

ผลของระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED ที่มีต่อการเติบโตและสรีรวิทยา
ของต้นกล้ายาง พันธุ์ RRIM 600

EFFECTS OF LED LIGHTING DURATION ON GROWTH AND PHYSIOLOGY
OF RUBBER SEEDLINGS CLONE RRIM 600

สมศักดิ์ สัพโส*, จรรยา สิงห์คำ และ วนาลัย วิริยะสุธี

Somsak Subpasoo*, Junya Singkham and Wanalai Viriyasuthee

แขนงวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
Agricultural Resources Management, School of Agriculture and Cooperatives,
Sukhothai Thammathirat Open University

Received: 22 July 2025

Revised: 27 August 2025

Accepted: 27 August 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ผลของระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED ต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของต้นกล้ายางพันธุ์ RRIM 600 และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตกับสรีรวิทยาของต้นกล้ายาง การทดลองจัดแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ ได้แก่ แสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง (ไม่ให้แสงเสริม) และการให้แสง LED เสริมในตอนกลางคืน 4, 8 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง รวมถึงลักษณะทางสรีรวิทยา เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และการนำไฟฟ้าของปากใบ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยเชิงเส้น

ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการให้แสงเสริมมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ายาง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยทรีตเมนต์ที่ให้แสงเสริม 12 ชั่วโมงมีค่าการเติบโตสูงสุด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 8.66 มม. ความสูงเฉลี่ย 100.43 ซม. และพื้นที่ใบเฉลี่ย 67.78

* Corresponding author: นายสมศักดิ์ สัพโส

E-mail: d25d27@gmail.com

ดร.ชม. ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง และการคายน้ำไม่แตกต่างกันระหว่าง ทรีตเมนต์ อย่างไรก็ตาม การนำไฟฟ้าของปากใบมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การให้แสง LED เสริมในตอนกลางคืนสามารถเร่งการเจริญเติบโตของกล้ายางได้ โดยเฉพาะทรีตเมนต์ 4 ชั่วโมงซึ่งมีความเหมาะสมในด้านการประหยัดพลังงานและการส่งเสริมการเจริญเติบโต จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับการผลิตต้นกล้ายางคุณภาพสูงเพื่อลดระยะเวลาเพาะเลี้ยงและสนับสนุนการปลูกเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: ต้นกล้ายาง, การขยายพันธุ์ยาง, การให้แสงหลอดไฟ LED, ยางพันธุ์ RRIM 600

Abstract

This research aimed to study 1) the effects of LED lighting duration on the growth and physiological characteristics of RRIM 600 rubber seedlings and 2) the relationship between growth and physiology. The experiment involved four treatments and three replications: 12 hours of natural light (no supplementary lighting) and supplementary LED lighting at night for 4, 8, and 12 hours, respectively. Data were collected on growth, including height, stem diameter, leaf number, leaf area, fresh and dry weight, as well as physiological traits such as chlorophyll content, photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance. Data were analyzed using analysis of variance, LSD, and linear regression analysis.

The results revealed that supplementary lighting duration significantly affected the growth of rubber seedlings ($p < 0.05$). The 12-hour supplementary lighting treatment had the highest growth values, with average stem diameter of 8.66 mm, height of 100.43 cm, and leaf area of 67.78 cm². Chlorophyll content, photosynthesis, and transpiration were also significantly lower. And transpiration was not different between treatments. However, stomatal conductance was significantly related to growth. The results showed that supplementary LED lighting at night could accelerate the growth of rubber seedlings, especially the 4-hour treatment, which was suitable in terms of

energy saving and growth promotion. Therefore, it is a potential approach for producing high-quality rubber seedlings to reduce the cultivation time and support commercial cultivation.

Keywords: Rubber seedlings, Rubber propagation LED, light bulbs, Clone RRIM 600

บทนำ

พันธุ์ยางที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย คือ พันธุ์ยาง RRIM 600 ซึ่งเป็นการผสมพันธุ์ยางระหว่าง แม่พ่อ (Tjir 1 x PB 86) เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้ดีในทุกพื้นที่การเติบโต มีผลผลิตดี (สถาบันวิจัยยาง, 2559)

