การใช้แสงเทียมปลูกผักสลัด Red Oak ในที่ร่ม

Using Artificial Light Grown Red Oak Lettuce Indoor

อภิสิทธิ์ ชิตวณิช[1*], ปราโมทย์ พรสุริยา[1] และ ธนาวัฒน์ เยมอ[1]

Apisit Chittawanij[1*], Pramote Pornsuriya[1] and Tanawat Yemor[1]

บทคัดย่อ: ศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกภายใต้แสงที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาชนิดแสงที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดในร่ม โดยมีสิ่งทดลองที่ 1 แสงธรรมชาติ (control) สิ่งทดลองที่ 2 Fluorescent, สิ่งทดลองที่ 3 Strip LED , สิ่งทดลองที่ 4 Circle LED และสิ่งทดลองที่ 5 Squair LED วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสิ่งทดลองมี 4 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น โดยบันทึกความสูงต้น (ซม.), จำนวนใบ (ใบ/ต้น), ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.), คลอโรฟิลล์ (SPAD), ความยาวราก (ซม.), น้ำหนักสดและแห้งต้น (ก.) และน้ำหนักสดและแห้งราก (ก.) จากผลการทดลอง พบว่า ผักสลัด Red Oak ที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ 5 Squair LED มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตได้ดี โดยมีความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักสดต้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสิ่งทดลองอื่น แต่ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น หลอด Squair LED จึงเหมาะในการนำไปใช้เป็นแสงเทียมสำหรับปลูกผักในร่ม

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, ผักสลัด, แสงเทียม, หลอดแอลอีดี

ABSTRACT: Growth of Red Oak lettuce grown in different lights was investigated. Five different lights used were control, Fluorescent, Strip LED, Circle LED and Squair LED. The experiment was arranged in Completely Randomized Design with four replicates. Plant height (cm), leaf number (number/plant), plant width (cm), chlorophyll (SPAD), root length (cm), shoot fresh and dry mass (g) and root fresh dry mass (g) were collected at harvest. The results indicated that the plant heights, leaf number and shoot fresh mass of Red Oak lettuce grown in Squair LED was significantly higher than those grown in the other lights. There was no significant difference among treatments in canopy, chlorophyll (SPAD), root length, and fresh and dry weight of root. However, the using LED light was promotion plant growth and yield. Therefore, Squair LED is the most appropriate light to grow Red Oak lettuce.

Keywords: Growth, Lettuce, Artificial light, LED.

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110
Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chonburi,Thailand 20110

* Corresponding author: anglelovebliss@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มของประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการอาหารมีเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ทำการเกษตรมีแนวโน้มลดลง มีปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และการสะสมของโรคและแมลง ทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีมากขึ้น ส่งผลให้เกิดพิษตกค้างในผลผลิตโดยเฉพาะในพืชผัก ผู้บริโภคจึงเริ่มตื่นตัวและสนใจในความ ปลอดภัยของอาหารมากยิ่งขึ้น ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยเป็นที่ต้องการมากและมีราคาสูงขึ้น (สุทธิดา และคณะ, 2558) นอกจากนั้น การเกษตรยังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ภาวะโลกร้อน ฝนไม่ตกตามฤดูกาล พายุ และน้ำท่วม ทำให้การปลูกผักในมุ้ง ปลูกผักในโรงเรือน และปลูกพืชในโรงเรือนควบคุมมากขึ้น การใช้แสงจากหลอดไฟแทนแสงธรรมชาติในการปลูกพืชผัก เป็นวิธีการที่ทำให้สามารถปลูกพืชในที่ที่ไม่มีแสงธรรมชาติ เช่น ในบ้าน ในอาคาร หรือในห้อง (นภัทร และ ไชยยันต์, 2560) จากรายงานที่ว่า ช่วงแสงที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช คือแสงในช่วงสีน้ำเงิน และสีแดง (Chen et al., 2017; Chen et al., 2017) โดยแสงทั้งสองช่วงนี้มีอยู่ในแสงแดดตามธรรมชาติ หลอดไฟ LED สำหรับปลูกพืชถูกออกแบบและผลิตมาเพื่อให้แสงในช่วงที่พืชต้องการใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งสามารถใช้ทดแทนแสงแดดตามธรรมชาติได้ ในปัจจุบันหลอด LED สำหรับปลูกพืชยังไม่มีวางขายในท้องตลาด นอกจากการสั่งซื้อตามอินเตอร์เนตหรือสั่งประกอบ แนวทางหนึ่งที่จะได้มาซึ่งหลอดไฟที่เหมาะสมในการปลูกพืชในร่ม จะต้องมีการศึกษาทดสอบเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ที่ใช้สำหรับปลูกพืช เพื่อให้ทราบชนิดแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชมากที่สุด

