

ผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยูคาลิปตัสในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of blue/red/white LEDs combination on growth of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) tissue *in vitro*

อภิชาติ ชิดบุรี^{1*}, อนนท์ นามิน², กริช แสนสุภา² และ ธีรวัฒน์ กลายเพศ²

Aphichat Chidburee^{1*}, Anon Namin², Krit Sansupa² and Teerawat Kaipet²

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการเปล่งแสงร่วมกันหลอดไดโอดสีน้ำเงิน สีแดง และสีขาวต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) ในสภาพปลอดเชื้อ มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี โดยมีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของแสงและความเข้มแสง (lux) ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 สีน้ำเงิน: 10%(60 lux)/ สีแดง: 81% (500 lux)/ สีขาว: 9%(55 lux), กรรมวิธีที่ 2 สีน้ำเงิน: 7%(60 lux)/ สีแดง: 88%(800 lux)/ สีขาว: 5%(50 lux), กรรมวิธีที่ 3 สีน้ำเงิน: 6%(60 lux)/ สีแดง: 90% (1,000 lux)/ สีขาว: 4%(45 lux) เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (cool daylight; 36w/865, 2,426 lux) ที่ให้แสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในสภาพห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อ อุณหภูมิ 24± 2 องศาเซลเซียส พบว่า ยูคาลิปตัสมีจำนวนยอดมากที่สุดเมื่อเลี้ยงในกรรมวิธีที่ 1, 2 และให้แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ เท่ากับ 5.00, 5.15 และ 6.20 ยอดต่อชิ้นส่วนตามลำดับ ส่วนความยาวของยอดพบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 2 คือ 2.72 เซนติเมตร สำหรับน้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนมากที่สุดเมื่อเลี้ยงในกรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีให้แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ 0.0176 และ 0.0144 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคิดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบหนึ่งปีของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้งสามกรรมวิธีเปรียบเทียบกับฟลูออเรสเซนต์สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 90.90, 88.57 และ 86.35 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: หลอดไดโอดเปล่งแสง, ยูคาลิปตัส, สภาพปลอดเชื้อ

ABSTRACT: The effect of blue, red and white- monochromatic light emitting diodes (LEDs) on growth of Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) tissue *in vitro*, was investigated. The light combination treatments (Tr.) tested of the blue/red/white with light percentage ratio and light intensity (lux) were Tr.1; 10% (60 lux) blue/81% (500 lux) red/ 9%(55 lux) white, Tr.2; 7%(60 lux) blue/ 88%(800 lux) red/ 5%(50 lux) white, and Tr.3; 6% (60 lux) blue/ 90% (1,000 lux) red/ 4%(45 lux) white; compared with the fluorescent lamps (cool daylight; 36w/865; (2,424 lux) during a photoperiod of 16 hr per day for 4 weeks in the culture room at 24± 2 °C. Results showed that the number of shoots lamps gave by the Tr.1, Tr.2 and fluorescent lamps were 5.00, 5.15 and 6.20 shoots per explant, respectively. The longest shoot of 2.72 cm. was found in the Tr.2. The highest total of explants dry weight obtained from the Tr.2 and the fluorescent lamps were 0.0176 and 0.0144 g. There were also no significant differences in the amount of chlorophyll a, b and the total chlorophyll for all treatments. However, the calculation of the electrical energy use for around year of the light emitting diodes of all treatments was reduced by saving the electrical energy of 90.90, 88.57 and 86.35%, respectively when compared with the fluorescent lamps.

Keywords: LEDs, Eucalyptus, *in vitro*

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang., Rajamangala University of Technology Lanna.

² สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai.

