

การตรวจสอบการตอบสนองความยาววันต่อการชักนำและพัฒนาตาดอก ของเบญจมาศ

The Investigation of Day Length Responding in Some Chrysanthemum Genotypes to Flower Initiation and Development

สุภชัย สุรณภรณ์ชัย¹ ธีรนิติ พวงกฤษ¹ นฤมล เข้มกัลต์เงิน² ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร³ และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี^{1*}
Supachai Suranapornchai¹ Theeraniti Puangkrit¹ Naruemon Khemkladngoen² Pathipan
Sutigoolabud³ and Chalernsri Nontasawatsri^{1*}

¹ สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Division of Genetics, Faculty of Science, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

³ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

³ Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: chalernsri@mju.ac.th

(Received: 3 August 2022; Revised: 30 September 2022; Accepted: 20 October 2022)

Abstract

Chrysanthemum is a short-day plant that need short-day conditions for flowering. For off season production artificial short-day conditions were given for flower induction by covering with black cloth or plastic. Inside, the cover had high temperature and humidity, making insect or disease easy to spread. For this reason, the cost for off-season production was high because of labor-consuming and high chemical usages. It would be better if we could develop some suitable varieties for each production season. In this study, 22 chrysanthemum genotypes were grown in 3 different light durations: 11 hours of light duration (short-day conditions), 13 hours of light duration (long-day conditions), and 24 hours of light duration (long-day continuous 24 hours conditions) in both on-season and off-season. Under 11 hours conditions, all genotypes produced flower buds and developed to full bloom in both seasons. In 13 hours of light duration, most of genotypes produced flower bud; genotypes 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 22, 26, 31, 32, J, K, and KF could developed to full bloom under on-season whereas growing under off-season found that; genotypes 1, 2, 4, 5, 8, 10, 15, 16, 17, 22, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 37, J, and KF produced flower bud but only genotypes 16 and J able developed to full bloom. For 24 hours light durations under on-season; genotypes 1, 16, 17, 26 and J produced flower buds but only genotype J could developed to full bloom, under off-season condition; genotypes 1, 2, 8, 10, 15, 16, 17 and 32 produced flowers bud but all of them developed to long day buds which unable to develop to full bloom.

Keywords: Chrysanthemum, day length, flower initiation, flower development

บทคัดย่อ

เบญจมาศเป็นพืชวันสั้น ในการผลิตนอกฤดูจึงจำเป็นต้องควบคุมความยาววันให้สั้นเพื่อชักนำให้เกิดดอกด้วยการคลุมด้วยผ้าหรือพลาสติกทึบแสง ซึ่งภายใต้ผ้าคลุมจะมีอุณหภูมิและความชื้นสูง ทำให้ง่ายต่อการเกิดโรคและการแพร่ระบาดของแมลง จึงต้องใช้สารเคมีในการควบคุม ส่งผลให้ต้องมีแรงงานในการดูแลการผลิตมาก เป็นเหตุให้การผลิตเบญจมาศนอกฤดูมีต้นทุนสูง หากมีพันธุ์ที่สามารถผลิตได้ในแต่ละฤดู ต้นทุนในการผลิตอาจลดลง การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเบญจมาศจำนวน 22 จีโนไทป์ ปลูกเลี้ยงในความยาวช่วงแสงต่อวันจำนวน 3 ช่วง คือ 11 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันสั้น) 13 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันยาว) และ 24 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันยาวต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง) พบว่าที่ความยาวช่วงแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ทุกจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอก และสามารถพัฒนาไปจนกระทั่งดอกบานได้ทั้งในฤดูและนอกฤดู สำหรับการได้รับความยาวช่วงแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า การปลูกในฤดู ทุกจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอกและพัฒนาจนบานดอกได้ แต่มีจีโนไทป์ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 22, 26, 31, 32, J, K และ KF เท่านั้นที่สามารถเกิดตาดอกและพัฒนาจนบานดอกได้ ส่วนการปลูกนอกฤดู พบว่า จีโนไทป์ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 15, 16, 17, 22, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 37, J และ KF สามารถเกิดตาดอกได้ แต่มีเพียงจีโนไทป์ 16 และ J เท่านั้นที่พัฒนาจนบานดอกได้ และเมื่อได้รับความยาวช่วงแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า การปลูกในฤดูจีโนไทป์ 1, 16, 17, 26 และ J สามารถเกิดตาดอกได้ แต่มีเพียงจีโนไทป์ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนบานดอกได้ ส่วนการปลูกนอกฤดู พบว่า จีโนไทป์ 1, 2, 8, 10, 15, 16, 17 and 32 สามารถเกิดตาดอกได้ แต่ไม่มีจีโนไทป์ใดที่สามารถพัฒนาไปเป็นดอกที่บานได้

