

ผลของการให้แสงค้นช่วงกลางคืนและ อัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์

Effects of Night-break and Fertilizer Rates on Growth and Development of Cutter (*Symphiotrichum ericoides*)

สุชนุช ใจปิ่นตา¹ ชัยอาทิตย์ อินคำ² กนกวรรณ ปัญจะมา¹ และ โสระยา ร่วมรังษี^{1,3*}
Suchanuch Jaipinta¹, Chaiartid Inkham², Kanokwan Panjama¹ and Soraya Ruamrungsri^{1,3*}

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

²Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ศูนย์บริการการพัฒนายาพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เชียงใหม่ 50200

³H.M. The King's Initiative Centre for Flower and Fruit Propagation, Chiang Mai 50230, Thailand

*Corresponding author: Email: soraya.r@cmu.ac.th

(Received: 25 June 2022; Accepted: 25 October 2022)

Abstract: Cutter (*Symphiotrichum ericoides*) is an economically ornamental crops of Thailand that has been utilized as cut flower and landscape plant. This plant is generally sensitive to day-length and fertilizer. However, the research on night-break and fertilizer rates on this plant were limited. Thus, this research aimed to study on the effects of night-break 2, 3 and 4 hours and fertilizer rates 0, 1.5, 3.0 and 4.5 g/pot on growth and development of cutter (*Symphiotrichum ericoides*). Plants were grown under plastics greenhouse with temperature of 27 ± 2 °C, relative humidity (RH) was 70 %, and the average midday light intensity was $836.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Growth and development were recorded for 3 months. It was found that at 70 days after planting (DAP), fertilizer rate 1.5 g pot^{-1} treatments increased the highest average of plant height, leaf greenness index, and net photosynthesis rate. On the other hand, flower quality was the lowest when supplied with fertilizer rate 0 g pot^{-1} treatment. We concluded that using night break for 4 hours combined with fertilizer rate 1.5 g pot^{-1} gave the highest flower quality, fresh weight and dry weight of Cutter.

Keywords: Aster, flower quality, short-day plant, photoperiod, fertilizer rates

บทคัดย่อ: คัตเตอร์เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งทำเป็นไม้ตัดดอก หรือปลูกประดับแปลง พืชชนิดนี้มีการตอบสนองต่อความยาววัน และปุ๋ยค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลการวิจัยเกี่ยวกับการให้แสงคืนช่วงกลางวันร่วมกับอัตราปุ๋ยในพืชชนิดนี้นั้นมีน้อย การทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการให้แสงคืนช่วงกลางวัน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง และอัตราปุ๋ย 0, 1.5, 3.0 และ 4.5 กรัมต่อกระถาง ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์ (*Symphotrichum ericoides*) โดยทำการปลูกคัตเตอร์ในโรงเรือนพลาสติกที่มีอุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน $836.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน ผลการทดลองพบว่า หลังย้ายปลูก 70 วัน ต้นคัตเตอร์ในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีความสูงต้น ค่าความเข้มของสีใบและอัตราการสังเคราะห์แสงเฉลี่ยสูงที่สุด ในทางตรงข้าม การได้รับปุ๋ย 0 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีคุณภาพดอกต่ำที่สุด จากการทดลองสรุปได้ว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ให้คุณภาพดอก มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงสุด

คำสำคัญ: แอสเตอร์ คุณภาพดอก พืชวันสั้น ช่วงแสง อัตราปุ๋ย

คำนำ

คัตเตอร์หรือพืค็อก *Symphotrichum ericoides* (L.) G.L.Nesom และมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ white heath aster, frost weed aster, many-flowered aster และ white prairie aster เมื่อนำมาปลูกในประเทศไทย เรียกว่า Aster Peacock จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชที่แตกกิ่งก้านได้ดี ใบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเรียบรูปใบหอก ก้านใบสั้น ออกดอกตามปลายยอดหรือปลายกิ่ง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดจัด ดินระบายน้ำดี อากาศค่อนข้างเย็นชื้นในทางภาคเหนือ ฤดูที่ปลูกได้ผลดีที่สุดคือฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม แต่ปัจจุบันสามารถปลูกได้ทั่วประเทศและทุกฤดู ตลาดแอสเตอร์ที่สำคัญ 2 แห่ง คือ ตลาดวโรรส จังหวัดเชียงใหม่ และตลาดปากคลองตลาด กรุงเทพมหานคร ในส่วนของคัตเตอร์นิยมจำหน่ายเป็นไม้ตัดดอก โดยจำหน่ายในราคา 100 - 200 บาทต่อกิโลกรัม (ประมาณ 8 - 10 ช่อ) ในพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร สามารถผลิตช่อได้ 120,000 - 300,000 ช่อต่อปี (Office of Agricultural Extension and Development Region 6, 2020) เนื่องจากคัตเตอร์เป็นพืชวันสั้นออกดอกได้เมื่อได้รับแสงน้อยกว่าช่วงความยาววันวิกฤติ ดังนั้นการปลูกเป็นการค้าในช่วงฤดูหนาวที่มีความยาววันสั้นต้นจะออกดอกได้แม้ต้นยังเล็ก ทำให้ได้ดอกที่ไม่มีคุณภาพ ดังนั้นการชักนำให้เกิดสภาพวันยาว โดยการให้

