

ผลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดี
ต่อการเจริญของยอดอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3
ที่เลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราว
Effect of LED Light Intensities on Growth of
Sugarcane cv. Khon Kaen 3 Shoots Cultured in
Temporary Immersion Bioreactor System

ธัญญ์วณิช ธัญสิริวรรณ*, เทพพิทักษ์ ปราณิตพลกรัง และประภาศ กาวีชา
หน่วยวิจัยเทคโนโลยีจีโนมพืช ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ตำบลเชิงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

ณชร ทศนัส

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ตำบลเชิงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

สุมลษา คำโฮง

ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 10 อุดรธานี ตำบลเมืองเพีย อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี 41250

Thanwanit Thanyasiriwat*, Thepphithak Praneetpolkrang and Praphat Kawicha

Plant Genome Technology Research Unit, Department of Agriculture and Resources,
Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat
Sakon Nakhon Province Campus, Chiangkrua, Muang, Sakon Nakhon 47000.

Natakorn Thasnas

Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Science and Engineering,
Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus,
Chiangkrua, Muang, Sakon Nakhon 47000.

Sumonta Kamhong

Plant Propagation Center No. 10 Udon Thani, Muang Phia, Kut Chap, Udon Thani 41250

Received: June 14, 2020; Accepted: June 25, 2020

บทคัดย่อ

ความเข้มแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการพัฒนาของพืชในระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบผลของแสงขาวจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสงที่พืชใช้

สังเคราะห์แสงได้ (photosynthetic photon flux density, PPF) ต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 68, 88, 108, 128, 148 และ 168 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ต่อการเจริญของยอดอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอดีแอกเตอร์แบบจมชั่วคราว บนที่กักขังน้ำหนักรากของยอด น้ำหนักแห้งของยอด จำนวนยอด ความยาวยอดรวม ความยาวยอดแรก และขนาดของกอ ผลการทดลองพบว่าความเข้มแสงที่ต่างกันจากหลอดแอลอีดีสามารถกระตุ้นให้เนื้อเยื่อยอดอ้อยมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวยอด และขนาดของกอมากกว่าอ้อยที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยที่แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยมีน้ำหนักสดของยอด น้ำหนักแห้งของยอด จำนวนยอด และขนาดของกอมากที่สุด ส่วนแสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยมีความยาวยอดสูงที่สุด แต่ความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีที่ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้น้ำหนักสดของยอด ความยาวยอด และจำนวนยอดของอ้อยลดลง

คำสำคัญ : ระบบไบโอดีแอกเตอร์แบบจมชั่วคราว; หลอดไดโอดเปล่งแสง; อ้อย; เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ; ความเข้มแสง

Abstract

The intensity of light is one of the most important factors for photosynthesis and the developmental processes of plants propagated in the tissue culture systems. The white light from light-emitting diodes (LEDs) and fluorescent lamps was used to compare the effect of different photosynthetic photon flux densities (PPFDs) on the growth of sugarcane cv. Khon Kaen 3 shoots culturing in a temporary immersion bioreactor (TIB). Light treatment composed of six different PPFDs of LED light including 68, 88, 108, 128, 148 and 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, and 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ of fluorescent light. The growth parameters, including fresh shoot weight (FW), dry shoot weight (DW), shoot numbers (SN), shoot length (SL), first shoot length (1SL), and shoot cluster diameter (SCD) were recorded. The results showed that the different LED light intensities promoted the sugarcane shoots by increasing FW, DW, SL, and SCD comparable to those subjected to the fluorescent light. The LED light intensity of 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ enhanced shoots' growth by increasing in FW, DW, SN, and SCD. Besides, SL and 1SL of sugarcane shoots were induced by LED light intensity of 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. On the other hand, the FW, SL, and SN decreased with increasing intensity of LED light to 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Keywords: temporary immersion bioreactor system; light-emitting diode; sugarcane; tissue culture; light intensity

1. คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในอุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศไทย โดยให้ผลผลิตส่งโรงงานประมาณ

103.6 ล้านตันในปี พ.ศ. 2558 (Office of Agricultural Economics, 2020) แต่การปลูกอ้อยของเกษตรกรยังประสบปัญหาเรื่องท่อนพันธุ์อ้อยปนเปื้อนด้วยเชื้อไฟโตพลาสมาสาเหตุของโรคใบขาวอ้อย ทำให้