คำสำคัญ: เบญจมาศ ความยาววัน การชักนำตาดอก พัฒนาดอก

คำนำ

เบญจมาศ (*Chrysanthemum morifolium*) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน และญี่ปุ่น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2538) ด้วยความโดดเด่นของรูปทรงดอก สีสีนที่หลากหลาย และกำหนดการออกดอกได้แน่นอน จึงเป็นที่นิยม โดยมีการผลิตทั้งไม้กระถางและไม้ตัดดอก การผลิตเบญจมาศในประเทศไทยสามารถทำได้ทุกภาคของประเทศไทย อดีตแหล่งผลิตเบญจมาศที่สำคัญอยู่บริเวณภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ในปัจจุบันมีการผลิตมากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ปลูกต้องมีอากาศหนาวเย็น และมีการจัดการที่เหมาะสม ทำให้ในพื้นที่อื่นสามารถผลิตดอกได้ดีเพียงฤดูหนาวเท่านั้น (ดวงกมลวรรณ, 2561)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของเบญจมาศคือความยาววันและอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงสามารถออกดอกโดยสามารถจำแนกการตอบสนองต่อความยาววันของเบญจมาศออกเป็น กลุ่มที่สามารถออกดอกและพัฒนาตาดอกจนบานได้ ในสภาพวันสั้น ในสภาพวันยาว และไม่ตอบสนองต่อความยาววันในการออกดอก (การได้รับวันยาวต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงยังสามารถออกดอกได้) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ที่ตอบสนองต่อความยาววันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการชักนำและพัฒนาตาดอกที่ต่างกัน (Okada, 1957; Anderson and Ascher, 2001) สำหรับ

อุณหภูมิมีการศึกษาของ Nozaki and Fukai (2008) ที่พบว่า มีการพัฒนาตาดอกเบญจมาศเบญจมาศ 8 พันธุ์ (*C. morifolium* cv. Sei-Monako, Sei-Snow, Yellow-Shoes, Sei-Suffle, Sei-Alps, Sei-Liese, Chatoo และ Sei-Pino) พบว่าเมื่อได้รับอุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ร่วมกับให้สภาพแสงวันสั้น พบว่าการพัฒนาของดอกช้าลงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงถึง 30 องศาเซลเซียส

ซึ่งในการออกดอกของเบญจมาศ พบว่าเป็นการแสดงออกของยีนที่ถูกควบคุมด้วย *FLOWERING LOCUS T (FT)* ที่สามารถจำแนก *FT-like gene* ที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกได้ 3 ยีน ได้แก่ *CsFTL1*: พบว่าเมื่อ *C. seticuspe* ได้รับสภาพวันยาว หรือเมื่อทำการให้แสงเป็นระยะเวลาสั้นในช่วงกลางคืน (night break) ต่อเนื่อง จะมีการแสดงออกของ *CsFTL1* มาก ส่งผลในการยับยั้งการออกดอก *CmFTL2*: พบว่าเมื่อ *C. morifolium* ได้รับช่วงแสงสั้นหรือยาวร่วมกับการได้รับชุดโครสจากภายนอกในการชักนำให้ออกดอก จะมีการแสดงออกของ *CsFTL2* มาก และ *CsFTL3*: พบว่า มีการแสดงออกมากเมื่อ *C. seticuspe* ได้รับช่วงวันสั้นต่อเนื่องจนเกิดดอก และหากเบญจมาศได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสในช่วงกลางคืน (00.00-08.00 นาฬิกา) พบว่า *anti-florigenic FT/TFL1 family protein gene (CsAFT)* จะแสดงออกมากด้วยการยับยั้งการออกดอก ถึงแม้ว่าเบญจมาศจะได้รับสภาพวันสั้น

