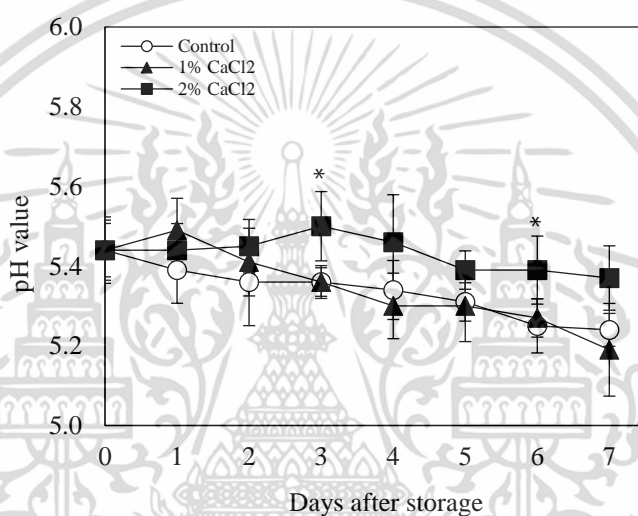
จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.39) พบว่าการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งทั้ง 3 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาการแช่น้ำกลั่น และแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% พบว่ามีแนวโน้มปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษาสูงสุดที่ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษาต่ำสุดเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% ที่ 0.11 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.39 แสดงผลปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.40) พบว่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อแตงโมตัดแต่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 3 และ 6 วัน ($P < 0.05$) โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% ที่อายุการเก็บรักษา 3 วันมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่ 5.50 มีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นและแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% เท่ากับ 5.36 และอายุการเก็บรักษาที่ 6 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่ 5.39 และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 5.25

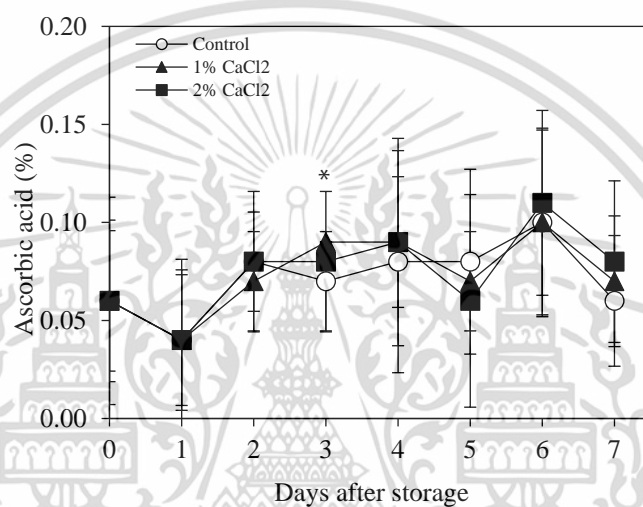


หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 4.40 แสดงผลความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

4.2.9 ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณวิตามินซี ในเนื้อแดงโมตต์แต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.41) พบว่าปริมาณวิตามินซีของเนื้อแดงโมตต์แต่งทั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 3 วัน โดยอายุการเก็บรักษาที่ 3 วันเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% และ 2% มีค่าปริมาณวิตามินซีสูงสุดที่ 0.09 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อแช่น้ำกลั่น มีค่าปริมาณวิตามินซีต่ำสุดที่ 0.07 เปอร์เซ็นต์

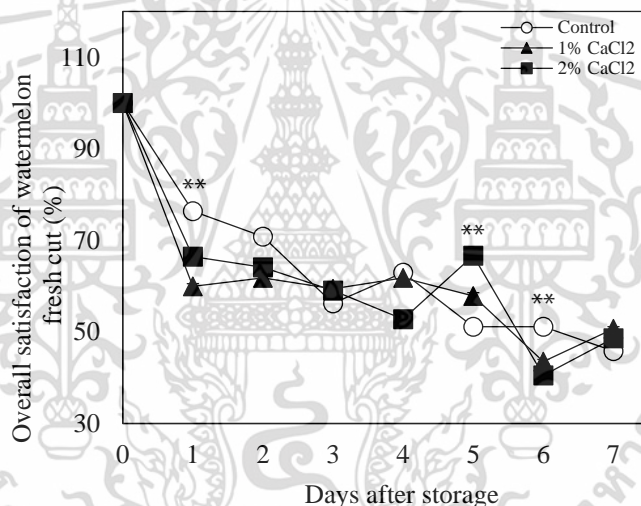


หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 4.41 แสดงผลปริมาณวิตามินซี (%) ของแดงโมตต์แต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.2.10 ประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (Overall satisfaction)

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมของเนื้อแตงโมตัดแต่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.42) พบว่าความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมของเนื้อแตงโมตัดแต่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นอายุการเก็บรักษาที่ 1 5 และ 6 วัน ($P < 0.01$) โดยการแช่น้ำกลั่นที่อายุการเก็บรักษา 1 วันมีค่าความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมสูงสุดที่ 76.39 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 1% เท่ากับ 59.95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอายุการเก็บรักษาที่ 5 วันของการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมสูงสุดที่ 66.67 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่น้ำกลั่นเท่ากับ 51.16 เปอร์เซ็นต์ และอายุการเก็บรักษาที่ 6 วันของการแช่น้ำกลั่นมีค่าความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวมสูงสุดที่ 51.16 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดเมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ 2% เท่ากับ 40.51 เปอร์เซ็นต์



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาพที่ 4.42 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (%) ของเนื้อแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

4.3 การอภิปรายผล

จากการทดลองปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับการเพิ่มแสง LED ในช่วงเวลากลางคืนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง (18.00-00.00 น.) และ 12 ชั่วโมง (18.00-06.00 น.) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก พบว่าปริมาณปุ๋ย 3 กรัมมีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งในด้านของความสูงต้นและความเขียวใบที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณปุ๋ย 11 กรัมที่ให้แก่พืชทดลองเป็นปริมาณที่สูงเกินความต้องการของพืชที่ควรจะได้รับ ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าลงและอาจส่งผลถึงคุณภาพผลผลิตที่ลดลงด้วย เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปเกินความต้องการของพืชและหากใส่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะมีผลเสียทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ลดลง ทำลายจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คุณภาพดินเสื่อมโทรมลง และอาจก่อให้เกิดปัญหาทางมลพิษได้ (Liu et al., 2014; Vanlauwe et al., 2011; Zhang et al., 2013) ส่วนการเพิ่มแสง LED ให้กับแตงโมใน 2 ช่วงระยะเวลาที่ต่างกันให้ผลอย่างชัดเจนว่า การเพิ่มแสงให้กับพืชในช่วงเวลากลางคืนมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตเมื่อเทียบกับการได้รับแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวในตอนกลางวัน การที่พืชได้รับแสงมากขึ้นทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของสุนิตา และคณะ (2562) พบว่าระยะเวลาของการให้แสง LED เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความสูงและการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบคอกน้ำ ในขณะที่ความเข้มของแสงไม่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับการทดลองของจริญญา ฤทธิรัมย์ (2563) ที่พบว่า การให้แสง 20 ชั่วโมงต่อวันมีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและน้ำหนักผลผลิตของผักกาดหอมสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน นอกจากนี้ยังพบการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มแสง LED สีขาวในการปลูกผักกาดหอมเรดไฮคที่มีผลทำให้น้ำหนักสดและแห้งของส่วนยอดสูงที่สุด (พิชญ์สินี และธรรมศักดิ์, 2560) มีงานวิจัยในสระแทนที่พบว่าแสงสีขาวเป็นประโยชน์ในการใช้ปลูกพืช (สุจิตา รอกกระโทก, 2563) เนื่องด้วยพืชมีการดูดกลืนแสงเพื่อใช้ในการสร้างคลอโรฟิลล์เอและบี (ความยาวคลื่น 566-627 นาโนเมตร: แสงเหลืองและส้ม) และใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต (ความยาวคลื่น 630-680 นาโนเมตร: แสงสีแดง) ซึ่งแสงสีขาวมีช่วงความยาวคลื่นที่ 380-770 นาโนเมตรประกอบด้วยแสงสีต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่พืช (นภัทร และไชยยันต์, 2560) และยังมีช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใกล้เคียงกันกับแสงจากดวงอาทิตย์ (400-700 นาโนเมตร) ทำให้แสงสีขาวเหมาะสำหรับการนำมาใช้เพื่อช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น (Gacomelli, 1998) แต่เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างปริมาณปุ๋ยกับแสงไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติในทั้งการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการนำแสง LED มาเพิ่มให้กับพืชมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต ซึ่งระยะเวลาในการเพิ่มแสงที่มากกว่ามีแนวโน้มให้ผลที่ดีกว่าแต่ไม่แตกต่างกัน จึงสามารถใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่าทดแทนได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

จากการทดลองผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ในการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำ ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) พบว่าความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อลักษณะทางคุณภาพผลผลิตแตงโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกเว้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยความเข้มข้นที่ 2% สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอิซยา และคณะ (2561) ที่ทำการศึกษาความต่างของความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (0 1 1.5 และ 2%) ในการแช่ผลหม่อนใหม่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา พบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2% ทำให้การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าน้อยที่สุด แต่มีความแน่นเนื้อและปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เหมือนกับการทดลองในราสเบอร์รี่และสตอเบอร์รี่ (Turmanidze et al., 2017) เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์มีคุณสมบัติช่วยลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน เมื่อพืชอยู่ในระหว่างกระบวนการสุกจะมีการสูญเสียแคลเซียมทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลง เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคโตนูเลส และเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase; PME) ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น (Hadfield and Bennett, 1998; Micheli, 2001) ดังนั้นการนำผลผลิตมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นการช่วยเพิ่มแคลเซียมให้กับผนังเซลล์ ทำให้สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อระหว่างการเก็บรักษาได้ (เฉลิมชัย วงศ์อารี, 2561) นอกจากนี้ต้องมีการคำนึงถึงชนิดของพืช ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ และระยะเวลาในการแช่เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของผลผลิตที่ดี (Varela et al., 2007) เช่น พริกขี้หนูพันธุ์หัวเรื้อมีแนวโน้มช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักเมื่อแช่ในสารละลายเข้มข้น 1% นาน 15 นาที (พัชรี และคณะ, 2562) สับปะรดมีแนวโน้มชะลอการเสื่อมสภาพเมื่อแช่ในสารละลายเข้มข้น 1% นาน 2 นาที (พนิดา และมยุรี, 2560) และมะละกามีปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เกิดได้ด้วยการเคลื่อนย้ายแคลเซียมจากเปลือกด้านนอกเข้าสู่เนื้อผลด้านใน (Manganaris et al., 2005) รวมถึงการสูญเสียความแน่นเนื้อที่ลดลงเมื่อแช่ในสารละลายเข้มข้น 2% นาน 5 นาที (จารุวรรณ อันบุตร, 2545) และการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาผลผลิตมีความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิต เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดอัตราการหายใจของพืช และลดการเปลี่ยนปริมาณน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เป็นสาเหตุให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงขึ้น (Aguayo et al., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า แดงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา จากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นของเนื้อสัมผัสที่มีผลต่อการตัดสินใจและยอมรับในการซื้อขายของผู้บริโภค

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลิตผลของแตงโมที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติก

5.1.1 ลักษณะการเจริญเติบโต

ปุ๋ย NPK ปริมาณ 3 กรัมต่อกระถางมีผลให้ความเขียวใบลดลงน้อยสุด ส่วนการเพิ่มแสง LED ในระยะเวลาต่างกันว่า 6 และ 12 ชั่วโมง มีผลต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น รวมถึงความเขียวใบที่ลดลงน้อยกว่าการไม่เพิ่มแสง LED

5.1.2 คุณภาพผลิตผล

การเพิ่มแสง LED ในทั้ง 2 ระยะเวลาคือ 6 และ 12 ชั่วโมง มีผลต่อลักษณะคุณภาพผลิตผลที่ศึกษา ได้แก่ น้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล และความหนาเนื้อ แต่ความต่างของระยะเวลาในการเพิ่มแสงที่ 6 และ 12 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อทุกลักษณะคุณภาพผลิตผล และเมื่อแตงโมได้รับปุ๋ยรวมกับการเพิ่มแสงก็ไม่มีผลให้คุณภาพผลิตผลแตกต่างกับการไม่เพิ่มแสง

5.2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค

จากการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อการเก็บรักษาแตงโมตัดแต่งที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน สรุปว่า การแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อคุณภาพผลิตผลในทุกลักษณะ ยกเว้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยความเข้มข้น 2% มีการสูญเสีย น้ำหนักและความแน่นเนื้อของแตงโมลดลงน้อยที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด (เปรียบเทียบกับแช่น้ำกลั่น) และมีค่าสีเนื้อที่สูงสุดอีกด้วย (เปรียบเทียบกับความเข้มข้น 1%)

5.3 ข้อเสนอแนะ

การปลูกแตงโมภายใต้โรงเรือนพลาสติกโดยการให้แสง LED เพิ่มอาจไม่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาถึง 12 ชั่วโมง เนื่องจากทั้งลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของ 2 ระยะเวลาไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต ระยะเวลาการให้แสง 6 ชั่วโมงถือว่าเพียงพอสำหรับคุณภาพผลผลิตกว่าการไม่ให้แสง นอกจากนี้สามารถใช้สารแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อคงสภาพของอาหาร หรือช่วยเพิ่มลักษณะของเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นได้ ซึ่งความเข้มข้นในการใช้งานจะต้องทำการศึกษาอย่างละเอียดตามชนิดหรือประเภทของอาหารนั้นๆให้เหมาะสมเพื่อความปลอดภัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กนกพร อะทะวงษา. 2558. **แต่งโมผลไม้คลายร้อน**. สืบค้นจาก:
<https://pharmacy.mahidol.ac.th>.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. **สถานการณ์การปลูกแต่งโมเนื้อ**. สืบค้นจาก:
[http://www.agriinfo.doe.go.th/year 60/ plant /roitor/veget/28.pdf](http://www.agriinfo.doe.go.th/year%2060/plant/roitor/veget/28.pdf).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. **การปลูกแต่งโม**. สืบค้นจาก: http://eto.ku.ac.th/neweto-e-book/plant/tree_fruit/w_melon.pdf.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. **ธาตุอาหารพืช**. สืบค้นจาก:
http://www.ppsf.doe.go.th/publication/soil_fer/035-047.pdf.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2553. **คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และไกรยศ แซ่ลี้ม. 2562. คุณลักษณะของคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการให้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 27(2): 302-310.
- แก้วมณี อุทธิรัมย์, ผกามาศ บุตรสาลี และ สายฝน อุไร. 2564. การเพิ่มผลผลิตการปลูกแต่งโมของกลุ่มผู้ปลูกในชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์. **วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. 11(1): 43-57.
- ขวัญชนก ศรีธธาสุข. 2562. **คลอโรฟิลล์กับสุขภาพ**. สืบค้นจาก:
<http://biology.ipst.ac.th/?p=963>.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จริญญา ฤทธิรัมย์. 2563. **อิทธิพลของแสงและอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมในโรงเรือนผลิตพืชด้วยแสงเทียม**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- จิตราพรรณ พิสิท. 2550. **การเพาะเมล็ดและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารอัดสำเนา.
- จิราภา เหลืองอรุณเลิศ. 2554. **บรรจุภัณฑ์ผักผลไม้ สถาบันอาหาร**. สืบค้นจาก:
<http://www.nfi.or.th/food-technology-news/food-technology-news-thai.html>).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุนธิภา โยธาทิพย์, พาสินี สุนากร และพัชรียา บุญกอแก้ว. 2553. การศึกษาการปลูกพืชภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์. ใน **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7.** (หน้า 2007-2014). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

จานุลักษณ์ ขนบตี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

จารุวรรณ อ้นบุตร. 2545. ผลของวัย สภาพบรรยากาศควบคุม และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของมะละกอสุกพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เฉลียวชัย วงศ์อารี. 2561. การใช้แคลเซียมเพื่อคุณภาพของผลไม้ที่ดีหลังการเก็บเกี่ยว. **Postharvest Newsletter.** 17(4): 5-7.

ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา และปาริชาติ ราชมณี. 2559. รายงานวิจัย เรื่องการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของมันแกวตัดแต่งพร้อมบริโภค. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ชานนท์ ลามจิตร์. 2560. ผลของหลอดไฟแอลอีดีสีขาว แดง และน้ำเงิน ต่อการเจริญเติบโตของผักบุงจิ้นที่ปลูกในระบบบอควาโพนิค. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์.** 4(2): 26-32.

ณัฐวัฒน์ หมื่นมาณี, ปาริชาติ เทียนจุมพล, กุริศา เกตุนาค, รุ่งนภา ไกลถิ่น และदनัย บุญเกียรติ. 2559. การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของฟักทองญี่ปุ่น. สืบค้นจาก: <https://www.phtnet.org/2016/03/276/>.

दनัย บุญเกียรติ. 2558. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักบนพื้นที่สูง. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

दनัย บุญเกียรติ, พิชญา พูลลาภ, มาโนช ปราครุฑ, ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน, นพพล จันทร์หอม, มนตรี จันทา, ชูชีพ มัยราช และกิตติศักดิ์ เรือนมา. 2562. รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2562: โครงการศึกษาเพื่อลดการสูญเสียผลิตผลพืชผักที่สำคัญบนพื้นที่สูง. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

ดวงใจ น้อยวัน, ณัฐพล มันพร้าว, นวคุณ มาไทย, อัครยา หมื่นรินทร์ และธิดารัตน์ แก้วคำ. 2565. ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์. **วารสารแก่นเกษตร.** 1: 605-609.

ถกลวรรณ ศิริสวัสดิ์, ปริญา จันทศรี, บาจรีย์ ฉัตรทอง, ชัชวาลย์ ชัยชนะ, และสุวิทย์ วงศ์ศิลา. 2561. การให้แสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงคั่นในเวลากลางคืนเพื่อควบคุมการออกดอกของเบญจาศ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 49(ฉบับพิเศษ): 302-305.

เทพสุดา รุ่งรัตน์ และณัฐชัย แก้วอุทุม. 2564. ผลของแสงธรรมชาติและแสงจาก light-emitting diode (LED) ต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าว. **วารสารแก่นเกษตร.** 49(5): 1279-1287.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดชยา พุทธิมี, เบญจมาพร มธูลาภรังสรรค์ และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2553. รูปแบบการตัดแต่ง
 สับประรดพร้อมบริโภคพันธุ์ตราดสีทองต่อคุณภาพภายหลังการเก็บรักษา. **วารสาร
 วิทยาศาสตร์เกษตร**. 41(3/1): 125-128.

ธนากร น้ำหอมจันทร์. 2562. โรงงานผลิตพืช. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย**. 13(2):
 46-62.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และณัฐพงศ์ เมืองจันทร์. 2563. การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืช
 ระบบปิด. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย**. 14(1): 1-13.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2550. การปลูกพืชผักในโรงเรือน. กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล
 พับลิเคชัน จำกัด.

ธวัช ละเวประยะ. 2520. การปลูกแตงโม. **วารสารพืชสวน**. 13(1): 1-14.

นกน้อย ชูคงคา. 2545. ผลของการใช้ความร้อนและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่ออายุการเก็บ
 รักษาผล **Netted Melon**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บ
 เก็บเกี่ยว). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นางลักษณ์ โคตรสมบัติ เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และภรณ์ ต่างวิวัฒน์. 2559. การปฏิบัติตามเทคโนโลยี
 การผลิตแตงโมของเกษตรกร จังหวัดนครพนม. ใน **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย
 บัณฑิตศึกษา ระดับชาติ และนานาชาติ 2559**. (หน้า 485-493). ขอนแก่น:
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. 2560. ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะกับการปลูกพืช?.
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(1): 158-176.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ. 2548. **คุณค่าอาหารและการกิน:
 ผัก 333 ชนิด**. กรุงเทพฯ: แสงแดด.

ปัทมา วิทยากร. 2533. **ดิน: แหล่งอาหารพืช**. ขอนแก่น: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประเสริฐ วุฒิคัมภีร์, พจรจิตร นวลผิว, บุญชู สายธนู และจำลอง กรัมย์. 2554. เทคโนโลยีการผลิต
 แตงโมอินทรีย์หลังนา: กรณีศึกษาบ้านโนนค้อทุ่ง ตำบลโพนเมืองน้อย จังหวัดอำนาจเจริญ. ใน
การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7. (หน้า 460-464). มหาสารคาม:
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พนิดา เมฆทัฬห และมยุรี กระจายกลาง. 2560. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพการเก็บรักษา
 สับประรดห้วยมุ่นตัดแต่ง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 48(3): 367-370.

พัศตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, สมชาย ชคตระการ, วรภัทร ลัคนทินวงศ์, ชวินทร์ ปลื้มเจริญ, ภิรญา ชมพูผิว
 และอรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์. 2559. การเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
 คุณภาพสูงต่อคุณภาพข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 24(5):
 753-765.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัชรี เกตุบางลาย, สุริย์พันธ์ สุภาพวานิช, พนิดา บุญฤทธิ์งไชย, ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร, รชา เทพพร, พรรณิภา ยั่วพล และภัทรภรณ์ ภัทรรังสฤษฎ์. 2562. การใช้แคลเซียมคลอไรด์รักษาคุณภาพทางกายภาพและแรงควัดของพริกชี้หนู พันธุ์หัวเรือระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 50(3): 115-118.

พิชญ์สินี เพชรไทย และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2560. ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์**. 4(3): 54-59.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2565. Calcium chloride/แคลเซียมคลอไรด์. สืบค้นจาก:

<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4578/calcium-chloride>.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2566. minimally processed fruit หรือ fresh-cut fruit / ผลไม้สดพร้อมบริโภคหรือผลไม้สดหั่นชิ้น. สืบค้นจาก:

<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2762/minimally-processed-fruit>.

เพิ่มพูน กীরติกสิกร. 2528. เคมีของดิน. ขอนแก่น: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

มานัส สุนันท์ และนิพนธ์ เลิศมโนกุล. 2558. หลอดไฟ LED สำหรับแปลงปลูกเบญจมาศ. ใน การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21. (หน้า 156-159). ตีพิมพ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

ยงยุทธ โอสถสภา, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2559. การควบคุมปุ๋ยเพื่อการผลิต. **วารสารปัญญาภิวัตน์**. 8(ฉบับพิเศษ): 1-15.

วรภรณ์ ปัญญาวดี. 2551. การขับเคลื่อนสู่วิถีเกษตรปลอดภัยจากสารพิษ: กรณีการปลูกพืชผัก. **วารสารเศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์**. 26(1): 107-127.

