การประเมินผลของหลอด LED ต่อการเจริญเติบโตของยาสูบในหลอดทดลอง
Evaluation of light emitting diode (LED) tube on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) plant development *in vitro*

ชนิดา เจียรจิรพงศ์[1*] และ อธิวัฒน์ ติละพรพัฒน์[1]
Chanida Jianjiraphong[1*] and Athiwat Tilapornputt[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผลของการให้แสงจากหลอด LED ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาสูบในหลอดทดลอง โดยใช้หลอด LED 2 ชนิดคือ warm white และ day light การให้แสงจากหลอด LED เกิดจากการใช้หลอดแบบต่าง ๆ ร่วมกัน ดังนี้ ชุดที่ 1 warm white ทั้งหมด ชุดที่ 2 day light ทั้งหมด ชุดที่ 3 warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 ชุดที่ 4 warm white: day light อัตราส่วน 1: 1 ชุดที่ 5 warm white: day light อัตราส่วน 3: 1 โดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นชุดควบคุม ช่วงเวลาให้แสง 16 ชั่วโมง มืด 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ต้นยาสูบที่เติบโตในชุดที่ 3 มีความสูงมากกว่าชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากเปลี่ยนย้ายอาหารแล้ว 3 ครั้ง ส่วนผลของแสงจากหลอด LED ในชุดที่ 1 และ 5 มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นหลังจากเลี้ยงภายใต้แสง LED เป็นเวลา 1 เดือน ในขณะที่รากเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้แสง LED เป็นเวลา 1 เดือน ในชุดที่ 1, 3, 4 และ 5 แต่หลังจากการเปลี่ยนย้ายอาหาร ไม่พบการส่งเสริมการเจริญเติบโตทั้งยอดและราก การให้แสง LED ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณสารสีในใบ แต่พบว่าแสง LED ในชุดที่ 3 มีแนวโน้มสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ กล่าวได้ว่าแสงจากหลอด LED ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 50 ดังนั้นการให้แสงจากหลอด LED จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้งานในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้

คำสำคัญ: ยาสูบ LED ในหลอดทดลอง

Abstract

This research aimed to study the effect of LED lighting on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) growth *in vitro*. LED light tubes with warm white LED and day light LED, were used in the experiment. Five combinations of LED light tubes were tested as followed; all warm white tubes (T1), all day light tubes (T2), warm white: day light ratio of 1: 3 (T3), warm white: day light ratio of 1: 1 (T4) and warm white: day light ratio of 3: 1 (T5). These treatments were compared with the conventional fluorescence light tube. The photoperiod was adjusted to 16/8 light/dark cycle and the temperature was controlled at 25±4°C. It was found that LED light treatment had no effects on plant height at the beginning of the experiment, but after subculture for 3 times, the plants grown in T3 had significantly higher plant growth than other conditions. The effect of LED lighting in T1 and T5 promoted shoot fresh weight and dry weight after 1 month, while T1, T3, T4 and T5 also enhanced root growth after 1 month. However, growth enhancement effects were not observed after subculturing. LED lighting had no significant effects on photosynthetic pigment contents, but T3 showed the tendency to increase chlorophyll *b* and carotenoid contents. As LED lighting can be used to substitute the use of fluorescence light without negative effects on plant growth. Moreover, it can save the energy consumption up to 50%. These results suggest an alternative choice for using LED lighting system application in plant tissue culture room.

Keywords: tobacco, LED, *in vitro*

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330
[1] Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330
*Corresponding author: e-mail: ch.jianjiraphong@gmail.com
Received: *July 6, 2021*, Accepted: *October 1, 2021*, Published: *December 31, 2021*

บทนำ

เนื่องจากภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีการจัดการเรียนการสอนรายวิชา 2305451 การเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และ 2305452 ปฏิบัติการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ในภาคการศึกษาต้น เป็นประจำทุกปี โดยได้ใช้เนื้อเยื่อยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) เป็นตัวอย่างในการเรียนปฏิบัติการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาโดยตลอด ในอดีตห้องปฏิบัติการเลี้ยงเนื้อเยื่อกลางมีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) แสงสีขาวนวล cool white (4,200k) ที่มีกำลังไฟฟ้า 36 วัตต์ และมีการปล่อยความร้อนขณะทำงาน ส่งผลต่อการเพิ่มของอุณหภูมิภายในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของห้องเฉลี่ยที่ 25 องศาเซลเซียส ปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลอดไฟฟ้า LED (Light Emitting Diode) ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 8 - 10 วัตต์ แต่ให้ความเข้มแสงใกล้เคียงกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีกำลังไฟ 36 วัตต์ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การให้แสงจากหลอด LED ที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในหลอดทดลอง และส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนั้นมีรายงานว่าหลอด LED ยังใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดไฟฟ้ารุ่นเก่า อีกทั้งช่วยประหยัดพลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย (Cioć *et al*., 2018)

แสงมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ในเชิงปริมาณ (ความเข้มของแสง) และในเชิงคุณภาพ (ความยาวคลื่นของแสง) แสงที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เพื่อการเจริญเติบโต สร้าง ใบ ดอก และผล คือแสงในช่วงที่มนุษย์มองเห็น (visible light) ซึ่งมีความยาวคลื่น 380 – 770 นาโนเมตร แต่จะมีช่วงแสงเฉพาะที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ เรียกว่า photosynthetically active radiation (PAR) อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ซึ่งสำคัญมากต่อพืชในการใช้พลังงานเพื่อสังเคราะห์ด้วยแสง ปกติพืชจะดูดซึมแสงเพื่อสร้าง chlorophyll *a* และ chlorophyll *b* (chlorophyll molecules type a & b) ได้ดีที่สุดระหว่างความยาวคลื่น 400 – 800 นาโนเมตร (แสงสีน้ำเงิน) และระหว่าง 630 – 680 นาโนเมตร (แสงสีแดง) (นภัทร และไชยยันต์, 2560) จึงกล่าวได้ว่าแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ ดังนั้นทางภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงเห็นความสำคัญที่จะพัฒนาการเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) ในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้หลอด LED 2 อุณหภูมิสีในการทดลองนี้ ได้แก่ warm white (3,000 – 3,200k) และ day light (6,000 – 6,500k) เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ cool white (4,200k) ซึ่งมีช่วงแสงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ทำให้มีผลต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของแสงจากหลอด LED ที่มีผลต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของต้นยาสูบในหลอดทดลอง

ระเบียบวิธีวิจัย

1. เตรียมเนื้อเยื่อต้นยาสูบในหลอดทดลอง

ฟอกเมล็ดยาสูบ (Surface sterilization) โดยการนำเมล็ดยาสูบฟอกฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วินาที และตามด้วย สารละลายคลอร็อกซ์เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ Tween-20 จำนวน 1 หยด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นล้างสารละลายคลอร็อกซ์ออกด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 รอบ นำเมล็ดยาสูบที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วมาเพาะในอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) ความเข้มแสง (356.18 lux) ให้แสง 16 ชั่วโมง/ วัน ในการเพาะเมล็ดยาสูบ ที่อุณหภูมิ 25±4 องศาเซลเซียส เมื่อต้นยาสูบสูงประมาณ 5 ถึง 10 เซนติเมตร จึงเปลี่ยนย้ายอาหาร โดยใช้บริเวณยอดข้อแรก ความสูงประมาณ 2 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มจำนวนต้นให้ได้อย่างน้อย 180 ต้น

2. วางแผนการทดลองเพื่อศึกษาผลของหลอด LED ต่อการเจริญเติบโตของยาสูบ

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยต้นกล้ายาสูบอย่างน้อย 4 ต้น เพื่อทดสอบการใช้หลอดไฟ 5 แบบ ตามอัตราส่วนของแสง และความเข้มแสง (lux) ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 warm white ทั้งหมด (1,229.41 lux)

ชุดการทดลองที่ 2 day light ทั้งหมด (1,270.30 lux)

ชุดการทดลองที่ 3 warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 (1,302.34 lux)

ชุดการทดลองที่ 4 warm white: day light อัตราส่วน 1: 1 (1,261.30 lux)

ชุดการทดลองที่ 5 warm white: day light อัตราส่วน 3: 1 (1,141.14 lux)

เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (356.18 lux) ที่เป็นชุดควบคุม และทุกชุดการทดลองจะให้แสง 16 ชั่วโมง/วัน ที่อุณหภูมิ 25±4 องศาเซลเซียส วางต้นยาสูบที่เพิ่งเปลี่ยนอาหารลงตามชั้นที่มีหลอด LED ตามที่กำหนด อย่างน้อยชุดการทดลองละ 10 ขวด ต่อ ซ้ำ