ก็ตาม ซึ่งการแสดงออกของ *CsAFT* จะลดการแสดงออกของ *CsFLT3* ด้วย จึงส่งผลให้การเกิดตาต่อกรรมไปถึงพัฒนาของดอกล่าช้าไปกว่าปกติ (Oda *et al.*, 2012; Nakano *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2017)

เนื่องจากเบญจมาศเป็นพืชวันสั้น สามารถออกดอกได้และพัฒนาจนดอกบานได้เมื่อได้รับแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 ชั่วโมงต่อวัน (Cockshull, 1985) ทำให้การผลิตเบญจมาศในฤดูปลูกเบญจมาศได้รับความยาววัน 11 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้เกิดการออกดอกได้แม้ต้นยังเล็ก ซึ่งการให้แสงคั่นเวลากลางคืน (night break) จึงเป็นการยับยั้งการออกดอก ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจนกระทั่งได้ความสูงและขนาดทรงพุ่มตามต้องการจึงให้สภาพวันสั้นเพื่อให้ออกดอก (รัตนะ และอดิสร, 2547) สำหรับในการปลูกนอกฤดู เบญจมาศที่ได้รับความยาววัน 13 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้เบญจมาศบางพันธุ์ไม่ออกดอก จึงต้องใช้ผ้าหรือพลาสติกทึบคลุมให้มืดเพื่อจำลองสภาพวันสั้น (18.30-08.00 นาฬิกา) แต่การผลิตนอกฤดูโดยการคลุมผ้าเพื่อให้เกิดสภาพวันสั้นส่งผลให้ความชื้นและอุณหภูมิภายใต้ผ้าที่คลุมสูงขึ้น อากาศถ่ายเทไม่ดี ซึ่งเป็นสภาพที่ง่ายต่อการแพร่ระบาดของโรคและแมลง ส่งผลให้คุณภาพดอกไม้ได้ตามที่ต้องการ ต้นทุนการผลิตอาจสูงขึ้นจากค่าจ้างแรงงาน และค่าสารเคมีควบคุมโรคและแมลง เพื่อการผลิตเบญจมาศได้ตลอดทั้งปี หากมีพันธุ์ที่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตอาจลดลงได้ (ดวงกมลวรรณ, 2563; สุภาพร และอำนาจ, 2563) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบเบญจมาศการค้าที่ตอบสนองต่อความยาววันจนสามารถชักนำการออกดอกได้สมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับการผลิตนอกฤดู

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการจัดเตรียมกิ่งพันธุ์เบญจมาศทางการค้า (กิ่งพันธุ์เบญจมาศรวบรวมจากตลาดค้าเหียง จังหวัดเชียงใหม่ และตลาดต้นไม้สวนจตุจักร กรุงเทพฯ) จำนวน 22 จีโนไทป์ ปักชำในแกลบเผา 4 สัปดาห์ และย้ายลงปลูกในกระถางขนาด 5 นิ้ว จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง วัสดุปลูกประกอบด้วยดิน แกลบดิบ และกาบมะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 1:2:1 ปลูกในโรงเรือน สาขาพืชสวนประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อปลูกได้ 2 สัปดาห์ เด็ดยอดเหลือ 4 ข้อ หลังจากเด็ดยอด 4 สัปดาห์ เริ่มให้แสงตามกรรมวิธีทดลองต่าง ๆ ด้วยการให้แสงจากหลอด T5 18 watt LED (Lighting & Equipment

Pub Co., Ltd., Bangkok, Thailand) ประกอบด้วย day light (6,500K) และ warm light (3,200K) (อัตราส่วน 1:1) ต่อจากความยาวของวันตามธรรมชาติ หลอดไฟสูงจากกระถาง 1.20 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอตแบบสุ่มสมบูรณ์ (split plot in completely randomized design) ประกอบด้วย ปัจจัยหลักคือ ความยาววัน มี 4 ระดับคือ ให้แสงธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ให้แสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และให้แสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ปัจจัยรองคือ เบญจมาศจำนวน 22 จีโนไทป์ ทำการปลูกจีโนไทป์ละ 4 กระถางต่อการให้แสงแต่ละระดับ รวมทั้งหมด 352 กระถาง โดยทำการทดลอง 2 ฤดูกาล คือ ในฤดู (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และนอกฤดู (เดือนมิถุนายน-กันยายน)