ศรุตพงศ์ มารยาท. 2564. ผลของสาร 7, 8-dihydro-8alpha-20-hydroxycdysone ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของแตงโม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2520. เกษตรกรกับการใช้ปุ๋ย. **ข่าวสารเกษตรศาสตร์**. 1: 59-67.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาพืชสวน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุธิตา รอกกระโทก. 2563. **ผลของแสง LED ต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระของพืช**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุธิตา แยมใหญ่, ภัทรภรณ์ ภิรมย์จิต, ณัฐกฤตา คำหนู, ฉัตรชัย งามสม, รัฐไกร วัจนคุณอนันต์, สมชาย ปัญญาอินแก้ว และตุลา จุฑะรสก. 2562. อิทธิพลของความเข้มแสงจากหลอด LED และระยะเวลาการให้แสงต่อการเจริญเติบโตของคะน้า เบบี่ฮ่องเต้ และผักกาดหอมเรดโอ๊ค. ใน การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57. (หน้า 32-38). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547. **สรีรวิทยาการผลิตพืช: ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและ พัฒนาการของพืช**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. **มาตรฐานสินค้าเกษตร: แดงโม**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1-13.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **ปัจจัยการผลิต**. สืบค้นจาก:

<http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH#>.

หทัยชนก หมั่นกล้า. 2556. พลังหลอดไฟ LED (Light emitting diode). **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 5(5): 36-40.

อภิชาติ ชิตบุรี, อนนท นาอิน, กริช แสนสุภา และธีรวัฒน์ กลายเพศ. 2557. ผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อคาลิปต์สในสภาพปลอดเชื้อ. **วารสารแก่นเกษตร**. 42(3): 409-414.

อภิชาติ เมืองทอง, ประภาส แยกขย, พัทธ์ทิภา เดชพล และบุญธรรม ศรีหล้า. 2561. **การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแดงโมและแดงเทศ**. ยโสธร: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร

อัครรัตน์ ไชยธรรม. 2541. **การศึกษาผลของความร้อนและแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะละกอดิบเส้นพร้อมปรุง**. สืบค้นจาก:

https://uatscimath.ipst.ac.th/2021/project-biology/item/4842-2016-09-09-03-24-39_4842.

อุไร จิรมงคลการ. 2457. **ผักพื้นบ้าน 1**. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.

อิชยา นะมิกิ, สุภาวดี วงษ์ภมร, ภาณุมาศ โคตรพงศ์, การิตา จงเจือกกลาง และเจนจิรา เชาวไว. 2561. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 48(1): 456-458.

- Aguayo, E., Escalona, V. H. and Artés, F. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh cut ‘Amarillo’ melon. **Postharvest Biology and Technology**. 47(3): 397-406.
- Alderfasi, A. A., Moftah, A. E. and Aljuaed, A. M. 2010. Prospective study in influences of using bio-organic farming system on growth, nitrate, oxalate and ascorbic acid contents in spinach. **World Applied Sciences Journal**. 9(1): 49-54.
- Brandon M. F., Lu, N., Yamaguchi, T., Takagaki, M., Maruo, T., Kozai T. and Yamori, Wataru. 2016. **Next evolution of agriculture: A review of innovations in plant factories**. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/301341115_Next_revolution_of_Agriculture_A_review_of_innovations_in_plant_factories.
- Chardonnet, C. O., Charron, C. S., Sams, C. E. and Conway, W. S. 2003. Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated “Golden Delicious” apples during storage. **Postharvest Biology and Technology**. 28: 97–111.
- Chen, C. C., Huang, M. Y., Lin, K. H., Wong, S. L., Huang, W. D. and Yang, C. M. 2014. Effects of light quality on the growth, development and metabolism of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). **Research Journal of Biotechnology**. 9(4): 15-24.
- Chin, L. Y. and Chong, K. K. 2012. Study of high power light emitting diode (LED) lighting system in accelerating the growth rate of *Lactuca sativa* for indoor cultivation. **International Journal of Physical Sciences**. 7(11): 1773-1781.
- Choi, H. G., Moon, B. Y. and Kang, N. J. 2015. Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. **Scientia Horticulturae**. 189: 22-31.
- Choi, W. J., Ro, H. M. and Hobbie, E. A. 2003. Patterns of natural ¹⁵N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands. **Soil Biology & Biochemistry**. 35: 1493-1500.
- Costa, S. B., Cardoso, A., Martins, L. L., Empis, J. and Martins, M. M. 2008. The effect of calcium dips combined with mild heating of whole kiwifruit for fruit slice quality maintenance. **Food Chemistry**. 108(1): 191-197.
- Fallahi, E., Fallahi, B., Neilsen, G. H., Neilsen, D. and Peryea, F. J. 2010. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. **Acta Horticulturae**. 868: 49-60.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Gao, Q., Tan, Q., Song, Z., Chen, W., Li, X. and Zhu X. 2020. Calcium chloride postharvest treatment delays the ripening and softening of papaya fruit. **Journal of Food Processing and Preservation**. 44(30): 1-12.
- Giacomelli, G.A. 1998. Greenhouse grazing and solar radiation transmission workshop. In **CCEA Center for controlled environment agriculture**. (pp.1-19). USA: Cook College, Rutgers University.
- Guzmán, I. L., Cantwell, M. and Barrett, D. M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology Technology**. 17: 201-213.
- Hadfield, K.A. and Bennett, A.B. 1998. Polygalacturonases: many genes in search of a function. **Plant Physiology**. 117(2): 337-343.
- Harker, F.R., Ferguson, I.B. and Dromgoole, F.I. 1989. Ca ion transport through tissue discs of the cortical flesh of apple fruit. **Physiologia Plantarum**. 74(4): 688-694.
- Hasan, M. M., Bashir, T., Ghosh, R., Lee, S. K. and Bae, H. 2017. An overview of LEDs' effects on the production of bioactive compounds and crop quality. **Molecules**. 22(9): 1420.
- James, J. B. and Ngarmsak. T. 2010. **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide**. Bangkok, Thailand: FAO of Regional Office for Asia and the Pacific.
- Kader, A. A. 2002. **Post-harvest Technology of Horticultural Crops, 3rd ed**. University of California, Oakland, California: Division of Agriculture and Natural Resources Publication.
- Kim, H. H., Chun, C. and Kozai, T. 2000. The potential use of photoperiod during transplant production under artificial lighting conditions on floral development and bolting, using spinach as a model. **HortScience**. 35(1): 43-45.
- Kozai, T. 2013. Plant factory in Japan - current situation and perspectives. **Chronica Horticulturae**. 53(2): 8-11.
- Lamikanra, O. and Watson, M. A. 2004. Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. **Journal of Food Science**. 69(6): 468-472.

- Liu, R., Kang, Y., Zhang, C., Pei, L., Wan, S., Jiange, S., Liu, S., Ren, Z. and Yang, Y. 2014. Chemical fertilizer pollution control using drip fertigation for conservation of water quality in Danjiangkou Reservoir. **Nutrient Cycling in Agroecosyst.** 98: 295-307.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani I., Diamantidis, G. and Tzavella-Klonari, K. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). **Scientia Horticulturae.** 107(1): 43-50.
- Mccree, K. J. 1970. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology.** 9: 191-216.
- Menzel, C.M., Haydon, G.F. and Simpson, D.R. 1992. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). **Journal Horticultural Science.** 67(2): 149 - 160.
- Micheli, F. 2001. Pectin methylesterases: cell wall enzymes with important roles in plant physiology. **Trends Plant Science.** 6(9): 414-419.
- Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F. and Khademi, O. 2018. Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae.** 233: 114-123.
- Nigro, F., Schena, L., Ligorio, A., Pentimone, I., Ippolito, A. and Salerno, M. G. 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. **Postharvest Biology and Technology.** 42: 142-149.
- Pan, Y. G. and Zu, H. 2012. Effect of UV-C radiation on the quality of fresh-cut pineapples. **Procedia Engineering.** 37: 113-119.
- Rao, T. V. R., Gol, N. B. and Shah, K. K. 2011. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). **Scientia Horticulturae.** 132: 18-26.
- Silveira, A. C., Aguayo, E., Chisari, M. and Artés, F. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. **Postharvest Biology and Technology.** 62(1): 77-84.
- Singh, M. and Guleria, N. 2013. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizer on yield and oil composition of rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.). **Industrial Crop and Products.** 42: 37-40.

