

# 4

## การตอบสนองของเบญจมาศต่อสิ่งแวดล้อม

### 4.1 แสง

แบ่งการตอบสนองต่อแสงของเบญจมาศออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ ได้แก่

- การตอบสนองต่อช่วงแสงและช่วงมีด ที่จะทำให้พืชอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative stage) หรือระยะเพื่อการเกิดดอก (Reproductive stage)
- การสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโตของพืช

### การตอบสนองต่อช่วงแสงและช่วงมีดของเบญจมาศ

Garner และ Allard (1923) ได้จำแนกเบญจมาศให้อยู่ในกลุ่มของพืชวันสั้น ใน ค.ศ. 1936 Post รายงานว่าในสภาพของแสงตามธรรมชาติ เบญจมาศจะเกิดตາดอกระหว่าง วันที่ 15-25 สิงหาคม ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้พบว่าความยาววิกฤตของช่วงแสงของวัน สำหรับการเกิดตາดอกรของเบญจมาศเท่ากับ 14.5 ชั่วโมง กล่าวคือ ถ้าแสงนานกว่านี้จะถือว่าเป็นวันยาว และสั้นกว่านี้จะถือว่าเป็นวันสั้น ใน ค.ศ. 1948 Post รายงานว่าแท้จริงแล้วความยาววิกฤต ของวันจะมีอยู่ 2 ช่วง กล่าวคือ เมื่อแสงสั้นกว่า 14.5 ชั่วโมง จะทำให้เบญจมาศเกิดตາดอกร (Flower Bud Initiation) แต่ติดอุดดังกล่าวจะมีการพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ (Flower Bud Development) ก็ต่อเมื่อช่วงแสงสั้นลง เป็น 13.5 ชั่วโมง

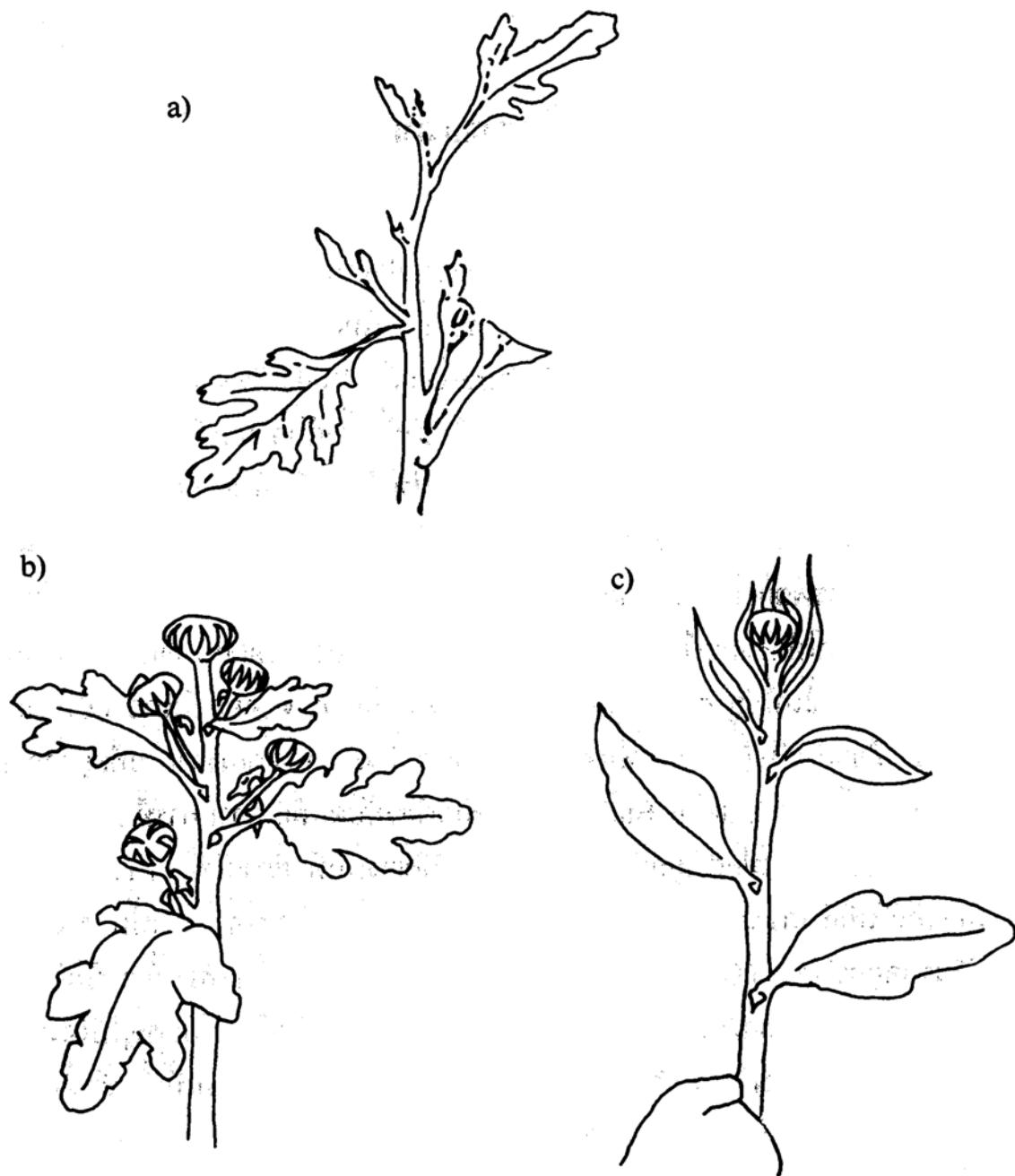
ความยาวของช่วงมีแสง (ชั่วโมง)	ความยาวช่วงมีด (ชั่วโมง)	การตอบสนอง
> 14.5	< 9.5	Vegetative
< 14.5 แต่ > 13.5	> 9.5 แต่ < 10.5	Flower bud initiation
< 13.5	> 10.5	Flower bud development

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาต่อนำพบว่า ในการตอบสนองเพื่อการเกิดและการพัฒนาของตัวอ่อนนั้น ช่วงมีดเป็นช่วงที่มีความสำคัญเพื่อการตอบสนองต่อความยาวของช่วงแสงของเบญจมาศ (Borthwick, 1947).