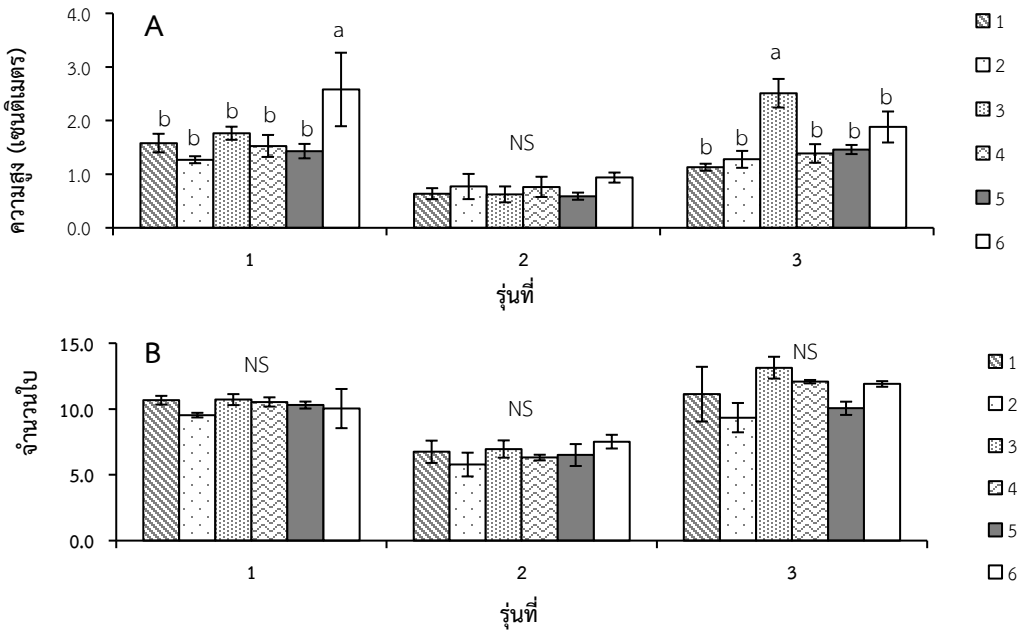
3. ติดตามการเจริญเติบโตของต้นยาสูบ และการเปลี่ยนย้ายอาหาร

เปลี่ยนอาหารต้นยาสูบ ทุก 1 เดือนลงในอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เตรียมใหม่ ติดตามการเจริญเติบโตของยาสูบทั้ง 3 รุ่น แต่ละรุ่นเก็บข้อมูลจำนวน 3 ซ้ำ โดยนับจำนวนใบ/ ความสูงของต้น ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน ชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ทุก 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน วัดปริมาณสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงตามวิธีของ Alan (1994) โดยตัดชิ้นส่วนพืช บริเวณใบแรกขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น แช่ชิ้นส่วนพืชใน อะซีโตน 80 เปอร์เซนต์ ในที่มืด เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นจึงนำสารที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนพืช และ อะซีโตน 80 เปอร์เซนต์ มาวัดปริมาณสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer จำนวน 3 ซ้ำ ต่อการทดลอง 1 รุ่น หลังจากเพาะเลี้ยงพืชเป็นเวลา 3 เดือน (รวม 3 รุ่น)

นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาความแปรปรวนของค่าการเจริญเติบโตโดยใช้ one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