- Snowdon, A. L. 1990. **A color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables, Volume 1. General Introduction and Fruits.** London, UK: Wolf Scientific publication.
- Turmanidz, T., Gulua, L., Jgenti, M. and Wicker, L. 2017. Potential antioxidant retention and quality maintenance in raspberries and strawberries treated with calcium chloride and stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Food Technol.** 20: 1-7.
- USDA. 2018. **Basic Report: 09326, Watermelon, raw.** Retrieved from: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2393?fgcd=&manu=&facet=&format=&count=&max=50&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Watermelon&ds>.
- Vanlauwe, B., Kihara, J., Chivenge, P., Pypers, P., Coe, R. and Six, J. 2011. Agronomic use efficiency of fertilizer N in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. **Plant and Soil.** 339: 35-50.
- Varela, P., Salvador A. and Fiszman S. M. 2007. The use of calcium chloride in minimally processed apples: a sensory approach. **European Food Research and Technology.** 224(4): 461-467.
- Wills, R. B., McGlasson, H., Graham, D. and Joyce, D. 1998. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.** London, UK: Oxford University.
- Wójcik, P. and Lewandowski, M. 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of “Elsanta” strawberry. **Journal of Plant Nutrition.** 26(3): 671-682.
- Xu, M. G., Li, D. C., Li, J. M., Qin, D. Z., Kazuyuki, Y. and Hosen, Y. 2008. Effect of organic manure application with chemical fertilizer on nutrient absorption and yield of rice in Hunan of Southern China. **Agricultural Sciences in China.** 7(10): 1245-1252.
- Zhang, G. R., Li, J. M., Xu, M. G., Gao J. S. and Gu, S. Y. 2009. Effects of chemical fertilizer and organic manure on rice yield and soil fertility. **Scientia Agricultura Sinica.** 42(2): 543-551.
- Zheng, W. W., Chun I. J., Hong, S. B. and Zang, Y. X. 2014. Quality characteristics of fresh-cut ‘Fuji’ apple slices from 1-methylcyclopropene-, calcium chloride-, and rare earth-treated intact fruits. **Scientia Horticulturae.** 173: 100-105.

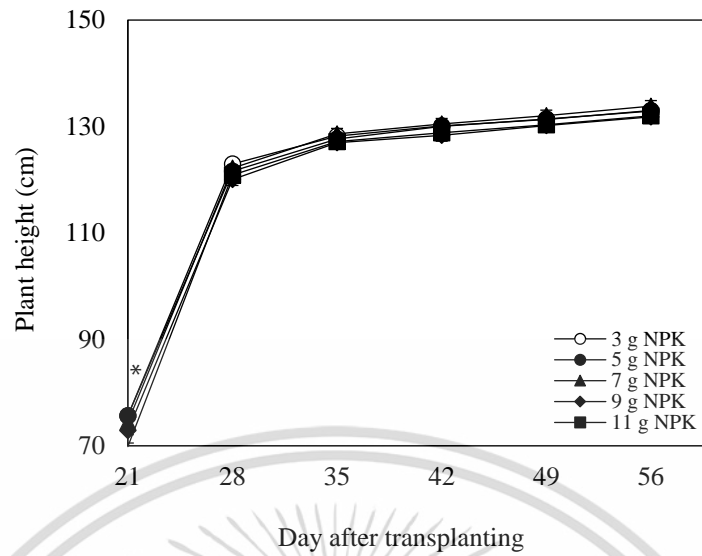
Zhang, X., Xu, Z., Sun, X., Dong, W. and Ballantine, D. 2013. Nitrate in shallow groundwater in typical agricultural and forest ecosystems in China, 2004-2010. *Journal of Environmental Sciences*. 25(5): 1007-1014.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

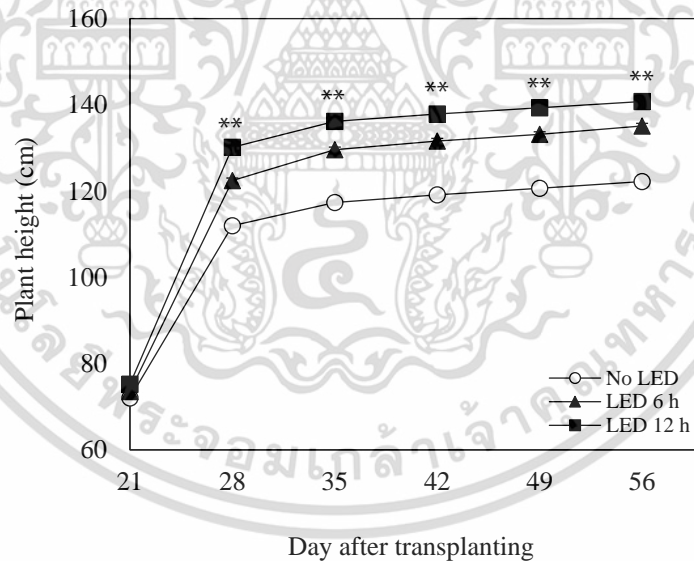


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

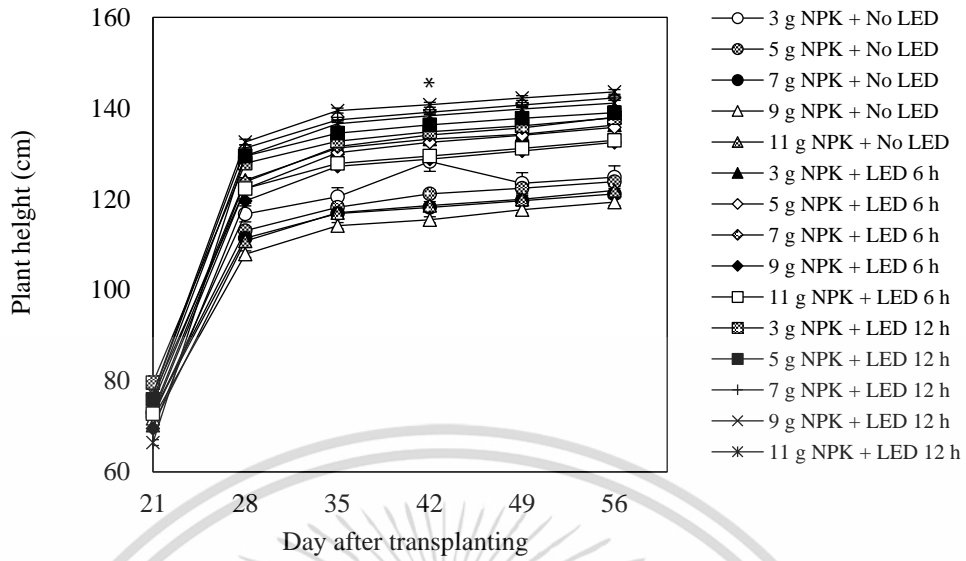
ภาคผนวกที่ 1 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อความสูงต้นแตงโมที่ปลูกในโรงเรือน