จากพื้นที่ปลูกยางพาราและพันธุ์ที่นิยมปลูก จะเห็นได้ว่า นิยมใช้พันธุ์ยาง RRIM 600 และการขยายพันธุ์ยางพาราส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการติดตา เนื่องจากสามารถรักษาลักษณะพันธุ์ดี และเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งกระบวนการติดตาดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ต้นกล้ายาง การขยายพันธุ์ส่วนใหญ่ นิยมใช้เมล็ดพันธุ์ยาง RRIM 600 เนื่องจากหาเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายและเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตต้นกล้ายางตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย ซึ่งรวมถึงการเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้า การเลี้ยงในถุงเพาะชำ และการจัดการพื้นที่เพาะเลี้ยง ต้องใช้เวลานานและต้องการการดูแลอย่างต่อเนื่อง กระบวนการผลิตต้นกล้ายางให้เหมาะสมสำหรับการติดตาต้องการเวลาประมาณ 6-9 เดือน และต้องการการดูแลเพื่อให้ต้นกล้ามีลักษณะที่เหมาะสม เช่น เปลือกที่ลอกง่าย และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 0.9-1.2 เซนติเมตร (สถาบันวิจัยยาง, 2550) นอกจากนี้ หลังการติดตาแล้ว ยังต้องใช้เวลา 45-90 วันเพื่อให้ต้นกล้าที่ติดตาแล้วพร้อมสำหรับการปลูก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการวางแผนการปลูกและฤดูกาลเพาะปลูก

สำหรับปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ต้นกล้ายาง สามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว คือ แสง โดยแสง ทำให้ต้นกล้ายางสามารถสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ได้มาก โดยแสงธรรมชาติที่พืชสามารถดูดกลืนเพื่อใช้ในการสร้างคาร์โบไฮเดรตมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การพัฒนาระบบการขยายพันธุ์ด้วยเทคโนโลยี เช่น การใช้แสงจากหลอดไฟ LED ที่สามารถกำหนดสีและความเข้มของแสงได้ (นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี, 2560) ดังนั้นการใช้นวัตกรรมแสง LED สำหรับการเพาะเลี้ยงต้นกล้ายาง จะช่วยเพิ่มการเติบโตทางด้านลำต้น ลดระยะเวลา

ในการเพาะเลี้ยงและการขยายพันธุ์ จาก 9- 12 เดือน ลดลงเหลือเพียง 6-8 เดือน ทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนการผลิตและการปลูกยางพาราได้ตามเป้าหมาย ลดต้นทุนในการดูแลรักษา และนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตยางพาราอย่างยั่งยืน ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลของระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED ที่มีต่อการเติบโตและสรีรวิทยาของต้นกล้ายางพันธุ์ RRIM 600 เพื่อเป็นแนวทาง สำหรับการเพาะกล้ายางและขยายพันธุ์ยาง นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดนวัตกรรมดังกล่าวในการขยายพันธุ์พืชชนิดอื่น ๆ ได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบการวิจัย ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design 4 ทรีตเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ต้นกล้ายาง พันธุ์ RRIM 600 เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตต้นกล้ายาง โดยใช้หลอดไฟ LED Grow Light 200W ประเภทชิป LED SMD 2835 ความยาวคลื่นสเปกตรัม 447-660 nm PPFD/1 ฟุต 457 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ (นภัทร วัฒนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี, 2560) อัตราส่วน สีแดง : สีน้ำเงิน 1:1 โดยทรีตเมนต์ที่ 1 (T1) การได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมหลอดไฟ ทรีตเมนต์ที่ 2 (T2) การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางวัน 4 ชั่วโมง ทรีตเมนต์ที่ 3 (T3) การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางวัน 8 ชั่วโมง ทรีตเมนต์ที่ 4 (T4) การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางวัน 12 ชั่วโมง