### ผลของความยาวของวันที่มีต่อการพัฒนาของเบญจมาศ เมื่อปลูกภายใต้สภาพวันยาวอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาของ Schwabe (1951) พบว่าเมื่อปลูกเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ให้ได้รับสภาพกลางวันยาว (กลางคืนสั้น) คือ ให้ต้นได้รับแสง 16.5 ชั่วโมง หลังจากที่ต้นเจริญไปได้ระยะหนึ่งแล้วก็จะเกิดตัวอ่อนขึ้นที่ปลายยอด (Potential Inflorescence Bud) โดยจะเกิด Bract ก่อน ซึ่ง Machin (1983) กล่าวว่า การที่จะเกิดตัวอ่อนเริ่วหรือช้านั้นขึ้นกับจำนวนใบต่อต้น และลักษณะดังกล่าวจะถูกควบคุมโดยพันธุกรรม ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ตัวอ่อนดังกล่าวจะไม่สามารถพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ คงจะเป็นแต่ตุ่มติดอก และมี Bract ขนาดเล็กเกิดอยู่รอบ ๆ ซึ่งผลของวันยาวที่มีต่อการยับยั้งการพัฒนาของตัวอ่อนจะต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์ที่ใช้ปลูก ซึ่งจะมีได้ตั้งแต่ไม่มีร่องรอยของการเกิดตัวอ่อนให้เห็นเลย ไปจนถึงการเกิดตัวอ่อนให้เห็นอย่างชัดเจนโดยล้อมรอบด้วย Bract หลาย ๆ ชั้น ตัวอ่อนที่เกิดขึ้นที่ปลายลำต้นในสภาพวันยาวนั้น เรียกว่า ตัวอ่อนวันยาว (Break Bud) ดังรูปที่ 7a ในขณะเดียวกันกับที่เริ่มนองหินตัวอ่อนดังกล่าว ก็จะเกิดกิ่งแขนงจากใบที่อยู่ต่ำลงมา ซึ่งกิ่งแขนงดังกล่าวจะเกิดขึ้นจาก Lateral Bud ที่มุ่มใน เช่นเดียวกับผลที่เกิดจากการที่ Apical Dominance ถูกทำให้หมดไป เช่น เมื่อต้นถูกตัดยอด แต่ในกรณีของต้นที่อยู่ภายใต้สภาพวันยาวนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากแหล่งที่เป็นที่สังเคราะห์ออกซิเจนที่ยอดพืช เพื่อส่งลงมาอย่างล้ำที่ต่ำลงมานั้น หมวดสภาพไปเนื่องจากเกิดเป็นตัวอ่อนวันยาว (Break Bud) ขึ้นมาแทน สำหรับจำนวนกิ่งแขนงนั้นจะมีได้ตั้งแต่ 3-4 กิ่งแล้วแต่สายพันธุ์ หากว่ากิ่งแขนงดังกล่าวยังคงได้รับสภาพวันยาวต่อไปอีก เมื่อเจริญไปได้ระยะหนึ่งก็จะเกิดตัวอ่อนวันยาวที่ปลายกิ่งพร้อมกับการเกิดกิ่งแขนงที่ยอดอีก และจะเป็นเช่นนี้ซ้ำแล้วซ้ำเล่า

รูปที่ 7 แสดง a) Break bud, b) Terminal bud และ c) Crown bud



จากการศึกษาของ Schwabe (1951) ทางด้านระเบียบการพัฒนาของดอก พนว่าตัวดอกที่เกิดขึ้นภายในตัววันยางจะหยุดการพัฒนาเมื่อเกิดฐานรองดอกขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว และจะไม่มีกลีบดอกได้ เกิดขึ้น Schwabe (1951) พนว่าตัวดอก (Inflorescence Bud) ที่ไม่สามารถพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ และกล้ายเป็นตัวดอกที่เราเรียกว่า Break Bud นั้น ก็เนื่องมาจากการผลของกิ่งแขนงที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดตัวดอกดังกล่าว โดยในการทดลองของเขามีได้เด็ดเอากิ่งแขนงที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกทิ้ง ก็สามารถทำให้ Inflorescence Bud ที่เกิดภายในตัววันยางดังกล่าวมีการพัฒนาต่อไปได้ อีกเช่นกีดี

หลังจากที่พบว่าเกิด Inflorescence Bud ขึ้นที่ปลายยอดแล้ว การตัดเอาส่วนของ Inflorescence ดังกล่าวโดยให้มีส่วนของ Bracts และใบติดมาด้วยแล้วนำมารักษาไว้ตั้งแต่วันที่ 16.5 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าในทั้งสองกรณีดังกล่าวจะมีความยาวของช่วงแสงมากกว่า 16.5 ชั่วโมงก็ตาม แต่ย่างไรก็ตามพบว่า การพัฒนาของดอกภายใต้ภาวะดังกล่าวจะเป็นไปอย่างค่อนข้างช้า ซึ่งอาจใช้เวลาหลายเดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการนำตัดอดอกกล่าวไปไว้ในสภาพวันสั้น

จึงอาจกล่าวได้ว่าตัดออกที่เกิดขึ้นในสภาพวันยาวและไม่สามารถพัฒนาไปเป็นดอกได้นั้นเป็นผลเนื่องจาก Inhibitor ที่เกิดจากใบหรือ Bract ของกิ่งแขนง ซึ่ง Inhibitor นี้น่าจะได้แก่ Auxin ในระดับ Supraoptimal

### การตอบสนองของเบญจมาศเมื่อปักกลอยู่ภายใต้วันสั้นอย่างต่อเนื่อง

เบญจมาศที่ปักกลอยู่ภายใต้วันสั้น (กลางคืนยาวกว่า 10.5 ชั่วโมง) ตั้งแต่เริ่มปักกลอนั้น จะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่จำกัดโดยจะเกิดตัวตัดออกขึ้นที่ปลายยอดและพัฒนาต่อไปจนเป็นตัดออกที่สมบูรณ์ได้แต่ตัดออกจะมีขนาดเล็กเนื่องจากมีการเจริญของลำต้นและใบก่อนการออกตัดออกที่จำกัด ซึ่งจะสังเกตได้จากจำนวนใบบนต้นเมื่อออกรดออกจะมีต่ำกว่าต้นที่ได้รับวันยาวตลอดมาก กิ่งแขนงที่เกิดตามมาภายหลังจากการเกิดตัดออกที่ยอดนั้นก็จะเกิดตัวตัดออกขึ้นที่ปลายกิ่งแขนง และสามารถพัฒนาไปเป็นตัดออกที่สมบูรณ์ได้เช่นกัน แต่ก็จะมีขนาดเล็กดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากการศึกษาของ Schwabe (1951) พบว่าสามารถที่จะหยุดยั้งการพัฒนาของตัดออกที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพวันสั้นที่พร้อมจะพัฒนาไปเป็นตัดออกที่สมบูรณ์ได้ โดยการย้ายต้นที่อยู่ในสภาพวันสั้น ดังกล่าวไปให้ได้รับสภาพวันยาวซึ่งจะทำให้การพัฒนาของตัดออกดังกล่าวถูกยับยั้งแต่ทั้งนี้ขึ้นกับว่าตัดออกดังกล่าวได้พัฒนาไปแล้วมากน้อยเพียงใด โดยพบว่าถ้าตัดออกได้มีการพัฒนาไปแล้ว ประมาณ 7 วัน การย้ายไปให้ได้รับวันยาวก็จะไม่สามารถหยุดการพัฒนาได้ สำหรับความยาวของวันที่ใช้ยับยั้งการพัฒนาของตัดออกดังกล่าวนั้นความยาว 16 ชั่วโมงแสงจะมีประสิทธิภาพดีกว่า 24 ชั่วโมงแสง ซึ่งสาเหตุที่สภาพวันยาวสามารถหยุดยั้งการพัฒนาของตัดออกที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพวันสั้นได้นั้นก็ต่อเนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าภายในตัวตัดออกที่เกิดขึ้นนั้นทำให้เกิดการสร้าง Auxin ในระดับที่จะไปยับยั้งการพัฒนาของตัดออก โดยได้ทำการทดลองลดปริมาณแสงที่ต้นเบญจมาศที่อยู่ภายใต้วันสั้นในระยะที่กำลังมีการพัฒนาของตัดออกในระยะก่อนที่จะเริ่มนองเห็นตัดออก 1-2 วัน (Visible Macroscopically Stage) โดยลดลงให้เหลือปริมาณแสงที่จะทำการสังเคราะห์แสงเพียง 10-15% ซึ่งในสภาพดังกล่าวจะทำให้มีการสร้าง Auxin เพิ่มขึ้น พบว่าตัดออกของต้นที่ได้รับสภาพดังกล่าวจะถูกยับยั้งการพัฒนาเมื่อตัดออกเจริญไปได้อีกเพียงเล็กน้อย คืออยู่ในระยะ Macroscopic Appearance และจะมี Bract ใหญ่ ๆ หลาย ๆ อันเกิดขึ้นพร้อมกับเกิดกิ่งแขนงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าถ้าหากลดแสงให้กับต้นที่มองเห็นว่าเกิด Inflorescence Bud อย่างชัดเจนแล้วก็ไม่สามารถยับยั้งการพัฒนาของตัดออกต่อไปได้