ผักกาดหอม *(Lactuca sativa)* เป็นผักชนิด หนึ่งที่นิยมบริโภคส่วนของใบ และนิยมรับประทานสด มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็กโปรตีน และคาร์โบไฮเดรท มีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมในด้านระงับความกระวนกระวายการขับปัสสาวะ และเสมหะ ในผักชนิดนี้ยังประกอบด้วยสาร antioxidant หลายชนิดเช่น folic acid, lutene, β-carotein เป็นต้น (สุนทร, 2540) จากการที่เป็นผักที่มีความต้องการบริโภคสูงและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (สัมฤทธิ์, 2538) จึงต้องใช้ระบบการปลูกแบบใหม่และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาการปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ภายใต้แสง LED สำหรับปลูกพืชที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบชนิดแสงที่เหมาะสมกับการปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การส่องสว่างของหลอดไฟ

แสงเทียมที่ใช้ในการศึกษาคือ หลอด Fluorescent, Strip LED (36W อัตรส่วนของ R:B = 2:1) , Circle LED (20W COB อัตรส่วนของ R:G:B=0.784:0.129:0.087) และ Squair LED (50W COB full spectrum) โดยแขวนหลอดไฟให้สูงจากพื้น 30 ซม. ทดสอบการส่องสว่างลงบนพื้นที่ 40 x 40 ซม. ซึ่งแบ่งเป็น 16 ช่อง (10x10 ซม.) และวัดความส่องสว่าง (lux) ในแต่ละช่องและบันทึกค่าที่วัดได้ เพื่อเปรียบเทียบการกระจายความส่องสว่างของหลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

2. การเจริญเติบโตของผักสลัด Red Oak

เพาะเมล็ดผักสลัด Red Oak ในถาดเพาะเมล็ด วัสดุเพาะเมล็ดมีส่วนผสมของดินร่วน:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร หยอดหลุมละ 1 เมล็ด หลังจากต้นกล้ามีอายุ 15 วัน ย้ายปลูกลงในถุงขนาด 2.5 x 6 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินร่วน:กาบมะพร้าว:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร แล้วย้ายไปวางตามกรรมวิธีที่ได้รับแสงที่แตกต่างกันดังนี้ คือ สิ่งทดลองที่ 1 Control (ปลูกในโรงเรือนหลังคามุงด้วยพลาสติกใส) สิ่งทดลองที่ 2 Fluorescent สิ่งทดลองที่ 3 Strip LED สิ่งทดลองที่ 4 Circle LED และสิ่งทดลองที่ 5 Squair LED โดยสิ่งทดลองที่ 2-5 ทำการทดลองใต้อาคารที่ล้อมด้วยสแลนสีดำ 50% วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำๆ ละซ้ำมี 4 ต้น โดยอุณหภูมิตลอดการทดลองอยู่ระหว่าง 26-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 54-78 % เปิดไฟนาน 16 ชม./วัน ใช้ระบบตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟแบบอัตโนมัติ

3. การเก็บข้อมูล

เมื่อต้นผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่มีอายุ 35

วันหลังเพาะเมล็ด ทำการบันทึกความสูงต้น (ซม.) โดยรวบใบแล้ววัดจากโคนจนถึงปลายที่ยาวที่สุด, ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.) โดยวัดจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง,ความเข้มสีใบ (SPAD), น้ำหนักสดต้นและราก (ก.) จากนั้นหั่นชิ้นส่วนพืชเป็นชิ้นเล็กๆ อบด้วยตู้อบแห้ง (hot air oven) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชม. นำมาชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก (ก.)

