

อิทธิพลของแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด 4 ชนิด

Effect of Light-Emitting Diode (LED) on Growth of Four Different Lettuce Varieties

กษิดิ์เดช อ่อนศรี*

คณะนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

ณัฐพงศ์ จันจุฬา

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 10220

จิรภัทร ลดาวัลย์

ภาควิชาเคมี-ฟิสิกส์ กองวิชาวิทยาศาสตร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220

Kasideth Onsrì*

Faculty of Agricultural Innovation, Rangsit University, Lak Hok, Muang, Pathum Thani 12000

Nattapong Chanchula

Expert Center of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,

Technopolis, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Jirapat Ladawan

Department of Chemistry-Physics, Science Division, Academic Faculty, Navamindakasatriyadhiraaj Royal

Air Force Academy, Phahonyothin Road, Klongthanon, Sai-mai, Bangkok 10220

Received: January 3, 2020; Accepted: January 24, 2020

บทคัดย่อ

ผักสลัดเป็นพืชที่นิยมปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์หรือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เห็นได้จากธุรกิจการปลูกผักสลัดกำลังเติบโตอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน การทดลองนี้นำผักสลัด 4 ชนิด ได้แก่ เรตไคค คอส กรีนโครอล และกรีนโอ๊ค ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ที่มีการให้แสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 3 สี ได้แก่ แสงสีขาว (WL) แสงสีแดง (RL) และแสงสีน้ำเงิน (BL) เพื่อหาความเหมาะสมของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด 4 ชนิด ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ คือ แสงสีขาว (WL) แสงสีขาว : แสงสีน้ำเงิน : แสงสีแดง อัตราส่วน 2 : 1 : 2 (2W1B2R) และแสงสีขาว : แสงสีน้ำเงิน : แสงสีแดง อัตราส่วน 2 : 2 : 1 (2W2B1R) จำนวน 10 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD)

พบว่า การให้แสง 2W1B2R ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวใบและความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุด และการให้แสง WL ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีความกว้างใบ น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางการผลิตผักสลัดเชิงการค้าต่อไปได้

คำสำคัญ : แอลอีดี; คลอโรฟิลล์; แคโรทีนอยด์รวม; ผักสลัด; การเจริญเติบโต

Abstract

Lettuce is a favorite for growing by hydroponic or soilless culture systems as the trend of the growing up business. This experiment works on 4 types of lettuce, i.e. red oak, cos, green coral and green oak. These are grown by hydroponics system with 3 different LED light color ratios, i.e. only white light (WL), 2 white: 1 blue: 2 red (2W1B2R), and 2 white: 2 blue: 1 red (2W2B1R) in 10 replications each. The experiment was designed in a completely randomized design (CRD). The result showed that the system with 2W1B2R supported the great growth rate of the 4 types of lettuce. They have the most leave length and shrub canopy. Moreover, the system with the WL enhanced the most of leave width, fresh/dried weight of stem and root as well as amount of chlorophyll A, chlorophyll B, total chlorophyll and total carotenoid in the 4 types of lettuce. As the results, this information can be an approach to the commercial production of the lettuce.

Keywords: LED; chlorophyll; total carotenoid; lettuce; growth

1. คำนำ

ปัจจุบันหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย มีการย้ายถิ่นฐานของผู้คนจากชนบทเข้ามาในเมืองใหญ่มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยอาศัยอยู่ในบริเวณชานเมือง ทำให้อาณาเขตของเมืองจึงขยายตัวออกไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้พื้นที่ทำการเกษตรเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงประชากรต้องย้ายออกไปอยู่ห่างเมืองมากขึ้น และในเวลาเดียวกันนี้ อายุเฉลี่ยของประชากรของแต่ละประเทศก็เริ่มสูงขึ้น ทำให้จำนวนประชากรของแต่ละประเทศมีแนวโน้มเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจากการคาดการณ์ขององค์การนาานาชาติ 3 หน่วยงาน คือ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy

Agency, IEA) และสถาบันวิจัยนโยบายด้านอาหารนาานาชาติ (International Food Policy Research Institute, IFPRI) พบว่าภายใน 10 ปีข้างหน้า คือราวในปี ค.ศ. 2030 ความต้องการด้านอาหารและพลังงานจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 และความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตพืชจากเดิมที่พึ่งพาธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ไปสู่การผลิตแบบสั่งได้ กล่าวคือ เป็นระบบการผลิตที่ยั่งยืนใช้น้ำพลังงาน แรงงาน และปล่อยมลพิษน้อยลง โดยพึ่งพาและสร้างผลกระทบหรือความเสียหายให้กับทรัพยากรธรรมชาติน้อยที่สุด (กมล, 2555) ดังนั้นการสร้างเทคโนโลยีการผลิตพืชแบบใหม่เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อสร้างความมั่นคงในด้านอาหาร เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้น และเพื่อแก้ไขหรือชะลอ

ปัญหาที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะเรื่องโลกร้อนหรือทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรม (ยี่งศักดิ์ และคณะ, 2560)

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิิกส์ (hydroponics) กำลังเป็นที่นิยมในเมืองไทย ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าธุรกิจการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิิกส์หรือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถพบเห็นได้จากการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากไฮโดรโปนิิกส์อยู่ในห้างสรรพสินค้าทั่วไปมากขึ้น โดยจัดผักสลัดอยู่ในส่วนของการขายผักปลอดสารพิษ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่สนใจอาหารเพื่อสุขภาพ (กาญจนา, 2561)

หลอดไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode, LED) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า ปรากฏการณ์นี้อยู่ในรูปของ electroluminescence สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเปล่งแสงได้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงอินฟราเรด ผู้พัฒนาหลอด LED ขึ้นเป็นคนแรก คือนิก โฮโลนยัค (Nick Holonyak Jr.) (เกิด ค.ศ. 1928) แห่งบริษัทเจเนรัล อิเล็กทริก (General Electric Company) โดยได้พัฒนาหลอด LEDs ในช่วงแสงที่มองเห็น และสามารถใช้งานได้เชิงปฏิบัติเป็นครั้งแรก เมื่อ ค.ศ. 1962 ที่สามารถเปล่งแสงสีแดงที่มีความสว่างออกมามากเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ ทำให้ทั่วโลกเริ่มมีการตื่นตัววิจัยและพัฒนาในด้านนี้อย่างจริงจังมากขึ้น (หทัยชนก, 2556) งานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้หลอด LED กระตุ้นสารสำคัญในพืชมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น การศึกษาการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในเหง้ามันอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อยู๋ภายใต้หลอด LED สีต่าง ๆ พบว่ามันอ้อย

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมีน้ำหนักสดแห้งาลดลง แต่ปริมาณสารเพิ่มขึ้นแปรผันตามอายุการเก็บรักษา การให้แสงเสริมอย่างต่อเนื่องโดยการเปิด 3 ชั่วโมง ก่อนเวลา 06:00 น. และหลังเวลา 18:00 น. สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักเหง้ามันอ้อยและเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารออกฤทธิ์ โดยการให้แสงขาวหรือแสงผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงิน สัดส่วน 1:5 จะช่วยรักษาน้ำหนักเหง้าและเพิ่มปริมาณสารสำคัญได้ดีที่สุด (กษิติเดช และคณะ, 2561)