2. การดำเนินการ ก่อนเริ่มต้นการทดลอง ทดสอบความเข้มแสงของหลอดไฟ LED ที่จะใช้เป็นแสงเสริม โดยใช้เครื่อง Quantum Light Meter วัดค่า PPFD ซึ่งเป็นตัวชี้วัดปริมาณแสงในช่วงความยาวคลื่นแสง โดยทำการวัดในช่วงเวลา 20.00–22.00 น. ค่าความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ หลังจากที่ดินกล้ายางเจริญเติบโต และตั้งตัวได้ผ่าน 25–30 วัน ทุกทรีตเมนต์จะได้รับแสงธรรมชาติแบบเปิดโล่งเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน (06.00–18.00 น.) อย่างสม่ำเสมอ เป็นระยะเวลา 5 เดือน หลังเวลา 18.00 น. จะทำการปิดม่านบังแสงเพื่อควบคุมการรับแสงของต้นกล้า และเปิดม่านอีกครั้งในเวลา 06.00 น. ของวันถัดไป รวมระยะเวลาที่ควบคุมแสงทั้งหมด 12 ชั่วโมงต่อคืน ตามวิธีการดังนี้ ทรีตเมนต์ที่ 1 (T1) ได้รับเฉพาะแสงธรรมชาติในช่วง 06.00–18.00 น. รวมเวลา 12 ชั่วโมง ไม่มีการให้แสงเสริมจากหลอดไฟ LED ทรีตเมนต์ที่ 2 (T2) ได้รับแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง และแสงเสริมจากหลอดไฟ LED 4 ชั่วโมง (18.00–00.00 น.) รวมเวลาได้รับแสงทั้งหมด 16 ชั่วโมง/วัน ทรีตเมนต์ที่ 3 (T3) ได้รับแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง และแสงเสริมจากหลอดไฟ LED 8 ชั่วโมง (18.00–02.00 น.) รวมเวลา

ได้รับแสงทั้งหมด 20 ชั่วโมง/วัน ทริตเมนต์ที่ 4 (T4) ได้รับแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง และแสงเสริมจากหลอดไฟ LED 12 ชั่วโมงเต็ม (18.00–06.00 น.) รวมเวลาได้รับแสงทั้งหมด 24 ชั่วโมง/วัน

3. การปลูกและดูแลรักษา โดยการใช้ต้นกล้าอายุที่มีใบ 2 ใบ อายุไม่เกิน 14 วัน ก่อนจะย้ายลงปลูกในถุงชำขนาด $4\frac{1}{2} \times 14$ นิ้ว ดินค่อนข้างเหนียว ขุดหลุมลึก 50 เซนติเมตร กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร นำถุงชำที่นำต้นกล้าอายุ 2 ใบ วางเรียง 2×10 ถุง รวม 20 ถุงต่อแปลงย่อย แปลงย่อยมีขนาด 120×150 เซนติเมตร จำนวน 12 แปลงย่อย การดูแลรักษาให้น้ำ ใช้ระบบให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์อัตโนมัติ วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ครั้งละ 0.5 ชั่วโมง พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ปริมาณ 5 กรัมต่อต้นต่อครั้ง เดือนละ 1 ครั้ง และกำจัดวัชพืชเป็นประจำทุกเดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2567 ถึงพฤษภาคม 2568 ภายในศูนย์วิจัยยางหนองคาย สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

4.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน รวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตรของศูนย์วิจัยยางหนองคาย เป็นระยะเวลา 6 เดือน

4.2 ข้อมูลการเติบโตของต้นกล้าอายุ

1) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มม.) ความสูงต้น (ซม.) และจำนวนใบ รวม 5 เดือน โดยวัดทุกต้นที่ระยะ 5 เซนติเมตร จากปากถุงชำ

2) วัดพื้นที่ใบโดยใช้เครื่อง LI-3100C จากใบกลางที่สมบูรณ์ในฉัตรที่ 2 ของหน่วย หัว กลาง และท้าย

3) วัดมวลรวมทั้งต้น (น้ำหนักสดและแห้ง) แยกเป็นส่วนของใบ ลำต้น และราก

4.3 ข้อมูลทางสรีรวิทยา

1) วัดอัตราการสังเคราะห์แสง ค่าการคายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้าของปากใบ ด้วยเครื่อง LI-6400

2) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบโดยใช้เครื่อง SPAD-502 Plus

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธี ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละทริตเมนต์ ด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) โดยใช้โปรแกรม Statistix 10.0 พร้อมทั้งศึกษาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยากับการเจริญเติบโตด้วยวิธี Linear Regression Analysis

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED ต่อการเติบโตของต้นกล้ายางพันธุ์ RRIM 600