การบันทึกข้อมูลเริ่มหลังเข้าสู่การทดลอง 4 สัปดาห์ โดยเก็บระยะเวลาที่เกิดดอก และการพัฒนาดอกทุกสัปดาห์ และลักษณะการพัฒนาของตาดอก ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลโดยการใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 26

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในฤดูปลูก ได้ทำการศึกษาการตอบสนองต่อความยาววันในการเกิดตาดอกและการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศ จำนวน 22 จีโนไทป์ พบว่า ชุดควบคุม (แสงธรรมชาติประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน) และที่ควบคุมให้ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเกิดตาดอกได้ภายใน 3-4 สัปดาห์ และตาดอกสามารถพัฒนาจนบานได้ภายใน 9-10 สัปดาห์ สำหรับการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนใหญ่แต่ละจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอกได้ในสัปดาห์ที่ 5-6 และจะบานได้ภายใน 12-17 สัปดาห์ ยกเว้นจีโนไทป์ 15, 17, 19, 23, 27, 33, 35 และ 37 ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาว (bud break) ทำให้ไม่สามารถพัฒนาจนดอกบานได้ และเมื่อได้รับแสงที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน จีโนไทป์ 1, 16, 17, 26 และ J สามารถชักนำให้เกิดตาดอกได้ แต่ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาวจึงไม่สามารถบานได้ ดังนั้นจึงมีเพียงจีโนไทป์ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาไปจนถึงดอกบานสมบูรณ์ได้ โดยแต่ละจีโนไทป์ในแต่ละระดับการได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ใช้เวลาในการเกิด

ตาดอกและการพัฒนาตาดอกจนบานได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (Table 1)

สำหรับนอกฤดูปลูก พบว่า เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ทุก ๆ จีโนไทป์เริ่มเกิดตาดอกได้ในสัปดาห์ 3 และตาดอกสามารถพัฒนาจนบานได้ภายใน 8-11 สัปดาห์ สำหรับการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และชุดควบคุม (ได้รับแสงธรรมชาติที่ 13.4 ชั่วโมงต่อวัน) พบว่าส่วนใหญ่สามารถชักนำตาดอกได้ภายใน 4-7 สัปดาห์ ยกเว้นจีโนไทป์ 19, 23 และ K ที่ไม่เกิดตาดอก และมีเพียงจีโนไทป์ 16 และ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนตาดอกบานได้ภายใน 11-14 สัปดาห์ และเมื่อได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ 1, 2, 8, 15, 16, 17 และ 32 สามารถเกิดตาดอกได้ภายใน 5-8 สัปดาห์ แต่ตาดอกที่เกิดขึ้นพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาวทั้งหมด ซึ่งจากการทดสอบทั้งสองฤดู พบว่า จีโนไทป์ที่ไม่สามารถพัฒนาตาดอกไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ มี 2 ลักษณะปรากฏให้เห็น คือ ลักษณะของตาดอกเป็นตาดอกวันยาว และลักษณะการพัฒนาตาดอกที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสปีดอกภายในไม่สามารถพัฒนาเมื่อได้รับสภาพวันยาว (Figure 1) และในจีโนไทป์ที่สามารถบานได้ การบานของดอกจะช้าลงเมื่อได้รับสภาพวันยาว โดยแต่ละจีโนไทป์ในแต่ละระดับการรับความยาววันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ใช้เวลาในการเกิดตาดอกและการพัฒนาตาดอกจนบานได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (Table 2)

เมื่อเบญจมาศได้รับแสง 13 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน บางจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอกได้แต่ไม่สามารถพัฒนาไปจนดอกบานได้ ซึ่งจากรายงานของ Sharathkumar *et al.* (2021) พบว่า เมื่อให้สภาพวันยาวกับเบญจมาศ (*C. morifolium* cv. Radost) สามารถที่จะเกิดตาดอกได้ แต่ตาดอกนั้นไม่สามารถพัฒนาไปจนถึงระยะที่ดอกบานได้ และสำหรับช่วงนอกฤดูปลูก พบว่า มีบางจีโนไทป์ที่ตาดอกมีการพัฒนาไปยังระยะดอกบานที่ได้ช้าลง ซึ่งจากรายงานของ Nozaki และ Fukai (2008) ได้ศึกษาการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศในสภาพวันสั้นที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า จำนวนวันในการเกิดตาดอกไม่มีความแตกต่างกัน แต่การพัฒนาตาดอกในแต่ละระยะการพัฒนาของตาดอกเมื่อได้รับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะพัฒนาได้ช้ากว่าการได้รับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นเป็นไปได้ว่านอกจากความยาววันที่จะมีผลต่อการเกิดดอก

และการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศแล้ว อุณหภูมิที่สูงในช่วงนอกฤดูปลูกก็อาจมีผลต่อการพัฒนาของตาดอกด้วยเช่นกัน

สำหรับจีโนไทป์ J ซึ่งเป็นจีโนไทป์เดียวที่สามารถออกดอกได้ในฤดูปลูก ทุกความยาววัน (ได้รับแสง 11, 13 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน) แต่การเกิดดอกช้าลงเรื่อย ๆ ตามความยาววันที่มากขึ้นคือ เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 4 สัปดาห์ และบานใน 10 สัปดาห์ เมื่อได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 5 สัปดาห์ และบานใน 12 สัปดาห์ และการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 8 สัปดาห์ บานใน 18 สัปดาห์ ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อปลูกในฤดู การเกิดตาดอกและการพัฒนาจนดอกบานของจีโนไทป์ J จะช้าลงตามความยาววันที่ได้รับ แต่เมื่อปลูกนอกฤดูปลูก จีโนไทป์ J ที่เคยออกดอกได้ในกรที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวันกลับไม่สามารถออกดอกได้ อาจเกิดจากการได้รับแสงยาวนานเกินไป ร่วมกับอุณหภูมิที่สูงของช่วงนอกฤดูปลูก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Oda *et al.* (2012) ที่พบว่า การได้รับช่วงวันสั้นต่อเนื่อง เบญจมาศสามารถออกดอกได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการแสดงออกของ *CsFTL3* แต่หากได้รับแสงยาวกว่าความยาววิกฤติ *CsFTL1* แสดงออกเพิ่มขึ้น ซึ่ง *CsFTL1* เป็นยีนที่ยับยั้งการแสดงออกของ *CsFTL3* ทำให้การออกดอกและการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศช้าลงได้ สำหรับอุณหภูมิที่สูงขึ้น Nakano *et al.* (2015) ได้รายงานว่าการเบญจมาศได้รับอุณหภูมิที่สูงในช่วงกลางวัน (00.00-08.00 นาฬิกา) พบว่ามีการแสดงออกของยีน *CsAFT* ที่แสดงออกด้วยการยับยั้งการออกดอก หากเบญจมาศได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาดังกล่าวถึงแม้ว่าเบญจมาศจะได้รับสภาพวันสั้นก็ตาม *CsAFT* จะแสดงออกโดยลดการแสดงออกของ *CsFTL3* ส่งผลให้การพัฒนาของดอกช้าไปกว่าปกติ ดังนั้นการได้รับแสงที่ยาวนานต่อเนื่องร่วมกับอุณหภูมิที่สูงในช่วงนอกฤดูปลูก อาจทำให้จีโนไทป์ J ไม่สามารถออกดอกได้ในการปลูกนอกฤดูที่การได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจีโนไทป์อื่น ๆ ในงานวิจัยนี้อาจตอบสนองต่อความยาววันและอุณหภูมิในการออกดอกที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่เกิดขึ้นในจีโนไทป์ J

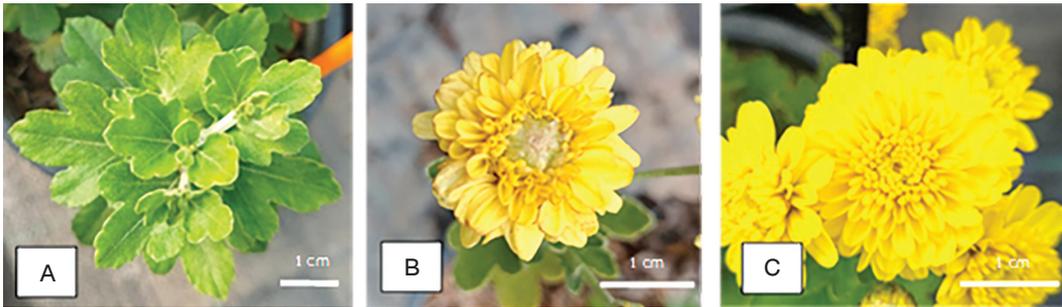


Figure 1 Characteristic of flower bud in long-day condition (Genotype 16) A) bud break, B) flower in off season with undeveloped inner floret and C) normal flower in season