อ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Distabanjong *et al.*, 2018) ดังนั้นการขยายพันธุ์อ้อยด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยเพิ่มปริมาณอ้อยปลอดเชื้อสาเหตุของโรคใบขาว เช่น งานวิจัยของ Distabanjong และคณะ (2018) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนปลายยอดของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พบต้นอ้อยปลอดเชื้อโรคใบขาว 63-72 % ซึ่งตรวจสอบด้วยเทคนิค nested-polymerase chain reaction (nested-PCR) และเพิ่มปริมาณยอดได้ถึง 31 ยอด/ชิ้นส่วนยอดเริ่มต้น นอกจากนี้ Tesfa และ Ftwi (2018) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ N52 พบว่าเมื่อใช้อาหารสังเคราะห์ที่กึ่งแข็ง MS ที่เติมสาร 6-benzylaminopurine (BA) เข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร และไคนิดินเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถชักนำให้จำนวนยอด ความยาวยอด และจำนวนใบมากที่สุด ส่วนสูตรอาหารสังเคราะห์ ½ MS ที่เติมสาร 1-naphthaleneacetic acid (NAA) เข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นให้เกิดรากดีที่สุด อย่างไรก็ตาม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อให้ได้จำนวนมากโดยใช้อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งยังมีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ พื้นที่สำหรับใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและแรงงานสำหรับตัดต้นที่เกิดใหม่ลงสู่อาหารใหม่ (subculture) ทุก 4-6 สัปดาห์ เพื่อให้พืชได้รับอาหารอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นส่วนการใช้อาหารเหลวสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีข้อดีว่าการใช้อาหารกึ่งแข็งคือ พืชสามารถสัมผัสกับอาหารได้ดีกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตเร็วและไม่ต้องเปลี่ยนอาหารใหม่ แต่พืชจะเกิดอาการฉ่ำน้ำเนื่องจากแช่ในอาหารเหลวเป็นเวลานาน (Watt, 2012) วิธีแก้ปัญหา คือ แช่ชิ้นส่วนอ้อยในอาหารเหลวตามระยะเวลาที่กำหนดโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราว (temporary immersion bioreactor, TIB) ซึ่งเป็นการประยุกต์สำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้ได้จำนวนมากในระดับ

อุตสาหกรรม (Topoonyanont *et al.*, 2017) ระบบ TIB ประกอบด้วยภาชนะ 2 ส่วน คือ ขวดสำหรับใส่เนื้อเยื่อพืชและขวดใส่อาหารเหลวเชื่อมต่อกันด้วยท่อซิลิโคน (Escalona *et al.*, 2003) และใช้แรงดันอากาศดันอาหารจากขวดใส่อาหารไปยังขวดเลี้ยงต้นพืช ซึ่งพืชจะจมอยู่ในอาหารเหลวชั่วคราวเมื่อครบตามเวลาที่กำหนดจะใช้แรงดันดันอาหารกลับสู่ภาชนะเก็บอาหารเช่นเดิม (Wongmetha *et al.*, 2019) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยโดยใช้ระบบ TIB ในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสาร BA เข้มข้น 0.2-0.4 ไมโครโมล และกำหนดระยะเวลาให้อาหารแบบจุ่มชั่วคราว 6-8 ครั้งต่อวัน พบว่าช่วยเพิ่มจำนวนยอดใหม่มากที่สุดภายใน 4 สัปดาห์ (Distabanjong *et al.*, 2018)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างที่จะช่วยส่งเสริมให้การขยายปริมาณต้นพืชให้มากขึ้น ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต คุณภาพและปริมาณของแสง ระยะเวลาการให้แสง และอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น (Waman *et al.*, 2016) ปัจจัยแสงมีความสำคัญสำหรับพืชเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยพืชต้องการแสงที่มีความเข้มแสงประมาณ 7-120 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) (Cioc *et al.*, 2019) จากแหล่งกำเนิดแสงเทียมที่นิยมใช้เพื่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดแอลอีดี (light emitting diodes, LEDs) (Bula *et al.*, 1991) หลอดแอลอีดีเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยไม่ทำให้เกิดความร้อน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและสามารถเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช (Yeh และ Chung, 2009; Lin *et al.*, 2013) งานวิจัยของ Rocha *et al.* (2013) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อย

