

โหระพาและ Arugula ภายใต้เงื่อนไขทางแสงสีน้ำเงินที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลและฟลูโกลิเคอไมด์ (phytochemical) มากกว่าสีแดงเพียงอย่างเดียว จึงสามารถกล่าวสรุปโดยรวมได้ว่า การใช้แสงสีแดงผสมกับแสงสีน้ำเงินดีกว่าใช้แสงสีแดง แต่ผลผลิตทางกายภาพจะลดลงเมื่อสัดส่วนของแสงสีน้ำเงินถึงค่าจำกัดค่าหนึ่ง เนื่องจากแสงสีน้ำเงินเกินขีดจำกัดจะเป็นการลดความจุในการรับแสงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทั้งนี้ การตอบสนองขึ้นกับชนิดพันธุ์ (Hernandez, Kubota, 2016; Dou et al., 2017) โดยการศึกษาครั้งนี้พบว่า กะเพราที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระภายใต้เงื่อนไขทางแสงด้วยสัดส่วนแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 2 เป็นระยะเวลา 7 วัน มากกว่าแสงสีน้ำเงินล้วน และกะเพราที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลภายใต้เงื่อนไขทางแสงด้วยสัดส่วนแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มากกว่าแสงสีอื่นๆ เนื่องจากแสงสีน้ำเงิน (ในช่วงความยาวคลื่นแสง 400 - 500 นาโนเมตร) มีการดูดกลืนแสงโดย Photoreceptor proteins ที่จะตอบสนองจำเพาะช่วงคลื่นแสงที่ชัดเจน ทั้งนี้ ศักยภาพในการผลิตขึ้นกับความทดทานต่อความเครียดแสงของแต่ละชนิดพันธุ์พืช (Gitelson et al., 2017; Bantis et al., 2016) ยิ่งกว่านั้น โหระพาภายใต้เงื่อนไขชนิดแสงสีน้ำเงินจากหลอด LED ยังส่งผลให้ความหนาแน่นของปากใบเพิ่มขึ้น ส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการผลิตภายในของพืช (Jensen et al., 2018) ในด้านของระยะเวลาภายใต้เงื่อนไขทางแสงที่มากขึ้นอาจไม่เป็นผลเชิงบวกเสมอไป เช่นเดียวกับงานศึกษานี้ ที่พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลของโหระพาและแมงลักภายใต้เงื่อนไขทางแสงเป็นระยะเวลา 7 วัน มีมากกว่าระยะเวลา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.021$) แต่กะเพราภายใต้เงื่อนไขทางแสงสีแดงต่อแสงสีน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีการสะสมปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าระยะเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.024$) เพียงชนิดพันธุ์เดียวที่มีการสะสมเมื่อระยะเวลามาขึ้น (รูป 2ก) ซึ่งเป็นไปตามการศึกษาของ Taulavuori et al. (2016) กล่าวว่า โหระพาภายใต้สัดส่วนแสงผสมระหว่างแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินไม่มีการส่งเสริมการสะสมสารประกอบฟีนอลในระยะเวลาที่มากขึ้น แต่ในผักกาดแดง (red leaf lettuce) มีการสะสมของปริมาณสารประกอบฟีนอลเมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขทางแสงที่เพิ่มมากขึ้น โดยระบุได้ว่าการปรับตัวของพืชจากการตอบสนองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลต่อเงื่อนไขทางแสงแตกต่างกันขึ้นกับแต่ละชนิดพันธุ์

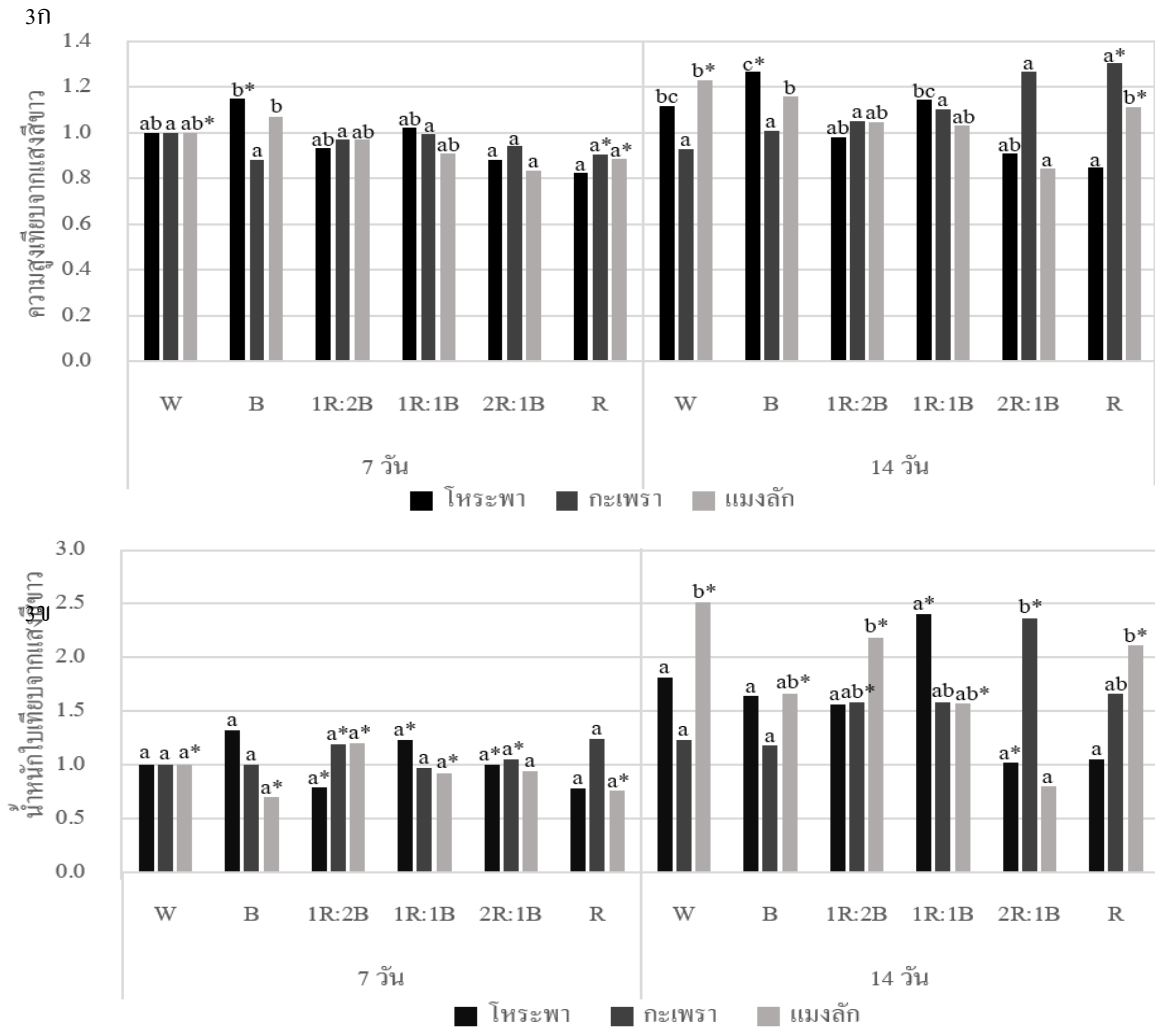
2) ผลการทดลองการตอบสนองของการเจริญเติบโต