1.1 การเติบโตของต้นกล้ายาง พันธุ์ RRIM 600 โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) ให้ผลการเติบโตดีที่สุด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเฉลี่ย 8.66 มิลลิเมตร และความสูง เฉลี่ย 100.43 เซนติเมตร ขณะที่การได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น น้อยที่สุด เฉลี่ย 7.12 มิลลิเมตร และความสูง เฉลี่ย 72.25 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่าง ทริตเมนต์ที่ 1 กับทริตเมนต์ที่ 2, 3 และทริตเมนต์ที่ 4 (ตารางที่ 1,2) ในส่วนของพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด คือ การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) เท่ากับ 67.78 ตารางเซนติเมตร มากที่สุดและแตกต่างจาก ทริตเมนต์ที่ 1 (49.12) และ ทริตเมนต์ที่ 2 (52.23) ทริตเมนต์ที่ 3 (57.19) ไม่แตกต่างจาก ทริตเมนต์ที่ 4 แต่สูงกว่า ทริตเมนต์ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3) และจำนวนใบรวม ของการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) มีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 689 ใบ ส่วนจำนวนใบ ของการให้แสงหลอดไฟ LED สีแดง และน้ำเงิน เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 578 ใบ ซึ่งพื้นที่ใบ จำนวนใบ ทุกทริตเมนต์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ายาง พันธุ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED ที่แตกต่างกัน

Treatment/เดือน	เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ายาง (มิลลิเมตร)				
	มค.67	กพ.67	มีค.67	เมย.67	พค.67
T1	3.15	3.76ab	4.44	5.54b	7.12b
T2	3.07	3.59b	4.56	6.13a	8.21a
T3	2.84	3.68b	4.73	6.34a	8.38a
T4	3.07	3.92a	4.79	6.35a	8.66a
SD	0.12	0.11	0.13	0.23	0.46
F-test	ns	*	ns	*	*
CV(%)	4.94	3.26	3.46	4.58	6.98

ตารางที่ 2 การเติบโตของความสูงของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED ที่แตกต่างกัน

Treatment/เดือน	ความสูงของต้นกล้วย (เซนติเมตร)				
	มค.67	กพ.67	มีค.67	เมย.67	พค.67
T1	33.30	37.30	42.22	56.85c	72.25b
T2	29.80	35.52	48.79	63.13bc	93.24a
T3	30.30	39.90	40.45	71.91ab	99.72a
T4	30.37	41.91	50.71	76.90a	100.43a
SD	2.49	2.28	8.33	5.64	7.85
F-test	ns	ns	ns	*	*
CV(%)	9.87	7.18	22.39	10.28	10.51

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

ตารางที่ 3 พื้นที่ใบเฉลี่ย ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสง จากหลอดไฟ LED ที่แตกต่างกัน

Treatment/เดือน	พื้นที่ใบเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร)				
	มค.67	กพ.67	มีค.67	เมย.67	พค.67
T1	11.33	18.43	27.40c	41.86	49.12b
T2	12.45	18.41	26.75c	44.62	52.23b
T3	14.58	21.35	30.60b	48.95	57.19ab
T4	18.58	24.96	36.90a	58.19	67.78a
SD	2.82	4.22	1.23	5.73	5.18
F-test	ns	ns	*	ns	*
CV(%)	24.28	24.84	4.96	14.49	11.21

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

ตารางที่ 4 จำนวนใบรวมเฉลี่ย ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED ที่แตกต่างกัน

Treatment/เดือน	จำนวนใบรวม (ใบ)				
	มค.67	กพ.67	มีค.67	เมย.67	พค.67
T1	171	153	369	455	636
T2	165	216	417	489	637
T3	161	192	349	409	578
T4	176	248	416	503	689
SD	27.46	34.23	67.62	78.21	135.43
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	19.96	20.69	21.33	20.62	25.71

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

1.2 น้ำหนักสดกับน้ำหนักแห้งของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) มีน้ำหนักสด ของ ราก ลำต้น ใบ และน้ำหนักรวมมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 149 กรัม ต่อต้น การได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีน้ำหนักสด ของ ราก ลำต้น ใบ และน้ำหนักรวมเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 79.85 กรัม ต่อต้น ในทุกทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5) ในส่วนของน้ำหนักแห้ง โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) มีน้ำหนักแห้ง ของ ราก ลำต้น ใบ มากที่สุดรวมเฉลี่ย เท่ากับ 42.88 กรัม ต่อต้น และการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีน้ำหนักแห้ง ของ ราก ลำต้น ใบ รวมเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 28.59 กรัม ต่อต้น ทุกทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสดต่อต้น ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED ที่แตกต่างกัน ในเดือน พฤษภาคม 2567

Treatment	น้ำหนักสด(กรัม)			รวม	เปรียบเทียบ (ร้อยละ)
	ราก	ลำต้น	ก้านใบและใบ		
T1	26.67	30.46	22.72	79.85	100.00
T2	34.73	46.27	26.41	107.41	134.51
T3	39.33	46.42	33.10	118.85	148.84
T4	32.78	45.96	29.73	108.47	135.84
SD	6.13	12.2	8.18	24.84	
F-test	ns	ns	ns	ns	
CV(%)	22.65	35.33	35.35	29.42	