* Corresponding author: chidburee@rmu.ac.th

บทนำ

การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อหรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ปัจจัยหนึ่งที่มีผล คือ แสง (Light) ซึ่งใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) แหล่งกำเนิดแสงเทียมแทนแสงธรรมชาติที่ให้ในชั้นเลี้ยงเนื้อเยื่อ มักนิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) นานประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้มีผลต่อการเกิดต้นท่อนที่เพิ่มขึ้น (Jao et al., 2003) ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าวัสดุอุปกรณ์หลอดไฟ นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้เกิดความร้อนที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ปล่อยออกมาทำให้อุณหภูมิภายในห้องเลี้ยงสูงขึ้น ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศ (air condition) ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อทำงานเพิ่มขึ้นและสิ้นเปลืองพลังงานมาก ส่งผลถึงค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามด้วย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการส่องสว่างก้าวหน้าไปมาก หลอดไฟฟ้าที่เป็นแบบประหยัดไฟมีหลากหลายรูปแบบ และที่กำลังได้รับความนิยมคือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LEDs; Light Emitting Diodes) เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เข้ามามีบทบาทในระบบส่องสว่างอย่างมาก โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ไม่เกิดสภาวะร้อนอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงได้มีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงมาช่วยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยการศึกษาของ อมรรัตน์ (2549) ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงสีแดงร้อยละ 80 ร่วมกับสีน้ำเงินร้อยละ 20 ทำให้โปรโตคอร์มกล้วยไม้ฟาแลนนอพซิสพัฒนาไปเป็นต้นกล้าได้ดี เช่นเดียวกับการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงสีแดงร้อยละ 80 กับสีน้ำเงินร้อยละ 20 ทำให้น้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อกล้วยไม้มากที่สุด (Nhut et al., 2002) นอกจากนี้การศึกษากับยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจของโลก เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเยื่อกระดาษ และเป็นพืชพลังงาน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาสัดส่วนของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมประกอบด้วยแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีขาวยุคาลิปตัสต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส

วิธีการทดลอง

ทำการศึกษาค้นคว้าของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกับสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวยุคาลิปตัสต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส ดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 สีน้ำเงิน: 10%(60 lux)/ สีแดง: 81%(500 lux)/ สีขาว: 9%(55 lux)

กรรมวิธีที่ 2 สีน้ำเงิน: 7%(60 lux)/ สีแดง: 88%(800 lux)/ สีขาว: 5%(50 lux)

กรรมวิธีที่ 3 สีน้ำเงิน: 6%(60 lux)/ สีแดง: 90%(1,000 lux)/ สีขาว: 4%(45 lux)

กรรมวิธีที่ 4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (cool daylight; 36w/865, 2,426 lux) (ชุดเปรียบเทียบ; control)

วางแผนการทดลองแบบ CRD (complete randomize design) มี 4 กรรมวิธี (treatment) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ (replication) เติมน้ำในอาหารสูตร Murashige and Skoog (1962) ดัดแปลงครั้งที่ 6 (Siripatanadilok and Thaiutsa, 1990) โดยใช้ยูดยูคาลิปตัสลูกผสมรหัส (Code) PO1/5 ของบริษัทสหโคเจน กรีน จำกัด (ลำพูน) ที่มีความยาวยอดประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปเลี้ยงบนชั้นเลี้ยงในแต่ละกรรมวิธี โดยให้แสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลหลังจากเลี้ยงได้นาน 4 สัปดาห์ ได้แก่ ร้อยละของการเกิดยอดใหม่, จำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วน, ความยาวของยอด (เซนติเมตร), จำนวนใบต่อชิ้นส่วน, น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กรัม), ความเขียวของใบ (SPAD) รุ่น SPAD 502 (Minolta Camera Co., Osaka, Japan) ตัวอย่างใบจำนวน 3 ใบต่อชิ้นส่วน, สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, บี และทั้งหมด (กรัม เมตร⁻²) ของใบ โดยคำนวณตามสมการมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบยูคาลิปตัสในสภาพปลอดทดลองตามวิธีของ Moran (1982); สุนทร และคณะ (2543) ดังต่อไปนี้