จากการศึกษานี้พบว่า การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของทั้ง 3 ชนิดพันธุ์ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขทางแสงเกือบทุกกรณีไม่มีความแตกต่างจากแสงสีขาว (แสงสีขาว) โดยเฉพาะพื้นที่ใบภายใต้ทุกเงื่อนไขทางแสงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.272$) ดังแสดงข้อมูลค่าเปรียบเทียบความสูงและน้ำหนักใบของโหระพา กะเพรา และแมงลัก ซึ่งเทียบกับค่าของชุดการทดลองภายใต้แสงสีขาวในระยะเวลา 7 วัน เป็นมาตรฐานดังรูปที่ 3 หากนำข้อมูลความสูงและน้ำหนักของใบเปรียบเทียบระหว่างภายใต้เงื่อนไขแต่ละชนิดแสงกับแสงสีขาว (แสงขาว) จะพบว่าโหระพาภายใต้แสงสีแดงเป็นระยะเวลา 14 วัน มีความสูงน้อยกว่าแสงสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 24 ($p=0.0001$) ส่วนแมงลักภายใต้แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีความสูงน้อยกว่าแสงสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 31 ($p=0.0001$) (รูปที่ 3ก) และแมงลักภายใต้แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักใบน้อยกว่าแสงสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็น 3.12 เท่า หรือร้อยละ 68 ($p=0.007$) (รูปที่ 3ข) และกะเพรา มีเพียงน้ำหนักใบเท่านั้นที่แตกต่างจากแสงสีขาว โดยกะเพราภายใต้เงื่อนไขทางแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักใบมากกว่าแสงสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็น 1.92 เท่า หรือร้อยละ 48 ($p=0.050$) (รูปที่ 3ข) ส่วนการตอบสนองของการเจริญเติบโตภายใต้เงื่อนไขแสงที่ระยะเวลาการให้แสงแตกต่างกันพบได้ว่า น้ำหนักใบของโหระพาภายใต้แสงผสมระหว่างแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินในทุกสัดส่วนของการทดลองในระยะเวลา 14 วัน มากกว่าภายใต้แสงในระยะเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ อย่างน้อยร้อยละ 2.3 ($p \leq 0.021$) กะเพราภายใต้แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 2 และ

2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักโบมากกว่าระยะเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 25 และ 56 ตามลำดับ ($p=0.000$ และ $p=0.001$) และแมงลักภายใต้แสงทุกการทดลอง ยกเว้น แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักโบมากกว่าภายใต้แสงเป็นระยะเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ อย่างน้อยร้อยละ 41 ($p\leq 0.001$) (รูป 3ข) ส่วนความสูงของโหระพภายใต้แสงสีน้ำเงินเป็นระยะเวลา 14 วัน มากกว่าภายใต้แสงเป็นระยะเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 9 ($p=0.000$) กะเพราภายใต้แสงสีแดงเป็นระยะเวลา 14 วัน มีความสูงมากกว่า 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 31 ($p=0.000$) และแมงลักภายใต้แสงสีแดงและขาวเป็นระยะเวลา 14 วัน มีความสูงมากกว่า 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 21 และ 19 ($p=0.000$) (รูป 3ก) กล่าวโดยสรุปคือ ภายใต้เงื่อนไขทางแสงที่ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นส่งผลเชิงบวกให้มีการเจริญเติบโตของโหระพา กะเพรา และแมงลัก ทางด้านความสูงและน้ำหนักโบเพิ่มมากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แสงสีน้ำเงินมีผลเชิงบวกต่อความสูงในโหระพาและแมงลัก โดยโหระพภายใต้แสงสีน้ำเงินเป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน มีความสูงมากกว่าแสงสีแดง และแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 2 และ 2 ต่อ 1 อย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอย่างน้อยร้อยละ 23 ($p\leq 0.003$) และแมงลักภายใต้แสงสีน้ำเงินมีความสูงมากกว่าแสงสีแดง (ระยะเวลา 7 วัน) และแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 (ระยะเวลา 7 และ 14 วัน) อย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอย่างน้อยร้อยละ 17 ($p\leq 0.004$) (รูปที่ 3ก) ส่วนน้ำหนักโบของกะเพราและแมงลักมีทิศตรงกันข้าม โดยแมงลักภายใต้เงื่อนไขทางแสงสีขาว แสงสีแดง และแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 2 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักโบมากกว่าแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 อย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอย่างน้อยร้อยละ 62 ($p=0.007$) (รูปที่ 3ข) และกะเพราภายใต้แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักมากกว่าแสงสีขาวและแสงสีน้ำเงินอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 48 และ 50 ตามลำดับ ($p=0.050$) (รูปที่ 3ข)

การเจริญเติบโตของพืชมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ทำให้พืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นน้ำตาลแล้วสะสมในรูปคงตัวก่อนนำไปเปลี่ยนเป็น ATP ใช้เป็นพลังงานในกระบวนการเจริญเติบโต ซึ่งรวมกับกลไกต่างๆภายในจะมีบทบาทให้พืชดำรงชีพต่อไปได้ โดยทั่วไปพืชจะนำแสงธรรมชาติที่มาใช้ประโยชน์ คือ แสงจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 3 ความสูงเทียบกับค่าของชุดการทดลองภายใต้แสงสีขาวในระยะเวลา 7 วัน และ น้ำหนักใบเทียบกับค่าของชุดการทดลองภายใต้แสงสีขาวในระยะเวลา 7 วัน (3ข) ของโหระพา กะเพรา และแมงลัก ภายใต้เงื่อนไขทางแสงสีขาว น้ำเงิน แดง และแสงสีแดงต่อน้ำเงินที่มีอัตราส่วน 1:2 1:1 และ 2:1 ในระยะเวลา 7 และ 14 วัน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (สัญลักษณ์ a, b, c ระบุความแตกต่างทางนัยสำคัญระหว่างเงื่อนไขทางแสง สัญลักษณ์ * ระบุความแตกต่างทางนัยสำคัญระหว่างระยะเวลาภายใต้เงื่อนไขทางแสง)