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

ตารางที่ 6 น้ำหนักแห้งต่อต้น ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED แตกต่างกันในเดือน พฤษภาคม 2567

Treatment	น้ำหนักแห้ง(กรัม)			รวม	เปรียบเทียบ (ร้อยละ)
	ราก	ลำต้น	ก้านใบและใบ		
T1	9.30	11.61	7.68	28.59	100.00
T2	12.85	18.27	9.17	40.29	140.92
T3	13.65	17.86	11.37	42.88	149.98
T4	11.90	17.61	10.51	40.02	139.98
SD	2.65	4.71	2.82	9.72	
F-test	ns	ns	ns	ns	
CV(%)	27.24	35.28	35.73	31.37	

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

ความสำคัญของระยะเวลาการให้แสงที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเติบโตของต้นกล้วย พบว่า การให้แสงจากหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) มีผลต่อการพัฒนา

ของน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งในระดับที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ แต่การให้แสงจากหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) ส่งผลให้ต้นกล้ามีการเติบโตของลำต้นและความสูงที่ดีที่สุด สอดคล้องกับ (Cheng, X. et al., 2021) ที่พบว่า การเสริมไฟ LED สีแดง-น้ำเงิน ตอนกลางคืน (12 ชม.) ในมณฑลไหหลำ ประเทศจีน ดันยางพารา พันธุ์ CATAS 7-20-59 เติบโตดีขึ้น โดยใช้ค่าแสง PPFD $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าต้นยางเมื่อได้รับแสงเสริม มีความสูงเพิ่มขึ้น 41% และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น 36% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าแสงเสริมตอนกลางคืน ช่วยกระตุ้นการเติบโตของต้นยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตาม (สมศักดิ์ สัพโส, ม.ม.ป.) พบว่าต้นกล้ายางติดตา (ยางชำถุง) มีความสูง และการแตกยอด มากกว่าการไม่ได้รับแสงเพิ่ม และการให้แสงจากหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด สอดคล้องกับ (Fan et al., 2013) ศึกษาพบว่า ความเข้มแสง มีผลให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ที่ความเข้มแสง $300-450 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ และมีขนาดความหนาของใบสูงที่สุด นอกจากนี้ การให้แสงธรรมชาติ มีการเติบโตทางลำต้นและความสูงน้อยที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) 8 ชั่วโมง (T3) และ 12 ชั่วโมง (T4) โดยรวมแล้ว การเติบโตของต้นกล้ายางไม่แตกต่างกัน แต่ระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีระยะเวลาการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด อาจทำให้ลดต้นทุนในการผลิตต้นกล้ายาง และเหมาะสมต่อการผลิตต้นกล้ายางพารา ในด้านผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจ

2. ผลของระยะเวลาการให้แสงจากหลอดไฟ LED ต่อสรีรวิทยาของต้นกล้ายางพันธุ์ RRIM 600 พบว่า การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีค่าการสังเคราะห์แสง เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ $5.091 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ และการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) มีค่าการสังเคราะห์แสงน้อยที่สุด เท่ากับ $4.335 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) จากการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 53.73 และการได้รับแสงปกติไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) ปริมาณคลอโรฟิลล์ น้อยที่สุด เฉลี่ย เท่ากับ 50.51 อัตราการคายน้ำ พบว่า การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีอัตราการคายน้ำ เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ $4.399 \text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ และการให้แสงหลอดไฟ LED สี เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) มีอัตราการคายน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ $3.456 \text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ และการนำไฟฟ้าของปากใบ พบว่า การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง

(T2) การนำไฟฟ้าของปากใบ เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ $3.964 \text{ mmol/m}^2/\text{s}^1$ และการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) การนำไฟฟ้าของปากใบน้อยที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ $3.160 \text{ mmol/m}^2/\text{s}^1$ และแต่ละทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การสังเคราะห์แสง อัตราการคายน้ำ และการนำไฟฟ้าของปากใบ ของต้นกล้วยพันธุ์ RRIM 600 เมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟ LED แยกต่างกัน เฉลี่ย 5 เดือน (มกราคม 2567 - พฤษภาคม 2567)