การศึกษามวลของความยาววันต่อการชักนำ และการพัฒนาตาดอกจนดอกบาน พบว่า ระยะเวลาในการออกดอกระหว่างในฤดูปลูก และนอกฤดูปลูก การได้รับสภาพวันสั้น หรือการได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีระยะเวลาในการเกิดตาดอก และการบานของดอกที่ใกล้เคียงกันในแต่ละจีโนไทป์ทั้งสองฤดูปลูก สำหรับการให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน พบหลายจีโนไทป์ที่เกิดตาดอก และบานได้แต่ช่วงนอกฤดูปลูก แต่มีเพียงจีโนไทป์ 16 และ ๗ ที่เกิดตาดอก และบานได้ สำหรับการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ ๗ เท่านั้นที่สามารถบานได้เฉพาะในฤดูปลูก ส่วนนอกฤดูปลูกไม่พบจีโนไทป์ใดบานได้ ทำให้จีโนไทป์ 16 และ ๗ เป็นจีโนไทป์ที่น่าสนใจ เนื่องจากนอกฤดูปลูกการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเกิดตาดอกและบานได้ จึงอาจเป็นประโยชน์ในการนำทั้งสองจีโนไทป์นี้ไปพัฒนาเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับการปลูกนอกฤดูของประเทศไทยได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษามวลของความยาววันต่อการชักนำและการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศทั้ง 22 จีโนไทป์โดยการได้รับสภาพวันสั้น หรือได้รับแสงที่ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีระยะเวลาในการเกิดตาดอกและการพัฒนาจนดอกบานใกล้เคียงกันทั้งสองฤดูปลูก สำหรับการให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงฤดูปลูกทุกจีโนไทป์มีการชักนำตาดอก และพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ ยกเว้นจีโนไทป์ 15, 17, 19, 23, 27, 33, 35 และ 37 ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาว ในช่วงนอกฤดูปลูกมีหลายจีโนไทป์ที่สามารถเกิดตาดอก แต่ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาว ซึ่งมีเพียงจีโนไทป์ 16 และ ๗ เท่านั้นที่พัฒนาไปเป็นดอกบานได้ และสำหรับการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ ๗ เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนบานได้เฉพาะในฤดูปลูก ส่วนนอกฤดูปลูกไม่มีจีโนไทป์ใดใน 22 จีโนไทป์ พัฒนาเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้

Table 1 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in season (November–February) (Mean±SE)

genotypes	day to flower bud initiation (week)				day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control	11 hr	13 hr	24 hr
1	3.00±0.00 ^a	3.09±0.09 ^{ab}	4.30±0.15 ^{bc}	10.08±0.08 ^b	9.30±0.153 ^{cd}	9.45±0.21 ^{cd}	14.00±0.45 ^c	-
2	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.80±0.13 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	16.60±0.24 ^f	-
4	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.67±0.17 ^{cde}	-	9.58±0.14 ^{ef}	9.17±0.12 ^b	17.00±0.00 ^f	-
5	3.17±0.11 ^{ab}	3.42±0.15 ^{cd}	4.91±0.09 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
8	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	4.42±0.15 ^{bcd}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.67±0.33 ^e	-
10	3.42±0.15 ^{bcd}	3.08±0.08 ^{ab}	4.73±0.14 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	14.86±0.14 ^d	-
15	3.67±0.14 ^{de}	3.58±0.15 ^{de}	6.00±0.38 ^h	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
16	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.50±0.15 ^a	9.634±0.31 ^b	9.75±0.13 ^{fg}	9.58±0.15 ^d	12.75±0.13 ^b	-
17	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.50±0.15 ^a	12.33±0.38 ^c	9.25±0.13 ^{cd}	9.25±0.13 ^{bc}	-	-
19	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	5.67±0.29 ^{gh}	-	8.67±0.19 ^b	9.00±0.00 ^{ab}	-	-