ปัจจุบันมีการใช้หลอด LED แสงสีต่าง ๆ กับการผลิตพืชเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นหลอดประหยัดพลังงาน กำลังส่องสว่างสูง การให้ค่าสีของหลอดคงที่ มีการปล่อยความร้อนต่ำ และมีอายุการใช้งานนานประมาณ 50,000 ชั่วโมง (ยุทธศักดิ์, 2550) หากมีการให้แสงเสริมจะทำให้พืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นทำให้มีสารจำพวก primary metabolite มากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงจะทำให้พืชมีอัตราการหายใจสูง จะทำให้มีสารตั้งต้นในกระบวนการชีวสังเคราะห์ไปเป็นสารอื่น ๆ ได้มากขึ้นด้วย (Amason *et al.*, 1995) การใช้หลอด LED ในการผลิตผักสลัดมีมากขึ้น สุทธิดา และคณะ (2558) ได้ออกแบบและสร้างชุดหลอด LED เพื่อใช้ในการศึกษาผลของความเข้มแสงที่ช่วงความยาวคลื่นแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค ชนิดของแสงที่ใช้ในการศึกษา คือ ชุดหลอด LED สีแดง สีขาว และสีน้ำเงิน ที่มีความส่องสว่าง 327, 1,078 และ 4,338 ลักซ์ ตามลำดับ โดยนำผลการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลจากชุดควบคุม คือ ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความส่องสว่าง 2,028 ลักซ์ พบว่าแสงสีน้ำเงินให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นและความยาวรากสูงที่สุด นอกจากนี้รายงานของ พิษณุสินี และธรรมศักดิ์ (2560) พบว่าการปลูกผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 8 หลอด เปิดนาน 16 ชั่วโมง

ให้น้ำหนักสดและแห้งส่วนยอด และปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด และพบว่าการปลูกผักกาดหอมเรดโอ๊คภายใต้แสงจากหลอด LED สีขาว ให้น้ำหนักสดและแห้งส่วนยอดสูงที่สุด แต่ปริมาณวิตามินซีคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากสามารถประยุกต์ใช้ LED ที่ผลิตในช่วงคลื่นแสงที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์สารที่เป็นประโยชน์ต่อผักสลัดและสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตด้านความยาวของใบ ความกว้างของใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมได้ จะเป็นข้อมูลเทคโนโลยีเพื่อนำไปต่อยอดและพัฒนาในการใช้หลอด LED กับการผลิตพืชได้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พืชทดลอง

นำเมล็ดพันธุ์ผักสลัด 4 ชนิด ได้แก่ เรดโอ๊ค คอส กรีนโครอล และกรีนโอ๊ค มาคัดเลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่ากัน เมล็ดที่สมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีรอยแตกหรือรอยราว เพาะเมล็ดลงในวัสดุปลูกผสมระหว่างเพอร์ไลต์ (perlite) กับเวอร์มิคูไลต์ (vermiculite) อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากต้นกล้ามีอายุได้ 2 สัปดาห์ จึงย้ายต้นกล้าลงรางไฮโดรโปนิกส์ (EC 1.3 และ pH 6.0)

2.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแบ่งผักสลัดแต่ละชนิด เป็น 3 ทรีทเมนต์ ได้แก่ การให้แสงสีขาว (WL) การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว : แสงสีน้ำเงิน : แสงสีแดง อัตราส่วน 2:2:1 (2W2B1R) และการให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว : แสงสีน้ำเงิน : แสงสีแดง อัตราส่วน 2:1:2 (2W1B2R) แต่ละ

ทรีทเมนต์มี 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระถาง และเปิดแสงไฟ 16 ชั่วโมงต่อวัน (เวลา 03:00-21:00 น.) บันทึกผลการทดลองความยาวของใบ ความกว้างของใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวม นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's multiple range test

2.3 การบันทึกข้อมูล

2.3.1 ความยาวของใบ ความกว้างของใบ และความกว้างทรงพุ่ม วัดทุกสัปดาห์เป็นจำนวน 4 สัปดาห์ หลังจากย้ายปลูก

2.3.2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อผักสลัดมีอายุครบ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก วัดน้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้งของใบและราก รายงานผลเป็นกรัม

2.3.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวม เมื่อผักสลัดมีอายุครบ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวม โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Rakesh (2009) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