อีกการทดลองหนึ่งที่ยืนยันว่า Auxin ในระดับที่สูงจะยับยั้งการพัฒนาของดอกได้แก่ การที่ Schwabe ใช้ IAA ในรูปของ paste ทาช่อดอกในขณะที่ดอกมีขนาดตั้งแต่ 5-10 มม. สองบริเวณด้วยกัน โดยบริเวณแรกทابน Inflorescence stalk และแนบที่สองท้าให้ Involucral bract พนว่าการทابบริเวณใต้ Involucral bract จะยับยั้งการพัฒนาของดอกต่อไป ในขณะที่การท้าแบบแรกซึ่งห่างดอกลงมาหนึ่นไม่สามารถยับยั้งการพัฒนาของดอกได้

### การเกิดและการพัฒนาตัวดอกเพื่อการผลิตดอกที่มีคุณภาพ

ในการผลิตดอกไม้ตัดดอกที่มีคุณภาพทั้งแบบดอกเดียวและดอกช่อนั้นถ้าหากเป็นการปลูกโดยอาศัยฤดูกาลตามธรรมชาติแล้วจะต้องปลูกให้เบญจมาศได้รับความยาวของวัน (ซึ่งจะแปรผันไปตามเส้นรุ้ง) ที่เหมาะสมแก่การเจริญทางด้านลำต้นระยะหนึ่งเสียก่อน เพื่อให้ต้นมีความสูงที่เหมาะสม จากนั้นจึงให้ต้นดังกล่าวได้รับวันสั้นตามธรรมชาติเพื่อการเกิดและการพัฒนาตัวดอกต่อไป ดังนั้นในสภาพความยาวของวันในประเทศไทย ช่วงเวลา ก่อนฤดูกาลนานา เช่นเดือน กรกฎาคม หรือ สิงหาคม ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าว ยังมีความยาวของวันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลำต้นต่อมามีความยาวของวันสั้นลงมากยิ่งขึ้น ก็จะเป็นความยาวที่เหมาะสมต่อการเกิดและการพัฒนาตัวดอกต่อไป อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อความยาวของช่วงแสงจะแตกต่างกันออกໄไปในแต่ละสายพันธุ์ เมื่อบริษัทมาศได้รับวันที่สั้นลง (กลางคืนที่ยาวขึ้น) ก็จะเกิดตัวดอกขึ้นที่ปลายยอด เรียกว่า Terminal bud ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ ส่วนกิ่งแขนงที่เกิดใต้ Terminal bud ดังกล่าวก็จะเกิดตัวดอกที่จะพัฒนาไปเป็นดอกได้เช่นเดียวกัน (รูป 7 b)

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงจากใบ (foliage leaves) ไปเป็น inflorescence bracts แสดงในรูปที่ 8 (Schwabe, 1959)

รูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงจาก Foliage leaves ไปเป็น inflorescence bracts



## การเกิดตາดอก (Flower Bud Initiation)

การเปลี่ยนแปลงที่ยอดจากการสร้างลำต้นและใบ (Vegetative Stage) ไปเป็นการสร้างดอก (Flowering Stage) นั้น จะเกิดขึ้นหลังจากที่ต้นได้รับวันสั้นติดต่อกันเพียงไม่กี่วัน กล่าวคือ จะเกิดขึ้นเมื่อแสงน้อยกว่า 14-14.5 ชั่วโมงต่อวัน หรือที่สำคัญคือการได้รับช่วงมืดที่นานกว่า 9.5-10 ชั่วโมงต่อวัน (Post 1948); Post และ Kamemoto (1950) พบว่าวันสั้น 1-2 วันจะไม่ทำให้ Vegetative Stage เปลี่ยนแปลงไป การเกิดตາดอกจะเริ่มเมื่อได้รับวันสั้น 3-5 วัน แล้วแต่สายพันธุ์ โดยในพันธุ์เบา (Early Flowering) จะใช้เวลา 3-4 วัน ส่วนในสายพันธุ์หนัก (Late Flowering) จะใช้เวลาประมาณ 5 วัน Post (1950) พบว่าต้นที่ได้รับวันสั้นเป็นจำนวน 6 วันจะไม่เกิดตາดอกขึ้น ถ้าการได้รับวันสั้นดังกล่าวไม่มีช่วงที่ติดต่อกัน 3 วัน

การเปลี่ยนแปลงภายในต้นพืช จาก Vegetative Stage ไปเป็น Flowering Stage นั้นได้แก่การที่ Cambial zone ใน Corpus จะหายไป และในขณะเดียวกันเซลล์ในบริเวณดังกล่าวจะเริ่มเยิด芽 ขึ้น ซึ่งต่อมากลายเป็น Peduncle ของดอก หลังจากนั้น Apex จะขยายตัวออก ทำให้เกิดรูปร่างโคลง และมีความกว้างมากขึ้น ซึ่งจะกลายเป็น Capitulum สำหรับ Apex ของเบญจมาศในขณะที่เป็น Vegetative Stage นั้นจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 150 ไมครอน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเป็นดอกที่สมบูรณ์แล้วจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3000 ไมครอน ซึ่งถ้าคิดเป็นพื้นที่ก็จะเพิ่มขึ้นถึง 1450 เท่า Capitulum initiation และ Floret development จะถือสุดลงหลังจากที่ได้รับวันสั้นติดต่อกันประมาณ 24 วัน