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ = $0.152 \cdot \text{SPAD} - 1.5$;
($R^2 = 0.908$)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ พี = $0.0583 \cdot \text{SPAD} - 0.596$;
($R^2=0.900$)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด = $0.21 \cdot \text{SPAD} - 2.09$;
($R^2=0.941$)

นอกจากนี้บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละชุดกรรมวิธี นำมาคำนวณค่าไฟฟ้าในรอบหนึ่งปี และร้อยละของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 17 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Lest Significant Difference)

ผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า เมื่อเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ 4 สัปดาห์ ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อยุคาลิปตัสในสภาพที่ให้แสงด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีร้อยละของการเกิดยอดใหม่มากที่สุด คือ ร้อยละ 100 ส่วนที่ให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงในกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1A) สำหรับจำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วนมีความแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 (Figure 1B) โดยที่สภาพให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงในกรรมวิธีที่ 1, 2 และหลอดฟลูออเรสเซนต์มีจำนวนยอดใหม่มากที่สุด คือ 5.00, 5.15 และ 6.20 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ แต่กลับพบว่า กรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความยาวของยอดในสภาพที่ให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงกรรมวิธีที่ 2 มีความยาวมากที่สุดในทุกสัปดาห์ คือ 2.21, 2.41, 2.57 และ 2.72 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 1C) นอกจากนี้จำนวนใบต่อชิ้นส่วนมีความแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Figure 1D) โดยที่ให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงในกรรมวิธีที่ 1 มีจำนวนใบมากที่สุดคือ 6.53 ใบต่อชิ้นส่วนสำหรับน้ำหนักสดของชิ้นส่วนไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 1E) แต่น้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนที่ให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงกรรมวิธีที่ 2 กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีน้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนมากที่สุด คือ 0.0176 และ 0.0144 กรัม (Figure 1F) สำหรับค่าความ

เขียวของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, บี และทั้งหมด พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน (Table 1) นอกจากนี้ลักษณะคุณภาพของเนื้อเยื่อที่มีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในทุกกรรมวิธีไม่เกิดแคลลัสได้ใบของยอดใหม่ (Figure 2) และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละชุดกรรมวิธีในรอบหนึ่งปีเมื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าในรอบหนึ่งปีและร้อยละของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า (Table 2) พบว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงในแต่ละกรรมวิธี (1, 2 และ 3) มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในรอบหนึ่งปีน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 86.35 – 90.90

วิจารณ์

การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยุคาลิปตัสในสภาพที่ให้แสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันของสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวมีร้อยละของการเกิดยอดใหม่ที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ให้แสงด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยไม่มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดใหม่ของเนื้อเยื่อส่วนมากใช้ในการชักนำให้งอกของเมล็ด และเจริญเติบโตของกล้วยไม้ เช่น *Calanthe Satsuma* (Fukai et al., 1997) ส่วนจำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วนในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ที่ไม่แตกต่างกับหลอดฟลูออเรสเซนต์เนื่องจากการเจริญและพัฒนาจุดกำเนิดยอดใหม่ของเนื้อเยื่อ ได้รับอิทธิพลจากการชักนำจากสารเคมีที่มีในอาหารที่เลี้ยงความยาวยอดของเนื้อเยื่อยุคาลิปตัสที่เลี้ยงในสภาพหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวในชุดที่มีหลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาวร้อยละ 5 ความเข้มแสง 50 ลักซ์ มีความยาวยอดมากที่สุดเนื่องจากการได้รับความเข้มของแสง (light intensity) ที่ต่ำ ส่งผลให้มีการยืดยาวของข้อและปล้อง ได้ผลเช่นเดียวกับ Kim et al. (2004) ที่ทดลองใช้หลอด LED กับต้นเบญจมาศในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า การที่ลำต้นยืดยาวเป็นการส่งเสริมหรือยับยั้งด้วยการทำงานที่ปฏิสัมพันธ์กันของตัวรับแสงสีน้ำเงินต่อสีแดง (blue/red light receptors) และที่มีความเฉพาะรับแสงของ