สุ่มตัวอย่างใบของผักสลัด นำมาทำความสะอาด ตัดใบให้มีขนาด 3-4 เซนติเมตร โดยไม่เอาเส้นใบ ซึ่งใบแต่ละชนิดแต่ละทรีทเมนต์ให้น้ำหนักหนัก 15 มิลลิกรัม แล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดและแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบ/วินาที แยกเอาส่วนใสไปวิเคราะห์ โดยนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 470, 644 และ 649 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวม ดังสมการ

$$\text{Chlorophyll A (Chl A)} = (13.36 \times A_{664}) - (5.19 \times A_{649})$$

$$\text{Chlorophyll B (Chl B)} = (27.43 \times A_{649}) - (8.12 \times A_{664})$$

$$\text{Total chlorophyll} = \text{Chlorophyll A} + \text{Chlorophyll B}$$

$$\text{Total Carotenoids} = [(1000 \times A_{470}) - 2.13\text{ChlA} - 97.64\text{ChlB}]/209$$

A_{470} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

A_{649} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ความยาวคลื่น 649 นาโนเมตร

A_{664} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก พบว่าการให้แสง 2W1B2R

ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีความยาวใบและความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุดในทุกสัปดาห์ โดยความยาวใบของผักสลัดชนิดเรดโอ๊คในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 หลังย้ายปลูกมีค่า 7.75, 11.42, 13.36 และ 13.58 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนผักสลัดชนิดคอสมีค่า 6.64, 8.20, 11.38 และ 11.62 เซนติเมตร ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีค่า 4.12, 6.43, 9.33 และ 9.62 เซนติเมตร ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คมีค่า 8.13, 13.63, 15.65 และ 15.89 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนความกว้างทรงพุ่มพบว่าผักสลัดชนิดเรดโอ๊คในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 หลังย้ายปลูกมีค่า 13.54, 20.05, 22.00 และ 22.18 เซนติเมตร ตามลำดับ ผักสลัดชนิดคอสมีค่า 9.68, 13.65, 15.87 และ 15.93 เซนติเมตร ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีค่า 5.92, 11.21, 14.06 และ 14.17 เซนติเมตร ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คมีค่า 15.39, 19.53, 22.70 และ 23.28 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับงานทดลองของ กษิต์เดช (2560) ที่ศึกษาการให้

ตารางที่ 1 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวใบของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Leaf length of red oak lettuce (cm)				Leaf length of cos lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	6.63±0.65 b ^{1/}	11.18±0.94 b	13.10±0.74 b	13.32±1.62 b	5.63±1.08 b	7.95±0.65 b	10.13±0.74 b	10.35±1.56 b
2W2B1R	4.92±1.44 c	9.56±1.63 c	11.65±1.51 c	11.86±1.71 c	5.17±0.89 c	7.62±0.65 c	9.77±0.57 c	10.03±0.89 c
2W1B2R	7.75±1.20 a	11.42±0.82 a	13.36±0.67 a	13.58±1.28 a	6.64±1.52 a	8.20±0.76 a	11.38±0.84 a	11.62±1.73 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	6.36	5.79	8.19	7.24	5.71	8.72	6.99	7.39
Treatments	Leaf length of green coral lettuce (cm)				Leaf length of green oak lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	3.34±1.05 b	5.05±1.69 b	7.45±1.38 c	7.59±1.64 c	7.60±1.39 b	11.60±1.61 b	14.51±1.55 b	14.76±1.69 b
2W2B1R	3.13±0.88 c	4.81±0.80 c	6.31±1.60 b	6.47±1.53 b	6.20±1.31 c	11.25±0.57 c	12.93±1.08 c	13.15±1.26 c
2W1B2R	4.12±1.34 a	6.43±1.29 a	9.33±1.25 a	9.62±1.43 a	8.13±1.22 a	13.63±1.14 a	15.65±1.14 a	15.89±1.58 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	5.98	4.43	6.72	7.45	7.52	9.81	7.18	6.49

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวดังที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีน้ำเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีน้ำเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