## การพัฒนาตາดอก (Flower Bud Development)

Post (1947) สรุปว่า ถึงแม้ว่าเบญจมาศจะเกิดตາดอกเมื่อความยาวของวันเท่ากับ 14-14.5 ชั่วโมง แต่ตາดอกจะพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว เมื่อช่วงแสงสั้นลงเป็น 13-13.5 ชั่วโมง และเมื่อช่วงแสงสั้น กว่านี้การพัฒนาจะเป็นไปได้เร็วขึ้นจากการทดสอบเบญจมาศสายพันธุ์ Furuta (1954) พบว่าช่วงแสงที่ยาวที่สุดที่จะทำให้เกิดตາดอกขึ้นได้นั้นจะยาวกว่าช่วงแสงที่ต้องการให้ตາดอกดังกล่าวมีการพัฒนา ซึ่งช่วงแสงสำหรับการพัฒนาตາดอกคือ 13 ชั่วโมง หรือสั้นกว่านั้น

ระยะของการพัฒนาตາดอกจะเริ่มจากการเกิดดอกย่อย (Initiation of Florets Primordia) จนถึงเมื่อเห็นตາดอกได้อย่างชัดเจน Chan (1950) พบว่า Florets primordia ของเบญจมาศจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าเบญจมาศจะได้รับวันสั้นติดต่อกัน 14-18 วัน แล้วแต่สายพันธุ์ การเกิด Floret Primordia สังเกตได้จากการที่ Capitulum มีปุ่มยื่นออกมาโดยจะเริ่มจากบริเวณขอบก่อนแล้วสร้างเข้าไปจนถึงใจกลาง และภายในเวลาประมาณ 24 วัน Floret primordia ก็จะเกิดจนเต็ม Capitulum โดยในระยะดังกล่าวทั้ง Capitulum และ Florets จะถูกคลุมไว้โดย Bracts อย่างน้อย 8 อัน สำหรับอัตราการสร้าง Bract นั้นประมาณได้ว่า แต่ละ Bract จะใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง ส่วนอัตราการสร้าง Florets นั้นจะอยู่ในอัตรา

24 นาทีต่อ Floret ซึ่งประมาณได้ว่าใน 1 วันจะมีการสร้าง Florets ขึ้นประมาณ 60 Florets หลังจากนั้น ก็จะเริ่มน้ำการสร้างส่วนต่างๆ ของดอกต่อไป โดยเริ่มจาก Florets ที่อยู่ที่ขอบก่อน เช่นกัน

### การเกิดและพัฒนาของตัวดอกที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพความขาวของวันที่ไม่เหมาะสม

การปลูกเบญจมาศในสภาพที่มีช่วงแสงที่ไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาตัวดอก จะทำให้ตัวดอกนี้ การเจริญที่ผิดปกติ กล่าวคือ ในเบญจมาศบางสายพันธุ์ซึ่งเจริญไปได้ช้าระยะหนึ่ง เมื่อวันเริ่มน้ำลง ตามธรรมชาติก็จะเกิดตัวดอกขึ้น แต่เนื่องจากช่วงแสงยังไม่น้ำพอที่จะทำให้ตัวดอกมีการพัฒนาต่อไปได้ จึงทำให้เกิดตัวดอกชนิดที่เรียกว่า Crown Bud ซึ่งจัดเป็น Terminal Bud ชนิดหนึ่ง โดยจะมีขนาดที่โตกว่า Break Bud สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ต่างจาก Break Bud ที่บางครั้งแทบจะมองไม่ค่อยเห็น ใต้ Crown Bud ลงมาจะประกอบด้วย Bracts หลายๆ อัน หากต่อมากายหลังเมื่อวันน้ำลงจนเหมาะสมแล้ว ดอกก็จะค่อยๆ พัฒนาต่อไปได้ แต่จะเป็นดอกที่ไม่มีคุณภาพ และอาจมีลักษณะผิดปกติต่างๆ เกิดขึ้นได้ (รูป 7 c)

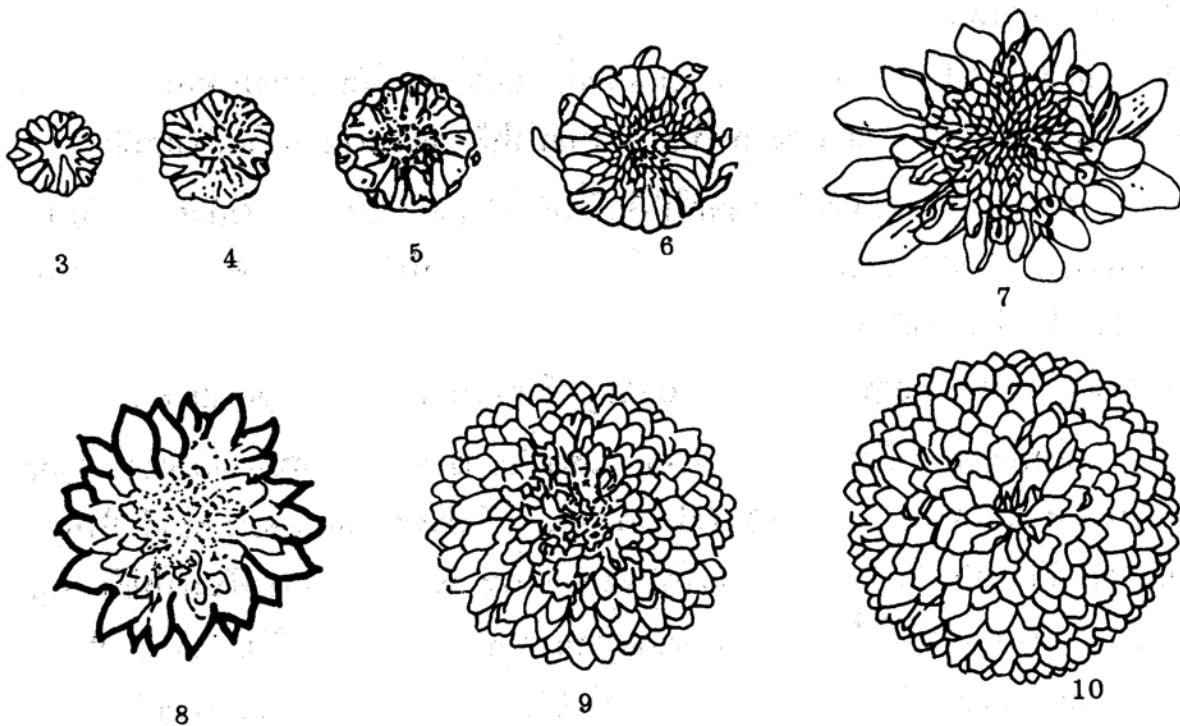
สำหรับระดับการพัฒนาการเกิดดอกนั้น Cockshull และ Hughes (1972) ได้แบ่งออกเป็น 12 ระยะด้วยกัน โดยได้ปรับปรุงจากที่ Cathey และ Borthwick เสนอไว้เมื่อ ค.ศ. 1957