แสงคืนช่วงกลางวันจึงช่วยสนับสนุนการเติบโตด้านลำต้น เมื่อเติบโตเต็มที่จะจึงทำให้พุ่มช่วงกลางวันเพื่อให้เกิดการสร้างตาออก และได้ดอกที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังช่วยควบคุมให้ออกดอกพร้อมกัน เกษตรกรจึงสามารถดูแลและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้สะดวกยิ่งขึ้น (Sirisawad, 2020) นอกจากสภาพแสงแล้ว การให้ปุ๋ยเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพดอกของคัตเตอร์ ปุ๋ยเคมีมักใช้เพื่อเพิ่มการเติบโตของพืช โดยธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการสร้างกรดอะมิโน (โปรตีน) กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ในพืช ธาตุฟอสฟอรัสมีหน้าที่เก็บและขนส่งพลังงานในพืช และธาตุโพแทสเซียมทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยเคลื่อนย้ายอาหารจากใบไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในต้นพืช (Jayaweera and Mikkelsen, 1991) การให้ปุ๋ยในอัตราที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ Boodley (1975) พบว่า คุณภาพผลผลิตที่ได้มักเกี่ยวข้องกับระดับปุ๋ย โดยระดับปุ๋ยที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อเชิงลบในด้านการเจริญเติบโตของแอสเตอร์ภายใต้สภาพการปลูกในแปลง Sultana *et al.* (2006) และ Zhang *et al.* (2010) รายงานว่าการให้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมมีความสำคัญในการผลิตพืชให้แข็งแรง เพื่อให้มีจำนวนกิ่งและใบสูงสุด ซึ่งส่งผลเชิงบวกในด้านคุณภาพดอก และช่วยยืดระยะการบานของดอกได้ อย่างไรก็ตามพบว่า รายงานการวิจัยในเรื่องดังกล่าวมีน้อยมาก

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการให้แสงต้นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราการให้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านการผลิตที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกรในการจัดการเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ชำต้นกล้าคัตเตอร์ลงภาชนะขนาด 21 หลุม ใช้ขุยมะพร้าวและแกลบดำ (อัตราส่วน 1 : 1) เป็นวัสดุปลูก จากนั้นนำไปอนุบาลในโรงเรือนพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศเฉลี่ย 85 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย $455.46 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ นาน 1 เดือน จากนั้นคัดเลือกต้นกล้าที่มีความสูงเฉลี่ย 7-9 เซนติเมตร ย้ายปลูกในถุงปลูกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ใช้ขุยมะพร้าว : ถ่านแกลบ : ดินร่วน (อัตราส่วน 1 : 1 : 1) เป็นวัสดุปลูก นำมาปลูกในโรงเรือนพลาสติกที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน $836.0 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ให้แสงต้นช่วงกลางคืนด้วยหลอดไฟชนิด LED สีขาว (light-emitting diode) ขนาด 18 วัตต์ ร่วมกับการให้ปุ๋ย ซึ่งจำนวนชั่วโมงในการให้แสงต้นช่วงกลางคืน และอัตราปุ๋ยต่างกัน

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในสุ่มสมบูรณ์ (factorial in CRD) จำนวน 2 ปัจจัย ขนาด 3×4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 20 ซ้ำ (ต้น) โดยปัจจัยที่ 1 คือ จำนวนชั่วโมงที่ให้แสงต้นช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 20.00 น. แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 2,3 และ 4 ชั่วโมง นาน 1 เดือนหลังย้ายปลูก ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราปุ๋ย โดยการให้ปุ๋ยสูตร 15 - 15 - 15 จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1.5, 3.0 และ 4.5 กรัมต่อกระถาง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของลำต้นโดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดเมื่อรวบใบขึ้น (เซนติเมตร) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้น (กรัม) คุณภาพดอกในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ความยาวช่อดอกหลัก (เซนติเมตร) จำนวนช่อดอกย่อยต่อต้น

จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรก โดยวัดจากช่อล่างสุดและเปอร์เซ็นต์การออกดอก บันทึกค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Konica Minolta รุ่น SPAD-502 Plus) บันทึกค่าอัตราการสังเคราะห์แสง และค่าการเปิดของปากใบด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง (LCpro-SD Portable) โดยวัดจากตำแหน่งใบล่าง กลาง และบนสุดของลำต้น ตำแหน่งละ 3 ใบ

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrate : TNC) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชทั้งต้นในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ล้างทำความสะอาดพืชด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำตัวอย่างพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จึงนำไปบดให้ละเอียดเพื่อเตรียมวิเคราะห์ TNC ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962)

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistix Analytical software (SXW Tallahassee, FL) เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธี โดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโต

การวัดความสูงของต้นคัตเตอร์ หลังได้รับการกรรมวิธีครบ 3 เดือน พบว่า จำนวนชั่วโมงที่ให้แสงต้นช่วงกลางคืน และอัตราปุ๋ย มีผลต่อความสูงของต้น โดยการให้แสงต้นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงทำให้พืชมีต้นเตี้ยที่สุด ในขณะที่การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีความสูงของต้นมากที่สุด เฉลี่ย 102.12 เซนติเมตร (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Sarhan *et al.* (2017) ที่พบว่า การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้สร้อยทองมีความสูงต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงต้นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีความสูงของต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ได้รับแสง

