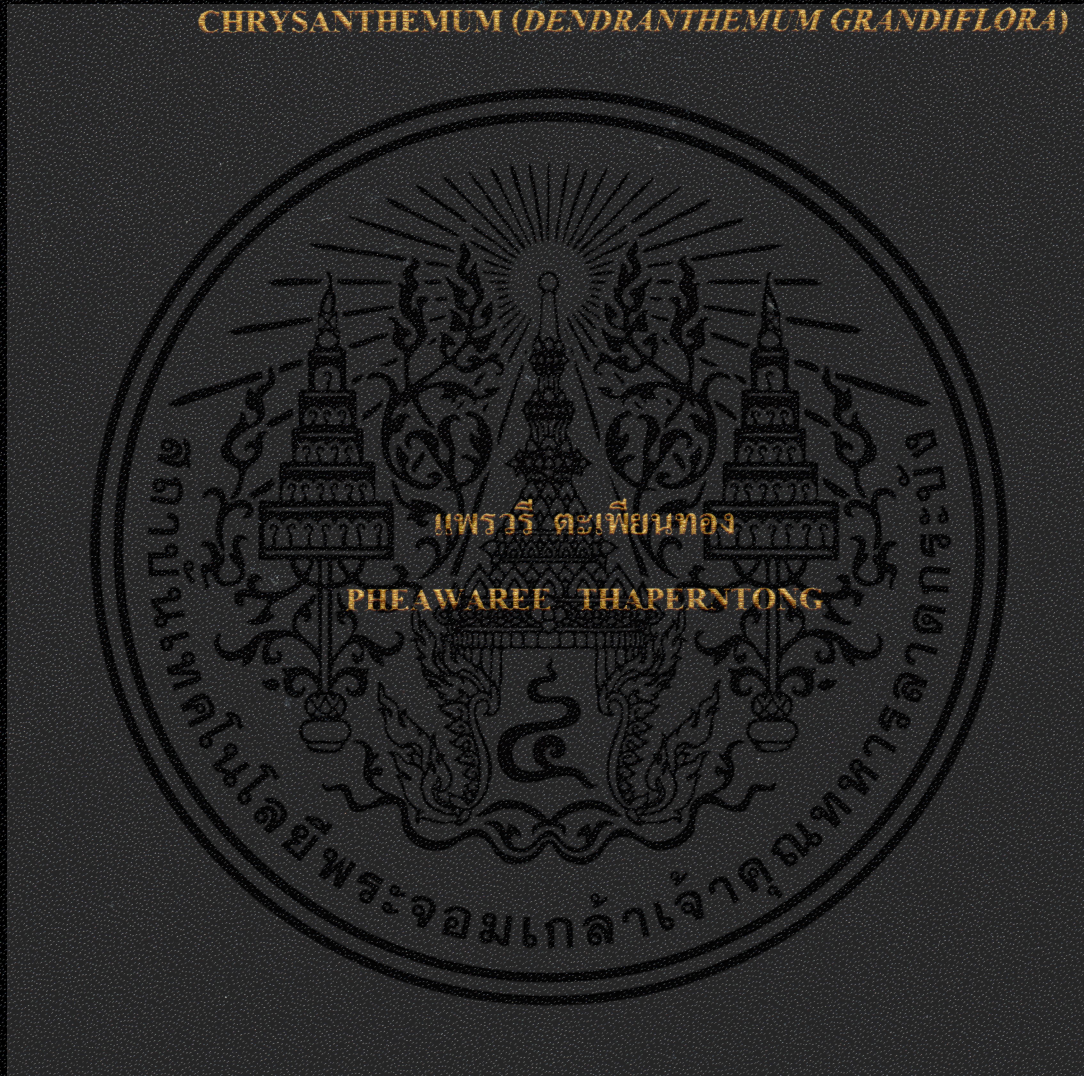


ผลของความยาวคลื่นแสงจากหลอด LED ต่อการพัฒนาของแคลลัสจากการ
เพาะเลี้ยงกลีบดอกและตาข้างเบญจมาศ

EFFECT OF LIGHT EMITTING DIODE (LED) WAVELENGTH ON CALLUS
DEVELOPMENT OF PETAL AND BUD CULTURE

CHRYSANTHEMUM (*DENDRANTHEMUM GRANDIFLORA*)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AG-M-065-276

ผลของความยาวคลื่นแสงจากหลอด LED ต่อการพัฒนาของแคลลัสจากการ
เพาะเลี้ยงกลีบดอกและตาข้างเบญจมาศ

EFFECT OF LIGHT EMITTING DIODE (LED) WAVELENGTH ON CALLUS
DEVELOPMENT OF PETAL AND BUD CULTURE
CHRYSANTHEMUM (*DENDRANTHEMUM GRANDIFLORA*)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AG-M-065-276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF LIGHT EMITTING DIODE (LED) WAVELENGTH ON CALLUS

DEVELOPMENT OF PETAL AND BUD CULTURE

CHRYSANTHEMUM (*DENDRANTHEMUM GRANDIFLORA*)



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

2018

KMITL-2018-AG-M-065-276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความยาวคลื่นแสงจากหลอด LED ต่อการพัฒนาของแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงกลีบดอกและตาข้างเบญจมาศ
ชื่อนักศึกษา	นางสาวแพรววี ตะเพียนทอง
รหัสนักศึกษา	57604019
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. กัญญา แซ่เตียว

บทคัดย่อ

ผลของความยาวคลื่นแสงจากหลอด LED ต่อการพัฒนาแคลลัสของเบญจมาศ 3 สายพันธุ์ แคนเทอร์ ซิลิเบรส และคริสตัลไวท์ ในสภาพปลอดเชื้อ ประกอบด้วย 3 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 6 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ซีน ได้แก่ หลอด cool white สีขาว, LED สีขาว, LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง การทดลองที่ 1 เลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศทั้ง 3 สายพันธุ์ บนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปเลี้ยงภายใต้ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันทั้ง 6 ทรีตเมนต์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า การเลี้ยงกลีบดอกทั้ง 3 สายพันธุ์ ภายใต้หลอด cool white มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด ส่วนพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว และพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีน้ำเงิน มีน้ำหนักสดมากกว่าแสงสีอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่พบในใบที่เลี้ยงภายใต้ LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และบี มากที่สุด การทดลองที่ 2 เลี้ยงตาข้างเบญจมาศ 3 สายพันธุ์ ภายใต้ความยาวคลื่นแสงที่ต่างกันทั้ง 6 ทรีตเมนต์ พบว่า ตาข้างที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุดในทุกสายพันธุ์ ส่วนพันธุ์แคนเทอร์ และซิลิเบรสภายใต้หลอด LED สีแดง และพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว มีน้ำหนักสดมากที่สุด การทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ที่ระดับความเข้มแสง 50, 100, 150 และ 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที โดยการเลี้ยงชิ้นส่วนกลีบดอกและตาข้างพันธุ์ซิลิเบรส พบว่า กลีบดอกที่เลี้ยงภายใต้ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมาก ในขณะที่เลี้ยงตาข้างภายใต้ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การ

เกิดแคลลัสสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับทริตเมนต์อื่น ยิ่งกว่านั้นชิ้นส่วนทั้งสองแบบที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับทริตเมนต์อื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of light emitting diode (LED) wavelength on callus development of petal and bud culture chrysanthemum (<i>Dendranthemum grandiflora</i>)
Student	Miss Pheawaree Thaperntong
Student ID.	57604019
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2018
Thesis Advisor	Assistant. Prof. Dr. Kanjana Saetiew

Abstract

The effect of light emitting diode (LED) on callus development through three chrysanthemum cultivars which are Canter, Celebrate and Chrystal White were investigated into three experiments. The experimental design was completely randomized design (CRD) consisting of six treatments with three replications. Each treatment had ten pieces per replications. There were six different light conditions which were cool white, white LED, red LED, red and blue LED ratio 3:1, blue LED and dark conditions. The petal of three chrysanthemum cultivars were cultured on MS (Murashige and Skoog, 1962) medium supplemented with 2 mg/L NAA and 4 mg/L kinetin in the first experiment. After 10 weeks the best percentage of callus induction, the highest percentage of shoot induction number of shoots and percentage of root induction were found in cool white condition. However, the callus fresh weight were non-significance in Celebrate while Canter cultured under white LED showed higher weight than the other. Chrystal White cultured under blue LED showed higher weight than the other. The leaf growth under red and blue LED ratio 3:1 were found higher chlorophyll a and b contents than the other light conditions. The buds of three chrysanthemum cultivars were cultured under six treatments. The results showed that, the percentage of the callus were cultured under the cool white more than the other light conditions in all cultivars. The buds of Canter and Celebrate cultured under red LED showed higher weight than the other. Chrystal White cultured under white LED showed higher weight than the other. The other experiment was studied the light intensity under red and blue LED ratio 3:1. The petal and bud of Celebrate cultivars were cultured under 50, 100, 150, and 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity. It showed that petal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

had more percentage of callus induction while the bud were better only $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity than the other treatment. Moreover, both explants cultured under $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity produced more reducing sugar than the other treatments.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กัญญา แซ่เตียว อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณที่ให้คำปรึกษา คำเสนอแนะ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุเม อรัญนารด ผศ.ดร.ลำแพน ขวัญพูล และ ผศ.ดร.มณฑินี ชีรารักษ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่มอบทุนวิจัยสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้และห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ป้า และทุกๆ คนในครอบครัว ที่ให้โอกาสกำลังใจ และการสนับสนุนในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอภัยเป็นอย่างสูง ในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้ คงมีประโยชน์สำหรับผู้ที่มีความสนใจในงานด้านนี้

แพรววี ตะเพียนทอง

มิถุนายน 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเบญจมาศ.....	4
2.2 การจัดตามลักษณะดอก.....	5
2.3 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.....	6
2.4 หลักการและประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.....	8
2.5 การเพาะเลี้ยงแคลลัส.....	9
2.6 คุณสมบัติของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	9
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง.....	11
2.8 การตอบสนองของพืชต่อแสง.....	12
2.9 การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์.....	13
2.10 หลอดไดโอดเปล่งแสง.....	15
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	18
3.3.1 พีชทดลอง.....	18
3.3.2 อุปกรณ์.....	18
3.3.3 สารเคมี.....	19
3.2 วิธีการดำเนินการ.....	20
3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการชักนำกลีบดอกเบญจมาศให้เกิดแคลลัสและ ยอดของเบญจมาศในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจาก หลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต..	20
3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดของ เบญจมาศในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต.....	22
3.2.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง: สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเจริญเติบโต.....	23
3.2 การบันทึกผลการทดลอง.....	23
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	24
3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....	24
3.2 ระยะเวลาดำเนินการ.....	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	25
4.1 ผลการทดลองที่ 1.1 ศึกษาการชักนำกลีบดอกให้เกิดแคลลัสและยอด เบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจาก หลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1 ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาการชักนำกลีบดอกให้เกิดแคลลัสและยอดจากกลีบ ดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสง จากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	34
4.1 ผลการทดลองที่ 1.3 ศึกษาการชักนำกลีบดอกให้เกิดแคลลัสและยอดจาก เบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสง จากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	43
4.2 ผลการทดลองที่ 2.1 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดจาก เบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจาก หลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	52
4.2 ผลการทดลองที่ 2.2 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดจาก เบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจาก หลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	58
4.2 ผลการทดลองที่ 2.3 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดจาก เบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสง จากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน.....	64
4.3 ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง: สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเจริญเติบโต.....	70
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	78
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	87
ภาคผนวก ก อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.....	87
ประวัติผู้เขียน.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10.....	25
4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10.....	27
4.3 จำนวนยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10 ...	28
4.4 นำหนักสดแคลลัสกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	29
4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	30
4.6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์โอบเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6.....	31
4.7 ผลของขนาดปากใบพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6.....	32
4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	34
4.9 นำหนักสดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10 ..	36
4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 10.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 จำนวนยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10.....	38
4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	39
4.13 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ใบเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6.....	40
4.14 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6	41
4.15 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงในสัปดาห์ที่ 2-10.....	43
4.16 น้ำหนักสดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	45
4.17 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	46
4.18 แสดงจำนวนยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10.....	47
4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์โอบเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆในสัปดาห์ที่ 6	49
4.21 ขนาดของปากโอบเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6	50
4.22 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บอนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10	52
4.23 นำหนักสดแคลลัสตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10..	54
4.24 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บอนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	55
4.25 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	56
4.26 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของตาข้างพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	57
4.27 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลิเบรสบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10	58
4.28 นำหนักสดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลิเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	60

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.29 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	61
4.30 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10	62
4.31 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของตาข้างพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	63
4.32 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10.....	64
4.33 น้ำหนักสดแคลลัสตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	66
4.34 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	67
4.35 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	68
4.36 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากตาข้างพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.37 ผลของความเข้มแสงจากหลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส ที่ระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน.....	70
4.38 ผลของความเข้มแสงหลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส ที่ระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน.....	71
4.39 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลจากกลีบดอกและตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสที่ระดับความเข้มแสงแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต.....	72
4.40 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส และน้ำหนักสดแคลลัส ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศ 3 สายพันธุ์ แคนเทอร์ ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10.....	74
4.41 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดรากจากชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศของ 3 สายพันธุ์ แคนเทอร์ ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10.....	75
4.42 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส และน้ำหนักสดแคลลัสชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศของ 3 สายพันธุ์ แคนเทอร์ ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10.....	76
4.43 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดรากจากชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศของ 3 สายพันธุ์ แคนเทอร์ ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆในสัปดาห์ที่ 10.....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะกลีบดอกของเบญจมาศ.....	4
2.2 ลักษณะช่อดอกเบญจมาศ.....	5
2.3 สูตรโครงสร้างของกลอโรฟิลล์.....	14
3.1 เบญจมาศตัดดอกสายพันธุ์แคนเทอร์.....	18
3.2 เบญจมาศตัดดอกสายพันธุ์ซีลีเบรส.....	18
3.3 เบญจมาศไม้กระถางสายพันธุ์คริสตัลไวท์.....	18
4.1 การพัฒนาของชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้ แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์.....	26
4.2 การพัฒนาของชิ้นส่วนของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้ แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์.....	26
4.3 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัสและพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์.....	28
4.4 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์.....	30
4.5 ขนาดของปากใบพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆอายุ 6 สัปดาห์ (บารี่ 10 μm)	33
4.6 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์.....	35
4.7 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์.....	35
4.8 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์.....	38
4.9 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 6 สัปดาห์ (บาร์ 10 μm).....	42
4.11 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์.....	44
4.12 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์.....	44
4.13 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอดและราก อายุ 10 สัปดาห์.....	47
4.14 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์	48
4.15 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆอายุ 6 สัปดาห์ (บาร์ 10 μm)	51
4.16 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์.....	53
4.17 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์.....	53
4.18 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์.....	56
4.19 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์.....	57
4.20 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์.....	59
4.21 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.22	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> ชั้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">62</div> </div>
4.23	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> ชั้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีน้ำเงิน ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">62</div> </div>
4.24	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> ชั้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">63</div> </div>
4.25	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> การพัฒนาของตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">65</div> </div>
4.26	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> การพัฒนาของตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">65</div> </div>
4.27	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> ชั้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">68</div> </div>
4.28	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> ชั้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์..... </div> <div style="width: 15%; text-align: right;">69</div> </div>

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมไม้ดอกของไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามกระแสความต้องการของตลาด เบญจมาศชื่อวิทยาศาสตร์ (*Dendranthemum grandiflora*) เป็นไม้ตัดดอกเมืองหนาวที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงของโลก เนื่องจากการปลูกและให้ผลผลิตได้ในสภาพพื้นที่ภูมิอากาศหนาว การผลิตต้องใช้ความประณีตและใช้แรงงานคนมากในการจัดการ รวมทั้งเป็นไม้ตัดดอกที่นิยมปลูกในเชิงการค้า เนื่องจากดอกเบญจมาศมีรูปทรงและขนาดหลายรูปแบบและมีสีสันสวยงาม มีสายพันธุ์ใหม่มาเรื่อยๆ ให้เลือก ปลูกเลี้ยงง่าย มีอายุการปักแจกันไม่ต่ำกว่า 7 วัน (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2557) การปลูกเบญจมาศส่วนใหญ่เป็นการปลูกในรูปของไม้ตัดดอก (cut flower) นิยมปลูกกันมากในปัจจุบันมีการซื้อขายมากที่สุดเป็นอันดับสองรองจากกุหลาบ โดยมีแหล่งที่ปลูกมากที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์และนครราชสีมา เป็นต้น (คำณูญ กาญจนภูมิ, 2552) แต่ปริมาณผลผลิตก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศเข้ามาให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดซึ่งในประเทศญี่ปุ่นมีพื้นที่ปลูกเบญจมาศเพื่อเป็นไม้ตัดดอกมากเป็นอันดับสามของไม้ตัดดอกทั้งหมด (กระทรวงเกษตรประมง และป่าไม้ญี่ปุ่น, 2557)

เบญจมาศที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีทั้งชนิดที่ปลูกเป็นไม้กระถาง และไม้ตัดดอกโดยแบบตัดดอกได้รับความนิยมสูง ทำให้มีการปลูกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและมีอากาศเย็น ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการปลูกมากที่สุด สามารถผลิตดอกเบญจมาศที่มีคุณภาพดีได้ตลอดทั้งปี (วัลลภ พรหมทอง, 2541) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์มากทั้งด้านการขยายพันธุ์พืชการปรับปรุงพันธุ์พืช หรือการผลิตยาและสารเคมีจากพืช หลักการสำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คือ การนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชมาทำการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อในอาหารสังเคราะห์ และในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ อุณหภูมิ แสง โดยปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้ไม้ดอกเจริญเติบโต และมีคุณภาพนั้นอาศัยปัจจัยหลายประการ แสงเป็นปัจจัยสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นพืช (เศรษฐพงษ์ เลขะวัฒน์, 2548) โดยเฉพาะพืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงจากเนื้อเยื่อโดยแสงที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ แสงที่ตามองเห็น (visible light) มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 380-760 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงแสงที่มีคุณสมบัติตรงกับหลอดไฟ LED โดยแสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่อง ต่างกับแสงธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยคลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่างๆมารวมกันด้วยเหตุนี้หลอด

LED จึงมีลักษณะดีกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากประหยัดพลังงานกว่า 10-15 เท่า มีอายุการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานนานถึง 1 แสนชั่วโมง ไม่ใช่บัลลาสต์มีการปลดปล่อยความร้อนออกมาน้อยกว่าหลอดธรรมดา และสามารถกำหนดช่วงแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดได้ (Kim *et al.* 2009) นอกจากนี้ ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของพืชเช่น แสงซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการสร้างอาหาร และการสะสมในพืช (กรมวิชาการเกษตร. 2557)

หลอดไดโอดเปล่งแสง ถูกนำมาใช้ในการผลิตพืชในห้วงเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น เนื่องจากมีความหลากหลาย ขนาดเล็ก ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน ไม่ทำให้อุณหภูมิโดยรอบสูง และสามารถเลือกช่วงความยาวคลื่นแสง (wavelength) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ดังนั้นจึงได้เปรียบกว่าการใช้หลอดไฟแบบเดิม คุณภาพแสง (light quality) มีบทบาทต่อลักษณะภายนอกที่ปรากฏ (appearance) ของผลิตผล และมีผลต่อปริมาณผลผลิต (yield) ของไม้ดอกไม้ประดับ เช่น แสงฟาร์เรด (far red) สามารถกระตุ้นการออกดอกของพืชวันยาว (long day plant) (Deitzer *et al.* 1979) และส่งเสริมการยึดของปล้อง ส่วนแสงสีน้ำเงิน และแสงสีแดงมีความสำคัญต่อการตอบสนองต่อแสงของพืช (Phototropism) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความยาวคลื่นแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และแสงจากหลอด LED ที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของเบญจมาศ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาความยาวคลื่นแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และความยาวคลื่นแสงจากหลอด LED ที่แตกต่างกันที่เหมาะสมต่อการชักนำการเจริญเติบโตเบญจมาศ

1.2.2 ศึกษาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาในการเลี้ยงกลีบดอก และตาข้างเบญจมาศ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของความยาวคลื่นแสงในสภาพแสงแบบต่างๆ จำนวน 6 แบบ ได้แก่ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) แสงจากหลอด LED แสงขาว (ความยาวคลื่นแสง 400-700 นาโนเมตร) หลอด LED แสงสีแดง (ช่วงความยาวคลื่น 640-660 นาโนเมตร) หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 (ความยาวคลื่น 660:460 นาโนเมตร) หลอด LED แสงสีน้ำเงิน (ช่วงความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร) และเลี้ยงสภาพไม่มีแสง ต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาเบญจมาศในสภาพปลอดเชื้อ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในสภาพแสงแบบต่างๆ จำนวน 6 แบบ ได้แก่ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ แสงจากหลอด LED แสงขาว หลอด LED แสงสีแดง (ช่วงความยาวคลื่น 640-660 นาโนเมตร) หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 (ความยาวคลื่น 660:460 นาโนเมตร) หลอด LED แสงสีน้ำเงิน (ช่วงความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร) และเลี้ยงในสภาพไม่มีแสง ต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาเบญจมาศในสภาพปลอดเชื้อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเบญจมาศ

เบญจมาศเป็นไม้เนื้ออ่อน (herbaceous) ที่ชอบขึ้นกลางแจ้งมีทั้งประเภทที่เป็นไม้ล้มลุก และยืนต้นมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน และญี่ปุ่นเป็นไม้ดอกที่มีดอกสวยงาม (อภิชาติ สุวรรณ. 2553) และนอกจากจะมีความหลากหลายของสีแล้ว ยังมีรูปทรงดอกสวยงาม เบญจมาศมีหลายสายพันธุ์ จึงเป็นที่นิยมปลูกเป็นไม้ตัดดอก และไม้กระถางกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (กรมวิชาการ เกษตร. 2546)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Dendranthemum grandiflora*

ชื่อวงศ์ Compositae

ชื่อสามัญ chrysanthemum

ลำต้น มีลักษณะเป็นพุ่มสูงประมาณ 0.5-1.2 เมตร ผิวเปลือกต้นและกิ่งเป็นลายทางตามแนวยาว ก่อนข้างเกลี้ยง สีเขียวอมเทา แตกกิ่งก้านใบจำนวนมาก มีขนอ่อนที่ผิวของลำต้น

ใบ ลักษณะเดี่ยว เรียงสลับ รูปร่างใบมีหลายรูปแบบก่อนข้างกลมถึงรูปไข่หรือรูปใบหอก ปลายแหลม โคนตัดหรือสอบแหลมคล้ายรูปลิ้นแฉกรูปฐานหัวใจ เส้นกลางใบและเส้นแขนงใบสีขาวเด่นชัด ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านล่างสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 2.1 ลักษณะกลีบดอกของเบญจมาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอก เป็นดอกเดี่ยวหรือดอกซ้อนมีหลายสีออกที่ปลายกิ่งและตามง่ามใบบน เส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก 2-5 เซนติเมตร ดอกจะมีกลีบแยกเป็นชั้น ตามรูปร่าง มีลักษณะแบบช่อกระจุกแน่น (head) เป็นดอกที่เกิดจากการรวมดอกย่อย 2 ชนิด คือดอกย่อยวงนอก (ray florets) และดอกย่อยวงใน (disc florets) ซึ่งดอกย่อยวงนอก เป็นดอกย่อยที่อยู่ชั้นนอก ๆ ของฐานรองดอกอยู่ถัดเข้ามาจากใบของฐานรองดอก (involucre bracts) เป็นดอกเพศเมีย จำนวนชั้นขึ้นอยู่กับชนิดของดอกว่าเป็นดอกชั้นเดียว (single) กึ่งซ้อน (semi-double) หรือดอกซ้อน (double) ซึ่งแต่ละชนิดก็แบ่งย่อยออกเป็นอีกหลายประเภท ส่วนดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียเป็นดอกย่อยที่อยู่ถัดจากดอกย่อยวงนอก เข้ามาคลุมพื้นที่ส่วนกลางของฐานรองดอกจำนวนชั้นจะสัมพันธ์กับจำนวนของดอกเพศเมีย เช่น ในดอกชั้นเดียวจะมีชั้นของดอกย่อยวงนอกตั้งแต่ 2-5 ชั้น ดังนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่ของฐานรองดอกก็จะถูกปกคลุมไปด้วยดอกย่อยวงใน เป็นต้น (อดิสร กระแสชัย. 2535)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะช่อดอกเบญจมาศ

2.2 การจัดตามลักษณะดอกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มใหญ่ได้แก่

- 2.2.1 singles เป็นดอกชั้นเดียวมีลักษณะคล้ายดอกเดซี่ ประกอบด้วยดอกย่อยวงนอก 1-2 ชั้น และดอกย่อยวงในซึ่งจะไม่พัฒนา หากแต่รวมตัวเป็นกระจุกอยู่ตรงใจกลางดอก เช่น พันธุ์เรแกน, โรสควีน (Rose queen) และ โกลเด้น วาลังเกน (Golden van langan) เป็นต้น
- 2.2.2 anemones มีลักษณะคล้ายดอกชั้นเดียว แต่ดอกย่อยวงในมีความยาวมากกว่าดอกชั้นเดียว และรวมตัวกระจุกอยู่ตรงใจกลางดอก จึงมีขนาดใหญ่กว่า และมองเห็นเด่นชัดกว่าแบบดอกชั้นเดียว เช่น พันธุ์พูมา (Puma) เป็นต้น
- 2.2.3 pompons กลีบดอกของดอกย่อยวงนอกจะสั้นกว้าง และงุ้มเข้าหาใจกลางดอกอีกทั้งพัฒนามากกว่าดอกย่อยวงใน จึงมองเห็นคล้ายกับว่ามีเฉพาะดอกย่อยวงนอกเท่านั้น ลักษณะดอกกลมมนสวยงาม เช่น โกลด์พี (Gold pea) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.2.4 decorative เป็นดอกซ้อนมีขนาดใหญ่ลักษณะคล้ายปอมปอน แต่กลีบดอกของดอกย่อยวงนอกรอบนอก จะมีความยาวกว่ากลีบดอกของดอกย่อยวงนอกที่อยู่รอบใน จึงทำให้รูปทรงของดอกดูแบนกว่า เช่น พันธุ์ฟิจิไวท์ (Fiji White) เป็นต้น
- 2.2.5 incurved ดอกมีขนาดใหญ่มีการจัดเรียงของดอกคล้ายปอมปอน และกลีบของดอกย่อยวงนอกล้วนยาวเข้าหาใจกลางดอกทำให้ดูสวยงามและมีระเบียบ
- 2.2.6 reflexed มีการจัดเรียงของดอกย่อยคล้ายปอมปอน อีกทั้งมีกลีบดอกของดอกย่อยวงนอกล้วนยาวคล้ายแบบ incurved แต่กลีบดอกจะหงายกลีบห้อยลงด้านล่าง ทำให้รูปทรงของดอกเปลี่ยนไป
- 2.2.7 tubular กลีบดอกย่อยวงนอกล้วนยาวข้างสั้นข้าง และปลายกลีบไม่แผ่ออกหรือไม่กลี้ออกจึงมองเห็นเป็นหลอดยาวสั้นไม่เท่ากัน (บุญหงษ์ จงคิด. 2548)

2.3 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant tissue culture)

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์อย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการขยายพันธุ์พืชหรือปรับปรุงพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คือ การเอาส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ไม่ว่าจะเป็นอวัยวะ เนื้อเยื่อเซลล์หรือเซลล์ที่ไม่มีผนัง (protoplast) มาเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย แร่ธาตุ น้ำตาล วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโต ในสภาพปลอดเชื้อจุลินทรีย์ และอยู่ในสภาวะควบคุมสิ่งแวดล้อม ส่วนของพืชที่นำมาเลี้ยงสามารถพัฒนาได้หลายรูปแบบ คือ เป็นต้นโดยตรง หรือเกิดเป็นกลุ่มของเซลล์ เรียกว่าแคลลัส (callus) หรือ เกิดเป็นคัพภะ เรียกว่าโซมาติกเอ็มบริโอ (somatic embryo) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการเพาะเลี้ยงเซลล์ (cell culture) ในอาหารสังเคราะห์ (synthetic) ซึ่งประกอบด้วย เกลือ แร่ธาตุ วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic condition) ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง (อรดี สหวัชรินทร์. 2539) และโพรโทพลาสต์ (protoplast) ตลอดจนทำลูกผสมของโพรโทพลาสต์ระหว่างพืชต่างชนิดหรือต่างสกุลกัน (สิวพงศ์ จารัสพันธุ์. 2551) เนื้อเยื่อจะเลี้ยงไว้ในสภาพปลอดเชื้อจุลินทรีย์ และควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิประมาณ 25-28 องศาเซลเซียส ได้รับแสงประมาณ 1,000-2,000 ลักซ์ ขึ้นส่วนต่างๆ ของพืชจะสามารถพัฒนา เป็นต้นพืชได้โดยตรง หรือ เจริญเป็นแคลลัสหรือเอ็มบริอยด์ (embryoid) และหลังจากนั้นพัฒนา เป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไป (รกรอง วิเศษสุวรรณ. 2542)

2.3.1 ปัจจัยภายในพืช (endogenous factors)

ลักษณะทางพันธุกรรม (genotype) คือ การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อไปเป็นยอดหรือราก นั้นขึ้นอยู่กับชนิดพืช พืชบางชนิดอาจเกิดเป็นยอดหรือรากได้ง่าย ในขณะที่พืชอีกชนิดหนึ่งเกิดได้ยากแม้จะเลี้ยงในอาหารที่เหมาะสม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของพันธุกรรม

สารควบคุมการเจริญเติบโตในพืช (hormones) ฮอโมนบางชนิดอาจจะช่วยส่งเสริมให้มีการพัฒนา และการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช และฮอโมนบางชนิดก็สามารถยับยั้งการพัฒนา และการเจริญเติบโตได้เช่นกัน

2.3.2 ปัจจัยภายนอก (exogenous factors)

แสง (light) เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของต้นพืช โดยเฉพาะพืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะการเพาะเนื้อเยื่อที่ช่วยให้เนื้อเยื่อ พัฒนาเป็นส่วนต่างๆ คือ คุณภาพของแสง ความเข้มข้นของแสง และระยะเวลาในการให้แสง

2.3.2.1 คุณภาพแสง (light quality) พบว่า แสงสีแดง และแสงสีน้ำเงินมีความสำคัญในการชักนำให้เกิดยอดจากเนื้อเยื่อพืชหลายชนิดที่นำมาเลี้ยง ในขณะที่แสงฟาร์เรดจะยับยั้งการเกิดยอด

2.3.2.2 ความเข้มข้นของแสง (light intensity) พบว่าในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชความเข้มแสงระดับต่างๆ มีผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของเนื้อเยื่อ

2.3.2.3 ระยะเวลาในการให้แสง (light duration) มักจะให้แสงแก่เนื้อเยื่อพืชประมาณ 16 ชั่วโมง และมีช่วงมืด 8 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลดีในการพัฒนาของเนื้อเยื่อ

2.3.2.4 อุณหภูมิ (temperature) โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ คือประมาณ 25 องศาเซลเซียส

2.3.2.5 ความชื้น (moisture) มีผลต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืชในหลอดทดลอง เช่น ถ้าความชื้นในห้องเพาะเลี้ยงต่ำ อาจมีผลต่อการสูญเสียของอาหารและเซลล์ แต่ถ้าห้องเพาะเลี้ยงให้มีความชื้นสูงเกินไป จะส่งผลให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายขึ้น

2.3.2.6 ออกซิเจน (oxygen) เป็นการถ่ายเทอากาศดีปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของเซลล์ และเนื้อเยื่ออยู่ในที่มืดดังนั้นจึงมีการเลี้ยงชิ้นส่วนพืชในอาหารเหลวเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน

2.3.3 ปัจจัยอื่นๆ

ขนาด และชนิดชิ้นส่วนที่นำมาเพาะเลี้ยง ซึ่งมีผลต่อการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อนำชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่เพาะเลี้ยงจะง่ายต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ และเชื้อต่างๆ ในขณะที่ชิ้นส่วนขนาดเล็กกว่ามีโอกาสหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนได้ดีขึ้น แต่อาจเกิดปัญหาเนื่องจากการเกิดสภาพเครียด หรืออาจซื้อคจากการแยกเนื้อเยื่อเหล่านั้นได้ ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยทั่วไปจะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อยู่ในช่วง 4-6 สัปดาห์ หรือแล้วแต่ชนิดของพืช ส่วนประกอบ และชนิดของอาหาร พืชชนิดเดียวกันหรือกระทั่งต้นเดียวกัน แต่เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีส่วนประกอบต่างกัน เช่น มีการเติมสารต่างๆ เพิ่มขึ้น อาจทำให้ได้ผลที่แตกต่างกันได้

2.4 หลักการและประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

หลักการที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ ต้องใช้เทคนิคปลอดเชื้อตัดเอาชิ้นส่วนที่สะอาดนำมาเลี้ยงในภาชนะที่บรรจุอาหารสังเคราะห์ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว เมื่อเซลล์พืชหรือส่วนต่างๆ ได้รับแร่ธาตุ วิตามิน สารควบคุมการเจริญเติบโต และน้ำตาล จากอาหารที่ใช้เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ จะมีการเจริญเติบโตเป็นต้น โดยตรง หรือเกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า แคลลัส หรือเกิดเป็นคัพภะที่เรียกว่า โชมาติกอเอ็มบริโอ หรืออเอ็มบริอยด์ เมื่อตัดแบ่งเป็นชิ้นแล้วเปลี่ยนอาหารใหม่ ก็สามารถเพิ่มปริมาณได้ไม่มีที่สิ้นสุด ผลสุดท้ายก็จะได้ต้นที่เหมือนกันทุกประการ (อรดี สหวัชรินทร์, 2539)

2.4.1 ประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2.4.1.1 การขยายพันธุ์พืช (clonal propagation) การขยายพันธุ์พืชโดยวิธีนี้ทำให้ได้ตรงตามพันธุ์ และจำนวนมาก ในเวลาอันสั้น

2.4.1.2 การปรับปรุงพันธุ์พืช (crop improvement) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ปฏิบัติ ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถคัดสายพันธุ์ที่ทนทาน (tolerant plants) หรือสายพันธุ์ที่ต้านทาน (resistant plant) ได้จากการเลี้ยงบนอาหารและสภาพแวดล้อมของการเลี้ยง หรือชักนำให้เกิดกลายพันธุ์ (induced mutation) โดยการฉายรังสี

2.4.1.3 การผลิตพืชที่ปราศจากโรคที่ติดมากับพันธุ์พืช โดยเฉพาะไวรัส (virus free plant) โดยปกติพืชที่ถูกไวรัสเข้าทำลาย การรักษา และการกำจัดเป็นไปได้ยาก ไวรัสมักติดไปกับเนื้อเยื่อและชิ้นส่วนพืชนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ การผลิตต้นพืชปลอดไวรัสทำได้โดยการตัดส่วน meristem นำไปเลี้ยง และชักนำให้เกิดต้น

2.4.1.4 การผลิตยาและสารเคมีจากพืช โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์หรือเนื้อเยื่อ สารที่ได้จากการเพาะเลี้ยง ได้แก่ สารสี สารอัลคาลอยด์ จากยาสมุนไพร สารหอมระเหย เป็นต้น

2.4.1.5 การศึกษาทางชีวเคมี สรีรวิทยา และพันธุศาสตร์ พืชที่เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สามารถติดตามการพัฒนา และการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ทั้งในระดับเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ รวมถึงพืชทั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.6 การเก็บรักษาพันธุ์พืช (germplasm preservation) ในปัจจุบันพืชหลายชนิดโดยเฉพาะ พืชหายากใกล้สูญพันธุ์ พืชบางชนิดหายากต่อการขยายพันธุ์หรือเก็บรักษาพันธุ์ได้โดยวิธีปกติ อาจใช้ระยะเวลาสั้น และไม่คุ้มค่า นักเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงได้คิดค้นวิธีเก็บรักษาพืช ไว้ในสภาพ หลอดทดลอง โดยเลี้ยงไว้ในอาหารที่มีส่วนผสมของสารบางชนิดที่มีผลต่อการชะลอการ เจริญเติบโต หรือสารที่ทำให้เกิดสภาพขาดน้ำ (water stress) เพื่อชักนำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ช้า มาก

2.5 การเพาะเลี้ยงแคลลัส (callus culture)

แคลลัส หมายถึง กลุ่มเซลล์ที่แบ่งตัวจากเซลล์เริ่มต้นบริเวณแผลรอยตัดของชิ้นส่วน ลักษณะเป็นก้อนมีสีโครงสร้างแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสารควบคุมการเจริญเติบโต และยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงพัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะชนิดต่างๆ ประกอบด้วยเซลล์พาราเนไคเพียงอย่าง เดียว มีขนาดไม่แน่นอน ภายในเซลล์มีแวคิวโอลจำนวนมาก ส่วนใหญ่ไม่มีรงควัตถุ แต่อาจมีสีเขียว เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์(chlorophylls) สีเหลืองจากแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) หรือสีม่วงจากแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ปริมาณ และชนิดของรงควัตถุเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ธาตุอาหาร และปัจจัยสภาพแวดล้อมของการเพาะเลี้ยงโดยเฉพาะอย่างยิ่งแสง แคลลัสที่มีกลุ่มเซลล์เกาะกันแน่นเรียกว่า compact callus แต่ถ้าเกาะกันอย่างหลวม เรียกว่า friable callus ชิ้นส่วนที่ประสบความสำเร็จในการชักนำให้เกิดแคลลัสในพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ คัพพะ ใบเลี้ยง ส่วนที่อยู่เหนือใบเลี้ยง ปลายยอด ส่วนที่อยู่ใต้ใบเลี้ยง และราก ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ คัพพะ ใบอ่อน ปลายยอด ดอกอ่อน และส่วนของเมล็ดที่เริ่มงอก เนื้อเยื่อพิเศษอื่น ของพืชที่สามารถ นำมาชักนำให้เกิดแคลลัสได้เช่นกันคือ แคมเบียม คอร์เทก ไล์หรือแกนลำต้นท้อลำเลียงอาหาร ไชเลมพาราเนไคมา และเอนโดสเปอร์ม เป็นต้น (รังสฤษฎ์ กาวีตะ. 2541)

2.6 คุณสมบัติของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.6.1 ความยาวคลื่นแสง มีความสำคัญต่อการสร้างอาหารของพืช คุณภาพของแสงขึ้นกับความ ยาวของคลื่นที่พืชได้รับ แสงที่มองเห็นมีความยาวคลื่นระหว่าง 380 -775 นาโนเมตรมี 7 สี โดยแสง สีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด 647-775 นาโนเมตร ช่วยการกระตุ้นอัตราการเจริญเติบโตของพืช ความแข็งแรง ชักนำพืชวันสั้นออกดอก และเพิ่มจำนวนดอกต่อกิ่งของ *Crocea 'Poorinda Extasy'* สี แสดมีความยาวคลื่น 586-647 นาโนเมตร แสงสีเหลืองมีความยาวคลื่น 535-586 นาโนเมตร สีเขียวมีความยาวคลื่น 492-535 นาโนเมตร แสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่น 422-492 นาโนเมตร และแสงสีม่วงมีความยาวคลื่นต่ำที่สุดอยู่ที่ 380-422 นาโนเมตร โดยที่ความยาวคลื่น 400 -700 นาโนเมตร คือแสงสีแดง และแสงสีน้ำเงินเป็นแสงที่พืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงใน ขณะที่แสงที่เป็นอันตรายต่อพืช และสิ่งมีชีวิตคือแสงอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่นน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

380 นาโนเมตร) และสีอินฟราเรด (ความยาวคลื่นมากกว่า 775 นาโนเมตร) คลอโรฟิลล์เอ และบี ดูดแสงสีม่วงน้ำเงิน แสด และแดง ส่วนแคโรทีนอยด์จะดูดแค่แสงสีม่วง และแสงสีน้ำเงินใบพืชส่วนใหญ่จะดูดกลืนแสงสีม่วง-น้ำเงินและสีแสด-แดง ไว้เกือบทั้งหมดของแสงที่มากระทบ ส่วนแสงสีเขียวเหลืองจะถูกสะท้อนออกไป จากการทดสอบความสามารถในการดูดกลืนแสงคลื่นต่างๆ ของสารสีบริสุทธิ์แต่ละชนิดที่สกัดจากพืชพบว่า คลอโรฟิลล์ เอ และบี ดูดกลืนแสงสีม่วง-และแสด-แดง ได้มาก แต่ดูดแสงสีเขียว-เหลืองได้เพียงเล็กน้อย คลอโรฟิลล์จึงมีสีเขียวส่วนแคโรทีนอยด์จะดูดเฉพาะแสงสีม่วง-น้ำเงิน และสะท้อนสีเขียว เหลือง แสด และแดงออกไป แคโรทีนอยด์จึงมีสีส้ม คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ยังช่วยป้องกันคลอโรฟิลล์ไม่ให้ถูกทำลาย โดยกระบวนการ solarization เกิดจากคลอโรฟิลล์ถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนในสภาพที่มีแสงจัด ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีลักษณะอาการซีดขาว และตายโดยแคโรทีนอยด์ช่วยดูดพลังงานแสงส่วนเกิน แล้วปล่อยออกไปในรูปของความร้อนแทนที่จะส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ แม้คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์บริสุทธิ์จะไม่ดูดกลืนแสงสีเขียวเหลือง 490-585 นาโนเมตร การสังเคราะห์แสงยังคงสูงอยู่ทั้งนี้ เพราะแสงสีเขียวซึ่งไม่ถูกดูดกลืนจะสะท้อนไปมาระหว่างคลอโรพลาสต์ เนื่องจากแสงมีลักษณะเป็นคลื่น และแสงจะมาในลักษณะควอนตา (quanta) ซึ่งเป็นพลังงาน พลังงานแต่ละโฟตอนจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวของคลื่นแสง ดังนั้น แสงสีม่วง และน้ำเงินจะมีพลังงานสูงกว่าแสงสีแดงและส้ม สารสีใด ก็ตามสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ละหนึ่งโฟตอน และหนึ่งโฟตอนนี้จะทำให้อิเล็กตรอนที่หมุนรอบ นิวเคลียสหนึ่งตัวถูกกระตุ้น (excitation) อิเล็กตรอนตัวที่ถูกกระตุ้นนี้สามารถหลุดออกจากวงจรรอบนิวเคลียสได้ สารสีที่มีอิเล็กตรอนอยู่ในสภาพที่ถูกกระตุ้นอยู่ในสภาพดังกล่าวสั้นมาก พลังงานที่ได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอาจสูญเสียไปในรูปของความร้อนเมื่ออิเล็กตรอนกลับเข้าสู่สภาพปกติซึ่งมักเกิดในกรณีคลอโรฟิลล์ได้รับแสงสีน้ำเงิน แต่ถ้าคลอโรฟิลล์ได้รับแสงสีแดงอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ออกจากคลอโรฟิลล์จะถูกส่งไปยังศูนย์กลางของปฏิกิริยาในไทลาคอยด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง แสงสีน้ำเงินจึงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าแสงสีแดงการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า ตามความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงเที่ยงอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปจนทำให้พืชต้องปิดรูปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ (สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547)

2.6.2 ความเข้มแสง (light intensity) มีผลต่อการเจริญ และกระบวนการสร้างอาหารในพืชถ้าพืชได้รับความเข้มแสงสูงต่ำเกินปริมาณความต้องการ จะมีผลทำให้พืชไม่เจริญเติบโต พืชบางชนิดสามารถปรับตัวให้มีสภาพเหมาะสมในที่มีความเข้มแสงสูง ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป อาจแบ่งพืชตามความเข้มของแสงได้

2.6.2.1 พืชในร่ม เป็นพืชที่ต้องการความเข้มแสงน้อยจึงจะเจริญเติบโตได้ดี พืชพวกนี้มักนิยมปลูกไว้ในร่มไม้อาคารสถานที่

2.6.2.2 พืชกึ่งร่มกึ่งแจ้ง เป็นพืชที่ต้องการแสงที่มีการพรางหรือลดความเข้มของแสงลงแล้ว พืชพวกนี้นิยมปลูกในร่มที่มีแสงแดดรำไร

2.6.2.3 พืชกลางแจ้ง เป็นพืชที่ต้องการความเข้มแสงสูง มีการเจริญเติบโตได้ดีในที่กลางแจ้ง

2.6.3 ช่วงความยาวแสง (day length) ชนิดแสง (light quality) ความเข้มแสง (light intensity) ล้วนมีความสำคัญต่อพืชที่เลี้ยงในหลอดทดลอง ความเข้มแสงที่ใช้มักเลือกใช้ความเข้มแสงที่ต่ำ เนื่องจากในหลอดทดลองมีคาร์บอนไดออกไซด์น้อยทำให้การสังเคราะห์แสงถูกจำกัดในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีน้ำตาลอยู่แล้วดังนั้นการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยสามารถทำให้ชิ้นส่วนพืชเจริญได้ดี โดยทั่วไปความเข้มแสงที่พอเหมาะคือ 1,000 - 4,000 ลักซ์พืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตในสถานะเช่นนี้ แต่อาจมีพืชบางชนิดที่ชอบแสงมากหรือน้อยกว่านี้ หรือชอบความมืดในบางช่วงของการเจริญในบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำพืชจะมีการขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งตัวของเซลล์อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับพืชที่เจริญบริเวณที่มีแสงเต็มที่ (ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์, 2551)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง

การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชชนิดต่าง ทำให้ทราบว่า พืชซีสาม และซีสี่มีการตอบสนองต่อแสงที่ต่างกัน โดยที่พืชซีสามต้องการแสงน้อยกว่าพืชซีสี่ พบว่าเมื่อพืชซีสามได้แก่เฟินก้านดำ *Adiantum* spp. และ *Mnium ciliare* เมื่อได้รับแสงที่มีความเข้มขึ้นมากกว่า (PPFD; Photosynthetic Photon Flux Density $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) มีอัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์คงที่แม้ว่าจะได้รับแสงที่มีความเข้มมากขึ้นก็ตาม อาจเรียกความเข้มแสงที่ $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ นี้ว่าจุดอิ่มตัวด้วยแสง (light saturation poin) และ *Encelia farinose* ซึ่งเป็นพืชซีสามที่พบในทะเลทราย เมื่อได้รับความเข้มแสงมากขึ้นก็สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นแต่อย่างไรก็ตามเมื่อได้รับความเข้มสูง $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ก็มีแนวโน้มแสดงให้เห็นถึงจุดอิ่มตัวด้วยแสง ทั้งนี้เนื่องจากพืชซีสามได้รับแสงเข้มสูง ทำให้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง จึงมีการหายใจแสงเกิดขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนหนึ่งเสียไปโดยกระบวนการนี้ พืชซีสี่ เช่น *Pleurophis rigida* เมื่อได้รับแสงที่มีความเข้มเพิ่มขึ้นก็ยังมีอัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และแม้ว่าจะให้ได้รับแสงที่ความเข้มถึง $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ซึ่งถือว่าเป็นความเข้มที่มากกว่าในธรรมชาติแล้วพืชชนิดนี้ก็ยังไม่มีแสดงให้เห็นถึงจุดอิ่มตัวด้วยแสง (Downs et al. 2009)

2.7.1 คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์ภายในใบมีผลต่อการปิดเปิดของปากใบในเวลากลางวันพืชสังเคราะห์แสง พืชดึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ฉะนั้นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเซลล์คุมจะลดต่ำลง ทำให้ปากใบเปิด ตรงข้ามกับเวลากลางคืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสะสมที่เซลล์คุมในปริมาณที่สูง ทำให้ปากใบปิดซึ่งมีผลต่อการคายน้ำของพืช

2.7.2 น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อพืชอย่างมาก การที่พืชขาดน้ำทำให้ปากใบปิด ดังนั้นการคายน้ำทางผิวใบ จะช่วยลดอุณหภูมิให้กับพืชได้บ้างทำให้ลำต้นพืชไม่ร้อนมากจนเกินไป ส่วนที่ผิวใบพืชมีเซลล์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่สามารถแพร่เข้าสู่ใบได้ ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เมื่อพืชขาดน้ำ นอกจากนี้การที่เซลล์หีวยมีผลทำให้ใบเหี่ยว และรับแสงได้ไม่เต็มที่จึงทำให้พลังงานที่ได้รับแสงลดลง

2.7.3 แสง

แสง เป็นกระบวนการสำคัญที่พืชสีเขียวนำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไปเป็นคาร์โบไฮเดรต คือน้ำตาลหรือแป้ง รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนออกมาซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะนำไปใช้ กระบวนการเมแทบอลิซึม เพื่อสร้างสารประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ อาหารที่พืชสร้างขึ้นมานั้นนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งมวลที่ไม่สามารถสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ ตลอดทั้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ

2.8 การตอบสนองของพืชต่อแสง

แสงมีความสำคัญทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ด้านปริมาณคือความเข้มแสงที่พืชได้รับและนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยมีโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอและบี และรงควัตถุอื่นทำหน้าที่รับพลังงานแสง ส่วนการตอบสนองต่อคุณภาพของแสง หมายถึง การตอบสนองต่อแสงที่ช่วงคลื่นต่างๆ การตอบสนองต่อช่วงคลื่นเหล่านี้ เช่น การรับรู้ช่วงเวลา หรือ ฤดูกาล การรับรู้ทิศทางเพื่อการเจริญเติบโตไปในทิศทางที่เหมาะสมเป็นต้น การที่พืชรับรู้สิ่งเหล่านี้ได้เนื่องจากพืชมีโมเลกุลที่ทำหน้าที่รับสัญญาณแสง ได้แก่ ไฟโตโครม (phytochrome) คริปโตโครม (cryptochrome) และโฟโตโทรปิน (phototropin) ไฟโตโครม เป็นโมเลกุลที่ทำหน้าที่รับสัญญาณจากแสงสีแดงที่ช่วงคลื่นประมาณ 600-750 นาโนเมตร มีโครงสร้างเป็นโครโมโปรตีน (chromoprotein) ที่ประกอบด้วยพอลิเพปไทด์ (polypeptide) 2 หน่วย ขนาดประมาณหน่วยละ 120-130 kDa มาจากการถอดรหัสของยีนที่อยู่ในนิวเคลียส และการศึกษาด้านชีวโมเลกุลพบว่า ต้น *Arabidopsis thaliana* มียีนที่มีรหัสสำหรับการสร้างไฟโตโครมอยู่ 5 ยีนด้วยกัน โครโมโปรตีนนี้สามารถเปลี่ยนรูปได้เมื่อได้รับแสงที่ช่วงคลื่นต่างกัน โดยปกติเมื่อไม่ได้รับแสงอยู่ในรูป far red เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นรูปที่ไม่ทำงาน (inactive form) แต่เมื่อได้รับแสงสีแดงแล้วสามารถเปลี่ยนเป็นรูปที่มีบทบาททางสรีรวิทยาของพืช (active form) หรือเรียกว่าอยู่ในรูป Pfr ก็ตาม เมื่อ Prf ได้รับแสง far red ทำให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูป far red ได้ นอกจากนี้เมื่อ Pfr ไม่ได้รับแสงก็สามารถเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูป far red ได้เช่นกัน เรียกการเปลี่ยนรูปกลับไปเป็น far red เมื่อได้รับแสงว่า คาร์กรีเวอร์ชัน (dark reversion) การหาปริมาณไฟโทโครมในส่วนต่างๆ ของพืชทำได้โดยอาศัยสมบัติการดูดกลืนแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อเยื่อใบที่มีคลอโรฟิลล์อยู่ปริมาณมาก ดังนั้นปริมาณไฟโทโครมจึงศึกษาในต้นกล้าที่ปลูกในที่มืด ซึ่งทำให้ไม่มีการสร้างคลอโรฟิลล์ และใบมีสีเหลืองซีด (etiolate lafe) นอกจากนี้เทคนิคทางด้านแอนติบอดีที่สามารถจับไฟโทโครมได้ก็ทำให้การหาตำแหน่งที่มีไฟโทโครมเป็นไปได้มากขึ้น ซึ่งพบว่าไฟโทโครมมีอยู่มากบริเวณปลายยอด และปลายราก โดยเฉพาะที่ปลายยอดมีปริมาณไฟโทโครมมากกว่าปลายรากถึง 6 เท่า ส่วนที่ปลายรากมีไฟโทโครมมากที่บริเวณหุ้มราก สำหรับในระดับเซลล์พบไฟโทโครมในไซโทพลาซึมพลาสต์ และนิวเคลียส (จริงแท้ ศิริพานิช. 2529)

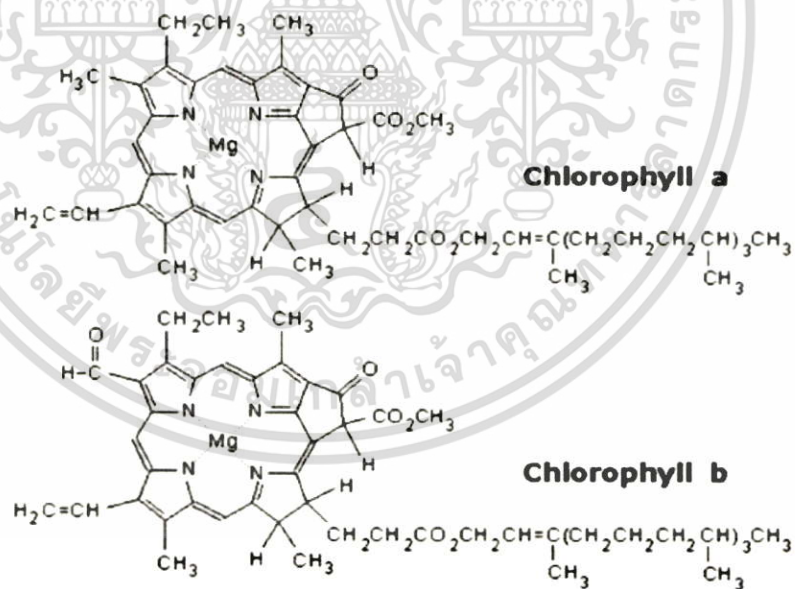
2.9 การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

กระบวนการสังเคราะห์แสงจะเกิดในส่วนที่มีสีเขียวของต้นพืช โดยเฉพาะส่วนของใบเปลี่ยนจากพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีเพื่อสังเคราะห์สารคาร์โบไฮเดรต การเกิดสารคาร์โบไฮเดรตเริ่มแรกเกิดจากการรวมตัวของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เกิดในส่วนของคลอโรพลาสต์ที่ภายในจะประกอบด้วยสารสีและเอนไซม์ต่างๆทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง สารสีประกอบด้วย คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ผลผลิตได้จากการสังเคราะห์แสงคือ ออกซิเจน, ATP และ NADPH หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซิเลชันจากการรวมตัวของคาร์บอนไดออกไซด์กับไรบูโลสไบฟอสเฟตเกิดเป็น PGA แล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็น G-3-P ด้วยปฏิกิริยารีดักชัน G-3-P จะถูกใช้ในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น กลูโคส, ซูโครส, แป้ง, ผงน้ำตาล และสารประกอบอื่น การสังเคราะห์แสงนั้น คลอโรฟิลล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานจากแสง เพื่อที่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของพืชในรูปแบบอื่นร่วมกับวัตถุดิบที่พืชได้จากภายในต้นพืชเอง และอากาศโดยผ่านปฏิกิริยาทางเคมี โดยในการสังเคราะห์แสงนั้นคลื่นแสงที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือแสงสีแดง ซึ่งมีความยาวคลื่น 660-700 นาโนเมตร และแสงสีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร ในสภาพการปลูกเบญจมาศ ซึ่งมีความเข้มแสงไม่เพียงพอ หรือภายใต้สภาพของการทดลองที่ต้องปลูกเลี้ยงในอาคาร จึงจำเป็นที่จะต้องให้แสงจากหลอดไฟเข้าช่วย จึงควรเลือกชนิดของหลอดที่จะใช้คลื่นแสงดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น florescent หรือ low pressure sodium lamp การเปลี่ยนแปลงสีของดอกจะมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ภายในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงบนผนังชั้นในของคลอโรพลาสต์ และเกิดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ที่ทำให้เกิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเหลืองถึงแดง การสูญเสียคลอโรฟิลล์อาจเกิดขึ้นจาก การเพิ่มกิจกรรมการย่อยสลายโมเลกุลของ เอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) แต่อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ไม่ได้เกิดขึ้น ทั่วดอกการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดจากการสูญเสียของคลอโรฟิลล์พร้อมกับการปรากฏของ แคโรทีนอยด์ที่ถูกรูปร่างขึ้นมาก่อน คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในตัวทำละลาย อินทรีย์ เช่น อะซิโตน ปิโตรเลียมอีเธอร์ โทลูอิน แอลกอฮอล์ เป็นต้น คลอโรฟิลล์ที่พบในพืชชั้นสูง มีคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งดูดแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 430 และ 662 นาโนเมตร คลอโรฟิลล์บี ซึ่งดูดแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 453 และ 642 นาโนเมตร การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เมื่อผล สุกส่วนสีเขียวของพืชจะหายไป และเกิดสีเหลือง และแดงขึ้นมาแทน โดยเอนไซม์ chlorophyllase จะ hydrolyse คลอโรฟิลล์ได้ทาง phytol และ chlorophyllide เอ จากนั้นเอนไซม์ Mg-dechelataase จะดึงอะตอมของแมกนีเซียมออกจากวงแหวน porphyrin ได้เป็น pheophorbide a และมีการทำงาน ร่วมกันของเอนไซม์ pheophorbide a oxygenase (PaO) กับ RCC (red colored chlorophyll catabolite) reductase ไปเปิดวงแหวน porphyrin และได้สารที่ไม่มีสีเขียวแต่ยังสามารถเรืองแสงได้ คือ primary fluorescent chlorophyll catabolite (pFCC) สำหรับคลอโรฟิลล์บีจะถูกย่อยด้วย chlorophyllase ก่อน แล้วค่อยเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ของคลอโรฟิลล์เอด้วยเอนไซม์ chlorophyllide b reductase (จริงแท้ ศิริพานิช. 2529)



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ([http:// www.thaibiotech.info](http://www.thaibiotech.info). 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diode)

เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เข้ามามีบทบาทในระบบแสงอย่างมาก โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้ไม่เกิดสภาวะร้อนจึงมีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ปัจจัยหนึ่งที่มีผล คือ แสง (light) แหล่งกำเนิดแสงแทนแสงธรรมชาติที่ให้ในชั้นเลี้ยงเนื้อเยื่อ มักนิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) นานประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ค่าไฟฟ้าค่าวัสดุอุปกรณ์หลอดไฟ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดความร้อนที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ปล่อยออกมาทำให้อุณหภูมิภายในห้องเลี้ยงสูงขึ้น ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานเพิ่มขึ้นและสิ้นเปลืองพลังงานมาก ส่งผลถึงค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามด้วย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการส่องสว่างก้าวหน้ามาก หลอดไฟที่เป็นแบบประหยัดไฟมีหลากหลายรูปแบบ และที่กำลังได้รับความนิยมคือ หลอดไดโอดเปล่งแสง light emitting diodes (LED) มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่เกิดสภาวะร้อนอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงมีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงมาช่วยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า การเจริญเติบโตโดยวัดความยาวของปล้องของต้นถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ทานตะวัน (*Helianthus* sp.) และมอริ่งกลอรี (morning glory) ที่ปลูกโดยให้ได้รับแสงจากหลอด cool white เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นฉายด้วยแสง far red แล้วตามด้วยแสงสีแดง พบว่าต้นที่ได้รับแสงได้แสง far red แล้วตามด้วยแสงสีแดง ถูกยับยั้งการเจริญ และมีความยาวใกล้เคียงกับต้นควบคุม ขณะที่ต้นที่ได้รับการให้แสง far red เพียงอย่างเดียวมีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นควบคุม 2-3 เท่า ซึ่งพบว่า Pfr มีผลยับยั้งการยืดยาวของลำต้นซึ่งได้ผลเหมือนกับการทดลองในต้นกัญชา *Chenopodium album* ที่ปลูกโดยได้รับสัดส่วนระหว่างแสงสีแดง และแสง far red ต่างกัน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พืชที่ได้รับแสงต่างกันนี้มีความสูงต่างกัน โดยต้นที่ได้รับแสงสีแดง far red น้อยมีความสูงมากที่สุด (อักษร ศรีเปล่ง. 2539)

2.11 รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

Lian *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษารูปแบบการเติบโตของลิลลี่พันธุ์ Pesaro ในสภาพปลอดเชื้อ ภายใต้การให้แสงแบบต่างๆ คือ LED สีแดง, LED สีน้ำเงิน, LED สีแดง และน้ำเงิน, LED สีขาว และที่มีมืด พบว่า LED สีขาวมีความเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของลิลลี่มากที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ชี้นส่วนที่เลี้ยงในที่มืดอายุ 8 สัปดาห์ มีความสูงเฉลี่ย 1.12 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับความสูงที่ตีที่สุดเนื่องจากชี้นส่วนพัฒนาในที่ไม่มีแสง ชี้นส่วนจึงมีการยืดยาวเพิ่มมากขึ้น เพื่อหาแสง ต่อมา Matsuda *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษารูปแบบการปลูกข้าวภายใต้หลอด LED แสงสีแดง ร่วมกับแสงสีน้ำเงินทำให้ใบข้าวมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นมากกว่าการปลูกข้าวภายใต้หลอด LED แสงสีแดงเพียงอย่างเดียว ต่อมา Ling-Fei *et al.* (2012) ได้ทำการชักนำให้เกิดยอดจากชี้นส่วนของใบ ลิลลี่พันธุ์ *Lilium davidii* var. *unicolour* ซึ่งได้นำมาเลี้ยงบนอาหาร Nitsh and Nitsh (1969) ที่ประกอบด้วย TDZ ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับ NAA และ ภายใต้การให้แสงแบบต่างๆ คือ LED สีแดง, LED สีแดงและน้ำเงิน, LED สีขาว จากการทดลองพบว่า LED สีแดง สามารถชักนำให้เกิดยอดจากใบได้ มากที่สุด 3.83 ยอดต่อชี้นส่วนพืช ส่วนมากจะเกิดจากการตัดขวางของเส้นกลางใบและส่วนของใบ ต่อมา Nhut *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาด้านเชิงเบญจมาศ ในสภาพปลอดเชื้อ ภายใต้การให้แสงแบบต่างๆ หลอดฟลูออเรสเซนต์, LED สีขาว, LED สีแดง จากการทดลอง พบว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์, LED สีขาว สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้มากที่สุด คือ 92 เปอร์เซ็นต์และ 95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากบริเวณที่มีเนื้อเยื่อเจริญเซลล์มีการต้นตัว (active cell) และแบ่งเซลล์สูงทำให้เนื้อเยื่อส่วนนี้สามารถพัฒนาไปเป็นแคลลัสได้ ในทางสัณฐานวิทยาของพืช ชี้นส่วนมีการยืดยาวอาจมาจากการสะสมของ auxin เพื่อสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงไว้ใช้ในการเจริญเติบโต ต่อมา Furuta and Nelson (2016) ศึกษาเนื้อเยื่อยูคาลิปตัสที่เลี้ยงในภายใต้หลอด LED แสงสีน้ำเงิน สัดส่วนแสงสีแดง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ความเข้มแสง 50 ลักซ์ พบว่า จำนวนยอดใหม่ต่อชี้นส่วนในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ไม่แตกต่างกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากการเจริญและการพัฒนาจุดกำเนิดยอดใหม่ของเนื้อเยื่อเดียวกัน และได้รับอิทธิพลสารเคมีในอาหารที่เพาะเลี้ยงความยาวยูคาลิปตัส มีความยาวมากที่สุด เนื่องจากการได้รับความเข้มแสง (light intensity) ที่ต่ำจึงส่งผลให้มีความยืดยาวของข้อและปล้อง ต่อมา จิตราพรธรรม พิสิทธ์ (2550) ศึกษาผลของหลอด LED และหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการเพาะเลี้ยงเมล็ดกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส โดยใช้ LED สีแดงและสีน้ำเงินโดยใช้หลอด LED สีแดง 90 เปอร์เซ็นต์และสีน้ำเงิน 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเพาะเลี้ยงเมล็ดกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส ภายใต้หลอด ฟลูออเรสเซนต์สีขาวพบว่า มีความสูงต้นและความยาวใบมากที่สุด ต่อมา อัญชลี จาละ (2550) ศึกษาเมล็ดหม้อข้าวหม้อแกงลิงภายใต้สภาวะที่มีแสงสีน้ำเงิน สัดส่วนแสงสีแดง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ พบว่า แสงสีน้ำเงินสัดส่วนแสงสีแดงมีอัตราการงอกเร็วกว่าแสงสีอื่น และพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อแสงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชี้นส่วน อายุของชี้นส่วน และสายพันธุ์ ถ้าได้รับความเข้มแสงมากเกินไปมีผลกระทบต่อการทำงานของฮอร์โมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิน และภายในต้นพืชได้ ต่อมา Mengxi *et al.* (2016) ศึกษาจำนวน PLBs ในกล้วยไม้
ออนซิเดียมเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้หลอด LED แสงสีแดง และน้ำหนักสดสูงที่สุด คือ 6.95 กรัม



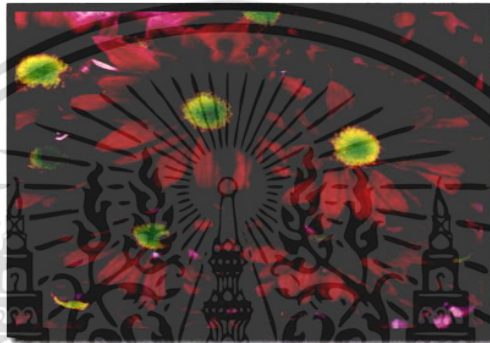
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- 3.1.1 พืชทดลองได้แก่ กลีบดอก และตาข้างเบญจมาศ ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ไม้ตัดดอก แคนเทอร์ (Canter) ซีลีเบรส (Celebrate) และไม้กระถาง คริสตัลไวท์ (Chrystal White) (ภาพที่ 3.1- 3.3)



ภาพที่ 3.1 เบญจมาศตัดดอก สายพันธุ์แคนเทอร์



ภาพที่ 3.2 เบญจมาศตัดดอก สายพันธุ์ซีลีเบรส



ภาพที่ 3.3 เบญจมาศไม้กระถาง สายพันธุ์คริสตัลไวท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเห็นชอบไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.2 อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ บีกเกอร์ ปีเปต กระจกบดววง แท่งแก้วคนสาร หม้อน้ำชา เข็มตัดผ้าตัด ขวดแก้ว กระจกนํ้ากลั่น ปากคิบบ ตะเกียงแอลกอฮอล์งานแก้ว กรวย ขวดรูปชมพู่
- 3.1.3 เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ เครื่องชั่งตวงถนินม 4 ตำแหน่ง ตู้ปลอดเชื้อ สำหรับตัดชิ้นส่วนพืช
- 3.1.4 อุปกรณ์ในการบันทึกภาพ กล้องถ่ายภาพ
- 3.1.5 สารเคมีในการเตรียมอาหารสูตร Murashige and Skoog (1962) (MS)
- 3.1.6 สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน ได้แก่ NAA (Naphthalene acetic acid) และ ไซโตไคนิน ได้แก่ Kinetin (N6-furfuryladenine)
- 3.17 ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส ได้รับแสงเป็นระยะเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน
- 3.18 หลอด cool white สีขาว, หลอด LED สีขาว, หลอด LED สีแดง, หลอด LED สีแดง: สีนํ้าเงิน 3:1, หลอด LED สีนํ้าเงิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการชักนำกลีบดอกเบญจมาศให้เกิดแคลลัสและยอดของเบญจมาศในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต

- 1.1 กลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์
- 1.2 กลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรส
- 1.3 กลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์

ทำการเพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศ ผ่านน้ำไหล 30 นาที ฟอกฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที ต่อมาฟอกด้วย sodium hypochlorite (1.2 เปอร์เซ็นต์) นาน 10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งมาเชื้อ 3 ครั้ง ละ 5 นาที ทำการตัดแต่งชิ้นส่วนเริ่มต้นโดยตัดส่วนรังไข่ และบริเวณปลายกลีบออก นำกลีบดอกเบญจมาศที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้ว มาตัดให้มีขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร โดยวางชิ้นส่วนของกลีบตั้งตรงให้สัมผัสกับอาหาร เลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติม NAA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ และวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ให้พืชได้รับแสงเป็นระยะเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±3 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ประกอบด้วย 6 ทริตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชั้น ทำการเปลี่ยนอาหารทุก 4 สัปดาห์

กรรมวิธีดังนี้

1. เลี้ยงในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (control)
(ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 4,500 ลักซ์
2. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีขาว
(ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์
3. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีแดง
(ช่วงความยาวคลื่น 640-660 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,320 ลักซ์
4. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1
(ช่วงความยาวคลื่น 660 และ 450 และนาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,020 ลักซ์
5. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีน้ำเงิน
(ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,300 ลักซ์
6. สภาพไม่มีแสง

การทดลองที่ 2 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดของเบญจมาศในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต

2.1 ตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์

2.2 ตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรส

2.3 ตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์

นำต้นเบญจมาศที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาทำการตัดตาข้างให้ได้ขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตได้แก่ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์และวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ประกอบด้วย 6 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชั้น ให้พืชได้รับแสงเป็นระยะเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส โดยย้ายขึ้นส่วนลงอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์

กรรมวิธีดังนี้

1. เลี้ยงในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (control)
(ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 4,500 ลักซ์
2. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีขาว
(ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์
3. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีแดง
(ช่วงความยาวคลื่น 640-660 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,320 ลักซ์
4. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1
(ช่วงความยาวคลื่น 660 และ 450 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,020 ลักซ์
5. เลี้ยงภายใต้แสงจากหลอด LED สีน้ำเงิน
(ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร) ความเข้มแสง 2,300 ลักซ์

6. สภาพไม่มีแสง

บันทึกข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส
2. น้ำหนักสดแคลลัส
3. เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนยอด
4. เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ที่แตกต่างกัน ต่อการเจริญเติบโต

3.1 กลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส

3.2 ตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส

นำกลีบดอก และตาข้างมาทำการตัดแต่งให้ขนาด 0.5×0.5 เซนติเมตร โดยวางชิ้นส่วนตามแนวตั้ง เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kinetin ที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นนำไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีสภาพแสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ภายใต้หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชิ้น โดยย้ายชิ้นส่วนลงในอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์

กรรมวิธีดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

ทรีตเมนต์ที่ 2 ที่ระดับความเข้มแสง 150 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

ทรีตเมนต์ที่ 3 ที่ระดับความเข้มแสง 100 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

ทรีตเมนต์ที่ 4 ที่ระดับความเข้มแสง 50 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

บันทึกข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส
2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar test)

2.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ นำน้ำคั้นที่ได้จากใบเบญจมาศปริมาณ 1 มิลลิลิตรผสมกับไดโนโตรซาลิก ความเข้มข้น 0.04 มิลลิโมลาร์ (ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 นอร์มอลและโพแทสเซียมโซเดียมทาทเรตเตตราไฮเดรต 75 กรัม) ปริมาณ 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดหยุดปฏิกิริยาทันทีโดยการแช่หลอดทดลองในน้ำแข็งเมื่อหลอดทดลองและเนื้อสารเย็นลงแล้วจึงเติมน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture คูดเนื้อสารปริมาณ 2 มิลลิลิตรใส่ cuvette จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับค่ามาตรฐานของกลูโคส

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยวิเคราะห์ Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ระหว่างเวลาดำเนินงานตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2558- เดือนพฤศจิกายน 2560



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการชักนำกลีบดอกให้เกิดแคลลัสและยอดของเบญจมาศ ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน

4.1.1 กลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

ศึกษาผลภายใต้แหล่งกำเนิดแสงสีต่างๆ ต่อการชักนำแคลลัส เพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์บนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 2-6 กลีบดอกเริ่มขยายขนาดขึ้นมีลักษณะหงิกงอ และเริ่มมีการเกิดแคลลัสในทุกทริตเมนต์ และเมื่อทำการเพาะเลี้ยง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากขึ้นตามลำดับ และสัปดาห์ที่ 10 ชิ้นส่วนกลีบดอกที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 96.00 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันอย่างหลวมๆ มีสีเขียวอ่อนเกิดขึ้นที่ผิวนอกและรอยดัดของชิ้นส่วน ในทุก 4 สัปดาห์ ทำการเปลี่ยนอาหารตัดส่วนสีดำทิ้ง และเลือกเฉพาะแคลลัสที่มีสีเขียวมาเลี้ยงบนอาหารใหม่ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1, 4.2)

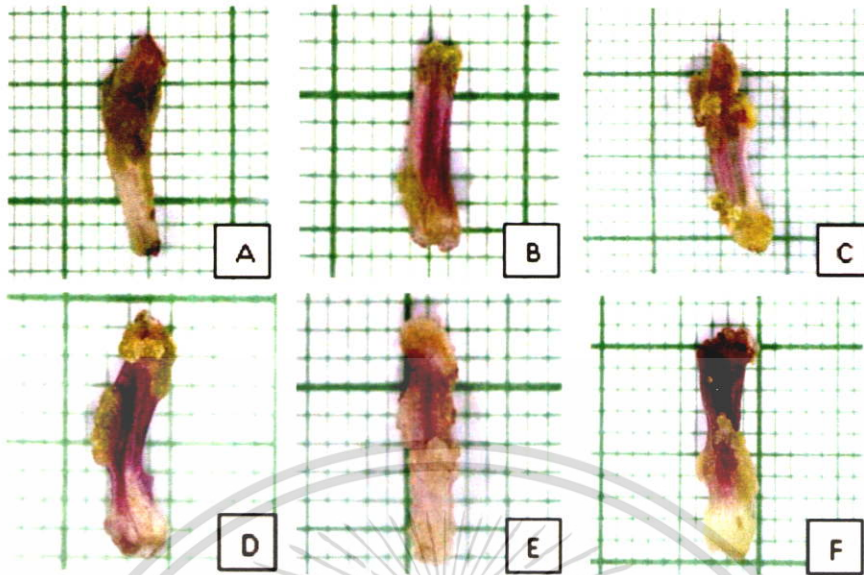
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ที่เลี้ยงภายใต้การให้แสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	70.00±0.57a	73.33±0.57a	76.66±0.57a	80.00±0.57a	96.00±0.00a
LED สีขาว	63.33±1.00b	66.67±1.00b	70.00±1.00c	73.33±0.57c	76.67±2.08c
LED สีแดง	63.33±1.00b	66.66±1.00b	73.33±0.57b	76.66±1.00b	76.66±1.00c
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	60.00±1.00c	63.33±1.00c	73.33±1.00b	76.66±1.00b	83.33±0.57b
LED สีน้ำเงิน	63.00±0.57b	66.67±1.00b	70.00±1.00c	73.33±1.00c	86.43±0.57b
สภาพไม่มีแสง	50.00±1.00d	57.76±1.52d	63.00±0.57d	73.00±1.00c	76.66±1.00c
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	9.88	8.78	4.27	6.27	2.73

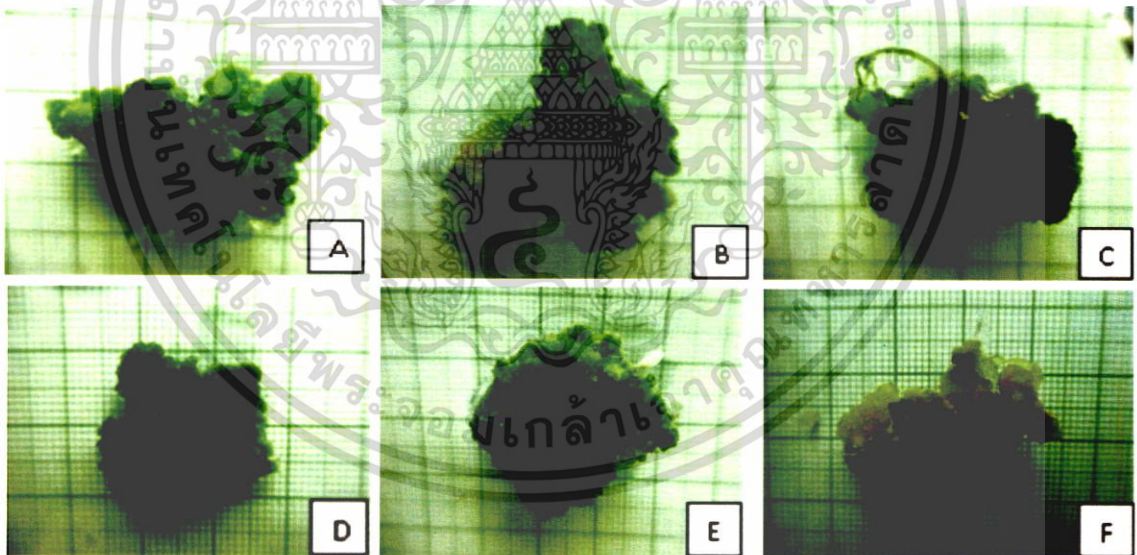
¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การพัฒนาของชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.2 การพัฒนาของชิ้นส่วนของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รี่ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพที่ไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด พบว่าสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่เกิดยอดทุกทริตเมนต์ในสัปดาห์ที่ 4 เริ่มมีเปอร์เซ็นต์เกิดยอดเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มในการเกิดจำนวนยอดได้ แต่การพัฒนาไปเป็นยอดในทุกทริตเมนต์มีการเกิดยอดเพียงเล็กน้อย โดยมีลักษณะเป็นยอดขึ้นมาจากแคลลัส เมื่ออายุ 10 สัปดาห์ พบว่าภายใต้หลอด cool white สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 80.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง หลอด LED สีแดง แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงในหลอด LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสงส่วนจำนวนยอด พบว่า หลอด cool white สีขาวมีจำนวนยอดมากที่สุด 2.65 ยอดต่อชิ้นส่วน และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง หลอด LED สีแดงแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงในหลอด LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รับอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ที่เลี้ยงภายใต้การให้แสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ^{1/}				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	16.67±1.00b	38.86±1.52ab	45.53±0.57b	80.00±1.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	14.33±1.52b	37.86±1.52ab	42.20±1.50b	74.43±0.57bc
LED สีแดง	0.00±0.00	20.00±1.00a	43.33±2.64a	53.33±2.00a	78.86±0.57ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	18.76±0.57ab	30.00±1.00b	48.86±0.57ab	72.20±0.57c
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	18.76±0.57ab	32.20±1.52b	46.66±1.00ab	71.10±0.57c
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	11.10±0.57c	18.60±1.15c	42.20±0.57b	58.86±0.57d
F-test	0.00	**	**	*	**
CV (%)	0.00	18.40	16.40	8.45	2.66

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.3 จำนวนยอดกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์รับอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นส่วน) ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	0.72±0.05ab	0.73±0.05b	0.80±0.01c	2.65±0.10a
LED สีขาว	0.00±0.00	0.70±0.05b	0.73±0.05b	0.76±0.05c	0.80±0.55c
LED สีแดง	0.00±0.00	0.74±0.10a	0.75±0.05a	1.41±0.05a	1.51±0.01ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.66±0.05c	0.70±0.10b	1.00±0.05b	1.13±0.05b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.66±0.05c	0.73±0.10b	1.03±0.05b	1.12±0.05b
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	0.06±0.00d	0.10±0.00c	0.13±0.11d	0.13±0.11d
F-test	0.00	**	**	**	*
CV (%)	0.00	16.54	13.64	8.87	6.55

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.3 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัสและพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์

น้ำหนักสดแคลลัส

เมื่อขึ้นส่วนอายุ 2-6 สัปดาห์ พบว่า ขึ้นส่วนในทุกทริตเมนต์มีการพัฒนาในลักษณะต่างๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อพิจารณาน้ำหนักในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า ขึ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาวให้น้ำหนักสดแคลลัสดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 10 คือ 1.57 กรัม และไม่แตกต่างทางสถิติ หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 แต่แตกต่างจากหลอด cool white สีขาว, LED สีแดง, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักแคลลัสกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส(กรัม) ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.09±0.01	0.24±0.07	0.38±0.09	0.76±0.11a	1.22±0.10c
LED สีขาว	0.09±0.00	0.23±0.04	0.34±0.10	0.55±0.12b	1.57±0.07a
LED สีแดง	0.10±0.00	0.28±0.09	0.41±0.10	0.57±0.11b	1.38±0.04b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.10±0.00	0.25±0.14	0.34±0.08	0.48±0.11c	1.53±0.09ab
LED สีน้ำเงิน	0.09±0.00	0.24±0.17	0.33±0.05	0.45±0.04c	1.17±0.03c
สภาพไม่มีแสง	0.09±0.00	0.22±0.04	0.31±0.04	0.44±0.04c	0.60±0.03d
F-test	ns	ns	ns	**	**
CV (%)	19.24	39.89	23.53	11.70	5.65

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

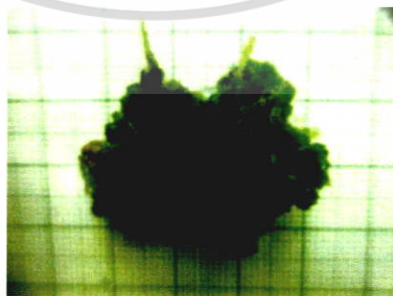
พบว่าในสัปดาห์ที่ 2 มีการเกิดรากเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อขึ้นส่วนมีอายุ 4-6 สัปดาห์ พบว่าเริ่มมีขนรากในบางทริตเมนต์ ขึ้นส่วนกลีบดอกที่พัฒนาไปเป็นแคลลัสมีการเจริญเติบโตต่อเนื่อง และมีรากเป็นจำนวนมาก โดยจะเกิดเป็นกลุ่มขนรากแล้วพัฒนาเป็นรากสังเกตได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 10 โดยขึ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาวพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด 68.66 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับ หลอด LED สีขาวแต่แตกต่าง LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	10.76±0.57	13.30±1.00a	16.66±0.00c	46.66±0.57a	68.66±2.80a
LED สีขาว	11.10±0.57	12.00±0.57ab	20.00±0.57b	42.20±3.05b	66.32±1.83ab
LED สีแดง	11.10±0.57	10.00±0.00b	23.00±0.00ab	36.60±1.00c	62.00±3.20b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	10.00±0.00	12.00±0.57ab	24.30±0.57a	43.33±3.21ab	60.00±2.13c
LED สีน้ำเงิน	11.60±0.57	12.00±0.57ab	23.33±0.00ab	42.20±2.08b	63.22±2.90b
สภาพไม่มีแสง	10.00±0.57	7.60±0.57c	8.86±0.57d	24.43±1.52d	63.00±1.20b
F-test	ns	*	**	**	*
CV (%)	29.56	18.40	16.93	17.97	16.37

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.4 ขึ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ พบว่า หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีสูงสุด 268.57 และ 252.10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงหลอด cool white สีขาว แต่แตกต่างจากที่เลี้ยง LED สีขาว, LED สีแดง, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ใบเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	
	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี
cool white สีขาว	257.32±36.32ab	206.19±30.06ab
LED สีขาว	224.39±16.36c	176.44±22.37c
LED สีแดง	239.01±31.20b	174.99±38.11c
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	268.57±28.60a	252.10±71.28a
LED สีน้ำเงิน	247.23±20.15b	191.93±24.60b
สภาพไม่มีแสง	175.88±24.60d	102.25±24.31d
F-test	*	**
CV (%)	16.56	13.46

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

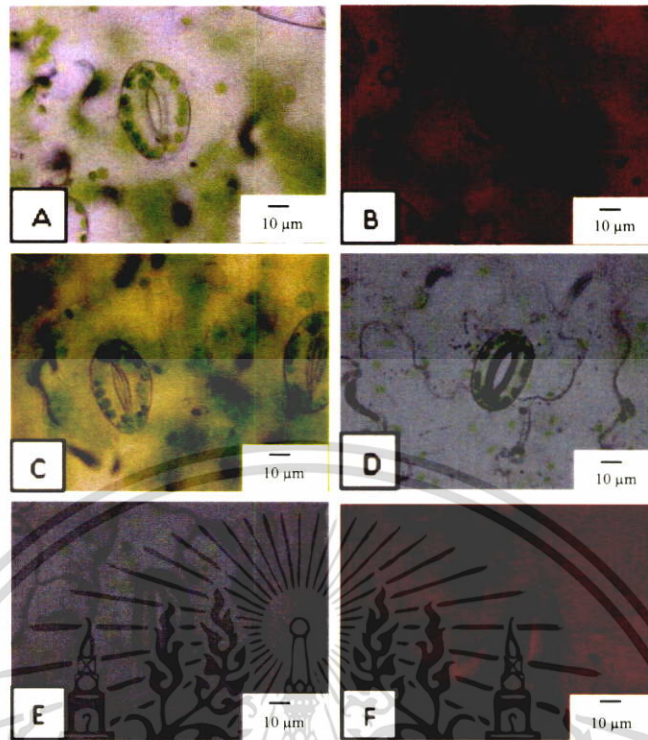
ขนาดปากใบพันธุ์แคนเทอร์

การศึกษาลักษณะปากใบ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ พบว่า การเลี้ยงภายใต้หลอด LED สีน้ำเงิน มีความกว้างปากใบเฉลี่ยเท่ากับ 24.56 ไมโครเมตร และความยาวปากใบเฉลี่ยเท่ากับ 58.33 ไมโครเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.5 E)

ตารางที่ 4.7 ผลของขนาดปากใบพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ใน สัปดาห์ที่ 6

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ขนาดปากใบ (ไมโครเมตร) ^{1/}	
	ความกว้าง	ความยาว
cool white สีขาว	24.25±1.72	53.37±5.95
LED สีขาว	24.12±1.25	55.40±5.15
LED สีแดง	22.89±1.91	50.40±3.81
LED แสงสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	24.12±1.23	56.41±6.23
LED สีน้ำเงิน	24.56±1.62	58.33±3.82
สภาพไม่มีแสง	24.04±2.04	55.84±5.76
F-test	ns	ns
CV (%)	26.99	29.55

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.5 ขนาดของปากใบพันธุ์แคนเทอร์เลีย่งภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

ในสัปดาห์ที่ 6 (บาร์ 10 µm)

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

4.1.2 ศึกษาชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรต

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

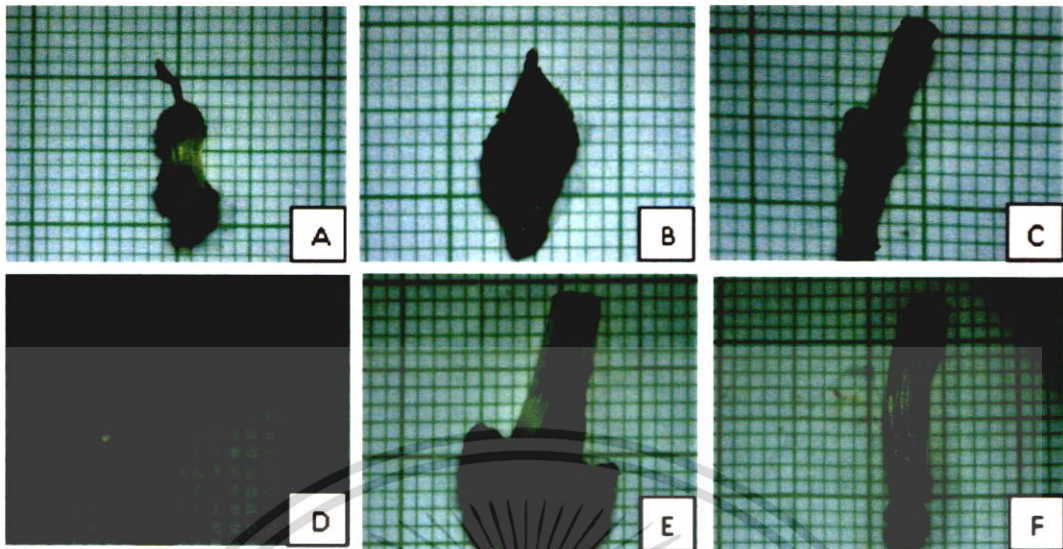
จากการเพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรตบนสูตร MS เดิม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2-4 กลีบดอกมีการม้วนงอ และเริ่มเกิดแคลลัสสีเขียวบริเวณรอยตัดของชิ้นส่วน และทุกสัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื้อเยื่อกลีบดอกด้านในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลส่วนแคลลัสมีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่น (compact callus) ชิ้นส่วนพัฒนาไปเป็นแคลลัสมีการเจริญเติบโตต่อเนื่อง และในสัปดาห์ที่ 10 โดยการเลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 93.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีขาว แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง แคลลัสบางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงสีดำจึงตัดส่วนสีดำทิ้ง และเลือกเฉพาะแคลลัสที่มีสีเขียวมาเลี้ยงบนอาหารใหม่ (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.6, 4.7)

ตารางที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรตบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 2-10