ภายใต้แสงสีแดง (630 นาโนเมตร) น้ำเงิน (470 นาโนเมตร) และเขียว (530 นาโนเมตร) จากหลอดแอลอีดี โดยเปรียบเทียบแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ พบว่าแสงสีแดงจากหลอดแอลอีดีช่วยกระตุ้นให้เกิดยอดอ่อนและมีจำนวนใบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้ Neto และคณะ (2020) พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสงต่างกัน (70, 120 และ 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) และความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้น ซึ่งจากข้อดีของระบบ TIB และแสงจากหลอดแอลอีดี จึงมีแนวคิดว่าการใช้แสงขาว (visible light) ที่มีความยาวคลื่นแสง 400-700 นาโนเมตร จากหลอดแอลอีดี ซึ่งครอบคลุมความยาวคลื่นเหมือนกับแสงแดดในธรรมชาติ และมีความเข้มแสงที่ต่างกัน จะสามารถส่งเสริมการเจริญของยอดอ่อนอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของอ้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบ TIB ภายใต้แสงขาวจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสงต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 68, 88, 108, 128, 148 และ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมเนื้อเยื่ออ้อยและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

ย้ายต้นอ่อนของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอดมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำตาลเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร โดยเลือกต้นอ่อนที่มีความยาว 3 เซนติเมตร จำนวน 5

ต้น ใส่ลงในขวดไบโอรีแอคเตอร์ (PTS bioreactor, บริษัทไพฑูรย์สะพลี จำกัด) ที่บรรจุอาหารเหลวปริมาณ 250 มิลลิตร เตรียมการทดลองจำนวน 7 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ขวด จากนั้นประกอบชุด PTS bioreactor โดยให้ขวดที่มีชิ้นส่วนอ้อยอยู่ด้านบนและขวดที่บรรจุอาหารเหลวอยู่ด้านล่าง แล้วเชื่อมขวดทั้งสองด้วยท่อเพื่อให้อาหารเหลวสามารถไหลขึ้นไปเลี้ยงต้นอ้อยที่อยู่ด้านบน โดยอาศัยแรงดันจากแรงลมของปั๊มลมอัดไอน้ำ (รูปที่ 1) จากนั้นกำหนดระยะเวลาการให้อาหาร (feeding period) 12 ครั้ง/วัน (ทุก ๆ 2 ชั่วโมง) และให้ชิ้นส่วนอ้อยจมชั่วคราว (immersion time) ในอาหารเหลวนาน 2 นาที เพาะเลี้ยงบนชั้นที่มีชุดระบบให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสงต่างกัน โดยให้แสงอัดไอน้ำวันละ 12 ชั่วโมง และมี 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลน้ำหนักสดของยอด น้ำหนักแห้งของยอด จำนวนยอด ความยาวยอด ความยาวยอดแรก และขนาดของกอ

2.2 ชุดให้แสงไฟปลูกพืช

ติดตั้งชุดให้แสงไฟปลูกพืชด้วยหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยแต่ละชุดประกอบด้วยหลอดแอลอีดี (EPISTAR 120W) ที่มีความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร จำนวน 6 ชุด (48 หลอด/ชุด) ที่มีความเข้มแสงที่พืชใช้สังเคราะห์ได้ (photosynthetic photon flux density, PPF) ต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 68, 88, 108, 128, 148 และ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (PHILIPS TLD 36W/54- 765 Cool Daylight) จำนวน 1 ชุด (2 หลอด) ที่มีความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (รูปที่ 2A) วัดความเข้มแสงด้วยเครื่อง LI-190SA Quantum Sensor (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) ที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร จากหลอดไฟถึงบริเวณตำแหน่งด้านล่างของขวดไบโอรี