### ระยะการพัฒนา

### การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

- |    |  |
|----|--|
| 0  | ปลายยอดของลำต้นแบบ ซึ่งเป็นลักษณะของลำต้นที่มีการเจริญทางด้านลำต้น และใบ (Vegetative Condition)  |
| 1  | ปลายยอดของลำต้นขยายขนาดขึ้นเล็กน้อย  |
| 2  | ปลายยอดของลำต้นเริ่มเกิดฐานรองดอก และเกิด Bract อันแรกขึ้น   |
| 3  | ฐานรองดอกเริ่มนูนขึ้นโดยมี Bracts 12 อัน หรือมากกว่าเกิดขึ้นรอบฐานรองดอกเริ่มขยายตัวออก เกิด Bracts มากขึ้น แต่ยังไม่เกิด Floret primordia ให้เห็น   |
| 5  | Floret primordia เริ่มปรากฏให้เห็นทางด้านบนของฐานรองดอก 2-3 วง   |
| 6  | เกิด Floret primordia ประมาณ 6 วง  |
| 7  | เกิด Floret primordia จนเต็มพื้นที่ของฐานรองดอก ยกเว้นส่วนยอด  |
| 8  | เกิด Floret primordia จนเต็มพื้นที่ของฐานรองดอก  |
| 9  | Floret primordia บางอันยังไม่เกิด Perianth   |
| 10 | ดอกย่อยทั้งหมดเกิด Perianth  |
| 11 | Ray florets เริ่มเกิด Reproductive organs และเริ่มปรากฏ Disc florets ให้เห็นส่วนการพัฒนาของดอกไปเป็นดอกที่สมบูรณ์นั้น Cockshull และ Hughes (1967) ได้แบ่งระดับการพัฒนาออกเป็น 10 ระยะด้วยกัน ดังรูปที่ 9 |

รูปที่ 9 แสดงระยะต่างๆ ของการพัฒนาของดอกเบญจมาศ



รูปที่ 8, 9 และ 10 สเกลที่ใช้เป็นครึ่งหนึ่งของรูปที่ 3-7

### การยืดตัวของดอก (Flower Bud Elongation)

ระยะการยืดตัวของก้านช่อ (Peduncle) และการเจริญของดอกย่อย (Florets) นั้นจะเริ่มต่อจากระยะ Flower Bud Development ไปจนถึงดอกบานเต็มที่ ระยะนี้จะเป็นการพัฒนาส่วนต่างๆ ของดอกจนครบสมบูรณ์ ซึ่งจะเริ่มหลังจากที่ได้รับวันสั้นแล้วประมาณ 24 วัน ในช่วงการพัฒนาของดอกจากวันที่ 24-40 นั้น การพัฒนาของดอกจะยังถูกขับยังไฉ ถ้าต้นได้รับสภาพวันยาว แต่ถ้าต้นได้รับวันสั้นติดต่อกันไปจนถึงวันที่ 40 แล้ว จะไม่สามารถยับยั้งการพัฒนาของดอกได้ ดอกดังกล่าวจะพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ในที่สุด

## สภาพวันสั้นกับการเกิดตัวดอกของเบญจมาศ

Cockshull (1972) ได้เสนอความคิดเห็นว่าการเกิดดอกของเบญจมาศนั้น ความยาวของช่วงแสง (Photoperiod) จะมีบทบาทโดยเป็นตัวควบคุมอัตราการเกิดดอกให้เร็วขึ้นหรือช้าลง โดยมีกระบวนการพัฒนาการเกิดดอกของพืชซึ่งมีอยู่แล้ว โดยไม่ได้มีการเกิดกระบวนการใหม่ขึ้นมาอีกต่างหาก เนื่องจาก Chan (1950) และ Schwabe (1950) พบว่าในเบญจมาศนั้น ตัดอกจะเกิดขึ้นได้ถึงแม้ว่าจะได้รับสภาพวันยาว แต่สภาพวันสั้นจะช่วยทำให้การเกิดตัวดังกล่าวเร็วขึ้น

การควบคุมอัตราการเกิดดอกให้เร็วขึ้นหรือช้าลง โดยช่วงแสงดังกล่าวนั้นน่าจะเป็นการตอบสนองแบบ Quantitative เช่นเดียวกับที่ได้มีการศึกษาไว้ในพืชอื่นๆ เช่น ใน Rudbeckia และใน Kalanchoe โดยที่พบว่าถ้าหากว่าได้รับช่วงแสงเพื่อกระตุนให้เกิดการพัฒนาดังกล่าวไม่ครบจำนวนที่พืชต้องการแล้ว ก็จะทำให้ตัดอกที่ได้เป็นดอกที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจเรียกว่า “Vegetative inflorescences”

เพื่อที่จะศึกษาถึงการตอบสนองของแสงเพื่อการเกิดดอกที่สมบูรณ์ในเชิง Quantitative ของเบญจมาศ Cockshull (1972) จึงได้ศึกษาในหัวข้อต่างๆ ในเบญจมาศพันธุ์ Bright Golden Anne โดยได้ศึกษาถึงจำนวนวันสั้นที่ต้องให้แก่เบญจมาศ เพื่อที่จะให้มีการพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ โดยในการศึกษาเบื้องต้นนั้นได้ทำการปลูกพืชในสภาพวันสั้น โดยให้ได้รับแสงจาก Warm White Fluorescent Lamps เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยมี Light flux density  $44 \text{ Wm}^{-2}$  โดยให้พืชทดลองได้รับวันสั้นเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน ได้แก่ 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 วัน โดยที่เมื่อพืชทดลองได้รับวันสั้นครบตามจำนวนแล้ว ก็จะย้ายออกไปให้ได้รับวันยาวโดยวิธี Night Break

ในการศึกษาการเกิดตัวดอกหรือการเปลี่ยนแปลงจาก Vegetative stage ไปเป็น Reproductive stage นั้น ศึกษาโดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่ Meristem ของพืช โดยในเบญจมาศนั้น Apical Meristem จะมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้งทางด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้น หลังจากนั้นก็จะขยายตัวออกเป็นฐานรองดอก โดยจะเกิด Involucral bracts ที่ฐานของฐานรองดอกดังกล่าว และต่อมาก็จะเกิด Florets บนฐานรองดอกนั้น

การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (Vegetative) ก่อนการเกิดตัวดอกและความช้ำ-เร็วของการเกิดตัวดอกนั้น สามารถศึกษาได้จากจำนวนใบและ Bracts ที่เกิดอยู่ใต้ตัวดอกดังกล่าว จำนวนดอกก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของ Treatment ที่ได้รับโดยเฉพาะจำนวนวันสั้นที่พืชได้รับ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นดังกล่าวภายหลังจากการปลูกเลี้ยงในสภาพวันยาวเป็นเวลา 10 อาทิตย์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ตัดอกของต้นทดลองยังดูมีอยู่ ยังไม่พัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์นั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจำนวนใบก็ยืนยันถึงงานที่ Schwabe ได้ศึกษาไว้ก่อนหน้าแล้วว่าถึงแม้เบญจมาศจะไม่ได้รับวันสั้นเลยก็สามารถเกิดตัวดอกได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 7