Table 1 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in season (November–February) (Mean±SE) (Cont.)

genotypes	day to flower bud initiation (week)				day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control	11 hr	13 hr	24 hr
22	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.92±0.15 ^{cde}	-	9.42±0.15 ^{de}	9.25±0.13 ^{bc}	15.00±0.00 ^d	-
23	3.27±0.14 ^{abc}	3.25±0.16 ^{abc}	6.14±0.55 ^h	-	12.00±0.00 ^h	9.83±0.17 ^e	-	-
26	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	4.00±0.21 ^a	12.33±0.68 ^c	9.75±0.13 ^{fg}	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
27	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	6.00±0.49 ^h	-	9.42±0.15 ^{de}	9.18±0.12 ^b	-	-
31	3.83±0.11 ^e	3.27±0.14 ^{abc}	5.67±0.42 ^{gh}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	17.00±0.00 ^f	-
32	3.08±0.08 ^a	3.75±0.13 ^e	5.57±0.43 ^{gh}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
33	3.17±0.11 ^{ab}	3.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^{def}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
35	3.27±0.14 ^{abc}	3.33±0.14 ^{bcd}	6.00±0.27 ^h	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
37	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	4.83±0.11 ^{cde}	-	10.00±0.00 ^g	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
J	3.17±0.11 ^{ab}	4.00±0.00 ^f	5.17±0.11 ^{efg}	8.83±0.24 ^a	10.00±0.00 ^g	10.92±0.08 ^f	11.67±0.22 ^a	17.67±0.18
K	3.50±0.15 ^{cd}	3.50±0.15 ^{cde}	6.75±0.13 ^j	-	10.00±0.00 ^g	9.00±0.00 ^{ab}	17.00±0.00 ^f	-
KF	3.17±0.11 ^{ab}	3.08±0.08 ^{ab}	4.00±0.00 ^a	-	8.00±0.00 ^a	8.82±0.12 ^a	12.83±0.36 ^b	-
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	-
CV. (%)	9.59	9.16	13.46	7.11	3.27	3.08	3.82	-

Remarks: ** Significantly difference test with 99 % confident level ($p \leq 0.01$)

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

² Comparison of means within table by F-test at $p \leq 0.01$

Table 2 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in off-season (June–September) (Mean±SE)

genotypes	Day to flower bud initiation (week)				Day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control ^x	11 hr	13 hr ^x	24 hr
1	5.33±0.17 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.25±0.16 ^{cde}	5.43±0.20 ^a	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
2	5.50±0.22 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^{cd}	6.20±0.49 ^{ab}	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
4	5.50±0.18 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.89±0.11 ^{fg}	-	-	9.67±0.17 ^{de}	-	-
5	4.60±0.24 ^{cd}	3.00±0.00 ^a	4.67±0.33 ^{efg}	-	-	9.00±0.00 ^c	-	-
8	5.25±0.16 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.17±0.17 ^{cde}	5.60±0.4 ^a	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
10	5.50±0.50 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.33±0.21 ^{c-f}	7.50±0.72 ^{bc}	-	9.33±0.21 ^{cd}	-	-
15	6.38±0.42 ^{ghi}	3.00±0.00 ^a	6.00±0.00 ^j	5.33±0.33 ^a	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
16	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	8.25±0.36 ^c	13.22±0.15	10.00±0.00 ^{ef}	14.33±0.17	-
17	5.67±0.33 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^{gh}	6.20±0.40 ^{ab}	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
19	-	3.33±0.17 ^b	-	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
22	6.00±0.36 ^{fgh}	3.00±0.00 ^a	4.57±0.37 ^{d-g}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
23	-	3.00±0.00 ^a	-	-	-	11.00±0.00 ^g	-	-
26	4.86±0.14 ^{de}	3.00±0.00 ^a	4.38±0.18 ^{c-f}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
27	8.00±0.58 ^j	3.00±0.00 ^a	5.83±0.40 ^{ij}	-	-	9.56±0.18 ^d	-	-
31	6.13±0.12 ^{gh}	3.00±0.00 ^a	5.44±0.18 ^{hi}	-	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
32	4.00±0.00 ^{bc}	3.00±0.00 ^a	3.22±0.15 ^b	5.43±0.20 ^a	-	8.00±0.29 ^b	-	-
33	5.38±0.18 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.13±0.12 ^{cde}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
35	7.13±0.44 ^l	3.00±0.00 ^a	4.33±0.17 ^{c-f}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-