คั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1, Figure 1a) Salih and Hussien (2019) พบว่า เมื่อพืชวันสั้น เช่น เบญจมาศ ได้รับความยาววันมากกว่าช่วงความยาววันวิกฤต ส่งผลให้สมดุลฮอร์โมนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะสารคล้าย จิบเบอเรลลินที่มีผลทำให้การเติบโตทางด้านลำต้นเพิ่มขึ้น นอกจากการเพิ่มแสงคั่นช่วงกลางคืนแล้ว อัตราปุ๋ยที่พืชได้รับยังส่งผลต่อการเติบโตของพืชได้ ความสูงของพืชเกิดจากการแบ่งเซลล์หลังจากการดูดซึมน้ำธาตุอาหาร (Barita *et al.*, 2018) ซึ่งในระยะแบ่งเซลล์พืชต้องการคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ โดยที่คาร์โบไฮเดรตได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงเกี่ยวข้องกับธาตุอาหารในปุ๋ยซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์แสง (Herdiana *et al.*, 2008)

ค่าความเข้มของสีใบ ของต้นคัตเตอร์ในระยะ 90 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ทั้งจำนวนชั่วโมงที่ให้แสง คั่นช่วงกลางคืนและอัตราปุ๋ย ทำให้ค่าความเข้มของสีใบเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 และ 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ทำให้พืชมีค่าความเข้มของสีใบสูงสุด (Table 1) Ngui *et al.* (2021) พบว่า การให้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมช่วยเพิ่มค่าความเข้มของสีใบขาวสามารถทำให้ขาวมีการสังเคราะห์แสงดีขึ้น ในขณะที่การไม่ให้ปุ๋ยใด ๆ (0 กรัมต่อกระถาง) ทำให้พืชไม่ได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างเพียงพอ เช่น ไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก และคลอโรฟิลล์ (Ruamrungsri *et al.*, 2008) จึงทำให้ค่าความเข้มของสีใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นจากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2, 3 และ 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีค่าความเข้มของสีใบสูงที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการไม่ให้ปุ๋ย (Table 1) การที่กรรมวิธีดังกล่าวทำให้พืชมีค่าความเข้มของสีใบสูง จึงส่งผลให้การเติบโตด้านความสูงดีกว่าด้วย ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเข้มของสีใบของคัตเตอร์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์

ในเนื้อเยื่อใบของพืช ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างอาหาร และการเจริญเติบโตของพืชได้ (Naenon *et al.*, 2017)

อัตราการใช้แสงของต้นคัตเตอร์พบว่า ทั้งจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืนและอัตราปุ๋ย มีผลทำให้อัตราการใช้แสงของต้นคัตเตอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมงมีผลทำให้อัตราการใช้แสงต่ำกว่าการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้อัตราการใช้แสงสูงสุด (Table 1) จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีอัตราการใช้แสงสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1) ทั้งนี้ การที่กรรมวิธีดังกล่าวมีอัตราการใช้แสงสูงอาจเนื่องมาจากการที่พืชในกรรมวิธีนี้มีค่าความเข้มของสีใบสูง ดังนั้น จึงมีปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงสูง (Ommen *et al.*, 1999, Rajcan *et al.*, 1999) และความสามารถในการสังเคราะห์แสงยังมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราที่ได้รับปุ๋ยอีกด้วย (Han *et al.*, 2009)

การวัดค่าการเปิดของปากใบ (stomatal conductance) พบว่า ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืนและอัตราปุ๋ยมีผลต่อค่าการเปิดของปากใบ โดยพืชที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงมีค่าการเปิดของปากใบต่ำและกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 3 และ 4.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้ระดับการเปิดกว้างของปากใบต่ำกว่าการได้รับปุ๋ยในอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1) จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมงร่วมกับการไม่ให้ปุ๋ยทำให้พืชมีค่าการเปิดของปากใบสูงกว่าทุกกรรมวิธี อาจเนื่องมาจากสัญญาณแสง และการเปลี่ยนแปลงของสารเมแทบอลิต์ที่เกิดจากแสงเป็นปัจจัยหนึ่งของการเปิดปากใบ (Yang *et al.*, 2020) นอกจากนี้ Sousa *et al.* (2021) พบว่า การให้น้ำเพียงอย่างเดียว โดยไม่ให้ปุ๋ยในถั่วลิสงทำให้ค่าการเปิด

Table 1. Plant growth, photosynthesis rate, and stomatal conductance of cutter (*Symphytotrichum ericoides*) grown under different treatments at vegetative stage (90 DAP)