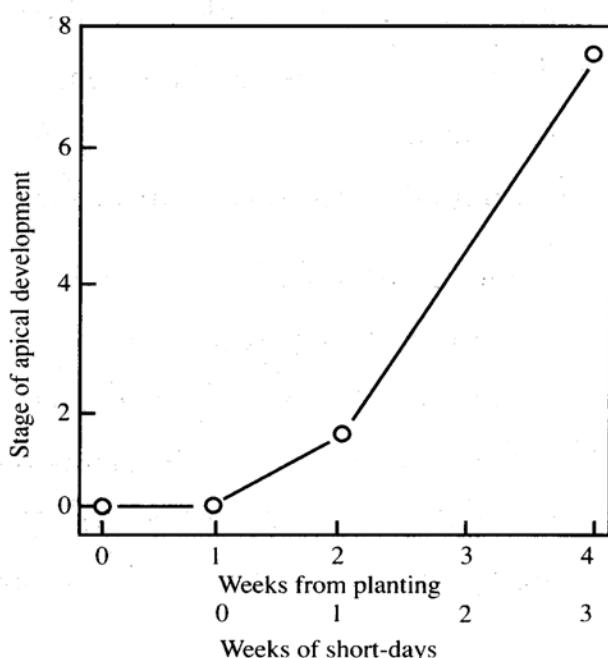
ตารางที่ 7 ผลของจำนวนวันสั้นที่เบญจมาศพันธุ์ Bright Golden Anne ได้รับที่มีต่อการบานดอก  
(ค่าเฉลี่ยของ 5 ต้น)

จำนวนวันสั้นที่ได้รับ ก่อนได้รับวันยาว	จำนวนใบเมื่อ เกิดตากออก	ระยะการพัฒนา ของตากออก*	จำนวนดอก
0	30.0	3.6	1.0
4	24.8	6.4	2.2
8	23.4	6.6	3.8
12	22.6	7.2	15.4
16	22.8	8.0	21.2
20	22.6	8.2	27.4

\* ตาม Scale การแบ่งของ Cathay และ Borthwick (1957)

จากการศึกษาต้นในแต่ละ Treatment ดังกล่าว พบร่วมกันที่ไม่ได้รับวันสั้นเลยนั้น เมื่อเกิดตากออกพบว่าตากออกดังกล่าวจะมีแต่ฐานรองดอกล้อมรอบด้วย Bracts และจะไม่มี Florets เกิดขึ้น ต้นที่ได้รับวันสั้น 4 วัน จะเกิดตากออกเมื่อมีจำนวนใบที่น้อยกว่าเมื่อไม่ได้รับวันสั้นเลย (24.8 กับ 30.0) และจำนวนใบจะลดน้อยลงไปอีกเมื่อได้รับวันสั้นเพิ่มขึ้น และการเกิดตากออกจะเร็วขึ้นด้วย

จากการศึกษาทางด้าน Anatomy ของตากออก พบร่วมกันว่าการเกิดฐานรองดอก ซึ่งเป็นระยะต่อจากเมื่อระยะการสร้างใบสิ้นสุดลงนั้น โดยทั่วไปจะเริ่มเมื่อได้รับวันสั้น ติดต่อกันประมาณ 7 วัน ซึ่งแม้ว่าจะได้รับวันสั้นมากขึ้นก็จะไม่มีผลต่อจำนวนใบ ระยะของการพัฒนาตากออกเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาแสดงให้เห็นในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การพัฒนาของ Terminal apical meristem ของเบญจมาศ ปลูกเลี้ยงที่ Light Flux Density =  $44 \text{ Wm}^{-2}$  ( $125 \text{ J cm}^{-2}$  ในเวลา 8 ชั่วโมง)

ທາງດ້ານກະຊົນຈຳນວນດອກ ຜຶ່ງໄດ້ຈາກທັງກະຊົນຕາຫັງ (Axillary Apical Meristem) ແລະ ດາຍອດ ໂດຍຄືເອາດອກທີ່ມີຮະບາກພັດນາຕັ້ງແຕ່ຮະບະທີ່ 2 ບິນໄປ ຄື່ອ ເມື່ອເຮັ່ນເກີດຮູນຮອງດອກ ຈະພບວ່າຕັ້ນທີ່ໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນເລັຍນັ້ນທີ່ປ່າຍຍອດຈະມີຕາດອກເກີດຂຶ້ນເພີ່ງຕາດອກເດືອກ ເມື່ອຕັ້ນເຊີ່ງໄປໄດ້ 10 ອາທິດຍ໌ ຕັ້ນທີ່ໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນ 4 ວັນ ຈະມີດອກຍຸ່ງ 2 ດອກ ແລະ ຈຳນວນດອກຈະນາກຂຶ້ນເມື່ອຕັ້ນໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນເພີ່ມຂຶ້ນ ຈາກຂໍ້ມູນຂອງຈຳນວນດອກໃນຕາຮາງທີ່ 7 ນັ້ນຈະເຫັນໄດ້ວ່າ ກາຣົລິຕິ Flower Stimulus ຈະສິ້ນສຸດລົງເນື່ອຕັ້ນ ຖຸກນຳຈາກວັນສັນໄປຢັງສກາພວັນຍາວ ແລະ ແສດງໃຫ້ເຫັນອ່າງໜັດເຈນວ່າກາຣັກນຳໄຫ້ເກີດຈຳນວນດອກທີ່ສມນູຣົນ ນັ້ນມີລັກຜະເປັນແບບ Additive

ໃນກາຣັກຕາດອກນັ້ນ ຕາທີ່ອູ່ປ່າຍສຸດ (Terminal Apical Meristem) ຈະຕອບສັນອົງຕ່ອງ ຂ່າວວັນສັນກ່ອນ ແລະ ເມື່ອຕັ້ນໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນເພີ່ມຈຳນວນວັນນາກຂຶ້ນຕາທີ່ນຸ່ມໃບກີຈະກາລຍເປັນຕາດອກນາກຂຶ້ນ ຕາມລຳດັບ ເຮັ່ນຈາກນັລົງລ່າງ ຜຶ່ງອ່າງຊື້ໃຫ້ເຫັນວ່າ Stimulus ທີ່ເກີດຂຶ້ນນັ້ນນ່າຈະຖຸກເຄີ່ອນຍ້າຍໄປສູ່ຕາທີ່ອູ່ປ່າຍສຸດກ່ອນ ເພື່ອຊັກນຳໄຫ້ Meristem ເປົ້າຍນແປລົງເປັນຮູນຮອງດອກ ແລະ ໃນຂ່າວຕັ້ນໆ ຂອງກາຣັບປິດແປລົງ ແປລົງດັ່ງກ່າວແບບຈະໄມ້ມີ Stimulus ດັ່ງກ່າວ ສໍາຫັນຕາຫັງທີ່ອູ່ຄັດລົງນາຈນກວ່າຮູນຮອງດອກທີ່ຍົດສຸດ ຈະເກີດຂຶ້ນເສີຍກ່ອນ ຜຶ່ງພື້ຈະຕ້ອງໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນອ່າງນ້ອຍ 8 ວັນ