Treatment	คลอโรฟิลล์ (SPAD)	การสังเคราะห์แสง (A) ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}^1$)	อัตราการคายน้ำ (E) ($\text{mmol/m}^2/\text{s}^1$)	การนำไฟฟ้าของปากใบ (Gs) ($\text{mmol/m}^2/\text{s}^1$)
T1	50.51	4.918	3.756	3.797
T2	53.24	5.091	4.399	3.964
T3	52.85	4.671	3.390	3.160
T4	53.73	4.335	3.345	3.657
SD	5.37	0.907	0.735	0.629
F-test	ns	ns	ns	ns
CV(%)	11.06	9.87	12.83	14.39

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (non-significant) LSD

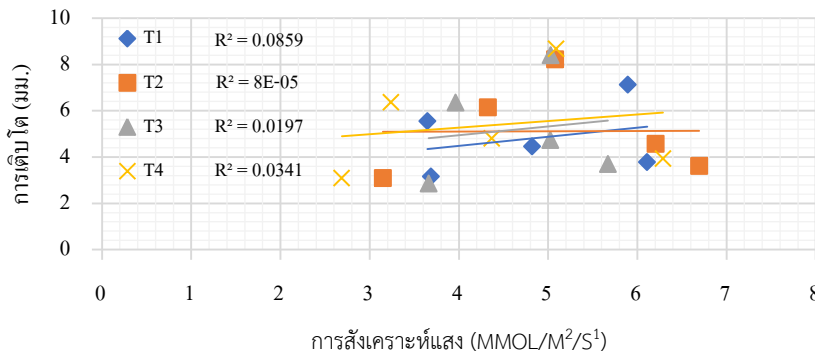
* = แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (significant difference) LSD

การได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) ช่วยให้อัตราการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นในระดับ $4.918 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}^1$ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะตามธรรมชาติของพืชที่มีการปรับตัวให้เหมาะสมกับแสงธรรมชาติ แต่การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีอัตราการสังเคราะห์สูงสุดเท่ากับ $5.091 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}^1$ และ 8 ชั่วโมง (T3) และ 12 ชั่วโมง (T4) ตามลำดับ ทุกทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Yaol et al. (2021) พบว่า พารามิเตอร์การสังเคราะห์แสงไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และธาตุอาหารในใบพืช เมื่อได้รับแสงเสริมในเวลากลางวัน และกลุ่มควบคุม ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น บ่งชี้ว่าการให้แสงเสริมหลอดไฟ LED ส่งผลดี

ต่อการผลิตคลอโรฟิลล์และการพัฒนาสีเขียวของต้นกล้าได้ดี โดยเฉพาะ ระยะเวลาการให้แสง LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ การนำไฟฟ้าของปากใบ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด ในการส่งเสริมการเติบโตต่อสรีรวิทยาของต้นกล้าอย่าง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตต่อสรีรวิทยาของต้นกล้าอย่าง พันธุ์ RRIM 600

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับการสังเคราะห์แสง ของต้นกล้าอย่าง พันธุ์ RRIM 600 พบว่า ความสัมพันธ์กันระหว่างการเติบโตกับการสังเคราะห์แสง ในทุกทริตเมนต์ ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีค่ามากที่สุดที่ค่า $R^2=0.085$ และการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีค่าน้อยที่สุดที่ค่า $R^2=8E-05$ (ภาพที่ 8)



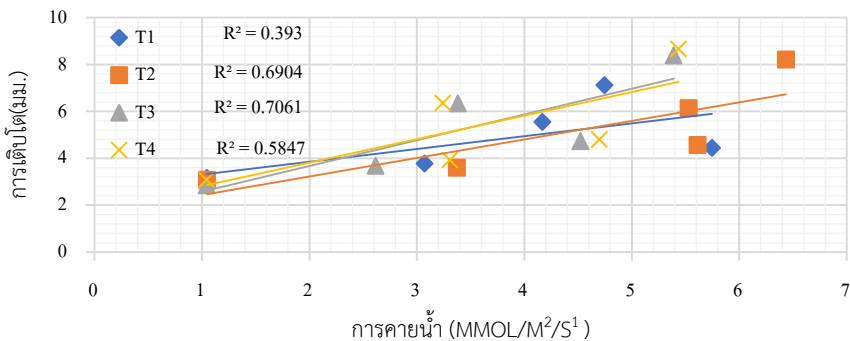
ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างการเจริญเติบโตกับการสังเคราะห์แสง ของต้นกล้าอย่าง พันธุ์ RRIM 600 ที่ได้รับแสงปกติและการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน ที่แตกต่างกัน