ไฟโตโครม (phytochrome) นอกจากนี้แสงสีแดงมีผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยามากกว่าการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ (Miyashita et al., 1997) สำหรับค่าความเขียวของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และทั้งหมดของเนื้อเยื่อคลอโรพลาสต์ที่เลี้ยงในทุกระบบวิธีไม่มีความแตกต่างกัน สัดส่วนของแสงสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวจากหลอดไดโอดเปล่งแสง มีความใกล้เคียงกับช่วงแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์

อย่างไรผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาว ที่แหล่งแสงกับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ ยังต้องขึ้นอยู่กับการขึ้นของพืช ระยะของการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อมของการเลี้ยง และสูตรอาหารที่เลี้ยงเพราะฉะนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของแสงสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวกับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

สรุป

การศึกษาผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ร่วมสีน้ำเงิน สีแดง และ สีขาวเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อคลอโรพลาสต์ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีสีน้ำเงิน: 7%(60 lux)/ สีแดง: 88%(800 lux)/ สีขาว: 5%(50 lux), ให้ผลที่ไม่แตกต่างกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (cool daylight; 36w/865, 2,426 lux) เมื่อให้แสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีจำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วน และน้ำหนักแห้งต่อชิ้นส่วน ลักษณะคุณภาพของเนื้อเยื่อไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าทุกระบบวิธีมีค่าความเขียวของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคิดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบหนึ่งปีโดยหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้งสามกรรมวิธี (1, 2 และ 3) เปรียบเทียบกับฟลูออเรสเซนต์สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 90.90, 88.57 และ 86.35 ตามลำดับดังนั้นการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงสามารถทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ในการ

เจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัท สหโคเจน กรีน จำกัด ที่ได้สนับสนุนต้นกล้าคลอโรพลาสต์ลูกผสมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- สุนทรียัง ชัชวาลย์, จินตนา บางจัน และธาดา ชัยสีหา. 2543. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำซัง, น. 57-62. ใน: รายงานโครงการวิจัยการให้อากาศเพื่อผู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- อมรรัตน์ วงษ์นอก. 2549. ผลของไดโอดเปล่งแสงและสูตรอาหารต่อการพัฒนาของกล้วยไม้ฟาแลนนอพซิสในสภาพปลอดเชื้อ. วิทยานิพนธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Fukai, S., K. Fujiwara, K. Okamoto, A. Hasegawa and M. Goi. 1997. Effects of red and blue lights on germination and protocorm growth of *Calanthe Satsuma*. *Lindleyana*.12: 169-171.
- Jao, R., C. Fang and W. Tsai. 2003. Using upper-bright red and blue LEDs in the production of *Phalaenopsis* plantlets *in vitro*. Graduate Institute of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.
- Kim, S.J., E.J. Hahn, J.W. Heo and K.Y. Paek. 2004. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*. 101: 143-151.
- Miyashita, Y., T. Kimura, Y. Kitaya, C. Kubota and T. Kozai. 1997. Effect of red light on the growth and morphology of potato plantlets *in vitro*: using light emitting diodes (LEDs) as a light source for micropropagation. *Acta Horticulturae*. 418: 169-173.
- Moran, R., 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with *N,N*-dimethylformamide. *Plant Physiol*. 69: 1376-1381.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for

rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol.Plant.* 15: 473-479.

Nhut, D.T., L.T.A. Hong, H. Watanabe, M. Goi and M. Tanaka. 2002. Growth of banana plantlets cultured *in vitro* under red and blue light-emitting diode (LED) irradiation source. *Acta Horticulturae* 575(1): 17-24.

Siripatanadilok, S. and B. Thaiutsa. 1990. Application of

vegetative propagation to improve timber yield of red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.). Dep.Forest Biology, Fac.Forestry, Kasetsart Univ. Report No.1, Bangkok.