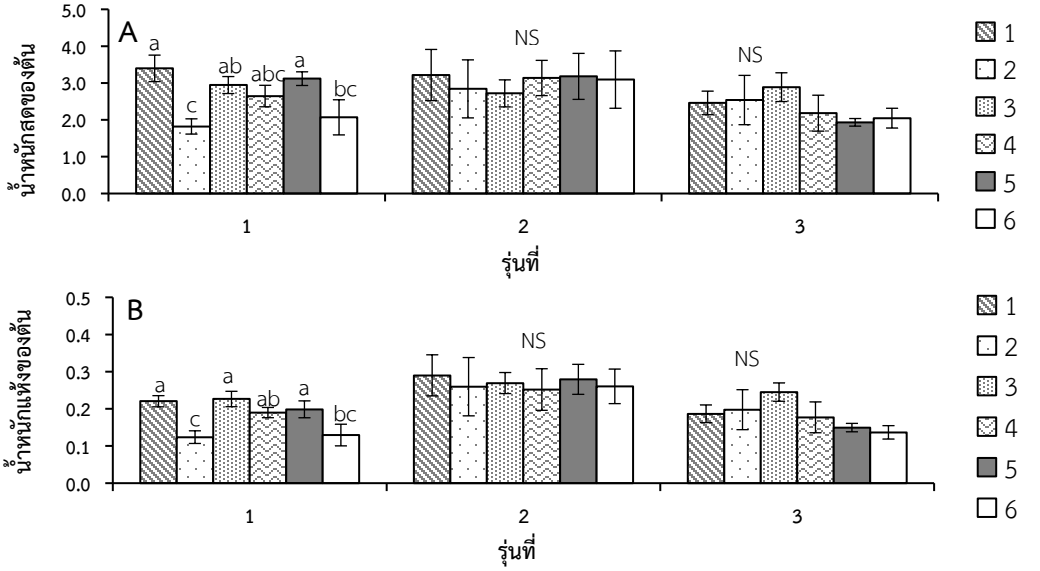
ผลการวิจัย

จากการประเมิน หลอด LED ต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยาสูบในหลอดทดลอง พบว่า ชุดที่ 3 ที่ให้แสง warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 ต่อความสูงของต้นยาสูบในหลอดทดลอง ในรุ่นที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 3 พบว่าต้นยาสูบในหลอดทดลองมีความสูงมากที่สุด คือ 5.60 เซนติเมตร และ 4.50 เซนติเมตร และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น (ภาพที่ 1A) สำหรับผลของการทดลองที่ให้แสงในชุดที่ 3 warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 ต่อจำนวนใบของเนื้อเยื่อยาสูบในหลอดทดลอง ในรุ่นที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในรุ่นที่ 3 พบว่าต้นยาสูบในหลอดทดลองมีจำนวนใบมากที่สุด คือ 22 ใบ (ภาพที่ 1B)

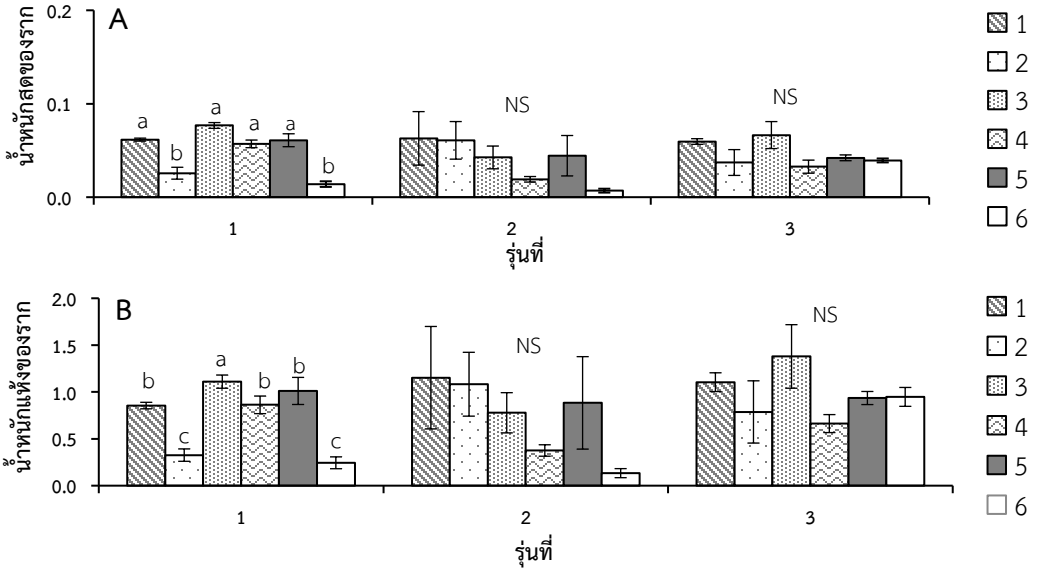


ภาพที่ 1 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อความสูงของต้นยาสูบในหลอดทดลอง (A), จำนวนใบของต้นยาสูบในหลอดทดลอง (B)