แอคเตอร์ที่มีชิ้นส่วนอ้อย (ขวดบน) จากนั้นนำไปประกอบเข้ากับชั้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราว โดยติดตั้งให้อยู่เหนือขวดไบโอรีแอคเตอร์ (รูปที่ 2B) ควบคุมความเข้มแสงและระบบปิดเปิดไฟฟ้าด้วยเครื่องควบคุมการทำงานอัตโนมัติ กำหนดระยะเวลาการให้แสง 12 ชั่วโมง/วัน



Figure 1 PTS bioreactor system consisted of two compartments; an upper bottle (A) containing the sugarcane explants; and a lower bottle (B) filling with 250 ml of the culture medium. Both compartments were connected through a small tube (C) allowing the culture medium fed on the explants using the overpressure generated by an air pump passing through a silicone tube (D).

2.3 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์

ความแปรปรวนของการทดลองด้วยวิธี ANOVA และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวภายใต้แสงสีขาวจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสงต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 68, 88, 108, 128, 148 และ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ เปรียบเทียบกับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ แล้ววัดการเจริญของเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนยอด ความยาวของยอดทั้งหมดและความยาวของยอดแรกและขนาดของกอ พบว่าความเข้มแสงที่ต่างกันจากหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์มีผลต่อการเจริญของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 3)

3.1 น้ำหนักสดของยอด

อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีน้ำหนักสดของยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงที่ต่างกัน โดยที่แสงสีขาวจากหลอดแอลอีดีมีแนวโน้มทำให้อ้อยมีน้ำหนักสดของยอดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแสงขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่น้ำหนักสดของยอดลดลงเมื่ออ้อยได้รับแสงที่มีความเข้มสูงขึ้น โดยที่แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้ม 108 และ 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ทำให้อ้อยมีน้ำหนักสดของยอดมากที่สุด (รูปที่ 3A)

3.2 น้ำหนักแห้งของยอด

ความเข้มแสงขาวจากหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของยอดของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ส่งผลให้อ้อยมีน้ำหนักแห้ง

ของยอดน้อยที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยได้รับแสงขาวจากหลอดแอลอีดี อย่างไรก็ตาม แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 88, 108, 128, 148 และ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งของยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยแสงแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยมีน้ำหนักแห้งของยอดมากที่สุด (รูปที่ 3B)

3.3 จำนวนยอด

เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราว ภายใต้

แสงสีขาวจากหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสงต่างกัน พบว่าความเข้มแสงที่ต่างกันสามารถกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ทำให้อ้อยเพิ่มจำนวนยอดมากที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาการเพิ่มจำนวนยอดของอ้อยเมื่อได้รับแสงจากหลอดแอลอีดี พบว่าจำนวนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง โดยแสงที่มีความเข้ม 128 และ 148 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยเพิ่มจำนวน