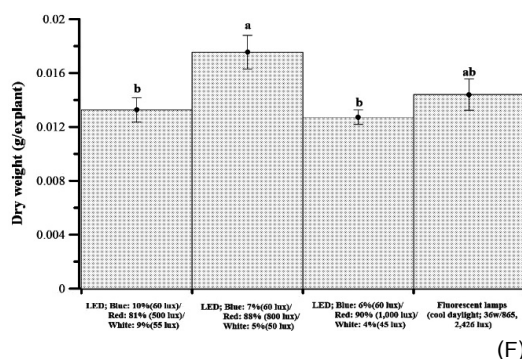
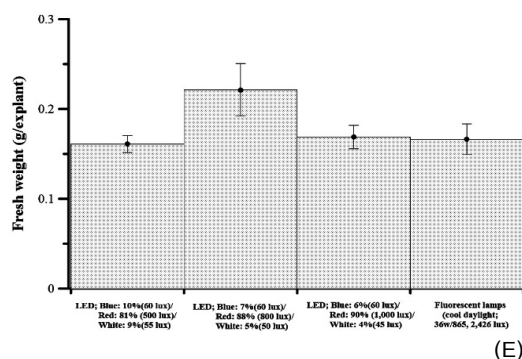
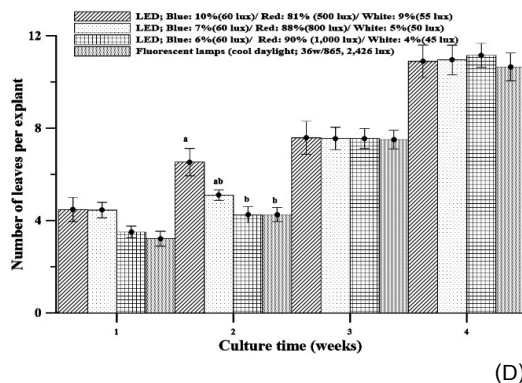
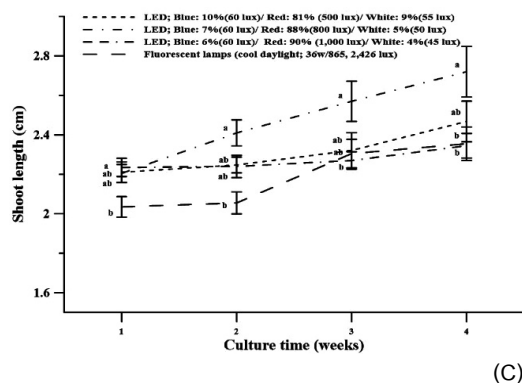
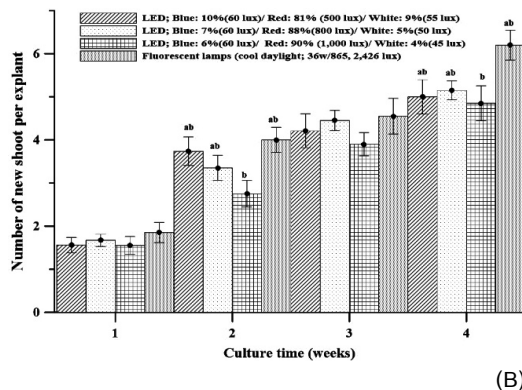
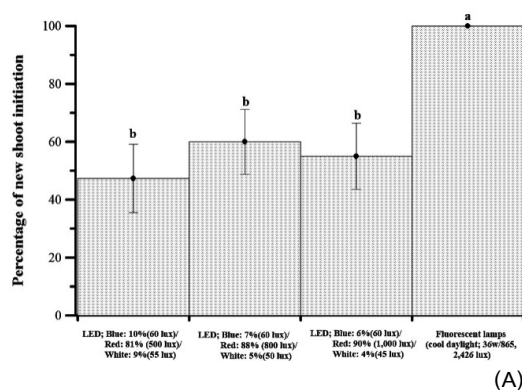


Figure 1 Shown the characteristics of growth of eucalyptus tissue after 4 weeks culture., (A) percentage of new shoot initiation, (B) numbers of new shoot per explant, (C) length of shoot, (D) numbers of leaf per explant, (E) fresh weight and (F) dry weight of explant; Mean $\pm$ SE within for treatments followed by different letters (a-b) are significantly different according to LSD multiple range test at $P < 0.05$ level.