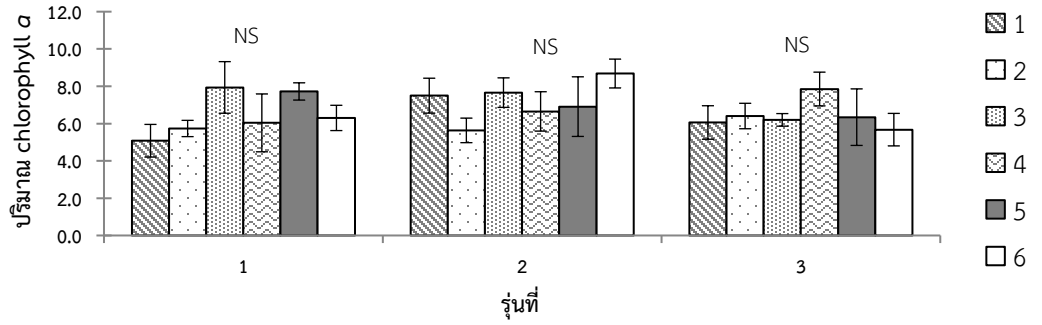
น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นยาสูบในหลอดทดลองในชุดการทดลองที่ 1 ที่ให้แสง warm white ในรุ่นที่ 1 มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น คือ 4.7101 กรัม (ภาพที่ 2A) และ 0.2829 กรัม (ภาพที่ 2B) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในรุ่นที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และผลการทดลองจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากยาสูบในหลอดทดลองในชุดการทดลองที่ 1 ให้แสง warm white ในรุ่นที่ 1 มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น คือ 1.5884 กรัม (ภาพที่ 3A) และ 0.1104 กรัม (ภาพที่ 3B) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในรุ่นที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการวัดปริมาณสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงตามวิธีของ Alan (1994) หลังจากเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นยาสูบ ทั้ง 3 รุ่น พบว่า ปริมาณ chlorophyll *a* (ภาพที่ 4) , chlorophyll *b* (ภาพที่ 5) และ carotenoid (ภาพที่ 6) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



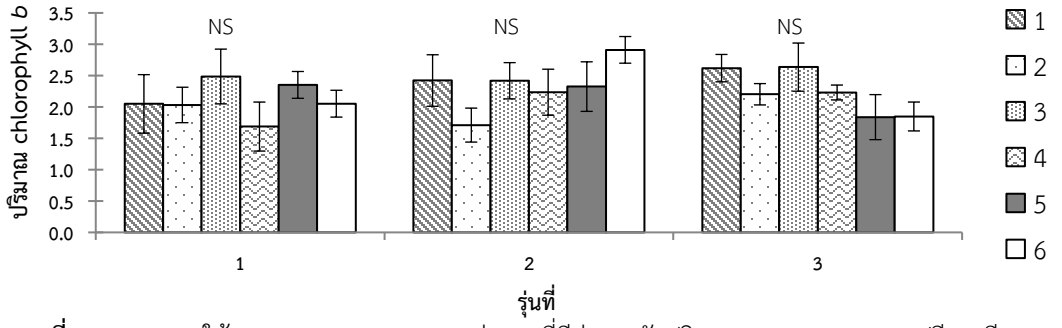
ภาพที่ 2 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อน้ำหนักสดของต้นยาสูบในหลอดทดลอง (A), น้ำหนักแห้งของต้นยาสูบในหลอดทดลอง (B)



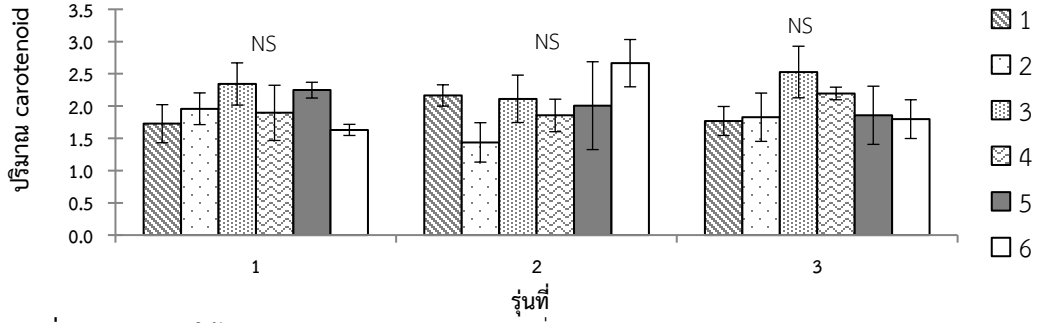
ภาพที่ 3 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อน้ำหนักสดของรากยาสูบในหลอดทดลอง (A), น้ำหนักแห้งของรากยาสูบในหลอดทดลอง (B)