แต่จะมีช่วงความยาวคลื่นแสงที่เฉพาะที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือเรียกว่า photo synthetically active radiation (PAR) ซึ่งจะพบว่า พืชมีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวแสงสีน้ำเงิน (400-500 นาโนเมตร) และแสงสีแดง (600-700 นาโนเมตร) ทั้งนี้ ยังมีปัจจัยทางแสง อาทิ ความเข้มแสง ช่วงเวลาให้แสง และชนิดของแสง ที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (Bantis et al., 2018) ใบจะเป็นตำแหน่งหลักที่จะดูดกลืนแสง เพื่อนำพลังงานไปยังกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้ผลผลิตเป็นอาหารต่อไป ดังนั้นใบจึงสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก แต่ในการศึกษานี้พบว่าพื้นที่ใบพืชทั้ง 3 ชนิดพันธุ์ ภายใต้เงื่อนไขทางแสงทั้ง 6 ชนิดแสง ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปแนวโน้มของแสงสีแดงที่มีผลต่อพื้นที่ใบมากกว่าแสงสีน้ำเงิน โดยแสงสีแดงมีผลต่อการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ จึงเป็นการส่งเสริมการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเพิ่มการแบ่งเซลล์ แต่ไม่มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากใบไปสะสมส่วนแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์ด้วยแสง มวลใบต่อพื้นที่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอนไซม์รูบิสโก การ

ชักนำปากใบ และความหนาแน่นของปากใบ (Loughrin, Kasperbauer, 2001; Hernandez, Kubota, 2016; Dou et al., 2017) การศึกษาในอนาคตควรมีการศึกษาสัณฐานของใบเพื่อสนับสนุนผลการทดลอง แต่หากมองการเจริญเติบโตในด้านความสูง และน้ำหนักใบจากงานวิจัยที่ผ่านมาของพืชภายใต้เงื่อนไขทางแสงเทียม อาทิ งานวิจัยของ Hernandez, Kubota (2016) ที่ได้ทำการศึกษาด้านกล้าแต่งภาพว่าแสงสีน้ำเงินมีผลเชิงบวกต่อความยาวลำต้น แต่มีผลให้มวลรากทั้งสดและแห้งลดลง ส่วน Roni et al. (2017) ได้รายงานว่าแสงสีน้ำเงินมีศักยภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าสีเขียวและสีแดง จึงทำให้มีการเจริญเติบโตในทางที่ดี อีกทั้ง Jensen et al. (2018) ได้ระบุว่าแสงสีน้ำเงินผสมแสงสีแดงมีผลให้การเจริญเติบโตในเชิงบวกมากกว่าแสงสีแดงผสมแสงสีเขียว เนื่องจากโหระพาทภายใต้แสงสีน้ำเงินจากหลอด LED มีผลต่อความหนาแน่นของปากใบที่จะส่งเสริมการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการผลิตภายในของพืช เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ พบว่าโหระพาและแมงลักภายใต้แสงสีน้ำเงินมีการตอบสนองในเชิงบวกของการเจริญเติบโตด้านความสูง (รูปที่ 3ก) ในส่วนของการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักพบว่าโหระพาทภายใต้แสง LED ด้วยสัดส่วนของแสงสีแดงต่อน้ำเงินต่ามีน้ำหนักสดมากกว่าสัดส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากแสงควบคุม (Piovene et al., 2015) และผักสลัดแดงและเขียวภายใต้แสงสีแดงมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่า 4 เท่า เมื่อเทียบกับภายใต้แสงสีแดงผสมน้ำเงิน (59:41) (Son, Oh, 2013) ในทางตรงกันข้ามกับการศึกษานี้ นั่นคือ กะเพร่าภายใต้สัดส่วนแสงสีแดงมากมีน้ำหนักมากกว่าแสงสีขาวและน้ำเงิน และแมงลักภายใต้แสงสีขาว แสงสีแดง และแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 2 มีน้ำหนักมากกว่าแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 (รูปที่ 3ข) รวมถึงผลการศึกษายของ Loughrin, Kasperbauer (2001) ที่ได้ทำการศึกษแสงสะท้อนจากวัสดุคลุมพบว่าวัสดุคลุมสีขาวมีความเข้มแสงมากที่สุดและมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบสูงสุด ส่วนวัสดุคลุมสีแดงมีการตอบสนองเชิงบวกต่อน้ำหนักสดและร้อยละของน้ำในใบ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของเงื่อนไขทางแสงต่อการตอบสนองของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอล และการเจริญเติบโตของโหระพา กะเพรา และแมงลัก เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน เพื่อเป็นแนวทางในการปลูกพืชสกุล *Ocimum* ในอาคารเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณค่าทางโภชนาการแก่ประชากรในเขตเมือง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การตอบสนองของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระภายใต้เกือบทุกเงื่อนไขทางแสงไม่แตกต่างจากแสงควบคุม (แสงสีขาว) แต่กะเพราที่ระยะเวลา 7 วัน และแมงลักที่ระยะเวลา 14 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระภายใต้แสงสีแดงผสมน้ำเงินมากกว่าแสงสีเขียว ส่วนการตอบสนองของปริมาณสารประกอบฟีนอลของกะเพร่าภายใต้แสงสีแดงต่อน้ำเงิน 2 ต่อ 1 ที่ระยะเวลา 14 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าแสงสีขาว และโหระพาทภายใต้แสงสีน้ำเงินมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าแสงสีแดงต่อน้ำเงิน 1 ต่อ 1 ส่วนในด้านการเจริญเติบโต ความสูงของโหระพาและแมงลักมีการตอบสนองเชิงบวกต่อแสงสีน้ำเงิน ส่วนใบกะเพราและใบแมงลักมีแสงสีแดงเป็นปัจจัยเชิงบวกต่อน้ำหนักใบ นอกจากนี้ ภายใต้เงื่อนไขทางแสงที่ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นทำให้มีแนวโน้มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลลดลง แต่การเจริญเติบโตด้านความสูงและน้ำหนักใบเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาภายใต้แสงเพิ่มขึ้น

การตอบสนองของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอล และการเจริญเติบโตภายใต้เงื่อนไขชนิดแสงของพืชแต่ละชนิดพันธุ์แตกต่างกันอย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งการศึกษาในปัจจุบันมีไม่มากพอที่จะระบุกระบวนการภายในของพืชได้ชัดเจน นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง โรค ที่อาจจะมีผลต่อการตอบสนองของพืชอีกด้วย ดังนั้น ควรได้รับการศึกษาการตอบสนองภายใต้เงื่อนไขทางแสงอื่นๆ เพิ่มเติม รวมถึงเงื่อนไขทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ในขั้นตอนการผลิตทางชีวเคมีให้ชัดเจนและเจาะจงของแต่ละชนิดพันธุ์เพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัย รวมถึงภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ดิเรก ทองอร่าม. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์; 2550.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, สำนักอาหาร. ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: กรมอนามัย; 2546: 341-347.