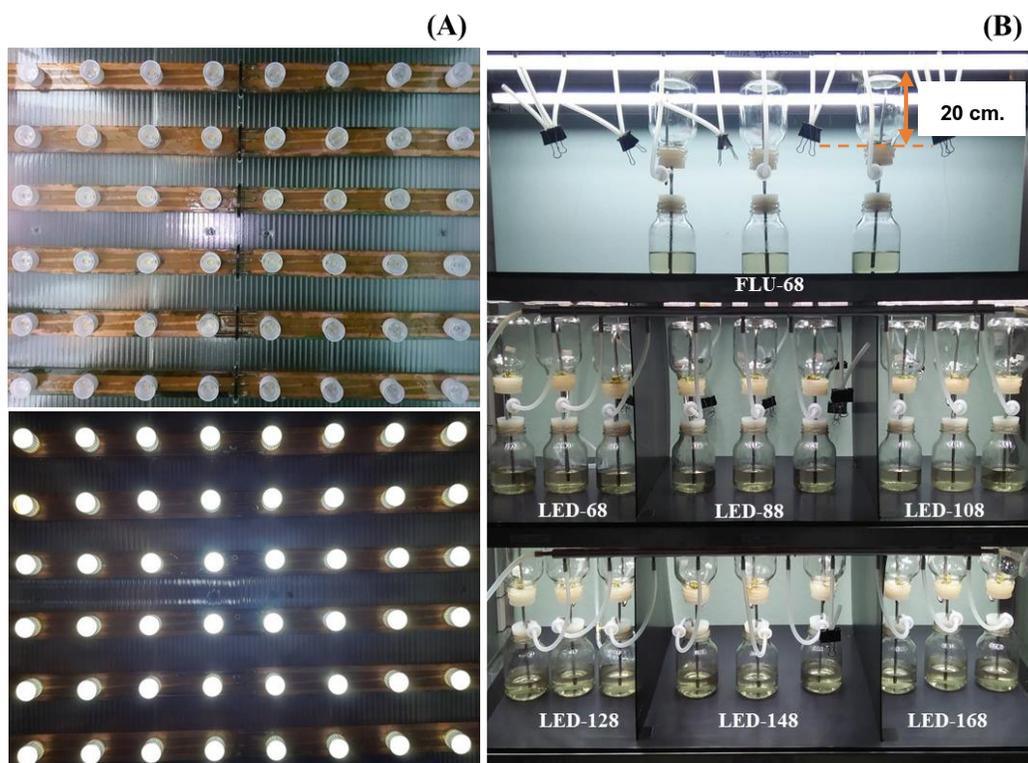


Figure 2 LED light system used for treating sugarcane explants cultured in TIB system. It comprised the arrangement of white LED light when the system is switched off (upper A) and on (lower A). A set of light treatment with intensity of 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ fluorescent light (FLU-68) and 68, 88, 108, 128, 148, and 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED light (LED-68, LED-88, LED-108, LED-128, LED-148 and LED-168) was attached above the TIB vessels (B). The light intensity was measured at the distance of 20 cm from the light source to the bottom of an upper PTS bottle as shown by an arrow and dotted line.