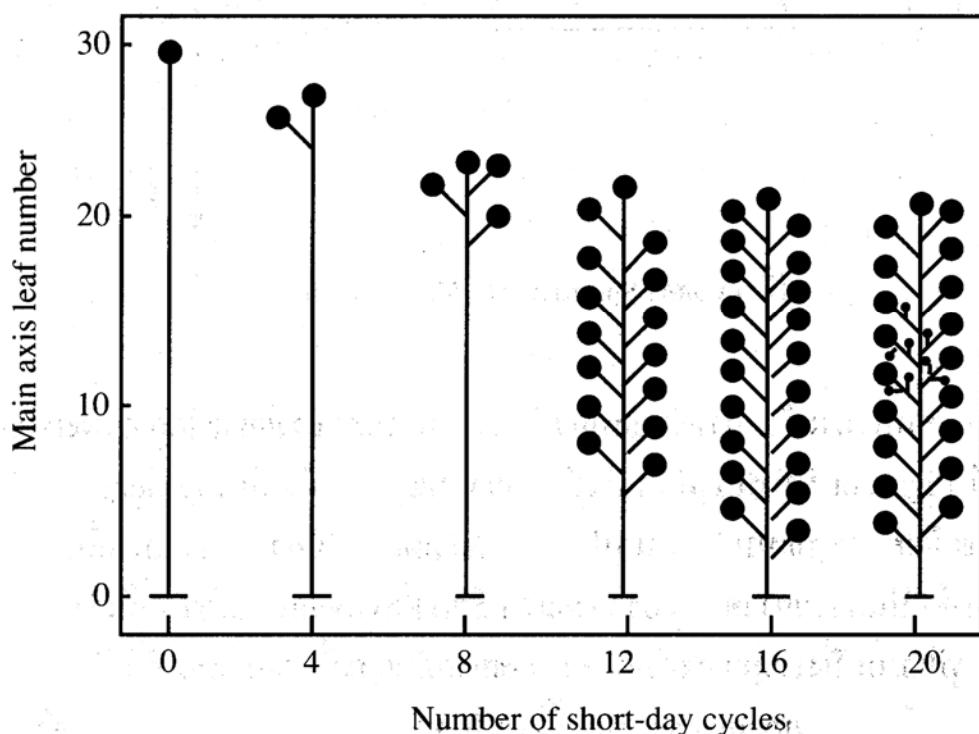
ສໍາຫັນກາຣ້າກຕາດອກທີ່ອູ່ປ່າຍສຸດຈຶ່ງເປັນຕາດອກທີ່ຕອບສັນອົງຕ່ອງວັນສັນ ກ່ອນຕາເອີ່ນໆ ນັ້ນ Cockshull ໄດ້ໄຫ້ຄວາມຄືດເຫັນວ່າ ທາງໜຶ່ງທີ່ເປັນໄປໄດ້ຄື່ອ ພື້ຈະມີຮະບາກຮົນສັງ Stimulus ທີ່ເກີດຂຶ້ນທີ່ແມ່ນຍໍາ ຄື່ອ ຈະຕ້ອງເຄີ່ອນທີ່ໄປທີ່ຕາທີ່ອູ່ຍົດສຸດກ່ອນ ຜຶ່ງໃນຮະບາກດັ່ງກ່າວນັ້ນ ພື້ຈະຕ້ອງສາມາດແຍກຕາຍອດແລະ ຕາຫັງອອກຈາກກັນໄດ້ ຜຶ່ງທັງສອງດັ່ງກ່າວຈະອູ້ງໂກລື້ອັດກັນນາກ ຄື່ອ ທ່ານກັນນ້ອຍກວ່າ 0.5 ມມ.

ອີກທາງໜຶ່ງນັ້ນຈາກເປັນໄປໄດ້ວ່າ ຕາທີ່ອູ່ທີ່ສ່ວນຍອດນັ້ນພຽມທີ່ຈະຕອບສັນອົງຕ່ອງ Stimulus ນາກກວ່າຕາເອີ່ນໆ ຜຶ່ງຈາຈະຕ້ອງອາສີ Endogenous Regulator ອີກນິດໜຶ່ງ ແນວດືດຕາມຮະບານນີ້ຈຶ່ງ ໄນຈຳເປັນທີ່ພື້ຈະຕ້ອງມີຮະບາກຮົນສັງ Stimulus ທີ່ແມ່ນຍໍາ ແລະ Stimulus ທີ່ເກີດຂຶ້ນກີຈະອູ້ໄດ້ທ່າງໄປ ໃນຕັ້ນພື້ຈ ແລະ Stimulus ດັ່ງກ່າວຈະໜົດໄປ (ເສື່ອນສກາພ) ເມື່ອຕັ້ນໄຟໄດ້ຮັບສກາພວັນຍາວ

ຝຶ່ງກຳອົບຮັບຍາແບບໜັງນີ້ອ່າງໃຫ້ຮັບຍາໄດ້ໃນກາຣົລິອອງເບັງຈາສໃນກາຣທດລອງທີ່ກ່າວມາແລ້ວ ຄື່ອ Terminal Meristem ຈະເກີດຮູນຮອງດອກເນື່ອໄຟໄດ້ຮັບວັນສັນແລ້ວ 7 ວັນ ດັ່ງນັ້ນຕາຫັງຈຶ່ງຍັງຄອງຢູ່ໃນກາວະ ຖຸກຢ່າງຈາກຍົດຍູ່ (Apical Dominance) ຜຶ່ງໜັງຈາກນັ້ນ (8 ວັນ) ພື້ຈກີຖຸກຍ້າຍຈາກວັນສັນໄປຢັງວັນຍາວ ຜຶ່ງກີຈະຍັງໄຟໄດ້ຮັບ Stimulus ໄດ້ ຈາກ Stimulus ທີ່ເກີດຂຶ້ນກາຍໄດ້ວັນສັນ (4 ແລະ 8 ວັນ) ດັ່ງກ່າວ ແລະ ຕາຫັງ 2-3 ຕາທີ່ອູ່ສ່ວນນັ້ນຂອງລຳຕັ້ນນັ້ນຈາກຈະຍັງໄຟຖຸກຢ່າງຈາກສ່ວນຍົດຫຼື ໄນກີສາມາດທີ່ຈະຕອບສັນອົງຕ່ອງ Stimulus ທີ່ມີຍູ່ ຈຶ່ງທຳໄຫ້ຕາຫັງ 2-3 ຕາ ເກີດເປັນດອກອກເໜື້ອຈາກຕາທີ່ຍົດ