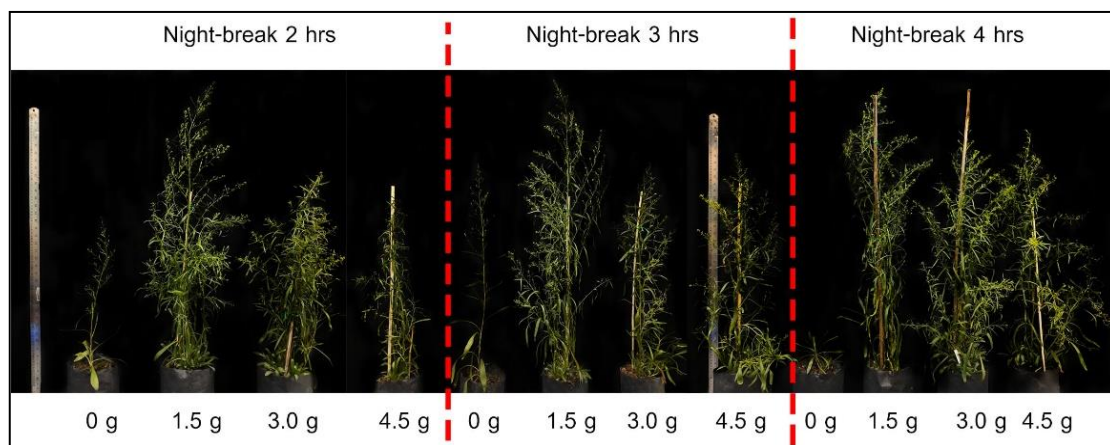
Treatment	Plant growth (90 days after planting)			
	Plant height ¹ (cm)	Leaf greenness index ¹ (SPAD unit)	Photosynthesis rate ¹ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ¹ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Night-break (hour)				
2	82.55 a	47.34 b	3.86 a	0.05 a
3	82.02 a	48.23 a	2.30 c	0.05 a
4	74.02 b	47.96 a	3.38 b	0.03 b
LSD _{0.05}	0.86	0.87	0.32	0.01
Fertilizer rates (g pot⁻¹)				
0	48.35 d	43.05 d	3.14 b	0.07 a
1.5	102.12 a	50.81 a	4.10 a	0.05 b
3	85.21 b	49.79 b	2.98 b	0.02 c
4.5	82.43 c	47.71 c	2.50 c	0.02 c
LSD _{0.05}	0.99	1.10	0.37	0.01
Night-break x Fertilizer rate				
2 hr X 0 g pot ⁻¹	52.52 h	42.90 c	3.73 bc	0.09 a
2 hr X 1.5 g pot ⁻¹	101.12 b	50.40 a	4.42 a	0.04 cd
2 hr X 3.0 g pot ⁻¹	87.03 d	47.83 b	3.56 bc	0.03 de
2 hr X 4.5 g pot ⁻¹	89.55 c	48.10 b	3.47 c	0.03 de
3 hr X 0 g pot ⁻¹	65.28 g	43.88 c	2.42 d	0.09 a
3 hr X 1.5 g pot ⁻¹	103.17 a	51.45 a	3.53 bc	0.05 c
3 hr X 3.0 g pot ⁻¹	81.52 e	50.25 a	1.76 ef	0.03 de
3 hr X 4.5 g pot ⁻¹	78.10 f	46.95 b	1.50 f	0.03 de
4 hr X 0 g pot ⁻¹	27.25 i	42.53 c	3.24 c	0.03 de
4 hr X 1.5 g pot ⁻¹	102.08 ab	50.38 a	4.43 a	0.07 b
4 hr X 3.0 g pot ⁻¹	87.08 d	50.38 a	3.62 bc	0.01 f
4 hr X 4.5 g pot ⁻¹	79.65 f	48.00 b	2.28 de	0.02 ef
LSD _{0.05}	2.08	0.23	1.06	0.02
Night - break	*	*	*	*
Fertilizer rate	*	*	*	*
Nigh t- break x Fertilizer rate	*	*	*	*

¹Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by LSD

ของปากใบสูงสุด อาจเป็นเพราะพืชในกรรมวิธีนี้ไม่ได้
รับความเค็มจากปุ๋ย ที่เป็นสาเหตุให้พืชสร้างกลไกใน
การลดศักยภาพออสโมซิสลงเพื่อหลีกเลี่ยงการเสียน้ำสู่
ชั้นบรรยากาศ ทำให้การดูดน้ำจากรากลดลงสัมพันธ์
กับการลดค่าการเปิดของปากใบ (Prazares *et al.*,
2015) ซึ่งค่าการเปิดของปากใบเป็นการแสดงถึงอัตรา
การผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปยังปากใบ และ
ค่าของไอน้ำที่ออกจากปากใบ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์

มีความสำคัญต่อพืชในการใช้ผลิตคาร์โบไฮเดรตใน
ระหว่างกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งการเพิ่มขึ้น
ของอัตราการสังเคราะห์แสงและระดับการเปิดกว้าง
ของปากใบมักเกิดขึ้นพร้อมกัน (Jarvis and Davies,
1998) อย่างไรก็ตามหากพืชมีระดับการเปิดกว้างของ
ปากใบมากเกินไปจนส่งผลให้อัตราการคายน้ำสูงขึ้น
อาจเป็นสาเหตุให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสงลดลงได้
เช่นกัน

(A)



(B)

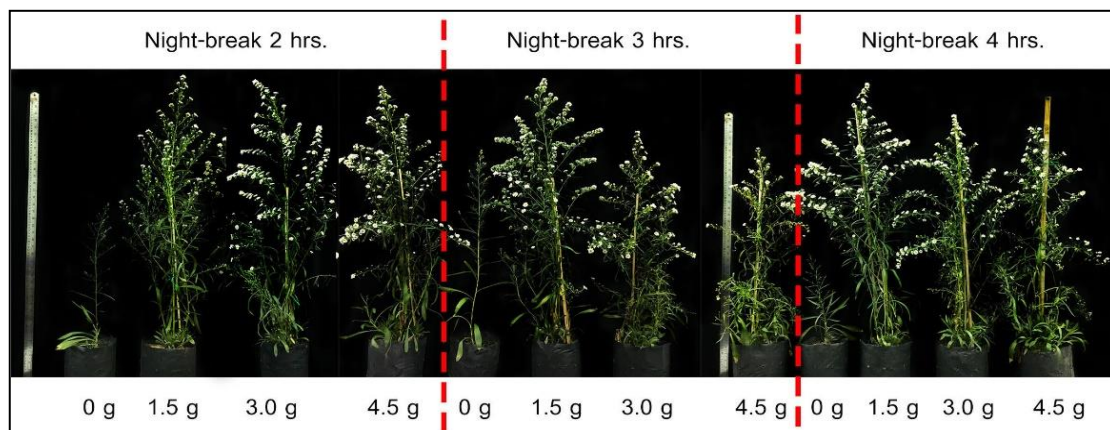


Figure 1. Growth of cutter (*Symphyotrichum ericoides*) plants affected from different night-break and fertilizer rate (A = at 70 days after planting, B = 85 days after planting)