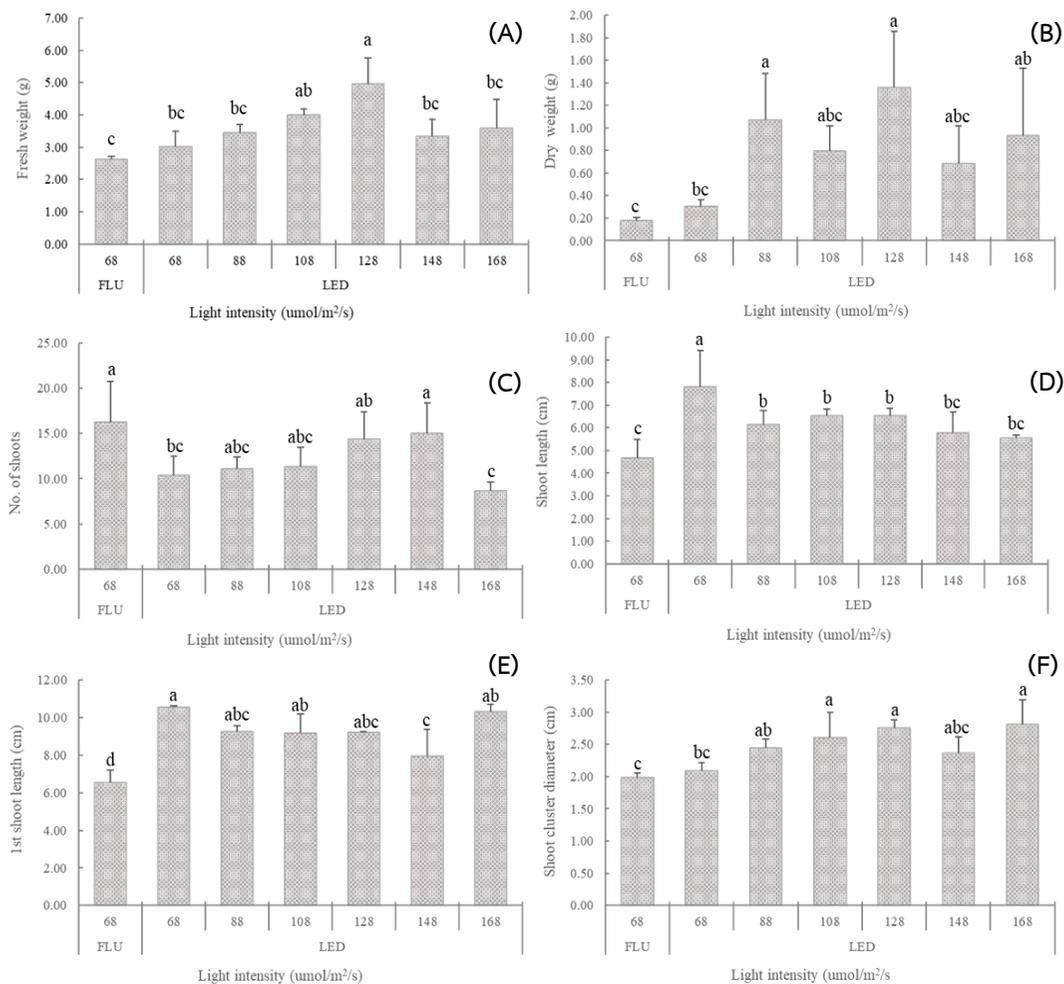


Figure 3 Effects of white light concentration from fluorescent and LED lights on fresh weight (A), dry weight (B), number of shoots (C), shoot length (D), first shoot length (E) and shoot cluster diameter (F) of sugarcane cv. Khon Kaen 3 explants cultured in TIB system. Mean values with standard deviation (S.D.) followed by the same letter on each bar are not significantly different at $p < 0.05$, according to DMRT.

ยอดมากที่สุด แต่แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้ม 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ทำให้จำนวนยอดลดลง (รูปที่ 3C)

3.4 ความยาวของยอดทั้งหมดและความยาวของยอดแรก

เมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่างกัน พบว่าแสงจากหลอดแอลอีดีสามารถกระตุ้น

ให้อ้อยมีความยาวยอดมากกว่าอ้อยที่ได้รับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสง 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยมีความยาวยอดมากที่สุด และลดลงเมื่อความเข้มแสงมากขึ้น (รูปที่ 3D) ส่วนความยาวของยอดแรกที่เริ่มต้น

เพาะเลี้ยง โดยที่แสงจากหลอดแอลอีดีความเข้ม 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ช่วยให้ยอดแรกของอ้อยมีความยาวมากกว่าอ้อยที่เพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูปที่ 3E)

3.5 ขนาดของกอ

ขนาดกอของอ้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจมชั่วคราวภายใต้แสงสีขาวจากหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสงต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่แสงแอลอีดีที่ความเข้มแสง 108, 128 และ 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ช่วยให้อ้อยมีขนาดกอใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และขนาดกอมีแนวโน้มใหญ่ขึ้นเมื่อได้รับแสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสงมากขึ้น (รูปที่ 3F)

4. วิจารณ์

ผลการทดลองพบว่าความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีส่งผลต่อการเจริญของเนื้อเยื่ออ้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจมชั่วคราว ทั้งนี้เนื่องจากแสงขาวจากหลอดแอลอีดีที่มีความยาวคลื่นแสง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งเหมือนกับแสงขาวในธรรมชาติจะถูกดูดซับโดยคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ ทำให้กระตุ้นการสังเคราะห์ด้วยแสงและเพิ่มการเจริญของเนื้อเยื่ออ้อย (Seiler *et al.*, 2017) มีงานวิจัยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยภายใต้ความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินและสีแดงในอัตราส่วน 50:50 (ความเข้มแสง 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) เปรียบเทียบกับแสงขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ความเข้มแสง 46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) พบว่าแสงสีน้ำเงิน : สีแดงจากหลอดแอลอีดีช่วยเพิ่มความยาวของยอด น้ำหนักสด จำนวนใบ และจำนวนยอด ส่วนแสงขาวจากหลอดแอลอีดี (ความเข้มแสง 77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ทำให้จำนวนยอดเพิ่มมาก