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

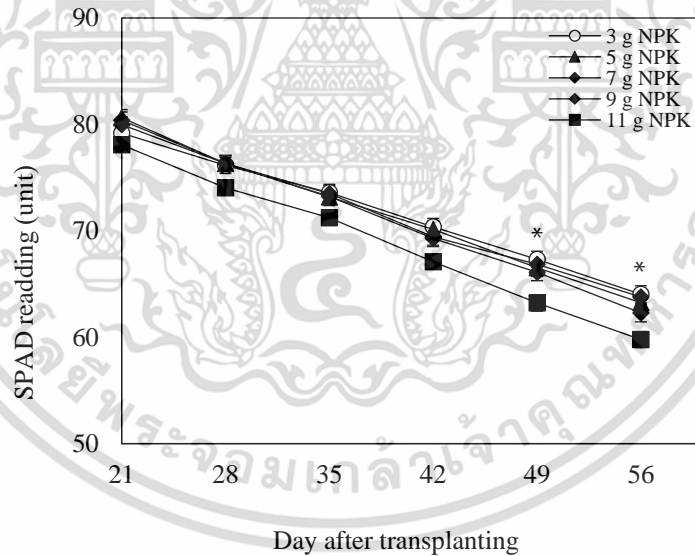
ภาคผนวกที่ 2 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้นแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

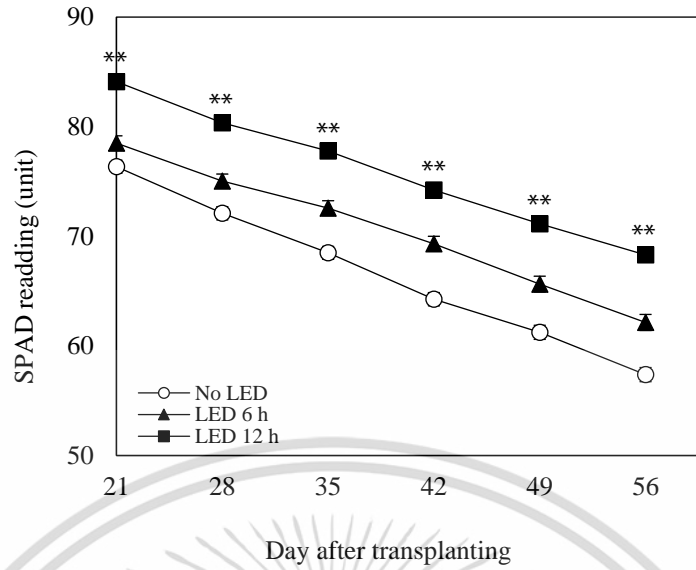
ภาคผนวกที่ 3 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความสูงต้นแตงโม



หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

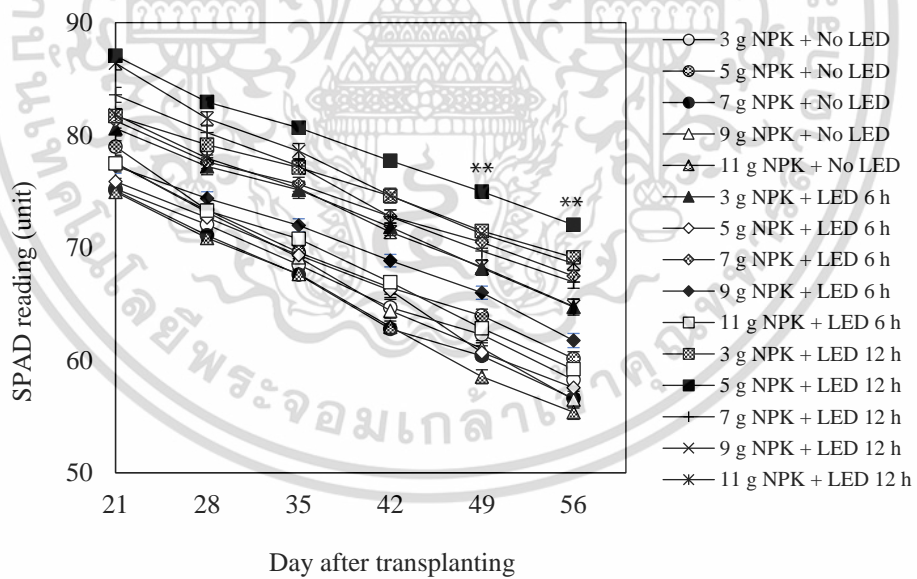
ภาคผนวกที่ 4 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ต่อค่าความเขียวใบแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาคผนวกที่ 5 ผลของแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก



หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาคผนวกที่ 6 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อค่าความเขียวใบแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 7 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Treatment	Fruit weight (kg)	Width of fruit (cm)	Length of fruit (cm)
NPK 16-16-16 Fertilizer (A)			
3 g	2.16	15.4	18.55
5 g	2.17	15.18	18.79
7 g	2.17	15.27	18.17
9 g	2.15	15.08	18.23
11 g	1.80	14.36	17.10
LED light (B)			
No LED	1.71b	14.33b	16.51b
LED 6 h	2.24a	15.37a	18.71a
LED 12 h	2.31a	15.47a	19.29a
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	**	**	**

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาคผนวกที่ 8 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อน้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผลแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	Fruit weight (kg)	Width of fruit (cm)	Length of fruit (cm)
3 g NPK + No LED	1.65	14.29	15.95
5 g + NPK + No LED	1.92	14.87	17.87
7 g + NPK + No LED	1.65	13.33	16.01
9 g + NPK + No LED	1.61	13.88	16.05
11 g + NPK + No LED	1.70	14.26	16.7
3 g + NPK + LED 6 h	2.31	15.67	19.25
5 g + NPK + LED 6 h	2.07	14.84	18.36
7 g + NPK + LED 6 h	2.35	15.84	19.58
9 g + NPK + LED 6 h	2.48	16.12	18.85
11 g + NPK + LED 6 h	1.87	14.39	17.52
3 g + NPK + LED 12 h	2.51	16.22	20.47
5 g + NPK + LED 12 h	2.52	15.83	20.14
7 g + NPK + LED 12 h	2.35	15.65	18.93
9 g + NPK + LED 12 h	2.37	15.24	19.81
11 g + NPK + LED 12 h	1.82	14.43	17.08
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	**	**	**
A x B	ns	ns	ns
C.V. (%)	17.33	5.96	8.48

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 9 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก และความแน่นเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Treatment	Thickness of flesh (cm)	Thickness of peel (cm)	Flesh firmness (N)
NPK 16-16-16 Fertilizer (A)			
3 g	15.29a	0.42	9.42
5 g	15.40a	0.44	10.85
7 g	15.07ab	0.45	10.07
9 g	14.94ab	0.45	10.39
11 g	14.12b	0.37	11.62
LED light (B)			
No LED	13.86b	0.37	10.53
LED 6 h	15.38a	0.41	9.76
LED 12 h	15.65a	0.50	11.12
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	*	ns	ns
LED light (B)	**	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %,

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวกที่ 10 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก และความแน่นเนื้อแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	Thickness of flesh (cm)	Thickness of peel (cm)	Flesh firmness (N)
3 g NPK + No LED	13.77	0.38	12.69
5 g + NPK + No LED	14.45	0.39	10.74
7 g + NPK + No LED	13.77	0.35	11.13
9 g + NPK + No LED	13.49	0.38	8.50
11 g + NPK + No LED	13.84	0.34	9.57
3 g + NPK + LED 6 h	15.71	0.34	7.90
5 g + NPK + LED 6 h	15.28	0.45	8.38
7 g + NPK + LED 6 h	16.01	0.46	9.75
9 g + NPK + LED 6 h	15.50	0.43	11.02
11 g + NPK + LED 6 h	14.42	0.37	11.76
3 g + NPK + LED 12 h	16.38	0.55	7.66
5 g + NPK + LED 12 h	16.45	0.48	13.45
7 g + NPK + LED 12 h	15.44	0.53	9.33
9 g + NPK + LED 12 h	15.83	0.55	11.67
11 g + NPK + LED 12 h	14.11	0.39	13.52
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	*	ns	ns
LED light (B)	**	ns	ns
A x B	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.57	46.75	22.78