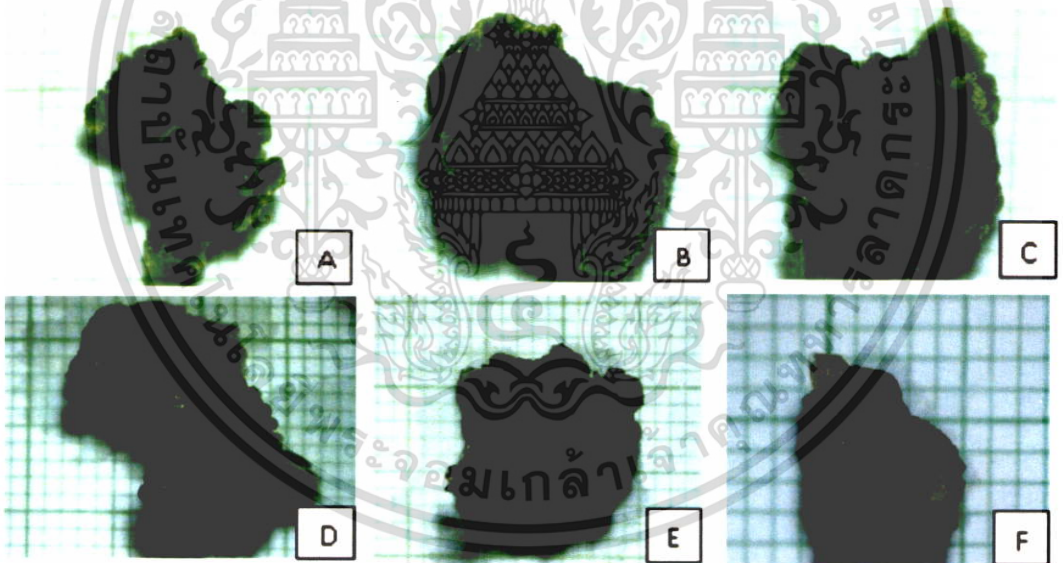
ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส (%)				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	70.00±1.52ab	73.33±1.00b	77.76±1.00ab	80.00±1.52ab	93.33±1.00a
LED สีขาว	76.66±1.52a	80.00±1.52a	80.00±1.52a	86.66±1.50a	90.00±1.15ab
LED สีแดง	63.33±0.57b	68.86±0.57bc	70.86±0.57b	77.76±1.15b	83.33±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	63.66±1.73b	65.53±0.57c	70.00±0.57b	70.00±1.52c	73.33±1.15c
LED สีน้ำเงิน	60.00±0.00c	63.00±0.57c	66.00±0.57c	71.10±0.57c	71.00±0.57d
สภาพไม่มีแสง	63.33±0.57b	63.33±0.57c	60.00±0.57d	66.66±0.57d	76.60±0.57c
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	5.55	3.94	5.94	6.78	7.51

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง



ภาพที่ 4.6 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีทีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.7 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีทีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดแคลลัส

การเพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสบนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ พบว่า ทุกสัปดาห์มีน้ำหนักสดแคลลัสเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในสัปดาห์ที่ 10 ชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.44 กรัม (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักสดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส(กรัม) ^{1/}				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.23±0.09	0.38±0.09	1.28±0.05	1.35±0.03	1.39±0.02
LED สีขาว	0.23±0.03	0.38±0.10	1.28±0.04	1.36±0.01	1.41±0.04
LED สีแดง	0.32±0.07	0.39±0.10	1.37±0.03	1.43±0.03	1.44±0.03
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.30±0.08	0.34±0.08	1.26±0.05	1.32±0.03	1.37±0.08
LED สีน้ำเงิน	0.31±0.05	0.33±0.05	1.31±0.03	1.37±0.09	1.39±0.07
สภาพไม่มีแสง	0.25±0.07	0.33±0.04	1.34±0.02	1.38±0.03	1.39±0.04
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	27.00	23.53	26.94	24.87	23.94

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

พบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่มีการเกิดยอดในทุกทริตเมนต์ แต่เมื่อขึ้นส่วนกลีบดอกมีอายุ 4 สัปดาห์พบว่า ชื่นส่วนมีการพัฒนามาจากกลุ่มแคลลัสหรือเนื้อเยื่อที่พัฒนาขึ้นมา โดยการพัฒนาที่เกิดขึ้น ได้แก่ พัฒนาเป็นแคลลัสมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนผิวขรุขระสีเขียวเข้มเปลี่ยนเป็นสีอ่อนบริเวณรอยตัด อีกลักษณะคือ พัฒนาไปเป็นส่วนยอดผ่านการเกิดแคลลัส โดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันแน่น ชื่นส่วนมีการพัฒนาเป็นยอดเมื่ออายุ 4-8 สัปดาห์ และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่าภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุดคือ 80.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเลี้ยงภายใต้ LED สีขาว, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่าง LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 และสภาพไม่มีแสงการเลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาวมีจำนวนยอด 3.10 ยอดต่อชื่นส่วน และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีขาว, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.10 และตาราง 4.11)

ตารางที่ 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบอร์สเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	30.00±0.57a	61.67±1.53a	73.33±1.73ab	80.00±1.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	13.33±0.57c	30.00±0.00c	75.53±1.52a	78.86±0.57ab
LED สีแดง	0.00±0.00	20.00±1.00b	45.00±0.57b	70.00±1.00b	73.33±2.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	20.00±1.00b	40.00±0.57b	66.66±1.00c	74.43±0.57b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	11.67±1.00c	43.33±0.57b	73.33±1.73ab	77.76±0.57ab
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	10.00±0.00c	25.83±0.57c	50.00±0.57d	57.76±0.57c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	8.41	14.08	5.60	4.41

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.11 จำนวนยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด(ยอด/ชิ้นส่วน) ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	1.26±0.57a	1.31±0.57a	1.00±0.05bc	3.10±0.87a
LED สีขาว	0.00±0.00	0.85±1.50b	0.90±1.50b	1.54±0.05a	2.75±1.48ab
LED สีแดง	0.00±0.00	0.36±0.57c	0.80±1.15bc	1.01±0.01bc	1.25±1.47bc
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.36±0.57c	0.83±1.15bc	1.03±0.05bc	1.35±1.04b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.25±0.05d	0.93±1.50b	1.13±0.05b	1.25±0.85bc
สภาพ ไม่มีแสง	0.00±0.00	0.20±0.05d	0.22±0.57d	0.22±0.11d	0.24±0.30c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	10.54	9.67	7.87	8.68

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.8 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

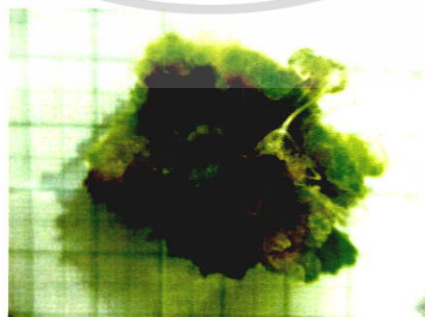
เมื่อพิจารณาการเกิดรากอายุ 2-4 สัปดาห์ ชิ้นส่วนมีการสร้างขนราก และมีรากเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6-10 มีการพัฒนาเป็นรากสังเกตเห็นได้ชัดเจนขึ้น โดยชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุดคือ 61.32 เปอร์เซ็นต์ แคลลัสมีลักษณะเกาะกันแน่นเป็นแบบ (compact callus) และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีแดง แต่แตกต่างหลอด LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.9)

ตารางที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์ชิลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	31.00±2.51	36.66±0.57b	45.53±0.57a	48.86±0.57a	61.32±0.57a
LED สีขาว	34.43±1.52	36.66±1.52b	43.33±1.00ab	47.76±0.57ab	47.76±0.57b
LED สีแดง	34.43±2.51	38.00±0.57ab	38.86±1.15bc	42.20±0.57bc	50.00±0.00ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	34.43±0.00	36.66±0.57b	40.99±0.00bc	43.33±1.00bc	47.76±0.57b
LED สีน้ำเงิน	34.00±0.57	40.00±1.00a	42.20±0.57ab	44.43±0.57bc	45.53±0.57b
สภาพไม่มีแสง	30.00±1.00	30.00±1.00c	35.53±0.57c	40.00±1.00c	38.86±0.57c
F-test	ns	*	**	**	**
CV (%)	19.31	4.42	6.07	5.59	4.74

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างทางสถิติ, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.9 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ชิลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคลอโรฟิลล์

เบญจมาศพันธุ์ซีทีเบอร์สภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ พบว่า ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอนมากที่สุด 265.95 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บี คือ 263.95 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และไม่แตกต่างกับหลอด LED สีแดง, LED สีน้ำเงิน แต่แตกต่างหลอด cool white สีขาว, หลอด LED สีขาว, หลอด LED สีแดง, หลอด LED สีน้ำเงินและสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ในเบญจมาศพันธุ์ซีทีเบอร์สเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	
	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี
cool white สีขาว	249.97±6.22b	188.29±21.97bc
LED สีขาว	249.52±5.42b	186.55±26.10bc
LED สีแดง	258.17±8.29ab	192.70±13.79b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	265.95±3.40a	263.95±18.70a
LED สีน้ำเงิน	260.91±6.89ab	182.56±15.68bc
สภาพไม่มีแสง	125.81±5.14c	96.55±5.75c
F-test	**	**
CV (%)	13.54	15.97

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

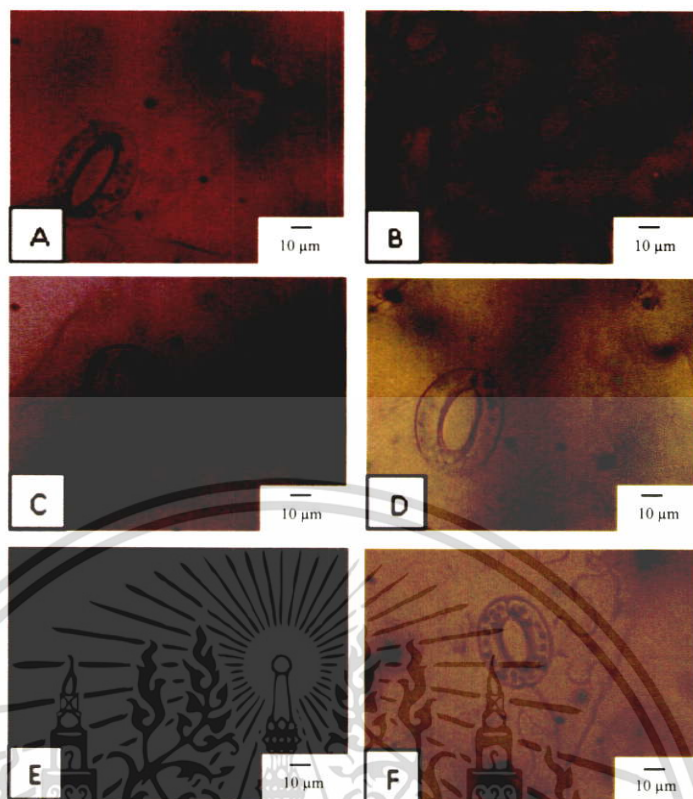
ขนาดปากใบสายพันธุ์ซีลีเบรส

การศึกษาลักษณะปากใบ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ พบว่า การเลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีขนาดปากใบใหญ่ขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติส่วนขนาดปากใบ มีความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 23.89 ไมโครเมตร และความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 57.41 ไมโครเมตร (ตารางที่ 4.14 ภาพที่ 4.10 D)

ตารางที่ 4.14 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 6 สัปดาห์

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ขนาดปากใบ(ไมโครเมตร) ^U	
	ความกว้าง	ความยาว
cool white สีขาว	23.25±1.72	56.37±5.95
LED สีขาว	22.56±1.62	55.40±5.15
LED สีแดง	23.12±1.23	54.40±3.81
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	23.89±1.91	57.41±6.23
LED สีน้ำเงิน	22.12±1.25	56.33±3.82
สภาพไม่มีแสง	21.04±2.04	55.84±5.76
F-test	ns	ns
CV (%)	25.99	28.55

^Uค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.10 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์สีเบรสต์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 6 สัปดาห์ (บาร์ 10 μm)

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F ภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ศึกษาชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

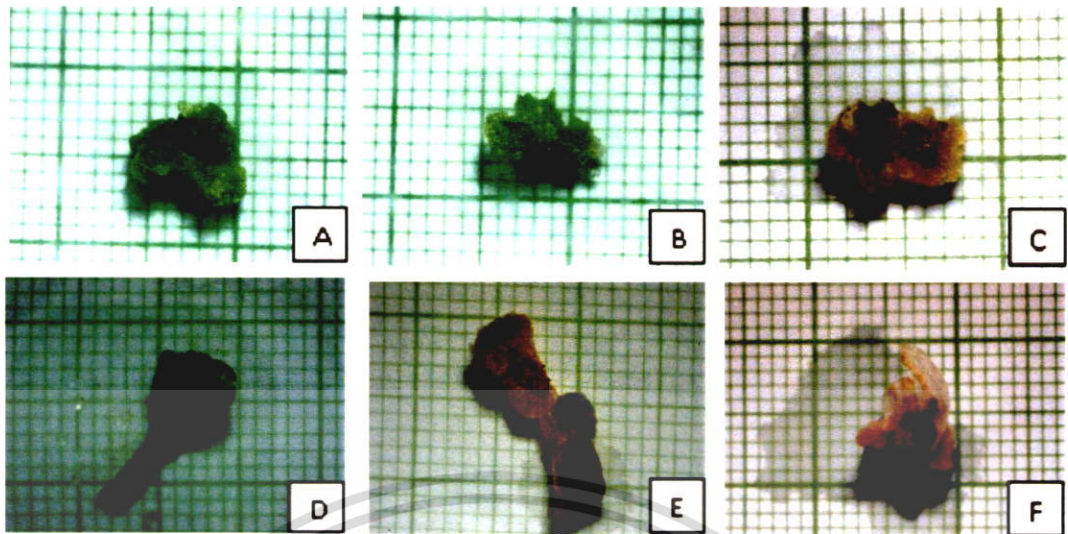
การศึกษากลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์บนสูตร MS เติม NAA ความเข้มข้นมิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สัปดาห์ที่ 2-4 ชิ้นส่วนกลีบดอกมีการเปลี่ยนแปลงขยายขนาดขึ้น ในสัปดาห์ที่ 6 กลีบดอกเริ่มมีลักษณะหงิกงอ และมีการเกิดแคลลัสเพิ่มขึ้นทุกทริตเมนต์ และเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 93.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีขาว, LED สีแดง แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง โดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันอย่างแน่น (compact callus) มีสีเขียวเข้มเกิดขึ้นที่ผิวนอกและรอยตัดของชิ้นส่วนแคลลัส (ตารางที่ 4.15 ภาพที่ 4.11 และภาพ 4.12)

ตารางที่ 4.15 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้อุณหภูมิแหล่งกำเนิดแสงในสัปดาห์ที่ 2-10

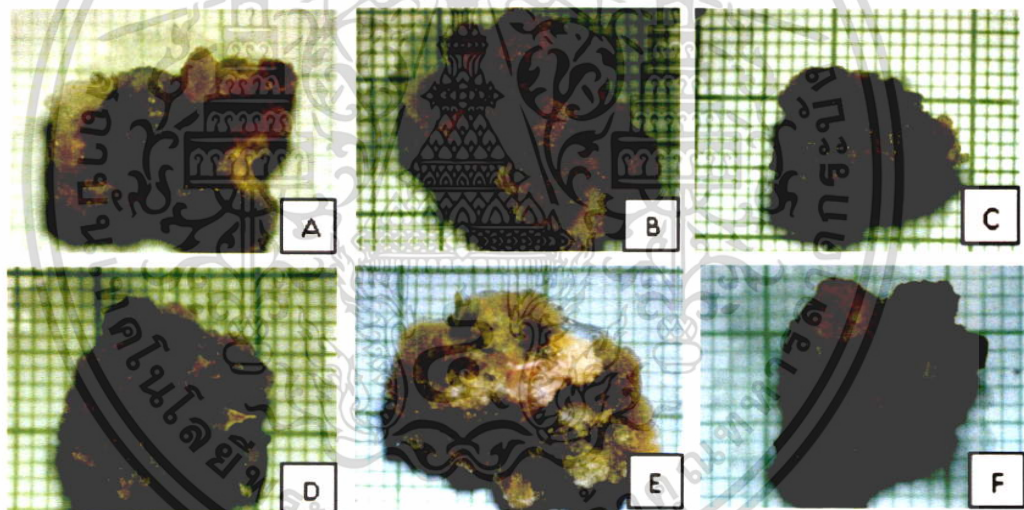
ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ^U				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	76.67±0.57a	86.66±0.00a	90.00±0.00a	90.00±0.57a	93.33±0.00a
LED สีขาว	70.00±0.00b	83.43±0.57b	86.33±0.57ab	88.86±0.57ab	90.00±0.57ab
LED สีแดง	66.66±0.57c	83.33±1.00b	86.66±1.00ab	86.66±1.00ab	90.00±0.00ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	63.33±0.57d	70.00±0.57c	73.33±0.57c	80.00±0.00c	84.33±0.57c
LED สีน้ำเงิน	66.33±0.57c	73.33±0.57c	80.00±1.52b	83.43±1.52bc	86.66±1.73b
สภาพไม่มีแสง	66.67±1.52c	72.20±1.52c	83.33±1.00b	83.33±1.00bc	86.76±0.57b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	5.29	3.29	3.81	3.56	6.05

^Uค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง



ภาพที่ 4.11 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.12 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดแคลลัส

จากการเพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์ บนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2-6 พบว่า น้ำหนักสดแคลลัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในสัปดาห์ที่ 8-10 ชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีน้ำเงิน มีน้ำหนักสดแคลลัสเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.65 กรัม และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด cool white, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีขาว, LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักสดแคลลัสของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส(กรัม) ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.07±0.01	0.13±0.02	0.38±0.09	0.49±0.06ab	0.57±0.09ab
LED สีขาว	0.11±0.04	0.13±0.02	0.34±0.10	0.43±0.15b	0.53±0.03b
LED สีแดง	0.13±0.03	0.14±0.03	0.41±0.10	0.42±0.10b	0.49±0.03b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.08±0.02	0.12±0.03	0.34±0.08	0.46±0.11ab	0.57±0.02ab
LED สีน้ำเงิน	0.06±0.01	0.12±0.04	0.33±0.05	0.50±0.21a	0.65±0.04a
สภาพไม่มีแสง	0.11±0.01	0.14±0.02	0.26±0.04	0.28±0.08c	0.31±0.03c
F-test	ns	ns	ns	**	**
CV (%)	29.37	27.03	23.52	7.15	8.90

^Lค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

พบว่า เมื่ออายุ 2 สัปดาห์ ชิ้นส่วนยังไม่มีการเกิดยอดในทุกทริตเมนต์พัฒนามาจากกลุ่มแคลลัสหรือก้อนเนื้อเยื่อที่พัฒนาขึ้นมา การพัฒนาที่เกิดขึ้น ได้แก่ พัฒนาเป็นแคลลัสมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนผิวขรุขระสีเขียวอ่อนในบริเวณรอยตัด อีกลักษณะคือ พัฒนาไปเป็นส่วนยอดผ่านการเกิดแคลลัส ชิ้นส่วนเริ่มต้นมีการพัฒนาเป็นยอดเมื่ออายุ 4-6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ LED สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 74.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติจากหลอด cool white สีขาว, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างหลอด LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 และสภาพไม่มีแสง ส่วนจำนวนยอด พบว่า หลอด LED สีขาวมีจำนวนยอดมากที่สุด 3.00 ยอดต่อชิ้นส่วน และไม่แตกต่างทางสถิติจากหลอด cool white สีขาวแต่แตกต่างหลอด LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.17 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	43.33±5.77ab	53.33±1.52b	60.00±1.73b	62.20±1.15ab
LED สีขาว	0.00±0.00	45.00±8.36a	70.00±2.00a	72.76±1.00a	74.00±2.00a
LED สีแดง	0.00±0.00	28.83±5.16b	53.30±1.52b	58.86±1.15b	58.66±0.57b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	28.83±5.16b	53.33±1.00b	56.66±0.00c	58.00±0.57b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	28.83±5.16b	56.66±0.00b	60.10±0.57b	63.00±0.57ab
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	20.00±0.00c	26.66±0.57c	33.33±1.00d	34.00±1.52c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	11.22	8.05	6.26	6.95

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.18 แสดงจำนวนยอดของกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นส่วน) ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	0.75±0.05ab	1.13±0.05b	1.16±0.11b	2.55±1.45ab
LED สีขาว	0.00±0.00	0.80±0.10a	1.73±0.11a	2.00±1.15a	3.00±1.04a
LED สีแดง	0.00±0.00	0.70±0.05b	1.13±0.05b	1.16±1.15c	1.30±0.94bc
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.72±0.05b	1.13±0.05b	1.00±0.57b	1.20±0.80bc
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.72±0.05b	1.09±0.05b	1.00±0.57b	1.20±0.80bc
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.60±0.05c	0.60±0.57d	0.65±0.85c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	9.14	11.01	12.74	14.19

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.13 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอดและราก อายุ 10 สัปดาห์

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

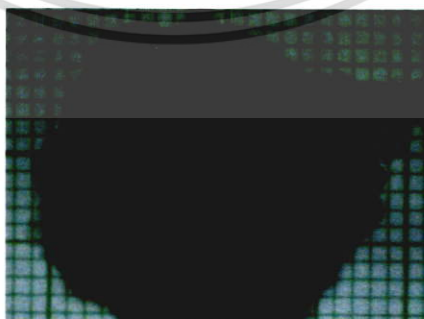
เมื่อพิจารณาการเกิดรากพบว่า เมื่ออายุ 2 สัปดาห์ยังไม่มีการเกิดรากในทุกทริตเมนต์ โดยช่วงสัปดาห์ 4-6 ในระยะแรกจะเกิดเป็นกลุ่มขนราก และมีสร้างรากเป็นจำนวนมากสังเกตเห็นได้ชัดเจน และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด คือ 46.66 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกลีบดอกพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	14.33±1.52b	18.66±0.57b	26.60±1.00a	46.66±0.57a
LED สีขาว	0.00±0.00	14.33±0.57b	20.00±0.00ab	23.60±0.00ab	42.20±3.00ab
LED สีแดง	0.00±0.00	18.86±0.57a	21.00±0.57a	23.30±0.00ab	36.60±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	17.66±0.57ab	21.00±0.57a	22.20±0.57b	43.33±3.00ab
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	16.66±0.00ab	18.60±0.57b	21.00±0.57b	42.20±2.08ab
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	7.76±0.57c	11.10±0.57c	20.00±1.00b	24.43±1.52c
F-test	ns	*	**	**	*
CV (%)	0.00	17.37	9.48	9.52	17.97

^Lค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.14 ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศพันธุ์คริสตัล ไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ พบว่า หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีสูงที่สุดคือ 471.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และ 183.88 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดและไม่แตกต่างที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง หลอด cool white สีขาว, หลอด LED สีขาว แต่แตกต่างในหลอด LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ในเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 6

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	
	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี
cool white สีขาว	455.46±15.04ab	161.39±9.45ab
LED สีขาว	462.60±13.34ab	161.19±4.87ab
LED สีแดง	394.04±14.19c	153.96±4.94b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	471.08±9.78a	183.88±4.73a
LED สีน้ำเงิน	413.48±16.61b	163.11±5.85ab
สภาพไม่มีแสง	95.52±26.33d	89.24±4.91c
F-test	**	**
CV (%)	8.06	13.11