ภาพที่ 4 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อการวัดปริมาณ chlorophyll *a* เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$



ภาพที่ 5 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อการวัดปริมาณ chlorophyll *b* เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$



ภาพที่ 6 ผลของการให้แสงจากหลอด LED แบบต่าง ๆ ที่มีต่อการวัดปริมาณ carotenoid เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

ตารางที่ 1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี และเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

แหล่งกำเนิดแสง (ชนิดของหลอดไฟ)	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	เปอร์เซ็นต์ การประหยัดพลังงาน
LED warm white ทั้งหมด (18 w, 1,229.41 lux)	420.48	2,102.40	50.00
LED warm white ทั้งหมด (18 w, 1,270.30 lux)	420.48	2,102.40	50.00
LED warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 (18 w, 1,302.34 lux)	420.48	2,102.40	50.00
LED warm white: day light อัตราส่วน 1: 1 (18 w, 1,261.30 lux)	420.48	2,102.40	50.00
LED warm white: day light อัตราส่วน 3: 1 (18 w, 1,141.14 lux)	420.48	2,102.40	50.00
Fluorescent (cool white; 36w, 356.18 lux)	840.96	4,204.80	-

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของแสงจากหลอด LED จำนวน 5 ชุดการทดลอง คือ ชุดที่ 1 หลอด LED ชนิด warm white ทั้งหมด (1,229.41 lux) ชุดที่ 2 หลอด LED ชนิด day light ทั้งหมด (1,270.30 lux) ชุดที่ 3 หลอด LED ชนิด warm white: ชนิด day light อัตราส่วน 1: 3 (1,302.34 lux) ชุดที่ 4 หลอด LED ชนิด warm white: ชนิด day light อัตราส่วน 1: 1 (1,261.30 lux) และชุดที่ 5 หลอด LED ชนิด warm white: ชนิด day light อัตราส่วน 3: 1 (1,141.14 lux) เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (356.18 lux) ซึ่งเป็นชุดควบคุม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อของต้นยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) ในหลอดทดลอง บนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การทดลองในชุดที่ 3 warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 (1,302.34 lux) นั้นให้ผลดีกว่าการทดลองวิธีอื่น ๆ กล่าวได้ว่า ความเข้มแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาสูบในหลอดทดลอง ได้แก่ ความสูงของต้นยาสูบในหลอดทดลองรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 3 มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้ น้ำหนักแห้งของต้นยาสูบในหลอดทดลองในรุ่นที่ 1 น้ำหนักสดของรากยาสูบในหลอดทดลองในรุ่นที่ 1 และน้ำหนักแห้งของรากยาสูบในหลอดทดลองในรุ่นที่ 1 นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนใบของยาสูบในหลอดทดลอง, ปริมาณ chlorophyll *a,* chlorophyll *b* และ carotenoid ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ หลังจากเพาะเลี้ยงเนื่อเยื่อต้นยาสูบเป็นเวลา 3 เดือนเมื่อนำหลอด LED มาเปรียบเทียบการประมาณการใช้ไฟฟ้า (ตารางที่ 1) แล้วพบว่า การนำหลอด LED มาใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถประหยัดพลังงาน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อได้เป็นอย่างดี และช่วยลดค่าไฟฟ้าต่อปีได้มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยการประเมินหลอด LED ต่อการเจริญเติบโตของยาสูบในสภาวะปลอดเชื้อในครั้งนี้ พบว่า ผลของแสงจากหลอด LED ทั้ง 5 ชุดที่เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็นชุดควบคุมนั้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาสูบในหลอดทดลอง เนื้อเยื่อยาสูบสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกชุดการทดลอง แต่ชุดที่ 3 ที่ให้แสง warm white: day light อัตราส่วน 1: 3 (1,302.34 lux) นั้นให้ผลดีกว่าการทดลองที่ให้แสงอื่น ซึ่งในชุดการทดลองนี้ พบว่า ค่าความเข้มแสงในอัตราส่วนนี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยาสูบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น อีกทั้งความสูงของต้นยาสูบในหลอดทดลองสัมพันธ์กับค่าความเข้มแสงที่วัดได้ ต้นยาสูบในหลอดทดลองที่ได้รับแสงน้อยจะมีลำต้นยืด โดยเฉพาะชุดที่ 6 ที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (356.18 lux) เป็นชุดควบคุมนั้น ซึ่งแสงนั้นเป็นแหล่งพลังงาน และเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี สำหรับนำไปใช้พัฒนาการเจริญเติบโตของพืช kami et al. (2010) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุพันธ์ และคณะ (2017) ที่ได้ศึกษาผลของแสงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของโปรโตคอร์มและต้นอ่อนกล้วยไม้สำเภางามในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า มีการเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มและต้นอ่อนของกล้วยไม้สำเภางามที่เลี้ยงภายใต้แหล่งกำเนิดแสงสีต่าง ๆ ได้แก่ แสงสีขาวแบบ cool white และ warm white จากหลอด LED, แสงสีขาวแบบ cool white, warm white, blue, red, green, yellow จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า แสงจากหลอด LED ชนิด warm white สามารถพัฒนาโปรโตคอร์มใหม่ (Protocorm Like Bodies, PLBs) พัฒนาการเจริญเติบโตของ จำนวนตายอด จำนวนใบ และจำนวนรากได้

อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้หลอด LED ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชควรศึกษาประเภทของแสงที่ใช้นั้นมีผลกับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชหรือไม่ ศึกษาเกณฑ์การวัดการเจริญเติบโตของพืชซึ่งประกอบด้วยการวัดความสูงของพืช การนับจำนวนโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพืช และการวัดน้ำหนักแห้งของพืช หรือลักษณะที่แสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโต (นภัทร และไชยยันต์, 2560) นอกจากนี้ควรศึกษาชนิดของพืชนั้น ๆ และสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้มีความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา (อภิชาติ และคณะ, 2557) ทั้งนี้ หากทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยเปลี่ยนจากการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ มาใช้หลอด LED แทนนั้น พบว่า สามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าต่อปีได้มากถึง 50 % คำนวณโดยใช้หลักการคิดค่าไฟฟ้า สำหรับการคิดค่าไฟฟ้าสิ่งที่ต้องทราบประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า (energy charge) จากกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (demand change) ค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์ (power factor) ค่าบริการรายเดือน และค่า Ft (fuel adjustment charge) อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (กิโลวัตต์) (ธนวัฒน์, 2552)

ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของหลอด LED 2 ชนิด ระหว่าง warm white และ day light ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยาสูบในหลอดทดลอง ทราบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาของเนื้อเยื่อยาสูบในหลอดทดลอง สามารถพัฒนาการใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชร่วมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้นำประโยชน์จากงานวิจัยนี้ มาประยุกต์ใช้ในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกลาง และห้องปฏิบัติการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิมมาเป็นหลอด LED เพื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นยาสูบสำหรับใช้เป็นตัวอย่างการเรียนการสอน ควบคู่กับศึกษาตัวอย่างพืชชนิดอื่น ในรายวิชา 2305452 ปฏิบัติการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ประจำภาคการศึกษาต้น และสามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อโดยการศึกษาวิจัยแสงสีอื่น ๆ ของหลอด LED สำหรับทดลองกับพืชชนิดอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และดูแลแก้ไขปัญหาระหว่างดำเนินงาน ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล. 2552. หลักการคิดค่าไฟฟ้า. วารสารวิชาการ ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 36: 70–73.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไขยยันต์ บุญมี. 2560. ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช?. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 1: 158–176.

Alan, R.W. 1994. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology. 144(3): 307–313.

Cioć, M., Szewczyk, A., Żupnik, M., Kalisz, A. and B. Pawłowska. 2018. LED lighting affects plant growth, morphogenesis and phytochemical contents of *Myrtus communis* L. *in vitro*. Plant Cell Tiss Organ Cult. 37(2): 433–447. DOI: 10.1007/s11240-017-1340.

Kami, C., Lorrain, S. Hornitshek, P. and C. Fankhauser. 2010. Light-regulated plant growth and development. Current Topics in Developmental Biology. 91: 29–66. DOI: 10.1016/S0070-2153(10)91002-8.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum. 15(3): 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.