ผลการศึกษา

การกระจายแสงของหลอด LED

การใช้แหล่งกำเนิดแสงจากแสงเทียมแทนแสงอาทิตย์เพื่อปลูกพืชภายในโรงเรือนหรือพื้นที่เพาะปลูกที่มีแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การกระจายความส่องสว่างจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ทราบว่าหลอดมีการกระจายแสงอย่างไร จากการศึกษาการกระจายความสว่างของหลอดไฟที่แตกต่างกันบนพื้นที่ 40 x 40 ซม. ซึ่งแบ่งเป็น 16 ช่อง (10 x 10 ซม.) พบว่า มีการกระจายความสว่าง ดังแสดงใน Figure 1 (a)-(d) โดยมีการกระจายความสว่างของหลอด Fluorescent, Strip LED, Circle LED, และ Squair LED เท่ากับ 1,354 - 2,146, 1,523 - 1,562, 932 - 987 และ 2,635 - 2,844 lux ตามลำดับ สำหรับแสงในโรงเรือนที่วาง กรรมวิธีที่ 1 Control มีความสว่างอยู่ระหว่าง 1,440-8,530 lux จากความสว่างของแสงธรรมชาติที่แตกต่างกันเนื่องจากช่วงเวลาในการทดลองเป็นช่วงฤดูฝนทำให้บางวันฝนตกตลอดวัน และบางวันมีแสงแดดตลอดวัน

1,428	1,634	1,634	1,543
1,822	2,124	2,146	1,834
1,815	2,042	2,092	1,827
1,354	1,634	1,634	1,415

(a)

1,523	1,528	1,535	1,532
1,554	1,562	1,547	1,548
1,552	1,554	1,558	1,556
1,532	1,524	1,527	1,535

(b)

942	975	972	932
974	984	987	976
976	981	985	969
936	968	978	952

(c)

2,635	2,726	2,747	2,648
2,741	2,840	2,844	2,745
2,735	2,841	2,838	2,728
2,732	2,735	2,742	2,726

(d)

Figure 1 List of light details on 40x40 cm^2, (a) Fluorescent, (b) Strip LED, (c) Circle LED and (d) Squair LED.

การเจริญเติบโตของผักสลัด Red oak

1. ความสูงต้นและจำนวนใบ

จากการศึกษาปลูกผักสลัด Red Oak ภายใต้แสงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ที่อายุ 35 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ความสูงและจำนวนใบของผักสลัด Red Oak มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยความสูงของผักสลัดRed oak ต้นที่ปลูกใน Circle LED มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 22.58 ซม. แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกใน Strip LED ที่มีความสูงต้นเท่ากับ 19.25 ซม. รองลงมาคือ ต้นที่ปลูกใน Fluorescent และ Squair LED เท่ากับ 17.05 และ 15.48 ซม. และต้นที่ปลูกใน Control ความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 14.88 ซม. สำหรับจำนวนใบของต้นผักสลัด พบว่า ต้นที่ปลูกใน Circle LED มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 17.75 ใบ/ต้น รองลงมาคือ Strip LED, Fluorescent, Squair LED และ Control มีจำนวนใบเท่ากับ 14.00, 12.50, 11.75 และ 7.50 ใบ/ต้น ตามลำดับ

2. ความกว้างทรงพุ่ม ความเข้มสีใบ และความยาวราก

ความกว้างทรงพุ่ม ความเข้มสีใบ และความยาวรากของผักสลัด Red oak ที่อายุ 35 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยความกว้างทรงพุ่มของต้นที่ปลูกใน Strip LED มีแนวโน้มมีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 22.20 ซม. รองลงมา คือต้นที่ปลูกใน Circle LED, Squair LED, Fluorescent และ Control มีจำนวนใบเท่ากับ 21.53, 21.43, 20.28 และ 18.25 ซม.ตามลำดับ ส่วนความเข้มสีใบของต้นผักสลัด Red oak