คุณภาพดอก

จากการศึกษาผลของการเพิ่มแสงคั่นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราปุ๋ยต่อการออกดอกของคัตเตอร์พบว่า ในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน และอัตราปุ๋ยมีผลต่อจำนวนวันปลูกถึงระยะดอกบาน และคุณภาพดอกของคัตเตอร์ จากผลการทดลองพบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ทำให้พืชมีจำนวนวันปลูกถึงระยะดอกบานสั้นที่สุด และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย มีผลชะลอการออกดอกของพืช โดยมีจำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด (Table 2) Thakur (2016) รายงานว่าการออกดอกในเบญจมาศชะลอออกไปเมื่อมีการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน และพบว่า หากมีการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน ร่วมกับการให้ปุ๋ย พืชจะมีจำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงดอกบานสั้นกว่าการไม่ได้รับปุ๋ย ซึ่งกลไกระดับโมเลกุลของกระบวนการออกดอกมีการศึกษาอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงความยาววัน (Salazar *et al.*, 2009; Valverde *et al.*, 2004) และหลายงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า นอกจากปัจจัยข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยหลักอื่นที่ส่งผลต่อกระบวนการนี้ เช่น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (May *et al.*, 2013) อุณหภูมิ (Daba *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2018) และธาตุอาหารพืช (Kazan and Lyons, 2016) ด้านคุณภาพดอก พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ทำให้พืชมีความยาวช่อดอกสูงสุด (Table 2, Figure 1b) นอกจากนี้พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 และ 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ทำให้พืชมีจำนวนช่อดอกย่อยสูงสุด (Table 2) การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย ส่งผลให้พืชมีจำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกน้อยที่สุด เฉลี่ย 15.79 และ 8.28 ดอกต่อช่อ ตามลำดับ (Table 2) Belay *et al.* (2021) พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืนตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป ส่งผลกระทบเชิงลบต่อการสร้างและพัฒนาตาดอกในเบญจมาศ (*Dendranthema x grandiflorum* Kitam.) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากเมื่อพืชในกรรมวิธีดังกล่าวได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมง

ทำให้การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการยืดยาวของลำต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การพัฒนาตาดอกถูกยับยั้ง นอกจากนี้การที่พืชไม่ได้รับปุ๋ยมีผลทำให้จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกน้อยที่สุด เนื่องจากพืชต้องการปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อจากตาใบเป็นตาดอก ซึ่งมักเกิดขึ้นพร้อมกับการแตกกิ่งก้านรวมถึงการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนและสารอาหารที่สะสมภายในตา (Ito *et al.*, 2002; Vajari *et al.*, 2018; Wan *et al.*, 2018) จากการศึกษาผลของการเพิ่มแสงคั่นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราปุ๋ยต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกของพืชพบว่า การได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ส่งผลให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงสุด (Table 2) นอกจากนี้พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง มีผลทำให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงสุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) การวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมง ร่วมกับการให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้พืชมีความยาวช่อดอกสูงสุด และมีจำนวนช่อดอกย่อย และเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการให้ปุ๋ยทุกอัตรา ยกเว้น 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 2, Figure 1b) เนื่องจากเมื่อพืชได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืนที่เหมาะสมทำให้การเติบโตของกิ่งก้านเพิ่มขึ้น ซึ่งมักเกิดขึ้นพร้อมกับความยาวของก้านดอก (Singh and Bala, 2020) นอกจากนี้หากพืชได้รับปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมทำให้คุณภาพดอกดีขึ้น Sarhan *et al.* (2017) พบว่า การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางในสร้อยทองทำให้พืชมีความสูงต้นและมีความยาวช่อดอกมากที่สุด ตลอดจนทำให้พืชมีคุณภาพดอกสูงกว่าการให้ปุ๋ยในอัตราอื่น และ Asrar *et al.* (2014) รายงานว่าการให้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมส่งผลให้คุณภาพดอกของเบญจมาศสูงที่สุด เนื่องจากปุ๋ยช่วยกระตุ้นการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญ จึงส่งเสริมการเติบโตทางด้านกิ่งใบ จนกระทั่งถึงกระบวนการออกดอก

Table 2. Flowers quality of cutter (*Symphytotrichum ericoides*) grown under different night-break levels and fertilizer rates at flowering stage (85 DAP)