3.2 ความสัมพันธ์ของการเติบโตกับคลอโรฟิลล์ (SPAD) ของต้นกล้าอย่าง พันธุ์ RRIM 600 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในทุกทริตเมนต์ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) มีค่ามากที่สุดที่ $R^2=0.621$ และการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีค่าน้อยที่สุดที่ $R^2=0.430$ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเจริญเติบโตกับคลอโรฟิลล์ (SPAD) ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 ที่ได้รับแสงปกติและการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืนที่แตกต่างกัน

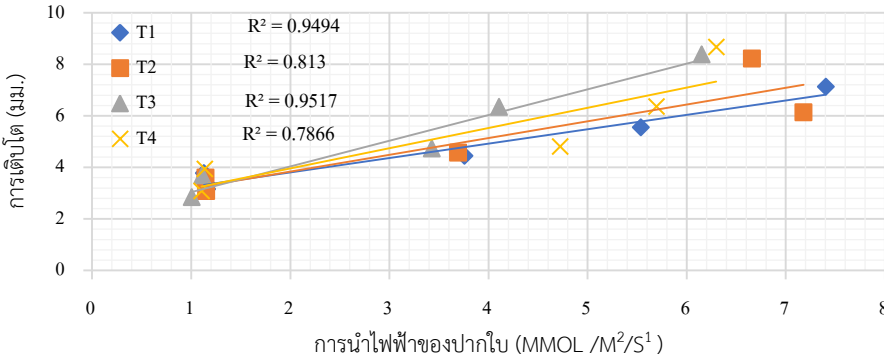
3.3 ความสัมพันธ์ของการเติบโตกับอัตราการคายน้ำ ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับอัตราการคายน้ำ ในทุกพริตเมนต์ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) ค่ามากที่สุดที่ $R^2=0.706$ และการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีค่าน้อยสุดที่ $R^2=0.393$ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเจริญเติบโตกับอัตราการคายน้ำ ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 ที่ได้รับแสงปกติและการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน ที่แตกต่างกัน

3.4 ความสัมพันธ์ของการเติบโตกับการนำไฟฟ้าของปากใบ ของต้นกล้วย พันธ์ RRIM 600 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับการนำไฟฟ้าของปากใบ ในทุกพริตเมนต์ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 8 ชั่วโมง (T3) ค่ามากที่สุดที่ $R^2=0.706$ และการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีค่าน้อยสุดที่ $R^2=0.393$ (ภาพที่ 11)

รีตเมนต์มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) ค่ามากที่สุดที่ $R^2=0.947$ และการได้รับแสงปกติ และไม่ให้แสงเสริมในตอนกลางคืน (T1) มีค่าน้อยสุดที่ $R^2=0.803$ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเจริญเติบโตกับการนำไฟฟ้าของปากใบ ของต้นกล้วยพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้รับแสงปกติและการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืนที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับสรีรวิทยาของต้นกล้วยพันธุ์ RRIM 600 จากการได้รับแสงปกติและแสงเสริมจากหลอดไฟ LED แม้พบว่าแสงเสริมจากหลอดไฟจะมีผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยา เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์ อัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการคายน้ำ แต่กลับ ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเติบโตของต้นกล้วย จากการวิเคราะห์แบบ Linear Regression Analysis ซึ่งไม่สามารถบอกถึงการเติบโตได้แน่ชัด สอดคล้องกับ ชูติมา ยานสาร และคณะ (ม.ม.ป.) ที่พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต่อผลผลิต มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเชิงบวก และความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับผลผลิต ก็มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเชิงบวกเช่นกัน แต่ความหนาแน่นคลอโรฟิลล์กับผลผลิตไม่มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง อาจเกิดจากปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเติบโต เช่น ปริมาณสารอาหาร น้ำ และสภาพแวดล้อมทางดิน ที่อาจเป็นตัวจำกัดหลัก ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) เพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้แสงเสริม โดยเฉพาะการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง (T4) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการได้รับแสงเพิ่มเติม ช่วยกระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ให้มากขึ้น แต่ไม่ได้แปลว่าการเติบโตจะเพิ่มขึ้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญ เช่น การนำไฟฟ้าของปากใบ ซึ่งสัมพันธ์กันกับการเติบโต โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมใน

ตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) มีค่าความสัมพันธ์สูงสุด ($R^2=0.947$) อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ในกรณีที่ต้องการเพิ่มคุณภาพสรีรวิทยาของการเติบโต ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการพัฒนา ของลำต้น ใบ และลักษณะทางสรีรวิทยาได้ดี เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ได้ตามมาตรฐาน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.9 -1.5 เซนติเมตร ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร มีการเติบโตที่สมบูรณ์ มีลำต้นตรง รากไม่คดงอ ปลอดภัยจากโรคยาง ทั้งใบ ลำต้น ตามเป้าหมาย การเพาะปลูก สามารถนำมาใช้ทดแทนแสงธรรมชาติได้ในการเพาะต้นกล้าอย่าง เพื่อติดตาม ให้ทันต่อฤดูกาลเพาะปลูก และจำหน่ายเป็นต้นต่อตಾಯางเพื่อการค้า

สรุปผลการวิจัย

การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการ เจริญเติบโตของต้นกล้าอย่าง ทั้งขนาดลำต้น ความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่าง ชัดเจน และยังชี้ให้เห็นว่า การให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) 8 ชั่วโมง (T3) และ 12 ชั่วโมง (T4) มีแนวโน้มในการกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์แสง อัตรา การคายน้ำ และการนำไฟฟ้าของปากใบ ซึ่งเป็นตัวชี้วัด ด้านสรีรวิทยา แม้ว่าในภาพรวมค่า ทางสถิติจะไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทรีตเมนต์ แต่ค่าการตอบสนองของต้น กล้าภายใน (T2) โดยเฉพาะ การนำไฟฟ้าของปากใบกับการเติบโต ที่ค่า R^2 สูงถึง 0.947 สะท้อน ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสรีรวิทยาต่อการเจริญเติบโต ที่สามารถประยุกต์ใช้ใน การเพาะต้นกล้าอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการให้แสงหลอดไฟ LED เสริมในตอนกลางคืน 4 ชั่วโมง (T2) ซึ่งให้ผลดีทั้งในเชิงการประหยัดพลังงานและการส่งเสริมลักษณะทางสรีรวิทยา ที่สำคัญ จึงสามารถเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูงในการเพาะต้นกล้าอย่าง ให้ได้คุณภาพตาม มาตรฐานการค้า โดยเฉพาะในช่วงที่แสงธรรมชาติมีไม่เพียงพอหรือไม่สอดคล้องกับฤดูกาล การเพาะปลูก ช่วยให้สามารถผลิตต้นกล้าอย่าง เพื่อการติดตามและจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุนวิจัย จากการยางแห่งประเทศไทย ด้วยความกรุณาและการ สนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา สิงห์คำ และอาจารย์ ดร.วนาลัย วิริยะสุธี รวมถึงรองศาสตราจารย์ ดร.สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา ที่ให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้งานมีความสมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ศูนย์วิจัยยางหนองคาย และนักศึกษาฝึกงานจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลและการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณครอบครัว ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนในทุกด้าน จนงานสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชุตินา ยานสาร, ภัคจี คงศีล, สิริินทร์ ชุ่มอินทรจักร, ขวัญชนก คลายจากทุกข์, วิมลศิริ สีหะวงษ์ และ ปิยะ กิตติภาดากุล. (ม.ป.ป.). *KU สร้างสรรค์งานวิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง (พ.ศ. 2522-2559). 2.16) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และพื้นที่ใบมันสำปะหลังกับผลผลิตหัวสดมันสำปะหลัง*. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นภัทร วัจนเทพินทร์ และ ไชยยันต์ บุญมี. (2560). ไตโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช?. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 25(1), 158-176.
- สถาบันวิจัยยาง (2559). *คำแนะนำพันธุ์ยาง ปี 2559*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นิเวศมรดกการพิมพ์ (ประเทศไทย).
- สถาบันวิจัยยาง. (2550). *การผลิตต้นกล้ายางชำถุง โดยการติดตาม*. กรุงเทพฯ: นิเวศมรดกการพิมพ์ (ประเทศไทย).
- สมศักดิ์ สัพโส. (ม.ป.ป.). *การใช้หลอดไฟ (LED) ผลิตต้นกล้ายางพารา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2567, จาก www.raot.co.th/article_attach/1.pdf.
- Fan, X. X., Xu, Z. G., Liu, X. Y., Tang, C. M., Wang, L. w., & Han, X. L. (2013). Effect of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae*, 153, 50-55.
- Yaol, X. C., Tul, H. Q., Wangl, X. L., Wangl, J. (2021). The effect of supplemental LED night lighting on the growth and physiology of the Para rubber tree. *Journal of Rubber Research*, 24, 321-326