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

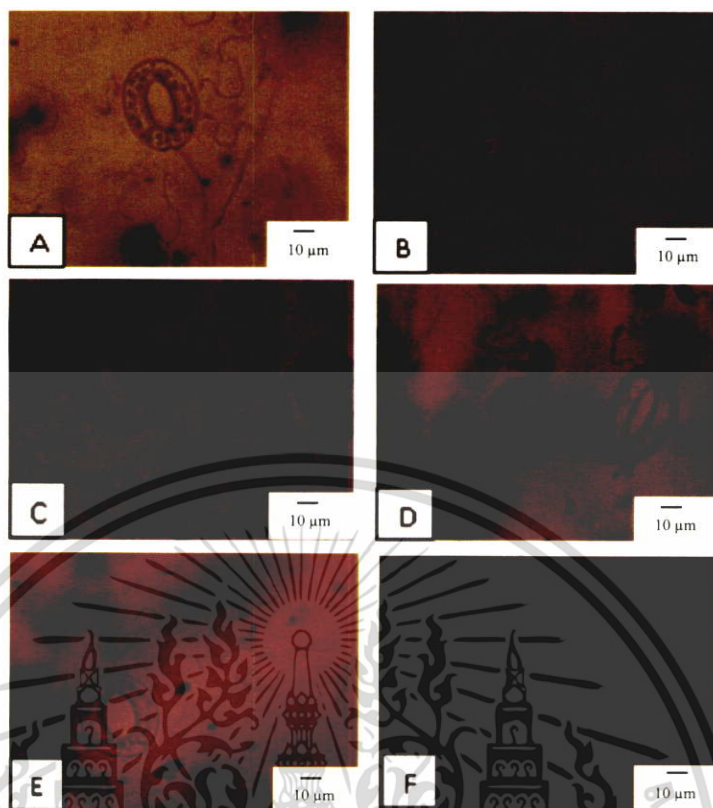
ขนาดของปากใบ

การศึกษาลักษณะปากใบของเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ พบว่า การเลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ขนาดความกว้างปากใบเฉลี่ย คือ 25.19 ไมโครเมตร และความยาวปากใบยาว 57.97 ไมโครเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.21 ภาพที่ 4.15 D)

ตารางที่ 4.21 ขนาดของปากใบเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 6 สัปดาห์

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	ขนาดปากใบ (ไมโครเมตร) ^U	
	ความกว้าง	ความยาว
cool white สีขาว	24.86±0.64	50.51±7.71
LED สีขาว	23.98±1.00	55.43±4.66
LED สีแดง	22.89±0.75	51.30±3.67
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	25.19±1.28	57.97±4.58
LED สีน้ำเงิน	23.68±1.31	53.84±3.77
สภาพไม่มีแสง	22.57±0.75	50.13±3.57
F-test	ns	ns
CV (%)	16.19	19.15

^Uค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.15 ขนาดของปากไบเบญจมาศพื้นรู้คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 6 สัปดาห์ (บาร์ 10 μm)

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3: 1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2.1 ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดแคลลัสและยอดของเบญจมาศในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน

4.2.1 ตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

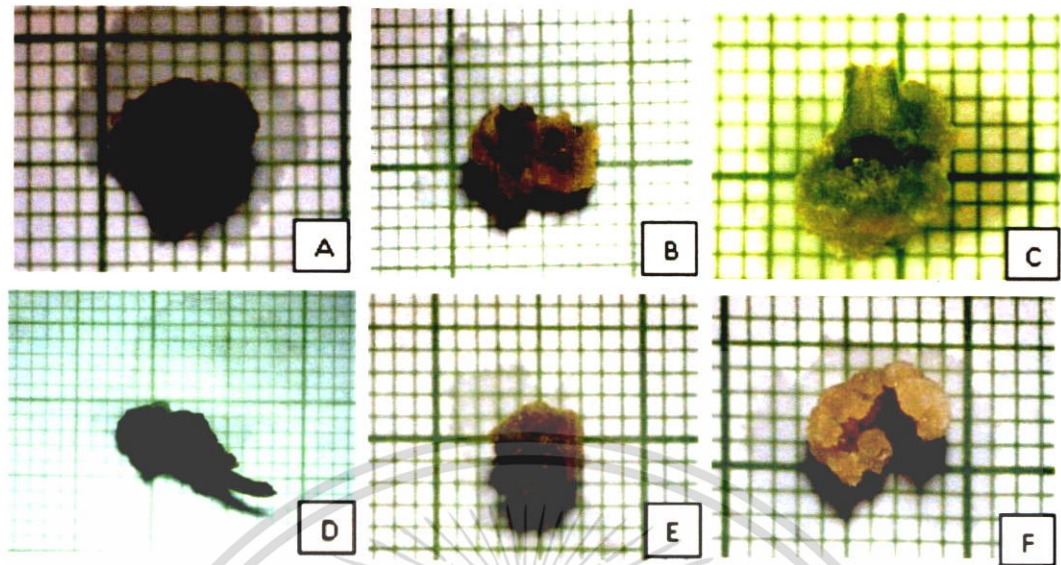
จากการเพาะเลี้ยงตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์บนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สัปดาห์ที่ 4 มีลักษณะเป็นก้อนกลมปูดออกมา และมีการเกิดแคลลัสเพิ่มขึ้น และเมื่อเลี้ยงสัปดาห์ที่ 8-10 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 83.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีแดงแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง โดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันอย่างแน่น (compact callus) มีสีเขียวเข้มเกิดขึ้นที่ผิวนอก และรอยตัดของชิ้นส่วน ในทุก 4 สัปดาห์ทำการเปลี่ยนอาหารตัดส่วนสีดำทิ้งและเลือกเฉพาะแคลลัสที่มีสีเขียวมาเลี้ยงบนอาหารใหม่ (ตารางที่ 4.22 และภาพที่ 4.16, 4.17)

ตารางที่ 4.22 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้อุณหภูมิแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-10

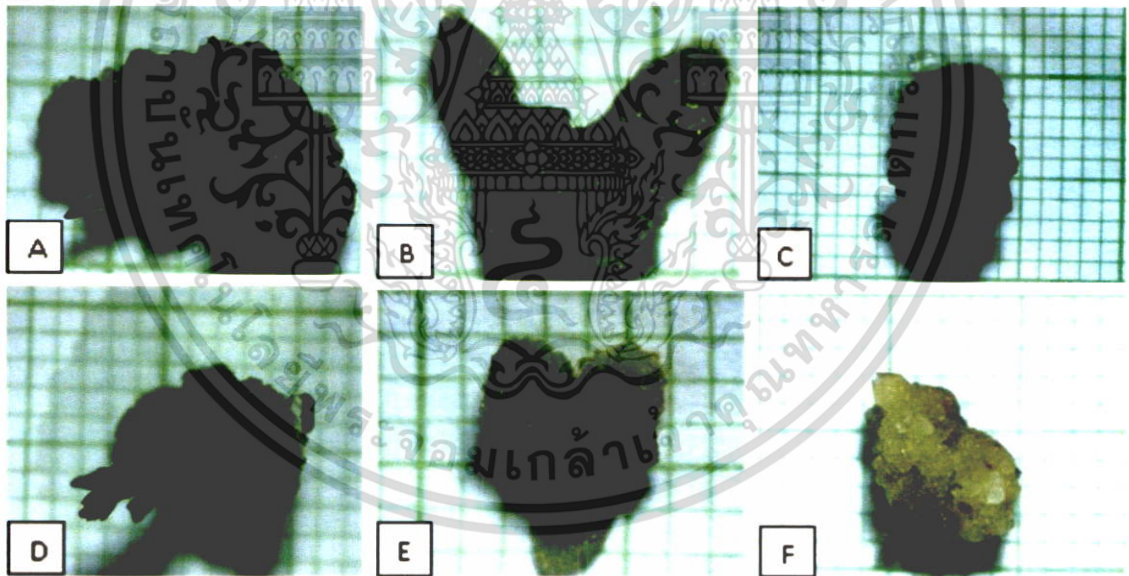
ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ^{1/}				
	อายุ(สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	66.66±1.00a	70.00±1.00a	73.20±0.57a	80.00±0.57a	83.33±0.00a
LED สีขาว	60.00±1.00b	66.66±1.00b	68.86±1.15b	73.86±1.15c	76.66±0.00b
LED สีแดง	60.00±1.00b	66.66±0.57b	73.33±0.57a	76.66±0.57b	80.00±1.00ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	63.33±0.57ab	66.00±0.57b	70.00±0.57ab	76.66±1.00b	76.66±1.00b
LED สีน้ำเงิน	66.00±0.57a	70.00±0.57a	70.33±1.73ab	73.33±1.73c	76.66±1.00b
สภาพไม่มีแสง	46.66±0.57c	50.00±0.57c	50.00±0.57c	53.33±1.00d	56.25±1.00c
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	7.29	8.19	9.73	10.73	3.62

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง



ภาพที่ 4.16 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.17 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดแคลลัส

จากการเพาะตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์บนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สัปดาห์ที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มเล็กน้อยในทุกทรีตเมนต์พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สัปดาห์ที่ 4-6 น้ำหนักเพิ่มขึ้นตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า แคลลัสที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง มีน้ำหนักสดสูงที่สุดคือ 0.60 กรัม และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีน้ำเงิน แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน cool white สีขาว, LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 น้ำหนักสดแคลลัสตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์แคนเทอร์ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส (กรัม) ^U				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.07±0.09	0.14±0.03c	0.35±0.03ab	0.39±0.06	0.44±0.05b
LED สีขาว	0.04±0.01	0.20±0.02b	0.23±0.03b	0.32±0.03	0.36±0.03bc
LED สีแดง	0.06±0.02	0.29±0.04ab	0.36±0.05a	0.37±0.03	0.60±0.07a
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.08±0.08	0.27±0.05ab	0.32±0.07ab	0.37±0.06	0.45±0.03b
LED สีน้ำเงิน	0.06±0.09	0.33±0.05a	0.35±0.11ab	0.39±0.09	0.56±0.10ab
สภาพไม่มีแสง	0.05±0.09	0.24±0.06b	0.25±0.03ab	0.29±0.01	0.32±0.02bc
F-test	ns	**	*	ns	**
CV (%)	24.18	19.61	20.49	26.01	12.98

^Uค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่เกิดยอดในทุกทรีตเมนต์ เมื่ออายุ 4 สัปดาห์พบว่า ชินส่วนมีการพัฒนามาจากกลุ่มแคลลัสหรือก้อนเนื้อเยื่อที่พัฒนาขึ้นมา โดยการพัฒนาที่เกิดขึ้น ได้แก่ พัฒนาเป็นแคลลัสมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนผิวขรุขระสีเขียวอ่อนในบริเวณรอยตัด อีกลักษณะคือ พัฒนาไปเป็นส่วนยอดโดยผ่านการเกิดแคลลัส ชินส่วนมีการพัฒนาเป็นยอดเมื่ออายุ 4-6 สัปดาห์ และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 82.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีแดง แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง ส่วนจำนวนยอดภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาวมีจำนวน คือ 2.30 ยอดต่อชินส่วน และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีแดง แต่แตกต่าง LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และในสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.24 และตารางที่ 4.25)

ตารางที่ 4.24 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดค้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์บอนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ¹				
	อายุ(สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	23.33±1.00b	43.33±1.00a	82.20±0.57a	82.33±0.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	21.10±0.57b	37.76±0.57b	68.86±1.15c	76.66±0.00b
LED สีแดง	0.00±0.00	30.00±1.00a	34.43±0.57bc	75.53±0.57b	80.00±1.00ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	21.10±0.57b	36.46±1.00bc	75.53±0.57b	76.66±1.00b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	18.86±0.57c	34.20±0.57c	73.33±1.73bc	76.66±1.00b
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	15.53±0.57c	31.10±1.00d	56.66±0.00d	56.25±1.00c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	11.46	7.42	6.73	3.62

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.25 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์เลียรงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด(ยอด/ชิ้นส่วน) ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	0.75±0.05b	1.06±0.05a	1.73±0.11a	2.30±0.74a
LED สีขาว	0.00±0.00	0.72±0.05b	0.80±0.05b	1.13±0.05b	1.20±0.59b
LED สีแดง	0.00±0.00	0.80±0.10a	0.80±0.10b	0.90±0.05c	1.90±1.32ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.72±0.05b	0.72±0.05c	0.90±0.05c	1.00±1.35b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.70±0.05b	0.70±0.05c	0.88±0.05c	1.10±0.66b
สภาพที่ไม่มีแสง	0.00±0.00	0.20±0.05c	0.20±0.05d	0.40±0.05d	0.40±0.40c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	19.64	17.54	12.01	16.30

^Lค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.18 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์เลียรงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

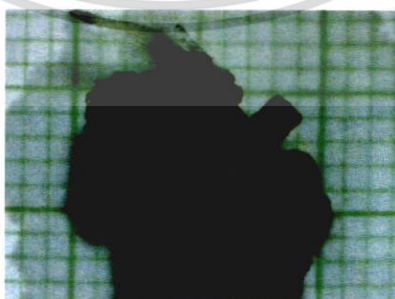
เมื่อพิจารณาการเกิดรากพบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่มีการเกิดรากในทุกทรีตเมนต์ เมื่อมีอายุ 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนตาข้างที่พัฒนาไปเป็นแคลลัสมีการเจริญเติบโตต่อเนื่องมีการสร้างรากจะเกิดเป็นกลุ่มขนรากเพิ่มขึ้นและในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า หลอด LED สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด 40.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด cool white สีขาว, LED สีแดง แต่แตกต่างที่เลี้ยงใน LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.26 และภาพที่ 4.19)

ตารางที่ 4.26 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของตาข้างพันธุ์แคนเทอร์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตรMS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ^u				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	14.06±0.57b	22.66±0.00b	30.00±0.57b	37.00±0.57ab
LED สีขาว	0.00±0.00	16.66±1.00a	20.00±0.57b	40.00±0.57a	40.00±0.57a
LED สีแดง	0.00±0.00	14.00±1.15b	23.33±0.00ab	33.00±1.72ab	38.00±1.72ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	15.56±0.00ab	24.00±0.57a	30.00±1.00c	32.00±1.00c
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	15.50±0.57ab	23.33±0.00ab	30.00±0.57c	35.53±1.0b
สภาพที่ไม่มีแสง	0.00±0.00	8.86±0.57c	16.00±0.57c	30.00±0.57c	36.00±0.57b
F-test	0.00	*	**	**	*
CV (%)	0.00	7.20	6.93	12.67	9.67

^uค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.19 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

4.2.2 ศึกษาชิ้นตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรส (celebrate)

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

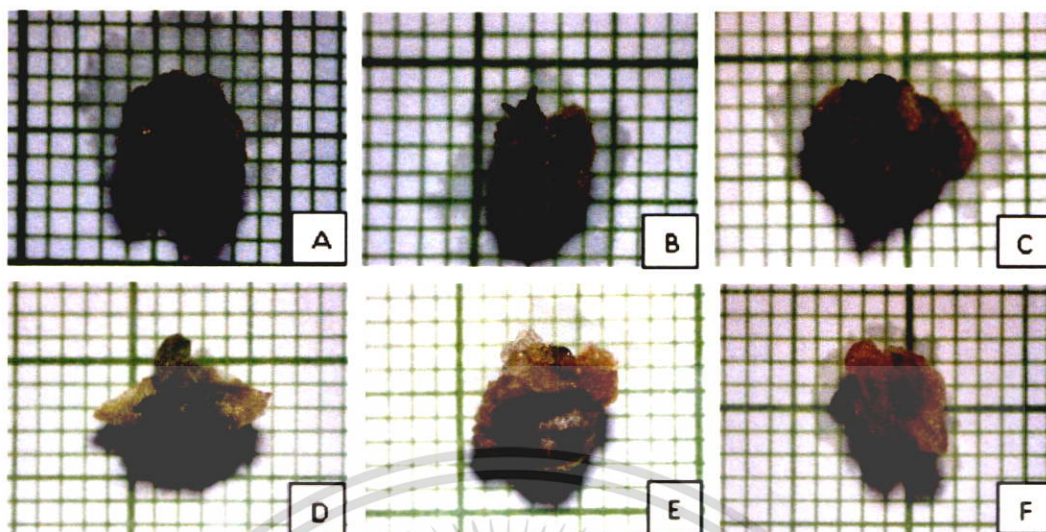
จากการเพาะเลี้ยงตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสบนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สังเกตได้ว่า สัปดาห์แรกยังไม่เกิดแคลลัสในทุกทริตเมนต์ แต่เมื่อชิ้นส่วนตาข้างมีอายุ 2 - 4 สัปดาห์ ตาข้างเริ่มขยายขนาดขึ้น มีลักษณะหงิกงอ และเริ่มมีแคลลัสเพิ่มขึ้นในทุกทริตเมนต์ ในสัปดาห์ที่ 8-10 การเลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 93.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีขาว, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสงโดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันอย่างแน่น (compact callus) แคลลัสมีสีเขียวเข้มเกิดขึ้นที่ผิวนอก และรอยตัดของชิ้นส่วนในทุก 4 สัปดาห์ทำการเปลี่ยนอาหารตัดส่วนสีดำทิ้ง และเลือกเฉพาะแคลลัสที่มีสีเขียวมาเลี้ยงบนอาหารใหม่ (ตารางที่ 4.27 ภาพที่ 4.20 และภาพที่ 4.21)

ตารางที่ 4.27 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆในสัปดาห์ที่ 2-10

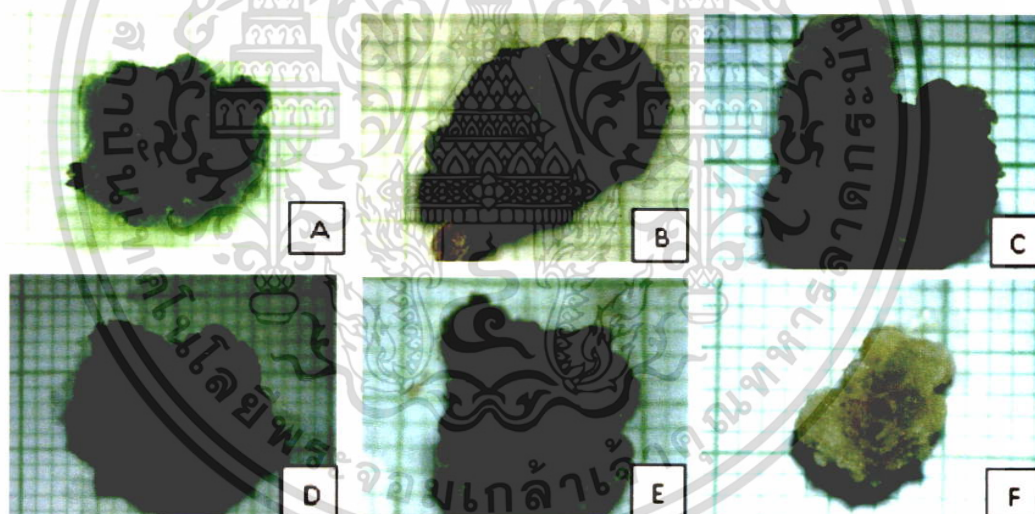
ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ^{1/}				
	อายุ(สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	66.00±0.57a	76.76±0.57ab	76.66±1.00bc	84.43±0.57a	93.33±1.00a
LED สีขาว	60.00±1.00b	73.33±1.00b	76.66±0.00bc	82.20±0.57b	88.86±0.57b
LED สีแดง	60.00±1.00b	80.00±1.00a	80.00±1.00b	83.33±1.15ab	90.10±0.57ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	63.33±0.57ab	76.76±1.15ab	76.66±1.00bc	83.33±1.00ab	90.00±1.00ab
LED สีน้ำเงิน	66.00±0.57a	73.33±1.00b	82.33±0.00a	82.00±1.00b	86.60±1.00b
สภาพไม่มีแสง	46.66±0.57c	63.33±0.00c	56.25±1.00c	70.66±1.00c	76.86±1.52c
F-test	**	**	**	*	**
CV (%)	7.29	4.41	3.62	9.76	3.71

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.20 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.21 การพัฒนาของชิ้นส่วนเริ่มต้นของตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดแคลลัส

จากการเพาะเลี้ยงตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสบนสูตร MS เต็ม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสัปดาห์ที่ 2-8 มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่ออายุ 10 สัปดาห์ ชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดงมีน้ำหนักสดแคลลัสมากที่สุด คือ 1.67 กรัม พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.28)

ตารางที่ 4.28 น้ำหนักแคลลัสของตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส(กรัม) ¹⁾				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.08±0.03	0.30±0.05	0.32±0.05	0.47±0.13	1.28±0.06b
LED สีขาว	0.11±0.08	0.30±0.06	0.35±0.06	0.42±0.04	0.58±0.08d
LED สีแดง	0.11±0.01	0.48±0.06	0.49±0.06	0.57±0.08	1.67±0.11a
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.08±0.01	0.47±0.08	0.49±0.18	0.51±0.19	0.42±0.06e
LED สีน้ำเงิน	0.09±0.01	0.47±0.01	0.49±0.11	0.58±0.03	0.63±0.04d
สภาพไม่มีแสง	0.08±0.05	0.37±0.01	0.40±0.01	0.51±0.10	0.80±0.12c
F-test	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	18.84	19.83	23.83	21.87	9.81

¹⁾ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , ns ไม่มีความแตกต่างทางกันสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

สัปดาห์ที่ 2 ยังไม่เกิดยอดในทุกทรีตเมนต์ เมื่ออายุ 4-6 สัปดาห์พบว่า ชั้นส่วนเริ่มต้นทุกทรีตเมนต์มีการพัฒนามาจากกลุ่มแคลลัสหรือเนื้อเยื่อที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อมาพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด พบว่า ชั้นส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มในการเกิดจำนวนยอดได้ และพัฒนาเป็นแคลลัสมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนผิวขรุขระสีเขียวอ่อนในบริเวณรอยตัดอีกลักษณะคือ พัฒนาไปเป็นส่วนยอดผ่านการเกิดแคลลัส และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 80.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีขาว, LED สีแดง, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 และสภาพไม่มีแสง ส่วนจำนวนยอด พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาวมีจำนวนยอดมากที่สุด คือ 1.50 ยอดต่อชั้นส่วน และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.29 และตารางที่ 4.30)

ตารางที่ 4.29 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์ชิลีเบอร์สเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ cool white แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	53.33±0.57b	61.10±1.52b	80.00±0.57a	80.00±1.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	56.66±1.00a	66.66±1.52ab	68.86±1.15c	72.20±0.57b
LED สีแดง	0.00±0.00	50.00±0.57c	60.00±1.00b	70.00±0.57b	74.43±1.52b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	53.33±1.00b	64.43±1.52ab	70.00±0.57b	70.00±1.00c
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	46.66±0.57d	70.00±1.00a	73.33±1.73b	77.76±0.57ab
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	48.86±0.57d	48.86±0.57c	56.66±0.00d	56.66±0.57d
F-test	0.00	**	**	**	*
CV (%)	0.00	10.91	6.70	6.73	4.39

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลิเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด(ยอดต่อชิ้นส่วน) ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	0.60±0.15b	0.62±0.15b	1.40±0.15a	1.50±1.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	0.70±0.10a	0.75±0.15ab	1.33±1.00b	1.45±0.62ab
LED สีแดง	0.00±0.00	0.60±0.15b	0.62±0.15b	0.73±0.15c	0.80±0.54bcd
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.63±0.15ab	0.75±0.15ab	0.80±0.10c	0.90±0.76abcd
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.40±0.10c	0.83±0.10a	0.83±0.10c	0.95±1.24abc
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	0.03±0.05d	0.06±0.05c	0.06±0.05d	0.10±0.11d
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	14.43	19.64	17.94	16.77