Treatment	Days to 50% bloom ¹	Flowers quality			
		IF length ¹ (cm)	No. peduncles per plant ¹	No. florets in first peduncle ¹	Percentage of flowering plant ¹
Night-break (hour)					
2	84.56 b	67.14 a	16.29 b	22.46 a	71.25 a
3	85.06 b	60.68 b	17.14 a	15.79 c	66.25 a
4	86.56 a	58.18 c	17.16 a	18.33 b	56.25 b
LSD _{0.05}	1.05	1.10	0.94	0.72	7.93
Fertilizer rates (g pot ⁻¹)					
0	90.17 a	39.19 d	7.42 d	8.28 c	51.67 c
1.5	85.67 b	76.32 a	22.75 a	20.83 b	100 a
3	83.00 c	69.36 b	19.14 b	25.28 a	70 b
4.5	82.75 c	63.14 c	18.14 c	21.06 b	36.67 d
LSD _{0.05}	1.21	1.26	1.09	0.83	9.15
Night-break X Fertilizer rate					
2 hr X 0 g pot ⁻¹	90.25 a	48.08 i	5.31 h	11.50 h	70 b
2 hr X 1.5 g pot ⁻¹	84.25 cd	73.70 cd	23.50 a	24.67 c	100 a
2 hr X 3.0 g pot ⁻¹	82.00 e	75.00 bc	20.55 bc	27.83 b	80 b
2 hr X 4.5 g pot ⁻¹	81.75 e	71.78 de	15.77 e	25.83 c	35 c
3 hr X 0 g pot ⁻¹	89.75 a	50.78 h	9.60 f	10.50 h	45 c
3 hr X 1.5 g pot ⁻¹	85.25 c	76.27 b	21.56 b	13.00 g	100 a
3 hr X 3.0 g pot ⁻¹	81.75 e	62.45 f	19.09 cd	18.50 e	80 b
3 hr X 4.5 g pot ⁻¹	83.50 cde	53.23 g	18.29 d	21.17 d	40 c
4 hr X 0 g pot ⁻¹	90.50 a	18.72 j	7.36 g	2.83 i	40 c
4 hr X 1.5 g pot ⁻¹	87.50 b	79.00 a	23.19 a	24.83 c	100 a
4 hr X 3.0 g pot ⁻¹	85.25 c	70.62 e	17.76 d	29.50 a	50 c
4 hr X 4.5 g pot ⁻¹	83.00 de	64.40 f	20.34 bc	16.17 f	35 c
LSD _{0.05}	2.10	2.19	1.89	1.43	15.86
Night - break	*	*	*	*	*
Fertilizer rate	*	*	*	*	*
Night - break x Fertilizer rate	*	*	*	*	*

¹Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by LSD

NB: IF = inflorescence

น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้ง

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนไม่มีผลต่อน้ำหนักรากของคัตเตอร์ ในขณะที่ปัจจัยด้านอัตราปุ๋ยที่พืชได้รับส่งผลต่อน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งของพืช ผลการทดลองพบว่า การให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักแห้งช่อดอกน้อยที่สุด (Table 3) ด้านอัตราปุ๋ยพบว่า การให้ปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด (Table 3) จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงรวมกับการให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) Kumar and Singh (2017) รายงานว่า การจำลองสภาพวันยาวให้กับเบญจมาศ ส่งผลให้พืชมีการเติบโตทางด้านลำต้น ทำให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด Horridge and Cockshull (1989) พบว่า การให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงในเบญจมาศ ส่งผลให้พืชมีจำนวนใบมากที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับแสงคลื่นช่วงกลางคืน นอกจากปัจจัยด้านการให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนแล้ว อัตราปุ๋ยที่พืชได้รับยังส่งผลต่อน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของพืชได้ ซึ่ง Bashir *et al.* (2019) พบว่า การให้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมกับภู้าฝรั่งส่งผลให้พืชมีน้ำหนักรากช่อดอกและน้ำหนักหัวสูงที่สุด จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มผลผลิตของพืชสามารถทำได้โดยการให้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม Jahan and Jahani (2007)

สรุป

จากการศึกษาผลของการให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์ ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ส่งผลให้คัตเตอร์มีความสูงต้น ค่าการเปิดของปากใบ และเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงสุด ในขณะที่การให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมง ทำให้คัตเตอร์มีความยาวช่อดอก

และจำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกสูงสุด ทั้งนี้ ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนไม่มีผลต่อน้ำหนักรากของคัตเตอร์ ปัจจัยด้านอัตราปุ๋ยพบว่าการให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้การเติบโตทางด้านลำต้น คุณภาพดอก และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของคัตเตอร์สูงสุด จากการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมง รวมกับการให้พืชได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และคุณภาพดอก นอกจากนี้ยังส่งผลให้คัตเตอร์มีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์บริการการพัฒนชายายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่สนับสนุนสถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

Table 3. Effects of night-break and fertilizer rates on fresh weight and dry weight, and total non-structural carbohydrate of cutter (*Symphytotrichum ericoides*)