ขึ้น (Silva *et al.*, 2016) ผลการทดลองนี้พบว่าแสงจากหลอดแอลอีดี (68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) กระตุ้นการเพิ่มความยาวยอดและขนาดของกออ้อยได้ดีกว่าแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) แต่เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น (88-168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ทำให้ความยาวยอดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cioc *et al.* (2019) ที่พบว่าแสงจากหลอดแอลอีดีที่ระดับความเข้ม 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ช่วยเพิ่มความสูงของต้นเยอบีรา ส่วนความเข้มแสง 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ทำให้ความสูงของต้นเยอบีราลดลง นอกจากนี้การใช้แสงจากหลอดแอลอีดีผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินช่วยกระตุ้นให้พืช *Populus euramericana* เกิดยอดใหม่และทำให้ยอดยาวขึ้น (Kwon *et al.*, 2015) การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าแสงจากหลอดแอลอีดีทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และเพิ่มน้ำหนักของยอดตามความเข้มแสงที่สูงขึ้นจาก 68-128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ เนื่องจากแสงจากหลอดแอลอีดีมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และสัณฐานวิทยา (Batista *et al.*, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nhut และคณะ (2003) ซึ่งพบว่าแสงแอลอีดีที่ความเข้ม 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ และแสงแอลอีดีผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินช่วยให้กล้วยสายพันธุ์ Nam Dinh มีน้ำหนักสดของยอดและรากมากที่สุด และน้ำหนักแห้งของพืช *Hyptis suaveolens* เพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้แสงแอลอีดีที่ความเข้ม 13-69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Andrade *et al.*, 2017) ขณะที่พืช *Momordica grosvenori* มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อให้แสงไฟจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มจาก 50-100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Zhang *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้พบว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจนถึง 168 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ทำให้ความยาวยอดและน้ำหนักสดของอ้อยลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการพืชได้รับแสงที่มากเกินไป ทำให้ระบบการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกทำลาย ส่งผลต่อ

การสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของอ้อยลดลง (Darko *et al.*, 2014) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zhou และคณะ (2008) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดี 60-120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ช่วยกระตุ้นการเจริญของเนื้อเยื่อขิง แต่เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเป็น 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีผลยับยั้งการเจริญของเนื้อเยื่อ

5. สรุป

ความเข้มแสงขาวที่ต่างกันจากหลอดแอลอีดีมีผลต่อการเจริญของเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว เมื่อเปรียบเทียบกับแสงขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นการขยายพันธุ์อ้อยด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีประสิทธิภาพและสามารถช่วยเพิ่มปริมาณอ้อยให้ได้จำนวนมาก ควรใช้แหล่งกำเนิดแสงเทียมจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ซึ่งทำให้อ้อยมีจำนวนยอดมากที่สุด นอกจากนี้ยังส่งผลให้อ้อยมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของยอด และขนาดของกอเพิ่มขึ้น ส่วนแสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้ม 68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ส่งผลให้อ้อยมีความยาวยอดสูงที่สุด ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป ควรทดสอบผลของความเข้มแสงขาวจากหลอดแอลอีดีที่เหมาะสมต่อการพัฒนารากและกระตุ้นการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าในขั้นตอนการย้ายปลูก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัย และศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 10 จังหวัดอุดรธานี กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อนุเคราะห์ต้นอ่อนของอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ

7. References

- Andrade, H.B., Braga, A.F., Bertolucci, S.K.V., Hsie, B.S., Silva, S.T. and Pinto, J.E.B.P., 2017, Effect of plant growth regulators, light intensity and LED on growth and volatile compound of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit *in vitro* plantlets, *Acta Hort.* 1155: 277-284.
- Batista, D.S., Felipe, S.H.S., Silva, T.D., Castro, K.M., Mamedes-Rodrigues, T.C., Miranda, N.A., Ríos-Ríos, A.M., Faria, D.V., Fortini, E.A., Chagas, K., Torres-Silva, G., Xavier, A., Arencibia, A.D. and Otoni, W.C., 2018, Light quality in plant tissue culture: does it matter?, *In vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 54: 195-215.
- Bula, R.J., Morrow, T.W., Tibbitts, T.W., Barta, D.J., Ignatius, R.W. and Martin, T.S., 1991, Light-emitting diodes as a radiation source for plants, *Hort. Sci.* 26: 203-205.
- Cioc, M., Kalisz, A., Zupnik, M. and Pawtowska, B., 2019, Different LED light intensities and 6-Benzyladenine concentrations in relation to shoot development, leaf architecture, and photosynthetic pigments of *Gerbera jamesonii* Bolus *in vitro*, *Agronomy* 9: 358-373.
- Darko, E., Heydarizadeh, P., Schoefs, B. and Sabzalian, M.R., 2014, Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism, *Phil. Trans. R Soc. B* 369: 20130243.
- Distabanjong, C., Distabanjong, K., Woo, J.G. and Jang, S.W., 2018, Production of phytoplasma-free plants in sugarcane (*Saccharum* spp.) using temporary