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %,

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 11 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของแตงโมที่ปลูกใน โรงเรือนพลาสติก

Treatment	pH value	Titratable acidity (%)	Total soluble solid (°brix)
NPK 16-16-16 Fertilizer (A)			
3 g	6.03	0.19	9.78
5 g	6.34	0.17	10.29
7 g	5.59	0.19	9.57
9 g	5.67	0.18	10.63
11 g	5.67	0.21	10.03
LED light (B)			
No LED	5.67	0.17	9.94
LED 6 h	5.58	0.19	10.22
LED 12 h	6.34	0.20	10.02
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 12 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	pH value	Titrateable acidity (%)	Total soluble solid (°brix)
3 g NPK + No LED	5.69	0.15	9.33
5 g + NPK + No LED	5.53	0.18	9.83
7 g + NPK + No LED	5.62	0.16	9.50
9 g + NPK + No LED	5.69	0.17	10.95
11 g + NPK + No LED	5.80	0.20	10.10
3 g + NPK + LED 6 h	5.52	0.22	10.00
5 g + NPK + LED 6 h	5.53	0.16	10.55
7 g + NPK + LED 6 h	5.51	0.20	9.80
9 g + NPK + LED 6 h	5.73	0.18	10.68
11 g + NPK + LED 6 h	5.58	0.21	10.05
3 g + NPK + LED 12 h	6.87	0.19	10.00
5 g + NPK + LED 12 h	7.96	0.18	10.50
7 g + NPK + LED 12 h	5.64	0.20	9.40
9 g + NPK + LED 12 h	5.59	0.20	10.25
11 g + NPK + LED 12 h	5.63	0.23	9.93
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	ns	ns	ns
A x B	ns	ns	ns
C.V. (%)	25.15	24.7	10.65

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 13 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*)
แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Treatment	Pulp color (L^*)	Pulp color (a^*)	Pulp color (b^*)
NPK 16-16-16 Fertilizer			
(A)			
3 g	30.75	17.16	10.38
5 g	33.17	16.22	10.55
7 g	31.85	17.17	10.47
9 g	33.98	17.16	11.29
11 g	33.54	16.50	10.51
LED light (B)			
No LED	32.91	16.90	10.67
LED 6 h	31.18	16.06	10.11
LED 12 h	33.89	17.57	11.13
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 14 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ต่อสีเนื้อ (L^* , a^* , b^*)
แตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

Factor A x B	Pulp color (L^*)	Pulp color (a^*)	Pulp color (b^*)
3 g NPK + No LED	30.96	19.16	10.79
5 g + NPK + No LED	31.34	15.40	10.00
7 g + NPK + No LED	36.23	16.42	11.38
9 g + NPK + No LED	32.77	16.95	10.78
11 g + NPK + No LED	33.27	16.55	10.42
3 g + NPK + LED 6 h	27.81	15.66	9.35
5 g + NPK + LED 6 h	33.36	15.73	10.25
7 g + NPK + LED 6 h	29.12	16.70	9.82
9 g + NPK + LED 6 h	34.04	16.85	11.27
11 g + NPK + LED 6 h	31.56	15.38	9.89
3 g + NPK + LED 12 h	33.47	16.66	10.99
5 g + NPK + LED 12 h	34.82	17.53	11.40
7 g + NPK + LED 12 h	30.22	18.40	10.22
9 g + NPK + LED 12 h	35.13	17.69	11.82
11 g + NPK + LED 12 h	35.80	17.56	11.22
F-test			
16-16-16 Fertilizer (A)	ns	ns	ns
LED light (B)	ns	ns	ns
A x B	ns	ns	ns
C.V. (%)	12.21	12.55	10.16

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 15 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Weight loss (%) days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.39a	2.24a	4.81a	5.87a	6.85a	8.83a	10.54a
1% CaCl ₂	0.13b	0.19b	0.53c	0.84c	2.83b	5.51b	7.10b
2% CaCl ₂	0.15b	0.40b	1.98b	2.50b	2.98b	3.26c	4.03c
F-test	*	**	**	**	*	**	**
C.V. (%)	45.4	37.54	16.36	17.79	39.16	11.77	17.02

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวกที่ 16 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Pulp color (L*) value days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	46.75	45.60	47.33ab	45.08ab	46.80ab	46.55	47.30a
1% CaCl ₂	44.46	45.02	45.96b	43.57b	44.20b	46.07	45.05b
2% CaCl ₂	45.28	47.63	48.55a	48.65a	47.11a	47.26	47.49a
F-test	ns	ns	*	*	*	ns	*
C.V. (%)	5.02	2.37	1.96	3.81	2.43	2.04	1.8

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 17 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Pulp color (a^*) value days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	17.99	16.83ab	16.97	16.78a	17.17a	17.15	16.70a
1% CaCl ₂	15.65	15.63b	15.61	13.89b	14.27b	15.08	14.19b
2% CaCl ₂	17.51	18.21a	17.44	18.65a	17.55a	16.79	16.03a
F-test	ns	*	ns	**	**	ns	**
C.V. (%)	7.21	5.67	4.51	6.13	4.15	8.46	3.59

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาคผนวกที่ 18 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Pulp color (b^*) value days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	6.89	6.44b	6.95b	6.22b	7.27a	7.02	7.00a
1% CaCl ₂	5.94	6.07b	6.19c	4.99b	5.37b	6.02	5.50b
2% CaCl ₂	6.60	7.89a	7.78a	8.27a	7.68a	7.57	7.09a
F-test	ns	*	**	**	**	ns	**
C.V. (%)	18.37	9.55	5.29	12.5	8.36	13.64	7.12

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 19 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแน่นเนื้อ (kg) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Flesh firmness (kg) days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.80	0.83	0.77	0.67	0.77	0.63	0.30b
1% CaCl ₂	0.70	0.73	0.77	0.76	0.90	0.60	0.36b
2% CaCl ₂	0.90	0.80	0.83	0.73	0.80	0.70	0.53a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	10.21	11.95	7.32	13.85	8.11	10.34	11.79

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ภาคผนวกที่ 20 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Total soluble solid (°brix) days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	10.47	10.37c	10.63b	9.57b	9.67b	10.47	10.17b
1% CaCl ₂	10.17	11.00b	10.97b	9.63b	9.20b	10.77	10.43b
2% CaCl ₂	10.17	11.97a	11.97a	11.43a	10.97a	11.6	11.10a
F-test	ns	**	*	**	*	ns	*
C.V. (%)	2.75	2.12	2.73	3.39	5.12	5.00	2.98

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 21 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Titratable acidity (%) days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.12	0.11	0.11	0.14	0.11	0.11	0.14
1% CaCl ₂	0.10	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.13
2% CaCl ₂	0.10	0.10	0.13	0.13	0.14	0.10	0.14
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.76	7.45	9.57	9.43	22.49	11.94	10.91

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวกที่ 22 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	pH value days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	5.39	5.36	5.36b	5.34	5.31	5.25b	5.24
1% CaCl ₂	5.49	5.41	5.36b	5.30	5.30	5.27b	5.19
2% CaCl ₂	5.44	5.45	5.50a	5.46	5.39	5.39a	5.37
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	1	1.41	0.76	1.61	0.84	0.88	1.49

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 23 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณวิตามินซี (%) ของแตงโมตัดแต่ง