ตารางที่ 2 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างทรงพุ่มของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Bush width of red oak lettuce (cm)				Bush width of cos lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	12.12±1.57 b	19.85±1.10 b	21.25±0.97 b	21.43±1.53 b	9.31±1.72 b	13.35±0.74 b	15.52±1.29 b	15.68±1.27 b
2W2B1R	11.68±1.56 c	19.30±1.61 c	19.80±1.11 c	19.97±1.18 c	8.67±1.77 c	12.85±1.13 c	14.45±1.36 c	14.62±1.46 c
2W1B2R	13.54±1.87 a	20.05±1.21 a	22.00±0.71 a	22.18±0.98 a	9.68±0.97 a	13.65±0.28 a	15.87±1.28 a	15.93±1.24 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.90	6.83	9.17	10.66	2.88	3.51	6.54	8.21
Treatments	Bush width of green coral lettuce (cm)				Bush width of green oak lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	5.10±1.36 b	10.26±1.90 b	13.70±1.81 b	13.98±1.67 b	14.38±1.22 b	18.20±1.22 b	21.12±1.36 b	21.53±1.97 b
2W2B1R	4.30±1.61 c	9.25±1.57 c	12.85±1.28 c	13.02±1.76 c	13.41±1.19 c	16.05±1.07 c	19.91±1.41 c	20.23±1.97 c
2W1B2R	5.92±1.25 a	11.21±1.32 a	14.06±1.26 a	14.17±1.53 a	15.39±1.33 a	19.53±1.09 a	22.70±1.38 a	23.28±1.64 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	5.58	5.55	9.77	10.82	2.65	7.20	6.53	9.56

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

แสงเสริมจากหลอด LED สีต่าง ๆ แก่กระชายดำที่ปลูกในกระถางภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่าการให้แสงสีขาวและแสงแบบผสมสีแดงและน้ำเงินอัตราส่วน 5:1 ให้ความกว้างและความสูงทรงพุ่มสูงที่สุด ทั้งนี้จากการให้แสง 2W1B2R ที่มีสัดส่วนของแสงสีแดงมากกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เนื่องจากแสงสีแดงเป็นแสงที่ให้พลังงานต่ำ และมีความเข้มแสงน้อยทำให้พืชดูดรับแสงได้อย่างเต็มที่ แล้วค่อนข้างจะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตในสภาพแสงปกติ ซึ่งการแสดงอาการของพืชนั้น พืชจะมีการยืดตัวมากขึ้น เนื่องจากพืชต้องการแสงและพลังงานมากขึ้น จึงมีการยืดตัวเข้าหาแสง ดังนั้นเมื่อพืชได้รับแสงสีแดง พืชจะถูกกระตุ้นให้ IAA สั่งการให้พืชมีกลไกในการยืดตัวเพื่อเข้าหาแสง เพื่อให้ได้รับแสงอย่างเต็มที่

การให้แสง WL ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีความกว้างใบสูงที่สุดในทุก ๆ สัปดาห์ และมีน้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากสูงที่สุด โดยความกว้าง

ใบของผักสลัดชนิดเรดโอ๊คในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า 4.60, 8.71, 11.10 และ 11.43 เซนติเมตร ตามลำดับ ผักสลัดชนิดคอสมีค่า 4.34, 6.61, 8.17 และ 8.54 เซนติเมตร ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีค่า 3.12, 5.12, 6.93 และ 7.33 เซนติเมตร ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คมีค่า 4.50, 8.64, 10.70 และ 10.97 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ส่วนน้ำหนักสดของต้น ราก และน้ำหนักสดรวมของผักสลัดชนิดเรดโอ๊คที่อายุ 4 สัปดาห์ มีค่า 62.55, 12.98 และ 75.53 กรัม ตามลำดับ ผักสลัดชนิดคอสมีค่า 53.48, 11.96 และ 65.44 กรัม ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีค่า 50.19, 11.34 และ 61.53 กรัม ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คมีค่า 79.31, 2.83 และ 82.14 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และน้ำหนักแห้งของต้น ราก และน้ำหนักแห้งรวมของผักสลัดชนิดเรดโอ๊คที่อายุ 4 สัปดาห์ มีค่า 4.97, 0.44 และ 5.41 กรัม ตามลำดับ ผักสลัดชนิดคอสมีค่า 3.93, 0.34 และ 4.27 กรัม ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีค่า 3.94, 0.31

และ 4.25 กรัม ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊ค มีค่า 5.21, 0.47 และ 5.68 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับงานทดลองของ พิชญ์สินี และ