- Bantis F, Ouzounis T, Radoglou K. Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae* 2016; 198: 277-283
- Bantis F, Smirnakou S, Ouzounis T, Koukounaras A, Ntagkas N, Radoglou K. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia Horticulturae* 2018; 235: 437-451
- Carvalho S D, Schwieterman M L, Abrahan C E, Colquhoun T A, Folta K M. Light Quality Dependent Changes in Morphology, Antioxidant Capacity, and Volatile Production in Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Frontiers in Plant Science* 2016; 7: 1-12
- Chen L, Cheng C, Liang J. Effect of esterification on the Folin-Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Food chemistry* 2002; 170: 10-15
- Costa L, Montano Y M, Carrión C, Rolny N, Guiamet J J. Application of low intensity light pulses to delay postharvest senescence of *Ocimum basilicum* leaves. *Postharvest Biology and Technology* 2013; 86: 181-191
- Dou H, Niu G, Gu M, Masabni J G. Effects of Light Quality on Growth and Phytonutrient Accumulation of Herbs under Controlled Environments. *Horticulturae* 2017; 3: 1-11
- Gitelson A, Chivkunova O, Zhigalova T, Solovchenko A. In situ optical properties of foliar flavonoids: Implication for non-destructive estimation of flavonoid content. *Journal of Plant Physiology*. 2017; 218: 258-264
- Hernandez R, Kubota C. Physiological responses of cucumber seedling under different blue and red photon flux ratios using LED. *Environmental and experimental Botany* 2016; 121: 66-74
- Huang D, Boxin O B, Prior R L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food chemistr.* 2005; 53: 1841-1856
- Internet World Stats. The world population [online]. 2017 [cited 2017 Nov 15] Available from: <http://www.internetworldstats.com/stats8.htm>
- Jensen N B, Clausen M R, Kjaer K H. Spectral quality of supplemental LED grow light permanently alters stomatal functioning and chilling tolerance in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Scientia Horticulturae* 2018; 22: 38-47
- Jin D, Russell J M. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*. 2010; 15: 7313-7352
- Kwee E M, Niemyer E D. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 2011; 128: 1044-1050

- Lattanzio V, Lattanzio V M T, Cardinali A. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry* 2006; 23-67
- Loughrin J H, Kasperbauer M J. Light Reflected from Colored Mulches Affects Aroma and Phenol Content of Sweet Basil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001; 49: 1331-1335
- Nadeem M, Abbasi B H, Younas M, Ahmad W, Zahir A, Hano C. LED-enhanced biosynthesis of biologically active ingredients in callus cultures of *Ocimum basilicum*s. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 2019; 190: 172-178
- Piovene C, Orsini F, Bosi S, Sanoubar R, Bregola V, Dinelli G, Gianquinto G. Optimal red:blue ratio in led lighting for nutraceutical indoor horticulture. *Scientia Horticulturae* 2015; 193: 202-208
- Roni M Z K, Islam M S, Shimasaki K. Response of Eustoma Leaf Phenotype and Photosynthetic Performance to LED Light Quality. *Horticulturae* 2017; 3: 50
- Schneider C A, Rasband W S, Eliceiri K W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods* 2012; 9(7): 671-675
- Shao L, Fu Y, Liu H, Liu H. Changes of the antioxidant capacity in *Gynura bicolor* DC under different light sources. *Scientia Horticulturae* 2015; 184: 40-45
- Sharma O P, Bhat T K. DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry* 2009; 113: 1202-1205
- Shiga T, Shoji K, Shimada H, Hashida S, Goto F, Yoshihara T. Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant Biotechnology* 2009; 26: 255-259
- Son K, Oh M. Leaf shape, Growth, and Antioxidant Phenolic Compounds of Two Lettuce Cultivars Grown under Various Combinations of Blue and Red Light-emitting Diodes. *HORTSCIENCE* 2013; 48: 988-995
- Taulavuori K, Hyoky V, Oksanen J, Taulavuori E, Julkunen-Tiitto R. Responses of phenolic acid and flavonoid synthesis to blue and blue-violet light depends on plant species. *Environmental and Experimental Botany* 2016; 121: 145-150
- Taulavuori K, Pyysalo A, Taulavuori E, Julkunen-Tiitto R. Species-specific differences in synthesis of flavonoids and phenolic acids under increasing periods of enhanced blue light. *Environmental and Experimental Botany* 2018; 150: 183-187
- Teofilovic B, Grujic-L N, Golocorbin-Kon S, Stojanovic S, Vastag G, Gadzuric S. Experimental and chemometric study of antioxidant capacity of basil (*Ocimum basilicum*) extracts. *Industrial Crops and Products* 2017; 100: 176-182
- World Health Organization (WHO). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Joint WHO/FAO Expert Consultation 2013; 916 (28 January--1 February 2002)