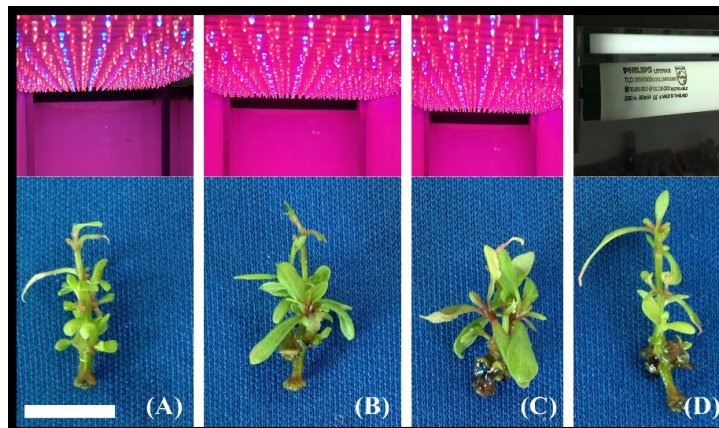


Figure 2 Eucalyptus tissue grown *in vitro* under different light source., (A) 10%(60 lux) blue/81% (500 lux) red/ 9%(55 lux) white, (B) 7%(60 lux) blue/ 88%(800 lux) red/ 5%(50 lux) white, (C) 6%(60 lux) blue/ 90% (1,000 lux) red/ 4%(45 lux) white; (D) fluorescent lamps (cool daylight; 36w/865) (2,424 lux) for 4 weeks.; (Bar = 1 cm).

Table 1 Comparison of SPAD unit, Chlorophyll A, B and Total in leaves of eucalyptus tissue treated under different light source.

Light source	SPAD units	Chlorophyll A (g m ⁻²)	Chlorophyll B (g m ⁻²)	Total Chlorophyll (g m ⁻²)
LED; Blue: 10%(60 lux)/ Red: 81% (500 lux)/ White: 9%(55 lux)	20.63 ± 2.32*	1.54 ± 0.35	0.57 ± 0.13	2.12 ± 0.48
LED; Blue: 7%(60 lux)/ Red: 88%(800 lux)/ White: 5%(50 lux)	24.84 ± 3.67	2.28 ± 0.55	0.85 ± 0.21	3.13 ± 0.77
LED; Blue: 6%(60 lux)/ Red: 90% (1,000 lux)/ White: 4%(45 lux)	22.99 ± 1.95	2.00 ± 0.29	0.75 ± 0.11	2.74 ± 0.41
Fluorescent lamps (cool daylight; 36w/865, 2,426 lux)	18.92 ± 2.37	1.38 ± 0.36	0.51 ± 0.13	1.88 ± 0.49
F-test	ns	ns	ns	ns

* Mean ±SE; ns = no significantly different.

Table 2 Showed the use of electrical energy and electrical values in one year of each treatment.

Light source	Use of electrical energy in one year (kWh)	Electrical values in one year (Bath)	Percentage of energy saving
LED; Blue: 10%(60 lux)/ Red: 81% (500 lux)/ White: 9%(55 lux)	313.90	948.60	90.90
LED; Blue: 7%(60 lux)/ Red: 88%(800 lux)/ White: 5%(50 lux)	394.20	1,182.80	88.57
LED; Blue: 6%(60 lux)/ Red: 90% (1,000 lux)/ White: 4%(45 lux)	470.85	1,406.90	86.35
Fluorescent lamps (cool daylight; 36w/865, 2,426 lux)	3,449.96	10,184.07	-