ธรรมศักดิ์ (2560) ที่พบว่าการปลูกผักกาดหอม บัตเตอร์เฮดภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 8 หลอด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ให้น้ำหนักสดและแห้ง

ตารางที่ 3 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างใบของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Leaf width of red oak lettuce (cm)				Leaf width of cos lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	4.80±0.85 a ^{1/}	10.40±1.47 a	12.40±1.56 a	12.71±0.78 a	4.85±1.04 a	6.73±0.76 a	9.22±0.84 a	9.62±0.64 a
2W2B1R	4.14±1.05 c	7.82±0.91 c	10.00±0.71 c	10.32±0.43 c	3.96±0.82 c	6.15±0.96 b	7.83±0.76 c	8.23±0.96 c
2W1B2R	4.60±0.65 b	8.71±1.46 b	11.10±1.07 b	11.43±1.12 b	4.34±0.84 b	6.61±0.89 a	8.17±0.96 b	8.54±1.26 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.57	8.90	8.17	7.87	7.85	8.54	7.24	6.42
Treatments	Leaf width of green coral lettuce (cm)				Leaf width of green oak lettuce (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
WL	3.60±1.82 a	5.30±1.82 a	7.92±1.56 a	8.32±1.56 a	4.70±0.67 a	8.70±1.53 a	11.42±1.24 a	11.62±1.45 a
2W2B1R	2.48±1.53 c	4.10±1.56 c	5.60±1.29 c	6.03±1.19 c	4.40±1.14 b	8.51±1.73 b	10.60±1.78 b	10.82±0.79 b
2W1B2R	3.12±0.87 b	5.12±1.49 b	6.93±1.18 b	7.33±1.28 b	4.50±1.37 b	8.64±1.30 ab	10.70±1.30 b	10.97±1.62 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.63	8.36	7.67	6.95	8.18	7.69	9.62	8.29

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

ตารางที่ 4 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อน้ำหนักสดต้นและรากของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Fresh weight of red oak lettuce (g)			Fresh weight of cos lettuce (g)		
	Shoot and root	Shoot	Root	Shoot and root	Shoot	Root
WL	75.53±1.36 a ^{1/}	62.55±1.06 a	12.98±0.98 a	65.44±1.62 a	53.48±1.20 a	11.96±0.43 a
2W2B1R	64.26±1.27 c	52.27±0.97 c	11.99±0.32 b	58.93±1.51 c	47.71±1.36 c	11.22±0.19 c
2W1B2R	72.03±1.06 b	59.17±1.87 b	12.86±0.43 a	59.01±1.25 b	47.63±1.23 b	11.38±0.94 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	8.13	6.27	7.70	4.78	6.44	9.97
Treatments	Fresh weight of green coral lettuce (g)			Fresh weight of green oak lettuce (g)		
	Shoot and root	Shoot	Root	Shoot and root	Shoot	Root
WL	61.53±1.35 a	50.19±1.85 a	11.34±1.51 b	82.14±1.46 a	79.31±1.28 a	2.83±0.71 a
2W2B1R	57.20±1.54 c	45.49±1.12 c	11.71±0.53 a	68.87±1.13 c	66.61±1.48 c	2.26±0.91 c
2W1B2R	58.46±1.71 b	47.18±1.57 b	11.28±1.14 b	71.35±1.87 b	68.89±1.36 b	2.46±0.34 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	8.27	6.02	7.41	5.20	7.64	5.98