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.22 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลิเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์



ภาพที่ 4.23 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลิเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีน้ำเงิน ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

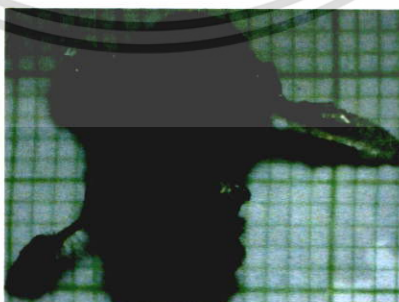
เมื่อพิจารณาการเกิดรากพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 ชิ้นส่วนทุกทริตเมนต์ยังไม่มีการเกิดรากใน ทุกทริตเมนต์เมื่ออายุ 4 สัปดาห์ เริ่มมีการสร้างรากจะเกิดเป็นกลุ่มขนรากเพิ่มขึ้น ช่วงในสัปดาห์ที่ 6-8 จะพัฒนาเป็นรากสังเกตเห็นได้ชัดเจน และในสัปดาห์ที่ 10 ชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด 56.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.31)

ตารางที่ 4.31 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของตาข้างพันธุ์ซีลิเบรสเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิด ต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ^{1/}				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	44.20±0.57a	46.66±0.00a	48.86±0.57a	56.00±1.00a
LED สีขาว	0.00±0.00	40.33±1.00b	44.00±0.57ab	47.76±0.57ab	47.76±0.57bc
LED สีแดง	0.00±0.00	38.00±0.57c	40.00±0.57b	43.00±0.00b	50.00±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	38.00±0.57c	40.00±0.00b	43.00±0.00b	47.66±0.57bc
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	42.00±0.57ab	42.20±0.57b	44.43±0.57b	46.33±0.57bc
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	32.00±0.57d	36.00±0.00c	38.00±0.57c	38.00±0.57c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	5.66	3.29	4.97	6.44

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ เปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.24 ชิ้นส่วนตาข้างเบงจามาพันธุ์ซีลิเบรสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็น แคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ศึกษาชิ้นตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์ (chrysal white)

เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

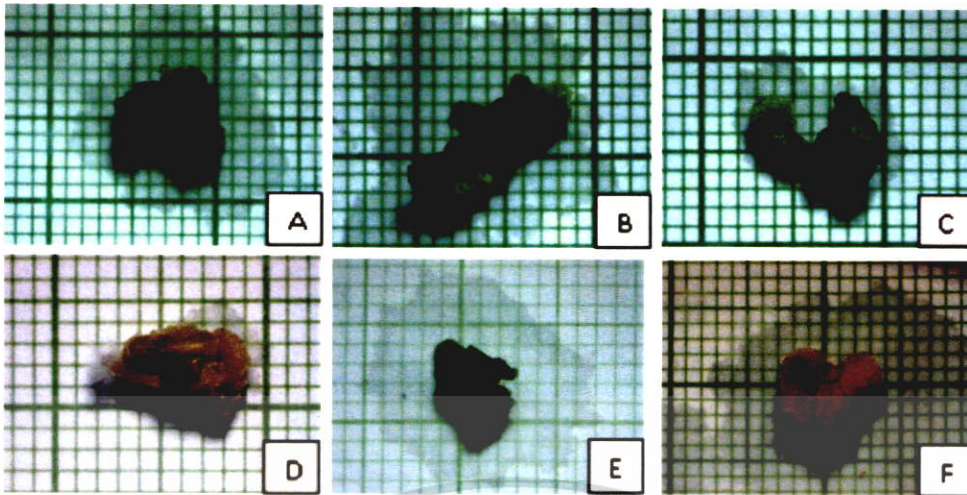
การเพาะเลี้ยงตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์ บนสูตร MS เดิม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สัปดาห์ที่ 2-4 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเพิ่มขึ้นและสัปดาห์ที่ 10 การเลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 84.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสง LED สีขาว และ LED สีแดง แต่แตกต่างจากที่เลี้ยง LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงิน และสภาพไม่มีแสง โดยแคลลัสมีลักษณะเกาะกันอย่างแน่น (compact callus) สีเขียวเข้มเกิดขึ้นที่ผิวนอก และรอยตัดของชิ้นส่วนแคลลัสเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในทุก 4 สัปดาห์ทำการเปลี่ยนอาหารตัดส่วนสีดำทิ้ง และเลือกเฉพาะแคลลัสที่มีสีเขียวมาเลี้ยงบนอาหารใหม่ (ตารางที่ 4.32 ภาพที่ 4.25 และภาพที่ 4.26)

ตารางที่ 4.32 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสของตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงแตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 2-10

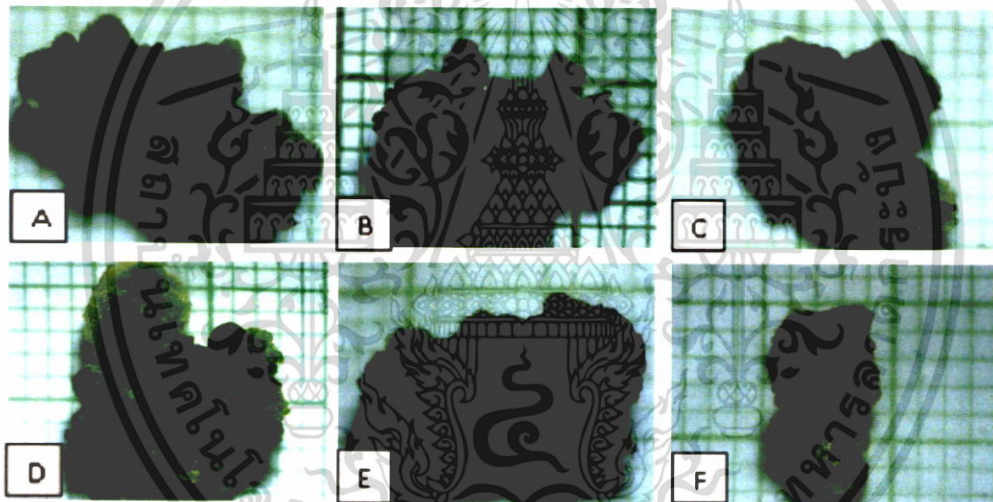
ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ¹				
	อายุ(สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	74.43±1.52a	76.66±1.00a	80.00±1.00a	82.20±0.57a	84.33±0.00a
LED สีขาว	72.20±1.15ab	75.53±1.52ab	76.66±1.00ab	78.86±0.57b	80.00±0.00ab
LED สีแดง	72.20±1.15ab	74.43±0.57ab	76.66±1.00ab	80.00±1.00ab	80.00±1.00ab
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	67.76±1.15c	70.00±1.00c	72.20±1.15b	74.53±1.15b	77.76±0.57b
LED สีน้ำเงิน	70.00±1.00b	73.33±1.00b	73.33±1.00b	75.86±1.15b	77.76±0.57b
สภาพไม่มีแสง	44.43±1.52d	47.76±1.52d	57.76±0.57c	66.66±1.00c	70.00±1.00c
F-test	6.95	5.52	4.41	4.07	2.68
CV (%)	*	*	**	**	**

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.25 การพัฒนาของตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.26 การพัฒนาของตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ อายุ 10 สัปดาห์

A หลอด cool white สีขาว

B หลอด LED สีขาว

C หลอด LED สีแดง

D หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1

E หลอด LED สีน้ำเงิน

F สภาพไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดแคลลัส

จากการเพาะเลี้ยงตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์บนสูตร MS เดิม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสัปดาห์ที่ 2-6 พบว่าน้ำหนักสดแคลลัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อทำการเพาะเลี้ยงต่อไปจนถึงสัปดาห์ที่ 10 พบว่า ชิ้นส่วนที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว มีน้ำหนักสดแคลลัสมากที่สุด คือ 1.26 กรัม และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด cool white สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.33)

ตารางที่ 4.33 น้ำหนักตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	น้ำหนักสดแคลลัส(กรัม) ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.13±0.02	0.38±0.09	0.47±0.133	0.57±0.09b	1.03±0.06abc
LED สีขาว	0.13±0.02	0.34±0.10	0.42±0.04	0.53±0.03b	1.26±0.11a
LED สีแดง	0.12±0.03	0.41±0.10	0.49±0.08	0.49±0.03c	0.74±0.56bc
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.12±0.03	0.34±0.08	0.49±0.19	0.57±0.02b	1.12±0.06abc
LED สีน้ำเงิน	0.12±0.04	0.33±0.05	0.58±0.03	0.65±0.04a	1.20±0.10ab
สภาพไม่มีแสง	0.05±0.02	0.31±0.04	0.51±0.10	0.49±0.03c	0.67±0.03c
F-test	ns	ns	ns	**	**
CV (%)	27.03	23.52	21.87	9.41	14.04

^Lค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอด

สัปดาห์ที่ 2 ไม่พบการเกิดยอดในทุกทริตเมนต์ แต่เมื่อทำการเลี้ยงต่อไปจนถึงสัปดาห์ที่ 4 พบว่า ชีนส่วนตาข้างมีการพัฒนามาจากกลุ่มแคลลัสหรือก้อนเนื้อเยื่อที่พัฒนาขึ้นมา การพัฒนาที่เกิดขึ้น ได้แก่ พัฒนาเป็นแคลลัสมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนผิวขรุขระสีเขียวอ่อนในบริเวณรอยตัด อีกลักษณะคือ พัฒนาไปเป็นส่วนยอด โดยผ่านการเกิดแคลลัส ชีนส่วนมีการพัฒนาเป็นยอดเมื่ออายุ 4-8 สัปดาห์ เมื่ออายุครบ 10 สัปดาห์ พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 76.67 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนจำนวนยอด พบว่า สัปดาห์ที่ 2 ยังไม่มีการเกิดจำนวนยอด และเมื่อเลี้ยงชีนส่วนตาข้างไปจนครบ 10 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิ cool white สีขาว มีจำนวนยอดมากที่สุด 1.93 ยอดต่อชีนส่วน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.34 และตารางที่ 4.35)

ตารางที่ 4.34 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2- 10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด ^{1/}				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	33.33±0.57a	60.00±1.73a	66.66±1.52a	76.67±10.32a
LED สีขาว	0.00±0.00	20.00±1.00abc	46.00±0.57b	56.66±2.00ab	60.00±6.32b
LED สีแดง	0.00±0.00	30.00±1.00ab	43.33±0.57b	53.33±0.57ab	60.00±6.32b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน3: 1	0.00±0.00	13.33±0.57bc	30.00±0.00bc	43.33±0.57ab	45.00±5.47c
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	13.33±1.52bc	30.00±0.00bc	40.00±1.73ab	45.00±5.47c
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	10.00±0.00c	26.66±0.57c	36.66±1.15b	43.00±5.47d
F-test	0.00	*	*	*	**
CV (%)	0.00	25.64	20.99	27.48	10.87

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.35 แสดงจำนวนยอดจากตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง ชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	จำนวนยอด(ยอดต่อชิ้นส่วน) ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	1.26±2.51a	1.50±2.88a	1.70±5.00a	1.93±2.88a
LED สีขาว	0.00±0.00	0.75±1.73b	0.95±1.15b	1.45±3.60ab	1.15±2.88b
LED สีแดง	0.00±0.00	0.85±2.08ab	0.85±2.00b	1.00±0.00ab	1.15±2.88b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	0.36±0.57c	0.38±1.00c	0.95±2.88ab	1.33±1.15b
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	0.36±0.57c	0.38±1.00c	0.75±1.15b	1.33±1.15b
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	0.03±0.57d	0.06±0.57d	0.10±0.00c	0.10±0.00c
F-test	0.00	**	**	**	**
CV (%)	0.00	23.84	22.88	27.72	21.41

^Lค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.27 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็นแคลลัส และพัฒนาเป็นยอด อายุ 10 สัปดาห์

เปอร์เซ็นต์การเกิดราก

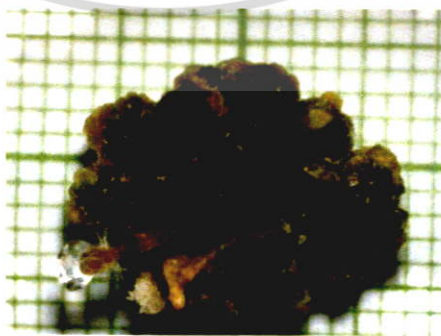
เมื่อพิจารณาการเกิดรากในสัปดาห์ที่ 2 ชิ้นส่วนยังไม่มีการสร้างรากทุกทรีดเมนต์ มีการสร้างรากเมื่ออายุ 4 สัปดาห์ จะเกิดเป็นกลุ่มขนราก และในสัปดาห์ที่ 10 พบว่า หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก คือ 46.66 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงในแหล่งกำเนิดแสงหลอด LED สีขาว, LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1, LED สีน้ำเงินแต่แตกต่างจากที่เลี้ยงใน LED สีแดง และสภาพไม่มีแสง (ตารางที่ 4.36)

ตารางที่ 4.36 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดรากตาข้างพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ บนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ NAA ในสัปดาห์ที่ 2-10

ชนิดแหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก ^{1/}				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
cool white สีขาว	0.00±0.00	13.30±1.00a	16.66±0.00c	30.00±0.57c	46.66±0.57a
LED สีขาว	0.00±0.00	12.00±0.57ab	20.00±0.57b	40.00±1.00a	43.33±3.00ab
LED สีแดง	0.00±0.00	13.30±0.00a	23.00±0.00ab	36.00±3.46b	40.00±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	0.00±0.00	12.00±0.57ab	24.30±0.57a	32.00±1.15b	43.33±3.00ab
LED สีน้ำเงิน	0.00±0.00	12.00±0.57ab	23.33±0.00ab	35.53±2.88b	40.00±1.0b
สภาพไม่มีแสง	0.00±0.00	7.60±0.57b	13.86±0.57d	30.00±0.57c	36.66±1.52c
F-test	0.00	*	**	*	*
CV (%)	0.00	18.40	16.93	20.63	15.97

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง, * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.28 ชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white ที่พัฒนาเป็น

แคลลัส และพัฒนาเป็นราก อายุ 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการ

เจริญเติบโต

3.1 กลีบดอกเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส

3.2 ตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส

จากการศึกษาระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ดังนี้ 50, 100, 150 และ 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที พบว่า กลีบดอกเบญจมาศที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 96.60 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ระดับความเข้มแสง 150 และ 100 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส 86.60 และ 85.60 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับที่เลี้ยงที่ระดับความเข้มแสง 150 และ 100 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที และความเข้มแสงที่ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสน้อยที่สุด 50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที 76.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.37) ส่วนผลของการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศ ที่ระดับความเข้มของแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด 100.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ระดับความเข้มแสง 150 และ 100 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส 90.00 และ 70.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความเข้มแสงที่ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสน้อยที่สุด 50.00 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส คือ 66.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.38)

ตารางที่ 4.37 ผลของระดับความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนกลีบดอกที่ระดับความเข้มแสงแตกต่างกัน

ระดับความเข้มแสง $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ^L				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
200	70.00±1.00a	73.33±0.57a	83.33±0.57a	93.00±0.57a	96.60±0.57a
150	56.66±0.57bc	60.00±1.00c	70.00±0.00bc	73.33±0.57b	86.60±0.57b
100	63.33±0.57ab	70.00±1.73b	73.33±0.57ab	83.33±0.57ab	85.60±0.57b
50	50.00±0.00c	53.33±0.57d	60.00±1.00c	73.30±0.57b	76.60±1.52b
F-test	**	**	**	*	*
CV (%)	10.75	6.83	9.00	7.14	6.66

^L/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี

Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.38 ผลของระดับความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาข้างที่ระดับความเข้มแสงแตกต่างกัน

ระดับความเข้มแสง $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ¹				
	อายุ (สัปดาห์)				
	2	4	6	8	10
200	60.00±1.00	70.00±0.00a	86.66±0.57a	90.00±0.00a	100.00±0.00a
150	53.33±0.57	60.00±0.00b	76.66±1.15a	80.00±0.00b	90.00±0.00b
100	55.00±0.00	60.00±0.00b	60.00±0.00b	63.00±0.00d	70.00±0.00c
50	55.66±0.57	46.66±0.57c	46.66±0.57c	66.66±1.15c	66.66±1.15d
F-test	ns	**	**	**	**
CV (%)	25.55	4.87	10.47	6.06	3.42

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละช่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี

Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง . ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากตารางผลการทดลองข้างต้น กลีบดอก และตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส ในช่วงความเข้มแสงที่แตกต่างกันพบว่า ที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีค่าปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 6.51 และ 6.10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และที่ระดับความเข้มแสง 50 ไมโคร โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีค่าปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 0.43 และ 0.43 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.39)

ตารางที่ 4.39 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากกลีบดอกและตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ซีลีเบรสที่ระดับความเข้มแสงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 8

ระดับความเข้มแสง $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	
	กลีบดอก	ตาข้าง
200	6.51±0.14a	6.10±0.14a
150	4.74±0.12b	4.26±0.18b
100	3.91±0.15c	3.81±0.15c
50	0.43±0.17d	0.43±0.17d
F-test	**	**
CV (%)	14.65	15.35

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

จากการทดลองการเพาะเลี้ยงกลีบดอกทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แคนเทอร์ พันธุ์ซีลีเบรส และพันธุ์คริสตัลไวท์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ในสูตรอาหาร MS ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kinetin 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ พบว่า ชั้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศ สายพันธุ์แคนเทอร์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงหลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด รองลงมาคือ สายพันธุ์ซีลีเบรสและคริสตัลไวท์ ดังนี้ 96.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา 93.33, 93.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำหนักสดแคลลัส พบว่า พันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีขาว มีน้ำหนักมากที่สุด คือ 1.57 กรัม ส่วนพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีแดงมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 1.44 กรัม และพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีน้ำเงิน มีน้ำหนักมากที่สุด 0.65 กรัม (ตารางที่ 4.40)

ผลการทดลองพบว่า สายพันธุ์แคนเทอร์ และพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 2 สายพันธุ์เช่นเดียวกับจำนวนยอด พบว่าสายพันธุ์ซีลีเบรสและแคนเทอร์ มีจำนวนยอดมากที่สุด คือ 3.10 และ 2.65 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ รองลงมาสายพันธุ์คริสตัลไวท์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด คือ 74.00 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนยอด 3.00 ยอดต่อชิ้นส่วน การเกิดราก ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด คือ 68.66, 61.32 และ 46.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41)

ชั้นส่วนตาข้างเบญจมาศทั้ง 3 สายพันธุ์ สายพันธุ์แคนเทอร์ ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด คือ 83.33, 93.33 และ 84.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำหนักสดแคลลัส พบว่า สายพันธุ์แคนเทอร์และพันธุ์ซีลีเบรสที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีแดง มีน้ำหนักสดมากที่สุด 0.60 และ 1.67 กรัม ส่วนสายพันธุ์คริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีขาวมีน้ำหนักสด คือ 1.26 กรัม (ตารางที่ 4.42) เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดทั้ง 3 สายพันธุ์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุด คือ 82.33, 80.00 และ 76.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับจำนวนยอดทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาว มีจำนวนมากที่สุด คือ 2.30, 1.50 และ 1.93 ยอดต่อชิ้นส่วน ทำนองเดียวกับเปอร์เซ็นต์การเกิดราก พบว่าสายพันธุ์ซีลีเบรส และคริสตัลไวท์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง cool white สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด 56.00 และ 46.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสายพันธุ์แคนเทอร์ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีขาวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 40.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.43)

ตารางที่ 4.40 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส และน้ำหนัก ชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10

แหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส (เปอร์เซ็นต์)			น้ำหนัก (กรัม)		
	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์
cool white สีขาว	96.00±0.00a	93.33±1.00a	93.33±0.00a	1.22±0.10c	1.39±0.02	0.57±0.09ab
LED สีขาว	76.67±2.08c	90.00±1.15ab	90.00±0.57ab	1.57±0.07a	1.41±0.04	0.53±0.03b
LED สีแดง	76.66±1.00c	83.33±1.00b	90.00±0.00ab	1.38±0.04b	1.44±0.03	0.49±0.03b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	83.33±0.57b	73.33±1.15c	84.33±0.57c	1.53±0.09ab	1.37±0.08	0.57±0.02ab
LED สีน้ำเงิน	86.43±0.57b	71.00±0.57d	86.66±1.73b	1.17±0.03c	1.39±0.07	0.65±0.04a
สภาพไม่มีแสง	76.66±1.00c	76.60±0.57c	86.76±0.57b	0.60±0.03d	1.39±0.04	0.31±0.03c
F-test	**	**	**	**	ns	**
CV (%)	2.73	7.51	6.05	5.65	23.94	8.90

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.41 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดราก จากชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10

แหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด (เปอร์เซ็นต์)			จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นส่วน)			เปอร์เซ็นต์การเกิดราก (เปอร์เซ็นต์)		
	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์
cool white สีขาว	80.00±1.00a	80.00±1.00a	62.20±1.15ab	2.65±0.10a	3.10±0.87a	2.55±1.45ab	68.66±2.80a	61.32±0.57a	46.66±0.57a
LED สีขาว	74.43±0.57bc	78.86±0.57ab	74.00±2.00a	0.80±0.55c	2.75±1.48ab	3.00±1.04a	66.32±1.83ab	47.76±0.57b	42.20±3.00ab
LED สีแดง	78.86±0.57ab	73.33±2.00b	58.66±0.57b	1.51±0.01ab	1.25±1.47bc	1.30±0.94bc	62.00±3.20b	50.00±0.00ab	36.60±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	72.20±0.57c	74.43±0.57b	58.00±0.57b	1.13±0.05b	1.35±1.04b	1.20±0.80bc	60.00±2.13c	47.76±0.57b	43.33±3.00ab
LED สีน้ำเงิน	71.10±0.57c	77.76±0.57ab	63.00±0.57ab	1.12±0.05b	1.25±0.85bc	1.20±0.80bc	63.22±2.90b	45.53±0.57b	42.20±2.08ab
สภาพไม่มีแสง	58.86±0.57d	57.76±0.57c	34.00±1.52c	0.13±0.11d	0.24±0.30c	0.65±0.85c	63.00±1.20b	38.86±0.57c	24.43±1.52c
F-test	**	**	**	*	**	**	*	**	*
CV (%)	2.66	4.41	6.95	6.55	8.68	14.19	16.37	4.74	17.97

¹/ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.42 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส และน้ำหนัก ชิ้นส่วนข้างเบญจมาศสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10

แหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส (เปอร์เซ็นต์)			น้ำหนัก (กรัม)		
	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์
cool white สีขาว	83.33±0.00a	93.33±1.00a	84.33±0.00a	0.44±0.05b	1.28±0.06b	1.03±0.06abc
LED สีขาว	76.66±0.00b	88.86±0.57b	80.00±0.00ab	0.36±0.03bc	0.58±0.08d	1.26±0.11a
LED สีแดง	80.00±1.00ab	90.10±0.57ab	80.00±1.00ab	0.60±0.07a	1.67±0.11a	0.74±0.56bc
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	76.66±1.00b	90.00±1.00ab	77.76±0.57b	0.45±0.03b	0.42±0.06e	1.12±0.06abc
LED สีน้ำเงิน	76.66±1.00b	86.60±1.00b	77.76±0.57b	0.56±0.10ab	0.63±0.04d	1.20±0.10ab
สภาพไม่มีแสง	56.25±1.00c	76.86±1.52c	70.00±1.00c	0.32±0.02bc	0.80±0.12c	0.67±0.03c
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3.62	3.71	2.68	12.98	9.81	14.04

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง; * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.43 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดราก จากชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 10

แหล่งกำเนิดแสง	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด (เปอร์เซ็นต์)			จำนวนยอด(ยอด/ชิ้นส่วน)			เปอร์เซ็นต์การเกิดราก (เปอร์เซ็นต์)		
	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์	แคนเทอร์	ซีลีเบรส	คริสตัลไวท์
cool white สีขาว	82.33±0.00a	80.00±1.00a	76.67±10.32a	2.30±0.74a	1.50±1.00a	1.93±2.88a	37.00±0.57ab	56.00±1.00a	46.66±0.57a
LED สีขาว	76.66±0.00b	72.20±0.57b	60.00±6.32b	1.20±0.59b	1.45±0.62ab	1.15±2.88b	40.00±0.57a	47.76±0.57bc	43.33±3.00ab
LED สีแดง	80.00±1.00ab	74.43±1.52b	60.00±6.32b	1.90±1.32ab	0.80±0.54bcd	1.15±2.88b	38.00±1.72ab	50.00±1.00b	40.00±1.00b
LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1	76.66±1.00b	70.00±1.00c	45.00±5.47c	1.00±1.35b	0.90±0.76abcd	1.33±1.15b	32.00±1.00c	47.66±0.57bc	43.33±3.00ab
LED สีน้ำเงิน	76.66±1.00b	77.76±0.57ab	45.00±5.47c	1.10±0.66b	0.95±1.24abc	1.33±1.15b	35.53±1.0b	46.33±0.57bc	40.00±1.00b
สภาพไม่มีแสง	56.25±1.00c	56.66±0.57d	43.00±5.47d	0.40±0.40c	0.10±0.11d	0.10±0.00c	36.00±0.57b	38.00±0.57c	36.66±1.52c
F-test	**	*	**	**	**	**	*	**	*
CV (%)	3.62	4.39	10.87	16.30	16.77	21.41	9.67	6.44	15.97

¹ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง , * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการชักนำกลีบดอกเบญจมาศให้เกิดแคลลัสและยอด ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนกลีบดอกเบญจมาศ 3 สายพันธุ์ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ บนสูตรอาหาร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ Kinetin ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า กลีบดอกเบญจมาศทั้ง 3 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ cool white สีขาวไปในทิศทางเดียวกันมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอดและเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด เนื่องจากแสงสีขาวเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปเมื่อพืชได้รับแสงที่มีความเข้มแสงสูงขึ้น ซึ่งการทดลองนี้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (control) มีความเข้มแสงมากกว่าหลอด LED ทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น (สมบุญ เตะชะภิญญาวัฒน์, 2548) และแสงสีขาวเป็นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้ ประกอบด้วยทั้งหมด 7 สี คือ แดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งเป็นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-800 นาโนเมตร และทำให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้นเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต (วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jaacov *et al.* (1972) ได้ศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนข้อเบญจมาศที่เพาะเลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสง LED สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสและจำนวนยอดมากที่สุด เช่นเดียวกับ El-Naggar. (2012) ได้เพาะเลี้ยงกลีบย่อยกลีบสายพันธุ์ "Prato" ที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีขาว พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนยอดมากที่สุด ทั้งนี้ความยาวคลื่นที่เหมาะสม และปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อการเกิดแคลลัส และพัฒนาแคลลัส (วันทนีย์ สว่างอารมณ์, 2542) ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ชนิดชิ้นส่วน และระยะการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนที่นำมาใช้ (รังสฤษฎ์ กาวิตะ, 2541) จากงานวิจัยของ จิตราพรพรรณ พิสิทธ์ (2550) พบว่า การเพาะเลี้ยงเมล็ดกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์สีขาว มีความสูงต้นและความยาวใบมากที่สุด และ Chung *et al.* (2014) ศึกษาเมล็ดผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดภายใต้แสงสีต่างๆ พบว่า ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์สีขาว มีน้ำหนักสด และจำนวนใบมากที่สุด ในทางกลับกันการเพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศในสภาพไม่มีแสง พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสน้อยที่สุด เนื่องจากในสภาวะความเข้มแสงน้อยส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่จึงทำให้มีการแบ่งเซลล์ และขยายตัวของเซลล์ลดลง มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของพืช เช่นกระบวนการเมแทบอลิซึมลดลง (สมบุญ เตะชะภิญญาวัฒน์, 2548) ขณะที่การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ของเบญจมาศทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดในช่วงความยาวคลื่นแสง 430 นาโนเมตร และ 662 นาโนเมตร ในขณะที่คลอโรฟิลล์บี สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร เป็นช่วงคลื่นแสงที่พืชดูดซับได้มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bula *et al.* (1991) ศึกษาการใช้หลอด LED แสงสีแดงต่อสีน้ำเงินในใบข้าว ส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด และทำให้ใบข้าวมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาการชักนำตาข้างเบญจมาศให้เกิดแคลลัสและยอด ในสภาพแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอด LED ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาข้างเบญจมาศทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่เลี้ยงภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ cool white สีขาว เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนยอดมากที่สุดเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงกลีบดอก เนื่องจากชิ้นส่วนตาข้างมีการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญได้ดี และการตอบสนองต่อแสงสีขาวดีกว่าแสงอื่นๆ ทั้งนี้ การชักนำให้เกิดแคลลัส และยอดนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และพันธุกรรมของพืชก็มีผลอย่างมากเช่นกัน (กานัญญู กาญจนภูมิ, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุบลพงษ์และคณะ (2556) ได้ศึกษาชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาข้างที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white แสงสีขาว พบว่าเบญจมาศที่ได้จากชิ้นส่วนตาข้างสามารถพัฒนาไปเป็นต้นได้ Zohreh *et al.* (2013) ได้ศึกษาอิทธิพลของคุณภาพแสงที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white แสงสีขาว พบว่าสามารถชักนำให้เนื้อเยื่อส่วนใบของจิกสวนเกิดแคลลัสได้มากที่สุด จากการศึกษาของอนุพันธ์กิ่งบังเกิด (2560) ทำการศึกษาชิ้นส่วนโปรโตคอร์ัมของกล้วยไม้สำเภางาม เลี้ยงภายใต้หลอด cool white สีขาว พบว่า ชิ้นส่วนโปรโตคอร์ัมมีจำนวนยอดมากที่สุดในทิศทางเดียวกัน Bakhshai *et al.* (2010) ได้เพาะเลี้ยงใบแวมบูร่าเพื่อชักนำให้เกิดแคลลัส พบว่า ชิ้นส่วนใบที่เลี้ยงภายใต้หลอด cool white แสงสีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมากที่สุด เช่นเดียวกันกับการศึกษา Phanumas *et al.* (2007) ศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบลิลลี่ ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ พบว่า ชิ้นส่วนใบพัฒนาเป็นแคลลัสมากที่สุด Sungsuwan *et al.* (2010) ได้ทดลองเพาะเลี้ยงตาข้างของกวาวเครือขาว ที่เลี้ยงภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ พบว่า ตาข้างพัฒนาไปเป็นยอดที่สมบูรณ์ได้เป็นจำนวนมาก ส่วนตาข้างเบญจมาศที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง มีน้ำหนักสดแคลลัสมากที่สุด ในทิศทางเดียวกันการทดลองของ ชูติมา คุณาไทย (2556) ทำการเพาะใบเลี้ยงอ่อนถั่วฝักยาวที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง พบว่า มีน้ำหนักสดแคลลัสมากที่สุด เนื่องจากแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุด ทั้งนี้พืชแต่ละชนิด และสายพันธุ์จะตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงแตกต่างกันในบางพืช

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลความเข้มแสงจากหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต

จากการศึกษาความเข้มแสงที่แตกต่างกันของหลอด LED อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 ต่อการชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนกลีบดอก และตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส พบว่า กลีบดอกและตาข้างเบญจมาศที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส และปริมาณน้ำตาลมากที่สุด แต่ถ้าพืชได้รับความเข้มแสงที่มากเกินไปมีผลกระทบต่อการทำงานของฮอร์โมนออกซินภายในต้นพืช โดยฮอร์โมนออกซินส่งเสริมการขยายขนาดของเซลล์ และถูกสร้างบริเวณรากทำให้อัตราการเกิดแคลลัสลดลง (ฉัฐกุล บุญวงศ์ และคณะ 2558) ปัจจุบันปัจจัยทางกายภาพเปลี่ยนไปมากส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของพืช โดยเฉพาะปัจจัยหลักเช่น ความเข้มแสง (light intensity) ที่สูงหรือต่ำเกินไปนอกจากจะมี ผลต่อขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบแสงสอง (photosystem II: PSII) โดยไปรบกวนศูนย์กลางปฏิกิริยาแสง (photosynthetic reaction center) และทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง แสงมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์ปริมาณน้ำตาล (Jaakola *et al.*, 2004) ทั้งนี้เนื่องจากแสงเป็นตัวส่งสัญญาณไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายสารอาหารจำพวกน้ำตาล และคาร์โบไฮเดรตในต้นพืชซึ่งเป็นแหล่งสร้างอาหารไปยังสู่แหล่งที่ใช้อาหารเช่น ใบ (Lester *et al.* 1994) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prasad *et al.* (1988) ได้ศึกษาความเข้มแสงที่ระดับ 200, 150 และ 100 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที จากการเจริญเติบโตของต้นพิทูเนีย พบว่าที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีผลทำให้ขนาดความกว้างของทรงพุ่มและความสูงดีที่สุดเนื่องจาก คุณภาพและความเข้มแสงส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการต่างๆ และสัณฐานวิทยาของพืช พืชได้รับความเข้มแสงมากจึงมีความสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นส่วนทางสัณฐานวิทยาของพืชในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าความเข้มแสงที่ต่ำ ขณะที่พืชยูสินี เพชรไทย (2560) รายงานว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ความเข้มแสง 180.79 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ให้การเจริญเติบโตในผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดสูงที่สุด จากการศึกษาความเข้มแสงต้นเฟิร์นของ Zhang *et al.* (2010) พบว่า ภายใต้อัตราส่วนสีแดง:สีน้ำเงินต่อแสงสีแดงที่ความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ ต้นอ่อนเฟิร์นมีน้ำหนักต้น และขนาดต้นใหญ่มากที่สุดเนื่องจากคุณภาพของแสงมีผลต่อประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง ในทิศทางเดียวกันสุทธิดา มณีเมือง (2558) ศึกษาความเข้มแสงจากหลอด LED สีน้ำเงินต่อสีแดงต่อการเจริญเติบโตผักสลัดเรดโอ๊คที่ความเข้มแสง 4,338 ลักซ์ พบว่า ความสูงต้น และความยาวรากสูงสุด ในทิศทางเดียวกันศึกษาความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตว่านสาวหลงพบว่า ที่ความเข้มแสง 150 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ดังนั้นพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงและความเข้มแสงแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของความยาวคลื่นแสงจาก หลอด cool white สีขาว และหลอด LED ต่อการพัฒนาของแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงกลีบดอก และตาข้างเบญจมาศ 3 สายพันธุ์ พบว่า ภายใต้หลอด cool white สีขาว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส เปอร์เซ็นต์การเกิดราก เปอร์เซ็นต์เกิดยอด และจำนวนยอดมากที่สุด ในขณะที่เลี้ยงภายใต้หลอด LED สีแดง:สีน้ำเงิน 3:1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด และที่ระดับความเข้มแสง 200 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที พบว่า กลีบดอกและตาข้างเบญจมาศพันธุ์ซีลีเบรส เกิดแคลลัสดีที่สุด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กระทรวงเกษตร ประมง และป่าไม้ญี่ปุ่น. 2557. สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ปี ๒๕๕๖. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 139 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2546. เอกสารวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสวน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 467 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2557. เอกสารวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสวน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 321 หน้า.
- คำนำญ กาญจนภูมิ. 2552. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 72 หน้า.
- จิตราพรรณ พิสิก. 2550. การเพาะเมล็ดและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้. หลักสูตรการเพาะเมล็ดและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ ณ สวนกล้วยไม้ระพี สาคริก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 279 หน้า.
- จริงแท้ สิริพานิช. 2529. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืช เล่ม 2. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. 453 หน้า.
- ชุตินา คุณาไทย. 2556. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ในสภาพแสงสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 74 หน้า.
- ณัฐกุล บุญวงศ์ และเบญญา มโนชัย. 2558. สรีรวิทยาของพืช. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. นครปฐม. 546 หน้า.
- บุญหงษ์ จงคิด. 2548. ไม้ดอกไม้ประดับ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 266 หน้า.
- พิชญ์สินี เพชรไทย. 2560. ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 1 (2): 54-59
- รอรอง วิเศษสุวรรณ. 2542. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. 186 หน้า.
- รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ. 2541. เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ขั้นพื้นฐาน. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 124 หน้า.
- วันที สว่างอารมณ์. 2542. การเจริญและการเติบโตของพืช. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. กรุงเทพมหานคร. 366 หน้า.
- วัลลภ พรหมทอง. 2541. การผลิตไม้ตัดดอกไม้ประดับ. โรงพิมพ์เสียงเชียงใหม่. กรุงเทพมหานคร. 198 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา. 2556. **สรีวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. นครปฐม. 461 หน้า.
- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547. **สรีวิทยาของพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 173 หน้า.
- สุทธิดา มณีเมือง. 2558. ผลของความเข้มแสงจากชุดหลอดแอลอีดีสำหรับการเพาะปลูกที่มีต่อผักสลัดเรดโอ๊คในระบบโรงเรือน. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 1 (2): 63-72.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีวิทยาพืช**. โรงพิมพ์จามจุรีโปรดักท์. กรุงเทพมหานคร. 252 หน้า.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2557. **การผลิตไม้ดอกไม้ประดับ**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 123 หน้า.
- ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์. 2551. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรธานี. อุดรธานี. 121 หน้า.
- เศรษฐพงษ์ เสขะวัฒนะ. 2548. **การผลิตเบญจมาศตัดดอก**. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตรกรรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 88 หน้า.
- อักษร ศรีปลั่ง. 2539. **พฤกษศาสตร์พืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 99 หน้า.
- อัญชลี จาละ. 2550. ชนิดของแสงสีและชนิดของอาหารสังเคราะห์ที่มีต่อการงอกและเจริญเติบโตของหม้อข้าวหม้อแกงลิงในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 (2): 27-32.
- อดิศร กระแสชัย. 2535. **การปรับปรุงพันธุ์เบญจมาศ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 102 หน้า.
- อนุพันธ์ กงบังเกิด. 2560. ผลของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้สำเภางามในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 21(2): 15-22.
- อุบลพงษ์ แสงวณิช และลักขณา วรธนวหะ. 2556. การขยายพันธุ์เบญจมาศในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(2): 271-275.
- อรดี สหวัชรินทร์. 2539. **เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 329 หน้า.
- อภิชาติ สุวรรณ. 2553. **ไม้ตัดดอกและการผลิต**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 89 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bakhshaie, C.A. and Cortez, S.B. 2010. The effect of light and auxins on the regeneration of *Torenia fournieri* cells by somatic embryogenesis and organogenesis. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/284347226>. (14 พฤษภาคม 2560)
- Bula, R.J. and Tibbitts, W. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plant. **Scientia Horticulturae** 120: 808-813.
- Chung, D.T. and J.B. Hanson. 2014. The growth response of leaf lettuce at different stages to multiple wavelength-band light-emitting diode lighting. **Scientia Horticulturae** 121:149-157.
- Deitzer, G.F., Hayes, R. and Jabben. M. 1979. Kinetics and time dependence of the effect of far red light on the photoperiodic induction of flowering in wintex barley. **Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 64: 1015-1021.
- Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-A,B content of some algae species using different solvent. **Turkish Journal of Botany** 22: 13-17.
- Downs, R.A. 2009. Physiological response of plant. **Plant and Soil** 193: 103-120.
- EL-Naggar, H. 2012. *In vitro* propagation and organogenesis of lily African. **Journal of Biotechnology** 82: 1477-14776.
- Furuta, T. and Nelson K.S. 2016. The effect of high night temperature on the development of *Eucalyptus*. **Scientia Horticulturae** 61: 541-548.
- Jaacov W.D. and Pate J.S. 1972. Modelling the uptake, flow and utilization of C, N within whole plant of Chrysanthemum **Journal of Plant Physiology** 137: 488-498.
- Jaakola, D and M.V. Montagu. 2004. **Oxidative Stress in Plants**. Taylor & Franics. London.
- Kim, S.J., Hahn, E.J., Hoe, J.W. and Paek. K.Y. 2009. Effects of leds on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of Chrysanthemum plantlets *in vitro*. **Scientia Horticulturae** 101: 143-151.
- Lester, G.E., N.F. Oberker and J. Coons. 1994. Preharvest furrow and drip irrigation schedule effect on postvest muskmelon quality. **Postharvest Biol Technol** 4: 15-63.
- Lian F.G., Dan, J.F., Coscione A. and Lily L. 2011. Effect of Chinese Herbal Medicine on Male Infertility in proceeding of the lily. **Scientia Horticulturae** 135: 297-311.
- Ling-Fei. X., Feng-Wang, M and Don, L. 2012. Plant regeneration from *in vitro* cultured leaves of lily (*Lilium davidii* var. unicolor). **Scientia Horticulturae** 119: 131-138.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Matsuda, T.Y. 2011. Growth of rices plantlets cultured *in vitro* under red and blue light emitting diode (LED) irradiation source. **Scientia Horticulturae** 114: 99-115.
- Mengxi, S., Dutta, A. and Agarwal, W. 2016. Influence of LED lighting on *in vitro* orchidaceae plant regeneration and associated cellular redox balance. **Scientia Horticulturae** 120: 112-117.
- Murashige, T and skoog, F.1962. A revised medium for rapid grow and bioassay with to bacco tissue culture. **Plant Physiology** 15: 473-497.
- Nhut, DT., Hanh, N.T., Tuan, P.Q., Nguyet, L.T., Tram, Nhn.T., Chinh, N.C., Nguyen, N.H. and Vinh, D.N. 2015. Growth of bud chrysanthemum plantlets cultured *in vitro* under red and blue light emitting diode (LED) irradiation source. **Scientia Horticulturae** 575: 117-124.
- Nitsch, J. and Nitsch, C. 1969. Haloid plants from pollen grains. **Science Horticulturae** 163: 85-87.
- Phanumas, K. and Kamplon, P. 2007. Light system for growth enhancement of Thai orchids, **In Proceeding of the ECTI International Conference of Thailand**. 121: 288-301.
- Prasad, D.V., K.P. Bhagat and S. Saha. 1988. The effect of LED light on growth of *Petunia hybrida* Vilm 'Purple' under a semi-closed plant production system. **Physiology and Molecular Biology Plant** 14(1): 161-169.
- Sungsuwan, C., S. Burikam and V. Keerantinijakal. 2009. *In vitro* mass propagation of *Pueraria condollei* Grah. E x Benth . var *mirifica* (Airy Shaw and Suvat.) Niyomdham from axillary bud. p. 94-100. **In Proceedings. Of the 47th Kasetsart University Annul Conference: plant. Kasetsart University , Bangkok, Thailand.**
- Zhou, S., Ramanna M.S., Visser, R.G.F. and Tuyl j.M. 2013. Analysis of the meiosis in the F₁ hybrid of Longiflorum X Asiatic (LA of lilies *Chrysanthemum* using genomic in hybridization. **Journal of Genetic and Genomics** 35: 688-696.
- Zhang, Y.J., Z.K. Xie, Y.J. Wang, P.X. Su, L.P. An and H. Gao 2010. Effects of BA, NAA and light intensity on growth and development of *Platyserium coronarium in vitro*. **Scientia Horticulturae** 35: 55-61.
- Zohreh, J. and Morteza, K. 2013. Factors affecting tissue culture of *Barringtonia racemosa*. **Scientia Horticulturae** 105: 475-482.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962.)

1.1.1 การเตรียม Stock solution ของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

การเตรียม Stock solution ของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS โดยเตรียมส่วนของ Macroelements (MS1-MS5) ให้มีความเข้มข้น 10 เท่า ของความเข้มข้นที่ต้องการใช้ และ ส่วนของ Microelements (MS6-MS8) ให้มีความเข้มข้น 100 เท่า ดังตารางด้านล่าง

MS	สารเคมี	ความเข้มข้น (mg/L)	ปริมาตรของ stock solution
Macroelements	NH_4NO_3	1,650.00	100 มิลลิลิตร
	KNO_3	1,900.00	100 มิลลิลิตร
	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	450.00	100 มิลลิลิตร
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370.00	100 มิลลิลิตร
	KH_2PO_4	170.00	100 มิลลิลิตร
Microelements	$\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	86.0	10 มิลลิลิตร
	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22.3	
	H_3BO_3	6.2	
	KI	0.83	
	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.25	
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.025	
	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.025	
	$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	37.30	
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	27.85	
	Myo-inositol	100.0	
	Nicotinic acid	0.5	
	Pyridoxine.HCl	0.5	
	Thiamine.HCl	0.1	
Glycine	2.0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวแพรววี ตะเพียนทอง
วัน เดือน ปีเกิด	6 ธันวาคม 2534
ที่อยู่	52 หมู่ 9 ตำบลคลองจินดา อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110
ประวัติการศึกษา	2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง
ผลงานตีพิมพ์	2559 ผลของแสงสีจากหลอด LED ต่อการเพาะเลี้ยงกลีบดอก เบญจมาศพันธุ์แคนเทอร์. ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 15 “พืชสวนไทย ปลอดภัย มั่นคง และยั่งยืน” 9-12 พฤศจิกายน 2559. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 57-62.
2516	Effect of light from light emitting diode (LED on petal culture of chrysanthemum cv. Canter Songklanakarin Journal of plant Science

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้