Table 2 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in off-season (June–September) (Mean±SE) (Cont.)

genotypes	Day to flower bud initiation (week)				Day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control ^x	11 hr	13 hr ^x	24 hr
37	6.75±0.37 ^{hi}	3.00±0.00 ^a	4.22±0.15 ^{cde}	-	-	7.75±0.25 ^{ab}	-	-
J	3.25±0.25 ^{ab}	3.00±0.00 ^a	3.38±0.18 ^{ab}	-	11.11±0.11	10.00±0.00 ^{ef}	11.11±0.26	-
K	-	3.00±0.00 ^a	-	-	-	10.33±0.17 ^f	-	-
KF	6.00±0.27 ^{gh}	3.00±0.00 ^a	3.89±0.26 ^{bcd}	-	-	7.43±0.20 ^a	-	-
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	-
CV. (%)	13.56	3.63	11.75	16.92	7.64	3.69	3.46	-

Remarks: ** Significantly difference test with 99 % confident level ($p \leq 0.01$)

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

² Comparison of means within table by F-test

^x Comparison of means within columns by t-test

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ พุทธิศย์กัณภูมิที่สนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบคุณ สาขาพืชสวนประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดวงกมลวรรณ กบกันทา. 2561. เบลูจมาศตัดดอก. แหล่งข้อมูล <http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2562/75-76.pdf> (22 กันยายน 2565).

ดวงกมลวรรณ กบกันทา. 2563. เบลูจมาศตัดดอก. แหล่งข้อมูล <http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2563/67-68.pdf> (22 กันยายน 2565).

รัตน์ะ บั้วระวงศ์ และอดิสรุ กระแสชัย. 2547. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชนิดหลอดไฟต่อการยับยั้งการเกิดตาดอกของเบญจมาศโดยวิธีการให้แสงแบบ Night Break. วารสารเกษตร 20(3): 236-242.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2538. อนุกรมวิธานพืช อักษร ก ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. เพื่อนพิมพ์. กรุงเทพฯ.

สุภาพร สัมโย และอำนาจ อรรถลิ่งรอง. 2563. สถานการณ์การผลิตเบญจมาศ. สถาบันวิจัยพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/> (18 กันยายน 2565).

Anderson, N.O. and P.D. Ascher. 2001. Selection of day-neutral, heat-delay-insensitive *Dendranthem Xgrandiflora* genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(6): 710-721.

Cockshull, K.E. 1985. *Chrysanthemum morifolium*, pp. 238-257. In: A.H. Halvey (eds.). CRC handbook of flowering. vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Nakano, Y., Y. Higuchi, K. Sumitomo and T. Hisamatsu. 2015. Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of FLOWERING LOCUS T-like 3 gene repression. Journal of Experimental Botany 64(4): 909-920.

Nozaki, K. and S. Fukai. 2008. Effects of high temperature on floral development and flowering in spray chrysanthemum. Journal of Applied Horticulture 10(1): 8-14.

Oda, A., T. Narumi, T. Li, T. Kando, Y. Higuchi, K. Sumitomo, S. Fukai and T. Hisamatsu. 2012. CsFTL3, a chrysanthemum FLOWERING LOCUS T-like gene, is a key regulator of photoperiodic flowering in chrysanthemums.

Journal of Experimental Botany 63(3): 1461-1477.

Okada, M. 1957. Classification of chrysanthemum varieties in view of their environmental responses to flowering. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 26(1): 59-72.

Sharathkumar, M., E. Heuvelink, L.F. Marcelis and W. Van Ieperen. 2021. Floral induction in the short day plant chrysanthemum under blue and red extended long-days. Frontiers in Plant Science journal 11: p.61004.

Sun, J., H. Wang, L. Ren, S. Chen, F. Chen and J. Jiang. 2017. CmFTL2 is involved in the photoperiod and sucrose-mediated control of flowering time in chrysanthemum. Horticulture Research 4: p.11701.