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

ตารางที่ 5 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อน้ำหนักแห้งต้นและรากของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Dry weight of red oak lettuce (g)			Dry weight of cos lettuce (g)		
	Shoot and root	Shoot	Root	Shoot and root	Shoot	Root
WL	5.41±0.15 a ^{1/}	4.97±0.19 a	0.44±0.15 a	4.27±0.19 a	3.93±0.26 a	0.34±0.13 a
2W2B1R	2.94±0.16 c	2.68±0.14 c	0.26±0.13 c	2.72±0.17 c	2.54±0.15 c	0.18±0.03 c
2W1B2R	3.77±0.19 b	3.43±0.11 b	0.34±0.16 b	3.54±0.34 b	3.26±0.20 b	0.28±0.14 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	6.16	8.30	7.28	7.04	8.13	6.59
Treatments	Dry weight of green coral lettuce (g)			Dry weight of green oak lettuce (g)		
	Shoot and root	Shoot	Root	Shoot and root	Shoot	Root
WL	4.25±0.18 a	3.94±0.12 a	0.31±0.16 a	5.68±0.30 a	5.21±0.29 a	0.47±0.12 a
2W2B1R	2.67±0.13 c	2.51±0.19 c	0.16±0.04 c	4.36±0.21 c	4.08±0.17 c	0.28±0.15 c
2W1B2R	3.57±0.12 b	3.35±0.11 b	0.22±0.13 b	5.43±0.26 b	5.04±0.24 b	0.39±0.14 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.22	8.65	6.69	8.14	7.59	7.47

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

ตารางที่ 6 ผลของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมของผักสลัด 4 ชนิด ที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

Treatments	Red oak lettuce				Cos lettuce			
	Chlorophyll A (µg/g _{FW})	Chlorophyll B (µg/g _{FW})	Total Chlorophyll (µg/g _{FW})	Total Carotenoid (µg/g _{FW})	Chlorophyll A (µg/g _{FW})	Chlorophyll B (µg/g _{FW})	Total Chlorophyll (µg/g _{FW})	Total Carotenoid (µg/g _{FW})
WL	67.94±1.19 a ^{1/}	28.67±1.37 a	96.61±1.54 a	23.03±1.34 a	62.49±1.48 a	24.16±1.07 a	86.65±1.36 a	20.23±1.23 a
2W2B1R	59.69±1.29 c	27.46±1.31 c	87.15±1.14 c	20.78±1.68 c	55.53±1.16 c	22.49±1.63 c	78.02±1.57 c	18.47±1.73 c
2W1B2R	62.37±1.72 b	28.16±0.89 b	90.53±1.24 b	21.56±1.42 b	58.94±2.11 b	23.54±1.62 b	82.48±1.41 b	19.26±1.64 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.60	7.19	6.86	7.53	7.45	8.29	7.58	7.97
Treatments	Green coral lettuce				Green oak lettuce			
	Chlorophyll A (µg/g _{FW})	Chlorophyll B (µg/g _{FW})	Total Chlorophyll (µg/g _{FW})	Total Carotenoid (µg/g _{FW})	Chlorophyll A (µg/g _{FW})	Chlorophyll B (µg/g _{FW})	Total Chlorophyll (µg/g _{FW})	Total Carotenoid (µg/g _{FW})
WL	59.84±1.63 a	21.59±1.45 a	81.43±1.07 a	20.41±1.78 a	70.26±1.31 a	29.21±1.75 a	99.47±1.65 a	23.64±1.36 a
2W2B1R	52.96±1.41 c	19.83±1.49 c	72.79±1.13 c	18.28±1.16 c	62.76±1.67 c	27.86±1.42 c	90.62±0.96 c	21.59±1.21 c
2W1B2R	56.37±1.86 b	20.94±0.94 b	77.31±1.79 b	19.43±1.36 b	65.59±1.42 b	28.49±1.66 b	94.08±1.13 b	22.41±1.73 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.84	8.55	7.83	7.07	7.35	6.74	7.34	7.52

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test; ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์; WL = การให้แสงสีขาว; 2W2B1R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:2:1; 2W1B2R = การให้แสงสีผสมระหว่างแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และสีแดง อัตราส่วน 2:1:2

ส่วนยอด และปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด และพบว่า การปลูกผักกาดหอมเรดโอ๊คภายใต้แสงจากหลอด LED สีขาวให้ค่าน้ำหนักสดและแห้งส่วนยอดสูงที่สุด เนื่องจากการให้แสงเสริมสีขาวเป็นแสงที่มีสเปกตรัมสีทุกสเปกตรัมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และเหมาะสมต่อการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