Treatment	Ascorbic acid (%) days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.04	0.08	0.07b	0.08	0.08	0.10	0.06
1% CaCl ₂	0.04	0.07	0.09a	0.09	0.07	0.10	0.07
2% CaCl ₂	0.04	0.08	0.08a	0.09	0.06	0.11	0.08
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	29.54	10.5	9.32	26.37	27.33	19.41	16.9

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

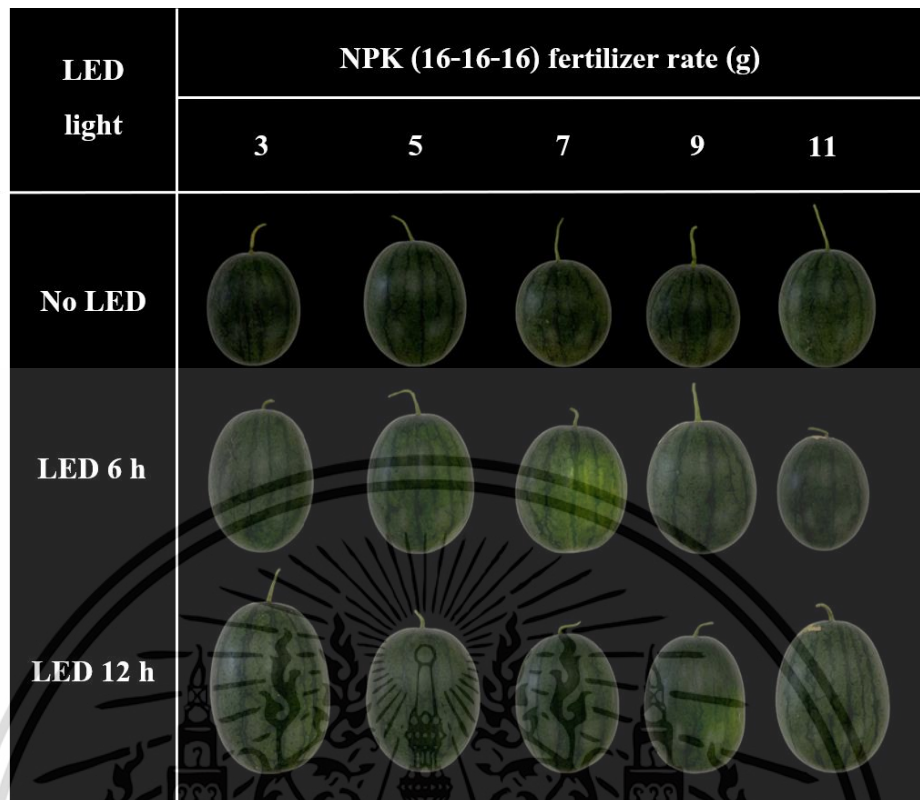
ภาคผนวกที่ 24 ผลของการประเมินความพึงพอใจและการยอมรับโดยรวม (%) ของเนื้อแตงโมตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

Treatment	Overall satisfaction of watermelon fresh cut (%)						
	days after storage						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	76.39a	70.83	56.25	62.96	51.16c	51.16a	45.83
1% CaCl ₂	59.95c	61.80	59.43	61.80	57.87b	43.52b	50.70
2% CaCl ₂	66.44b	64.12	59.03	52.78	66.67a	40.51b	48.61
F-test	**	ns	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	4.73	8.71	4.53	9.51	4.92	5.55	6.26

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

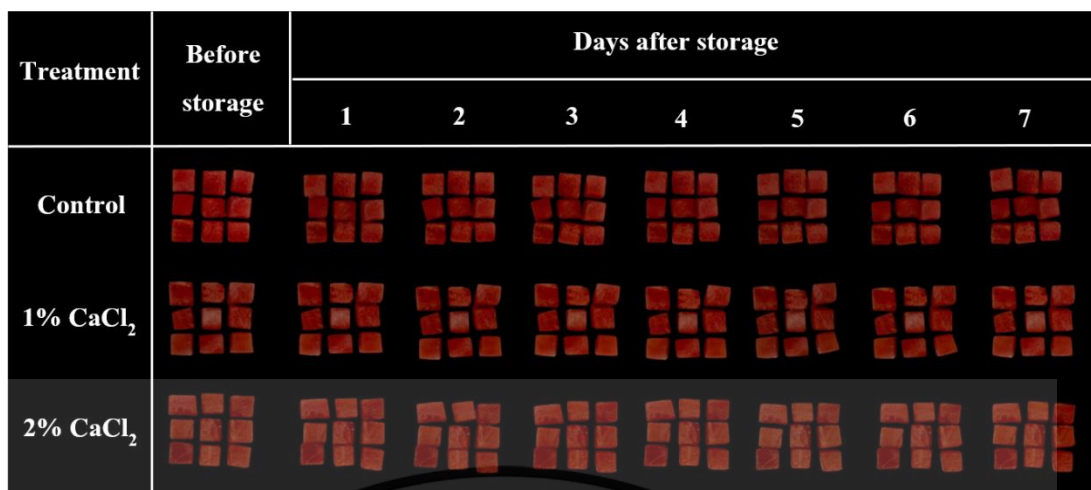


ภาคผนวกที่ 25 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อลักษณะภายนอกของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก



ภาคผนวกที่ 26 ผลของปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 และแสงจากหลอด LED ต่อลักษณะภายในของแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ 27 ผลของปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมคลอไรด์ต่อแตงโมตัดแต่ง

ภาคผนวกที่ 28 ราคาขายแตงโมเทียบกับน้ำหนักผลของแตงโมเมื่อได้รับปริมาณปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับแสงจากหลอด LED ในแตงโมที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติก

วิธีการ	น้ำหนักผล (กิโลกรัม)	ราคาขาย (บาท)
3 g NPK + No LED	1.65	39.60
5 g NPK + No LED	1.92	46.08
7 g NPK + No LED	1.65	39.60
9 g NPK + No LED	1.61	38.64
11 g NPK + No LED	1.70	40.80
3 g NPK + LED 6 h	2.31	55.44
5 g NPK + LED 6 h	2.07	49.68
7 g NPK + LED 6 h	2.35	56.40
9 g NPK + LED 6 h	2.48	59.52
11 g NPK + LED 6 h	1.87	44.88
3 g NPK + LED 12 h	2.51	60.24
5 g NPK + LED 12 h	2.52	60.48
7 g NPK + LED 12 h	2.35	56.40
9 g NPK + LED 12 h	2.37	56.88
11 g NPK + LED 12 h	1.82	43.68

หมายเหตุ: ราคาขายแตงโมที่ 24 บาทต่อกิโลกรัม ข้อมูล ณ วันศุกร์ที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2566

ที่มา: <https://www.kasetprice.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวศินี จันทร์ชุ่ม
 วัน เดือน ปีเกิด : วันพุธที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ปัจจุบัน : บ้านเลขที่ 9 ซอยอ่อนนุช 51/3 เขต/แขวงประเวศ
 กรุงเทพฯ 10250

ประวัติการศึกษา : ระดับปริญญาตรี
 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
 สาขาวิชาเอกพืชสวน ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 : ระดับปริญญาโท
 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
 ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานตีพิมพ์ : Chanchum, W., Yasatae, R., Glahan, S. and Kramchote, S. 2019. Influence of harvesting day and potassium chloride on sweetness of melon grown in plastic house. In *Proceeding of the 8th international conference on integration of science and technology for sustainable development.* (pp.98-101). China: Huiyuan International Hotel.
 : Wasinee Chamchum, Somchai Glahan, Somsak Kramchote, Phonkrit Maniwara and Patcharaporn Suwor. 2023. Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) in plastic house in response to white LED supplementary lighting. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science.* 45(2): 271-277.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้