พบว่า ต้นที่ปลูกใน Squair LED มีแนวโน้มมีความเข้มสีใบมากที่สุดเท่ากับ 28.18 รองลงมา คือต้นที่ปลูกใน Fluorescent, Strip LED, Circle LED และ Control มีความเข้มสีใบเท่ากับ 26.40, 26.08, 25.70 และ 22.25 ตามลำดับ ในขณะที่ความยาวรากของต้นผักสลัด Red oak พบว่า ต้นที่ปลูกใน Squair LED มีแนวโน้มความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 11.88 ซม.รองลงมา คือต้นที่ปลูกใน Circle LED, Strip LED, Fluorescent และ Control มีความยาวรากเท่ากับ 10.68, 10.25, 9.18 และ 9.00 ซม.ตามลำดับ

Table 1 Effects of the different light treatments on growth of Red oak lettuce at 35 days

Light treatments	Plant height (cm)	Leaf number (number/plant)	Plant width (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Root length (cm)
Control	14.88$^{c\ 1/}$	7.50^{d}	18.05	22.25	9.00
Fluorescent	17.05^{bc}	12.50^{bc}	20.28	26.40	9.18
Strip LED	19.25^{ab}	14.00^{b}	22.20	26.08	10.25
Circle LED	22.58^{a}	17.75^{a}	21.53	25.70	10.68
Squair LED	15.48^{bc}	11.75^{c}	21.43	28.18	11.88
F-test	**	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.36	11.59	11.36	13.14	27.77

* Significantly different at the P< 0.01 level.

1/ Values followed by the same letter within a column are not significantly different at the P< 0.01 level.

ns non significant

3. น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก

จากการวิเคราะห์น้ำหนักสดต้น พบว่าต้นที่ปลูกในแสงเทียมทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับสิ่งทดลอง control แต่ไม่มีความแตกต่างกันภายในแสงเทียมทั้ง 4 ชนิด โดยต้นที่ปลูกใน Squair LED มีแนวโน้มให้ต้นสูงที่สุด รองลองคือ Circle LED, Fluorescent และ Strip LED มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.35, 15.93, 13.00 และ 11.88 ก. ตามลำดับ ในขณะที่ น้ำหนักแห้งต้นและน้ำหนักสดและแห้งราก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกในสิ่งทดลอง Squair LED และ Circle LED มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุดเท่ากับ 1.09 และ 1.05 ก. ส่วนน้ำหนักสดรากต้นที่ปลูกในสิ่งทดลอง Fluorescent มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.75 กรัม รองลงมาคือ ต้นที่ปลูกในสิ่งทดลอง Circle LED , Strip LED และ Squair LED มีน้ำค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 3.53, 3.13 และ 3.10 ก. ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งรากที่ปลูกในสิ่งทดลอง Squair LED มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.25 ก. รองลงมาคือ ต้นที่ปลูกในสิ่งทดลอง Fluorescent, Strip LED และ Circle LED มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 0.23, 0.22 และ 0.19 ก. ตามลำดับ (**Table 2**)

วิจารณ์

จากการศึกษา พบว่า ผักสลัดที่ได้รับแสงจากหลอด LED มีการเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะแสงจาก Squair LED ส่งผลให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตปกติเป็นทรงพุ่มปกติดี เพราะได้รับแสงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่า ซึ่งต่างจากต้นสลัดที่ได้รับแสงจากหลอดอื่นๆ ที่ต้นสลัดมีลำต้นยืดและใบยาวผิดปกติ เพราะเกิดจากได้รับแสงไม่เพียงพอ ปัญหาที่ตามมาเมื่อผักได้รับแสงไม่เพียงพอคือ จะทำให้ผักเกิดการสะสมไนเตรต เพราะว่าเมื่อพืชได้รับความเข้มแสงต่ำและมีการสังเคราะห์แสงได้น้อย ส่งผลให้

Table 2 Effects of the different light treatments on fresh and dry mass of Red oak lettuce at 35 days

Light treatments	Fresh mass (g)		Dry mass (g)	
	Shoot fresh mass	Root fresh mass	Shoot dry mass	Root dry mass
Control	6.53[c1/]	2.45	0.64	0.18
Fluorescent	13.00[ab]	3.75	0.75	0.23
Strip LED	11.88[ab]	3.13	0.83	0.19
Circle LED	15.93[ab]	3.53	1.05	0.22
Squair LED	17.35[ab]	3.10	1.09	0.25
F-test	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	24.14	34.52	29.08	37.71

* Significantly different at the P< 0.05 level.