การให้แสง WL ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด พบว่าผักสลัดชนิดเรดโอ๊คที่อายุ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวม 67.94, 28.67, 96.61 และ 23.03 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผักสลัดชนิดคอสมีปริมาณ 62.49, 24.16, 86.65 และ 20.23 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผักสลัดชนิดกรีนโครอลมีปริมาณ 59.84, 21.59, 81.43 และ 20.41 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คมีปริมาณ 70.26, 29.21, 99.47 และ 23.64 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับงานทดลองของ กษิติเดช และคณะ (2561) ที่ศึกษาการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในเหง้าขมิ้นอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อยู่ภายใต้หลอด LED สีต่าง ๆ และพบว่า การให้แสงขาวหรือแสงผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินสัดส่วน 1:5 จะเพิ่มปริมาณสารสำคัญได้ดีที่สุด

4. สรุป

การทดลองผลของการใช้แสงสีจากหลอด LED ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เรดโอ๊ค คอส กรีนโครอล และกรีนโอ๊ค พบว่าการให้แสงสีขาว : แสงสีน้ำเงิน : แสงสีแดง อัตราส่วน 2:1:2 ทำให้ผักสลัดทั้ง 4 ชนิด มีความยาวใบและความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุด และการให้แสงสีขาวทำให้ผักสลัด

ทั้ง 4 ชนิด มีความกว้างใบ น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีการศึกษา 2562 รอบที่ 2 เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. รายการอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์, 2555, เทคโนโลยีการผลิตพืชแห่งศตวรรษที่ 21, แก่นเกษตร 40(4): 1-8.
- กษิติเดช อ่อนศรี, เบญญา มะโนชัย, ปริญญา จุลกะ, พัทธพงษ์ พานทอง และณัฐพงศ์ จันจุฬา, 2561, การเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในเหง้าขมิ้นอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อยู่ภายใต้หลอด LED สีต่าง ๆ, Thai J. Sci. Technol. 7(1): 32-47.
- กษิติเดช อ่อนศรี, 2560, การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงเพื่อเพิ่มสารสำคัญในขมิ้นอ้อย [*Curcuma zedoaria* (Berg) Roscoe] และกระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กาญจนา ลากุล, 2561, ปลูกผักสลัดไร้ดิน ปลอดภัย สารพิษ แปรูปผลผลิตเพิ่มมูลค่า, แหล่งที่มา : <https://www.sentangsedtee.com>, 2 มกราคม 2563.
- พิชญ์สินี เพชรไทย และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2560, ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม, ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4(3) : 54-59.
- ยิ่งศักดิ์ ไกรพินิจ, วีระวัฒน์ จันทิก และพิทักษ์ ศิริวงศ์, 2560, การจัดการการเกษตรสมัยใหม่

- ของประเทศไทย, ว.วิจัยและพัฒนาโลย
อลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ 12(2): 115-
127.
- ยุทธศักดิ์ ฅนาสวัสดิ์, 2550, LED แสงสว่างแห่ง
อนาคต, สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการ
ลงทุน กรุงเทพมหานคร, ว.ส่งเสริมการลงทุน
18(11): 27-33.
- สุทธิดา มณีเมือง, เนตรนภา อินสลุต, นิตี คำเมือง
ลือ, ประดิษฐ์ เทิดทูล และพฤทธิ์ สกุลช่าง
สัจจะทัย, 2558, ผลของความเข้มแสงจากชุด
หลอดแอลอีดีสำหรับการเพาะปลูกที่มีต่อผัก
สลัดเรดโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิิกส์, ว.มทร.
อีสาน 8(1): 63-72.
- หทัยชนก หมื่นเกล้า, 2556, พลังหลอดไฟ LED
(Light emitting diode), ว.วิทยาศาสตร์ 5(5):
36-40.
- Arnason, J.T., Mata, R. and Romeo, J.T., 1995,
Phytochemistry of Medicinal Plants,
Springer-Verlag New York Inc., New York.
- Rakesh, M., Gabriela, M., Benjamin, L. and
Stephanie, L., 2009, Development of a
standardized methodology for quantifying
total chlorophyll and carotenoids from
foliage of hardwood and conifer tree
species, Can. J. Forest Res. 39: 849-861.