Treatment	Harvesting stage				TNC ¹ (g/plant)
	FW ¹ (g)		DW ¹ (g)		
	Inflorescence	Total plant	Inflorescence	Total plant	
Night-break (hour)					
2	46.53	60.95	11.15 b	13.48	0.05 × 10 ⁻³ c
3	47.25	59.79	12.36 a	14.29	0.14 × 10 ⁻³ a
4	46.43	59.89	11.77 ab	13.88	0.10 × 10 ⁻³ b
LSD _{0.05}	1.20	1.63	0.79	0.89	0.03
Fertilizer rates (g pot ⁻¹)					
0	14.73 d	22.59 d	4.03 d	5.59 d	0.21 × 10 ⁻³ a
1.5	65.53 a	86.92 a	18.26 a	21.34 a	0.11 × 10 ⁻³ b
3	57.61 b	71.94 b	13.67 b	15.86 b	0.04 × 10 ⁻³ c
4.5	49.73 d	59.32 c	11.07 c	12.73 c	0.03 × 10 ⁻³ c
LSD _{0.05}	1.44	1.96	0.92	1.04	0.03
Night-break X Fertilizer rate					
2 hr X 0 g pot ⁻¹	17.35 h	25.17 h	3.87 gh	5.14 hi	0.08 × 10 ⁻³ d
2 hr X 1.5 g pot ⁻¹	45.29 f	66.91 e	12.11 e	15.76 de	0.07 × 10 ⁻³ d
2 hr X 3.0 g pot ⁻¹	62.50 c	78.97 c	14.21 cd	16.78 cd	0.04 × 10 ⁻³ d
2 hr X 4.5 g pot ⁻¹	60.98 c	72.73 d	14.40 c	16.25 cd	0.03 × 10 ⁻³ d
3 hr X 0 g pot ⁻¹	16.25 h	23.70 h	5.00 fg	6.79 gh	0.42 × 10 ⁻³ a
3 hr X 1.5 g pot ⁻¹	70.08 b	89.48 b	20.38 b	22.91 b	0.07 × 10 ⁻³ d
3 hr X 3.0 g pot ⁻¹	48.89 e	60.72 f	11.32 e	13.07 f	0.03 × 10 ⁻³ d
3 hr X 4.5 g pot ⁻¹	53.79 d	65.26 e	12.77 de	14.38 ef	0.05 × 10 ⁻³ d
4 hr X 0 g pot ⁻¹	10.61 i	18.91 i	3.26 h	4.84 i	0.13 × 10 ⁻³ c
4 hr X 1.5 g pot ⁻¹	81.21 a	104.36 a	22.29 a	25.36 a	0.19 × 10 ⁻³ b
4 hr X 3.0 g pot ⁻¹	61.44 c	76.12 cd	15.49 c	17.73 c	0.05 × 10 ⁻³ d
4 hr X 4.5 g pot ⁻¹	32.47 g	40.19 g	6.04 f	7.58 g	0.02 × 10 ⁻³ d
LSD _{0.05}	2.49	3.39	1.59	1.80	0.06
Night - break	ns	ns	*	ns	*
Fertilizer rate	*	*	*	*	*
Night - break x Fertilizer rate	*	*	*	*	*

¹ Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by LSD

^{ns} Not significant

NB: FW = fresh weight, DW = dry weight, TNC = total non-structural carbohydrate

เอกสารอ้างอิง

- Asrar, A.-W., K. Elhindi and E. Abdel-Salam. 2014. Growth and flowering response of chrysanthemum cultivars to Alar and slow-release fertilizer in an outdoor environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 12(2): 963-971.
- Barita, Y., E. Prihastanti, S. Haryanti, A. Subagio and Ngadiwiyan. 2018. The influence of granting NPK fertilizer and nanosilic fertilizers on the growth of Ganyong plant (*Canna edulis* Ker.). *Journal of Physics: Conference Series* 1025: 012054, doi: 10.1088/1742-6596/1025/1/012054.
- Bashir, M., M. Asif, R.W.K. Qadri and N. Faried. 2019. Various quantitative regimes of NPK influence the growth and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). *The International Journal of Biological Research* 2(2): 289-294.
- Belay, M.H., H.M. Beshir, M.T. Terfa and A.G. Roro. 2021. Control of growth and flowering of chrysanthemum (*Dendranthema × grandiflorum* Kitam.) using day length extension and red light night break. *Ornamental Horticulture* 27(3): 365-373.
- Boodley, J.W. 1975. Plant nutrition and flower crop quality (*Dianthus caryophyllus*). *Horticultural Science* 10(1): 41-42.
- Daba, K., B. Tar'an, R. Bueckert and T.D. Warkentin. 2016. Effect of temperature and photoperiod on time to flowering in chickpea. *Crop Science* 56(1): 200-208.
- Han, X., J. Linlin, W. Shuai, Z. Xiumei, L. Yu and M. Bin. 2009. Effects of fertilizer application on photosynthetic traits of spring maize. *Journal of Shenyang Agricultural University* 40(4): 444-448.
- Herdiana, N., A.H. Lukman and K. Mulyadi. 2008. Effect of dosage and frequency of NPK fertilizer application on the growth of *Shorea ovalis* Korth. (Blume.). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5(3): 289-296.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. In: R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds.) *Method in Carbohydrates Chemistry*, Academic Press, New York.
- Horridge, J.S. and K.E. Cockshull. 1989. The effect of the timing of a night-break on flower initiation in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Journal of Horticultural Science* 64(2): 183-188.
- Ito, A., H. Hayama and Y. Kashimura. 2002. Sugar metabolism in buds during flower bud formation: a comparison of two Japanese pear [*Pyrus pyrifolia*, (Burm.) Nak.] cultivars possessing different flowering habits. *Scientia Horticulturae* 96(1-4): 163-175.
- Jahan, M. and M. Jahani. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739: 81-86.
- Jarvis, A.J. and W.J. Davies. 1998. The coupled response of stomatal conductance to photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 49(Suppl.): 399-406.
- Jayaweera, G.R. and D.S. Mikkelsen. 1991. Assessment of ammonia volatilization from flooded soil systems. *Advances in Agronomy* 45: 303-353.
- Kazan, K. and R. Lyons. 2016. The link between flowering time and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany* 67(1): 47-60.
- Kumar, S. and M.C. Singh. 2017. Effect of photoperiod on growth characteristics in

- Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Zembla using high pressure sodium light. Research on Crops 18(1): 110-115.
- May, P., W. Liao, Y. Wu, B. Shuai, W.R. McCombie, M.Q. Zhang and Q.A. Liu. 2013. The effects of carbon dioxide and temperature on microRNA expression in *Arabidopsis* development. Nature Communications 4: 2145, doi: 10.1038/ncomms3145.
- Naenon, T., T. Pengsom and N. Phakamas. 2017. Influence of nitrogen fertilizer on the correlation between chlorophyll contents and yield of *Panicum maximum* cv. Mombasa. Khon Kaen Agriculture Journal 45(Suppl. 1): 1009-1015.
- Ngui, M.E., M. Sugiyanta and M. Melati. 2021. The leaf greenness and yield components of paddy plants influenced by biological fertilizer with and without combination of inorganic fertilizers. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology 5(10): 1-4.
- Office of Agricultural Extension and Development Region 6. 2020. Margaret and cutter planting. (Online). Available: <http://www.ndoae.doae.go.th/article.php?a=49> (August 14, 2021). (in Thai)
- Ommen, O.E., A. Donnelly, S. Vanhoutvin, M. van Oijen and R. Manderscheid. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stress within the 'ESPACE-wheat' project. European Journal of Agronomy 10(3-4): 197-203.
- Prazeres, S.S., C.F. Lacerda, F.E.L. Barbosa, A.V. Amorim, I.C.S. Araujo, L.F. Cavalcante. 2015. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. Revista Agroambiente 9(2): 111-118.
- Rajcan, I., L.M. Dwyer and M. Tollenaar. 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. Field Crop Research 63(1): 13-17.
- Ruamrungsri, S., W. Khongkhaw, A. Payakaihapon and R. Kijkar. 2008. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and development of *Curcuma petiolata* Roxb. Journal of Agriculture 24(3): 179-186. (in Thai)
- Salazar, J.D., T. Saithong, P.E. Brown, J. Foreman, J.C.W. Locke, K.J. Halliday, I.A. Carre, D.A. Rand and A.J. Millar. 2009. Prediction of photoperiodic regulators from quantitative gene circuit models. Cell 139(6): 1170-1179.
- Salih, Z.K. and A.N. Hussien. 2019. Effect of night break duration and paclobutrazol on growth and flowering of *Dendranthema grandiflora* pot plant production. Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants 7(1): 1-9.
- Sarhan, A.M.Z, E.I. El-Maadawy, N.M. Arafa and M.F. Gaber. 2017. Influence of pinching, some fertilization treatments and spraying with alar on solidago plants. B: Flowering characteristics. Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants 4(1): 51-71.
- Singh, R. and M. Bala. 2020. Effect of different sources of light as night break on growth characteristics of Korean chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) Genotypes. Bangladesh Journal of Botany 49(4): 967-974.

- Sirisawad, T. 2020. Light supplement in plants. (Online). Available: <https://stri.cmu.ac.th/> (August 17, 2020). (in Thai)
- Sousa, J.T.M., G.G. Sousa, E.B. Silva, F.B.S. Junior and T.V.A. Viana. 2021. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizer. *Surgical and Cosmetic Dermatology* 34(3): 682-691.
- Sultana, S., R.N. Khan, F.N. Haque, M.A. Akhter and S. Noor. 2006. Effect of NPK on growth and flowering in tuberose. *Journal of Subtropical Agricultural Research and Development* 4(2): 111-113.
- Sun, A., I. Somayanda, S.V. Sebastian, K. Singh, K. Gill, P.V.V. Prasad and S.V.K. Jagadish. 2018. Heat stress during flowering affects time of day of flowering, seed set, and grain quality in spring wheat. *Crop Science* 58(1): 380-392.
- Thakur, T. 2016. Effects of photoperiod, nitrogen and growing media on morphological development of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Ph.D. Thesis. Punjab Agricultural University, Ludhiana. 93 p.
- Vajari, M.A., J.F. Moghadam and S. Eshghi. 2018. Influence of late season foliar application of urea, boric acid and zinc sulfate on nitrogenous compounds concentration in the bud and flower of Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 242: 137-145.
- Valverde, F., A. Mouradov, W. Soppe, D. Ravenscroft, A. Samach and G. Coupland. 2004. Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. *Science* 303(5660): 1003-1006.
- Wan, C.Y., L. Mi, B.Y. Chen, J.F. Li, H.Z. Huo, J.T. Xu and X.P. Chen. 2018. Effects of nitrogen during nursery stage on flower bud differentiation and early harvest after transplanting in strawberry. *Brazilian Journal of Botany* 41(1): 1-10.
- Yang, J., C. Li, D. Kong, F. Guo and H. Wei. 2020. Light-mediated signaling and metabolic changes coordinate stomatal opening and closure. *Frontiers in Plant Science* 11: 1-12, doi: 10.3389/fpls.2020.601478.
- Zhang, W.-J., J.-W. Lu, Z.-P. Jiang and Y.-Y. Wang. 2010. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on the growth, blossom, and N.P.K uptake in *Calendula officinalis* L. *Journal of Wuhan Botanical Research* 28(4): 491-496.