[1/] Values followed by the same letter within a column are not significantly different at the P< 0.05 level.

ns non significant

กระบวน reduction ที่จะเปลี่ยนไนเตรตไปสู่ glutamic acid เกิดขึ้นได้ช้ากว่าการดูดไนเตรทขึ้นมาของราก ทำให้เกิดการสะสมไนเตรตในส่วนต่างๆ ของพืช (Bromzandstra, 1989 ใน พิชญ์สินี และ ธรรมศักดิ์, 2560) หากบริโภคผักที่สะสมไนเตรตเกินมาตรฐานจะเป็นพิษต่อร่างกายโดยจะสะสมเป็นเชื้อก่อโรคมะเร็งได้ ดังนั้นในการปลูกผักในที่ร่มผักควรได้รับแสงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตเพื่อลดการสะสมไนเตรต

นอกจากการให้ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งผลต่อพืช ช่วงระยะเวลาที่พืชได้รับแสงก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ผักสลัดRed oakได้รับแสงจากหลอดไฟ LED เท่ากันคือ 16 ชม. พบว่าผักที่ได้รับแสงจากหลอด LED ที่มีความสว่าง (lux) มากกว่ามีแนวโน้มการเจริญเติบดีกว่าผักที่ได้รับแสงที่มีความสว่างต่ำ อย่างไรก็ตามแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความสว่างต่ำจะต้องเพิ่มระยะเวลาการรับแสงของพืชต่อวันสำหรับให้ยาวนานมากขึ้นจะสามารถชดเชยแสงที่มีความสว่างที่น้อยกว่า จึงจะส่งผลให้การเจริญเติบโตได้ ดังนั้นการศึกษาความเข้มแสง ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) ที่มีความละเอียดมากขึ้น และระยะเวลาการให้แสงของพืชที่แตกต่างกันจากหลอด LED ปลูกพืช (Li et al., 2017) จะส่งผลให้ได้ข้อมูลการใช้แสงเทียมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดRed oakได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

สรุป

จากการปลูกผักสลัด Red oak ภายใต้แสงเทียมจากชนิดหลอดไฟที่แตกต่างกัน พบว่า หลอด Squair LED เหมาะสมต่อการใช้เป็นแสงเทียมในการปลูกผักสลัด Red Oak เนื่องจากหลอด Squair LED มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชภายในร่ม ในการวิจัยต่อไปควรเริ่มจากความสว่างในระดับการใช้งานปกติก่อน แล้วเพิ่มปริมาณความสว่างและระยะเวลาที่พืชได้รับแสงให้พืชมีเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. 2560. ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช?. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25 (1):158-176.

พิชญ์สินี เพชรไทย และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2560. ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์.4 (3): 54-59.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท, ขอนแก่น.

สุทธิดา มณีเมือง, เนตรนภา อินสลุด, นิติ คำเมืองลือ, ประดิษฐ์ เทอดทูล และพฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย. 2558. ผลของความเข้มแสงจากชุดหลอดแอลอีดีสำหรับการเพาะปลูกที่มีต่อผักสลัด Red oak ในระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์. มทร. อีสาน. 8(1):63-72.

สุนทร เรืองเกษม. 2540. ผักกินใบ. ไม่ปรากฏสถานที่พิมพ์.

Brom-zandstra, M. 1989. Nitrate Accumulation in Vegetables and Its Relationship to quality. Ann. Appl. Biol. 115: 553-561.

Chen, X.-l., Q.-C. Yang, W.-P. Song, L.-C. Wang, W.-Z. Guo, and X.-Z. Xue. 2017. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. Sci. Hort. 223: 44–52.

Chen, X.-L. and Q.-C. Yang. 2018. Effects of intermittent light exposure with red and blue light emitting diodes on growth and carbohydrate accumulation of lettuce. Sci. Hort. 234:220–226.

Li, H.-M., C.-M. Tang, and Z.-G. XU. 2017. Effects of different light quality on growth, photosynthetic characteristic and chloroplast ultrastructure of upland cotton *Gossypium hirsutum* L) seedlings. Emir. J. Food. Agric. 29(2):104-113.