- immersion bioreactor, *Acta Hort.* 1205: 727-734.
- Escalona, M., Samson, G., Borroto, C. and Desjardins, Y., 2003, Physiology of effects of temporary immersion bioreactors on micropropagated pineapple plantlets, *In vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 39: 651-656.
- Kwon, A.R., Cui, H.Y., Lee, H., Shin, H., Kang, K.S. and Park, S.Y., 2015, Light quality affects shoot regeneration, cell division, and wood formation in elite clones of *Populus eurmericana*, *Acta Physiol. Plant* 37: 65-73.
- Lin, K.H., Huang, M.Y., Huang, W.D. Hsu, M.H., Yang, Z.W., Yang, C.M., 2013, The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. Var. Capitata). *Sci. Hort.* 150: 86-91.
- Neto, A.R., Chagas, E.A., Costa, B.N.S., Chagas, P.C. and Vendrame, W.A., 2020, Photomixotrophic growth response of sugarcane *in vitro* plantlets using different light intensities and culture vessel types, *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 56: 504-514.
- Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H. and Tanaka, M., 2003, Efficiency of a novel culture system by using light-emitting diode (LED) on *in vitro* and subsequent growth of micropropagated banana plantlets, *Acta Hort.* 616: 121-127
- Office of Agricultural Economics, Agricultural Economic Information, Available Source: <http://www.oae.go.th>, May 8, 2020. (in Thai)
- Rocha, P.S.G., Oliveira, R.P. and Scivittaro, W.B., 2013, Sugarcane micropropagation using light emitting diodes and adjustment in growth-medium sucrose concentration, *Cienc. Rural.* 43: 1168-1173.
- Seiler, F., Soll, J. and Bölder, B., 2017, Comparative phenotypical and molecular analyses of Arabidopsis grown under fluorescent and LED light, *Plants* 6: 24-38.
- Silva, M., Silva, A., Oliveira, A., Oliveira-Filho, R., Camara, T., Willadino, L., Gouveia-Neto, A., 2016, The effect of spectral light quality on *in vitro* culture of sugarcane, *Acta Sci. Biol. Sci.* 38: 157-161.
- Tesfa, M. and Ftwi, M., 2018, *In vitro* plant regeneration of sugarcane (*Saccharum* spp.) variety inoculated under different levels of plant growth regulators, *J. Plant Biochem. Physiol.* 6: 227-231.
- Topoonyanont, N., Pumisitapon, P., Klayraung, S. and Poonnoy, P., 2017, Temporary immersion bioreactors for large scale Globba micropropagation, *Acta Hort.* 1155: 51-58.
- Waman, A.A., Bohra, P., Sathyanarayana, B.N., Umesha, K., Gowda, B. and Ashok, T.H., 2015, *In vitro* shoot multiplication and root induction in silk banana variety Nanjanagud Rasabale as influenced by monochromatic light spectra, *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 86: 577-584.
- Watt, M.P., 2012, The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation, *Afr. J. Biotechnol.* 11: 14025-14035.

- Wongmetha, O., Chot-im-udom, N., Youngpong, S. and Ruangkul, T., 2019, The influence of plant growth regulators on increase of microtuber induction in potato, Thai Agric. Res. J. 37(1): 70-77. (in Thai)
- Yeh, N. and Chung, J.P., 2009, High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation, Renew. Sust. Energy Rev. 13: 2175-2180.
- Zhang, M., Zhao, D., Ma, Z., Li, X. and Xiao, Y., 2009, Growth and photosynthetic capability of *Momordica grosvenori* plantlets grown photoautotrophically in response to light intensity, Hort. Sci. 44: 757-763.
- Zhou, M., Guan, Q., Wei, Y. and Zhang, Z., 2008, Effects of sucrose concentration and light intensity on growth and photosynthesis of ginger plantlets *in vitro*, Chinese J. Appl. Environ. Biol. 14: 356-361.