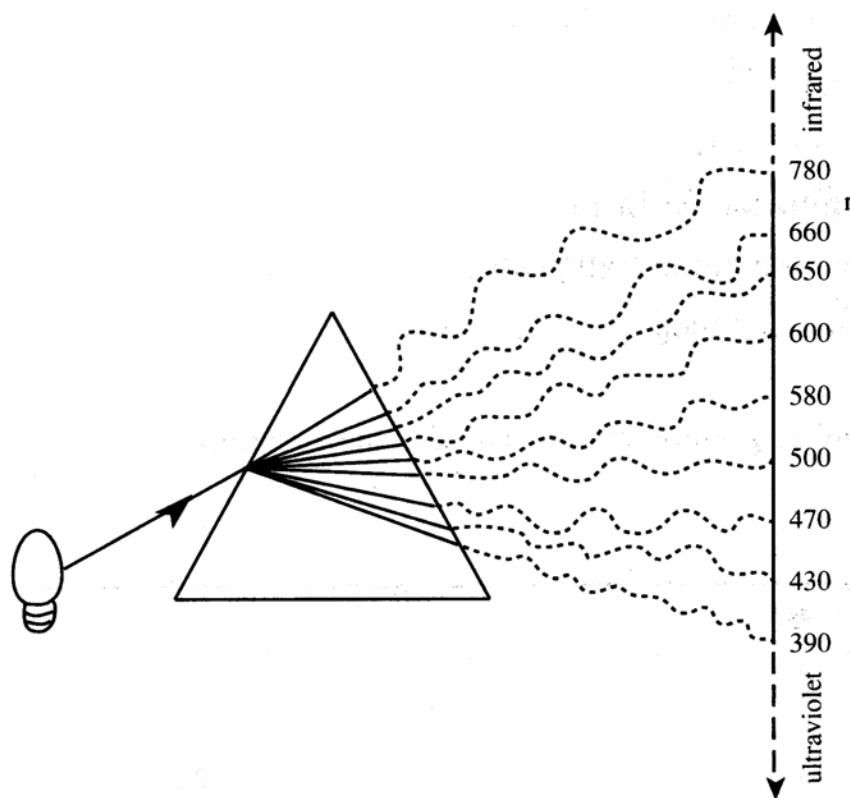
เมื่อต้นพืชได้รับวันสั้น 12 วัน Primary Axillary Meristem ก็จะอยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะตอบสนองต่อ Stimulus ที่มีอยู่ได้มากขึ้นจึงทำให้มีดอกมากขึ้น และเมื่อพืชได้รับวันสั้นนานขึ้นไปอีก Secondary Axillary Meristem ซึ่งได้ถูกข่มไว้โดย Primary ก็จะอยู่ในสภาพที่จะตอบสนองต่อ Stimulus และ เกิดเป็นตัวดอกขึ้นได้ ซึ่งในการทดลองดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับวันสั้น 20 วัน (รูปที่ 11) จึงอาจเป็นไปได้ว่า จำนวนดอกในเบญจมาศนั้นขึ้นอยู่กับทั้งความมากน้อยของ Stimulus และระยะเวลาที่ Stimulus นั้นจะปรากฏอยู่

รูปที่ 11 รูปแบบของการเกิดดอกบนลำต้นของเบญจมาศ ตามจำนวนวันสั้นที่ได้รับ



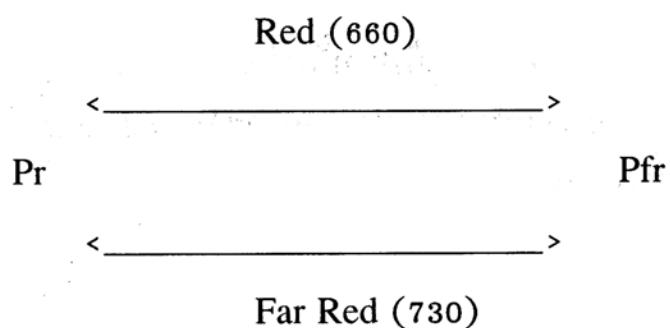
### คุณสมบัติของแสง

แสงที่แผ่ออกมากจากดวงอาทิตย์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ประกอบขึ้นด้วย Spectrum ที่กว้าง ในช่วงของ Spectrum ดังกล่าวจะมีช่วงแคนนาล อยู่ช่วงหนึ่ง ประกอบด้วย Wavelength ระหว่าง 380-780 nm (รูปที่ 12) ซึ่งสามารถจะเห็นแสงดังกล่าวได้



รูปที่ 12 แสดง Spectrum ของ Visible Light

ในด้านการศึกษาทางด้านการตอบสนองต่อความยาวของช่วงแสงเพื่อการพัฒนาของพืชนั้น พบว่าในใบพืชนั้นมี Pigment ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้เกี่ยวกับแสงที่พืชได้รับ Pigment ดังกล่าวเรียกว่า Phytochrome ซึ่งจะมีอยู่สองรูปแบบด้วยกัน รูปแบบแรกจะดูดแสงที่มีความยาวของคลื่นแสง (Wavelength) ที่ 660 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นของแสงสีแดง เรียก Phytochrome ชนิดนี้ว่า Pr หรือ P660 Phytochrome อีกรูปแบบหนึ่งจะดูดแสงที่มีความยาวของคลื่นแสงที่ 730 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นของ Far Red Light เรียก Phytochrome ชนิดนี้ว่า Pfr หรือ P730 Phytochrome ทั้งสองรูปแบบ จะเปลี่ยนรูปคลับไปมาได้



ในเวลากลางวัน Phytochrome ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Pfr เมื่อช่วงมืดมาถึง Pfr ก็จะเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่คงตัว (stable) และไม่ Active คือ Pr โดย Photochemical reaction และเมื่อได้รับช่วงมืดติดต่อกันเป็นเวลาหลาย ๆ วัน ตามความยาวที่เหมาะสมก็จะซักนำให้เกิดติดต่อและมีการพัฒนาติดต่อไป

การให้แสงสีแดง (Red Light) ในตอนกลางของช่วงมืด ก็จะทำให้ Pr ถูกเปลี่ยนรูปกลับมาเป็น Pfr จึงสามารถที่จะยับยั้งการเกิดติดต่อขึ้นได้ ซึ่งพืชควรจะได้รับแสงอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

### ความสำคัญของแสงที่มีต่อการพัฒนาของเบญจมาศ

ความสำคัญของแสงที่มีต่อการพัฒนาของเบญจมาศนั้น จำแนกออกได้เป็นปริมาณพลังงานทั้งหมดที่พืชได้รับและระยะเวลาที่พืชได้รับทั้งหมด แสงมีความสำคัญต่อการเจริญของพืชเพื่อการสังเคราะห์แสงโดยวัตถุดินที่ใช้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ และน้ำที่พืชได้รับจากดิน และอาศัยแสงเป็นแหล่งของพลังงาน ซึ่งจะมี pigment ในใบซึ่งได้แก่ chlorophyll เป็นตัวดูดซับพลังงานแสง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดเป็นน้ำตาล ซึ่งก็จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นโครงสร้างที่สลับซับซ้อนขึ้นไปเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช เช่น Cellulose และ Protein พลังงานอีกส่วนหนึ่งได้จากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลไปเป็น  $\text{CO}_2$  และน้ำ โดยอาศัย  $\text{CO}_2$  ที่ได้จากการหายใจ (Respiration)

### ความเข้มของแสงจะขึ้นอยู่กับ Altitude ของดวงอาทิตย์ ดังนี้

Solar Altitude	15°	30°	45°	60°	90°
Illumination ( $\text{lx} \times 10^3$ )	27	59	91	113	135

### สำหรับ Solar Altitude แปรผันกับ Latitude ถูกตัดและช่วงเวลาของวัน

ผลของการเข้มของแสงนั้น จากรายงานการศึกษา ในเบญจมาศกระดาน ซึ่งจะต้องทำให้เกิดเป็นพุ่มจึงต้องมีการเดียดยอด โดยทั่วไปจะทำหลังจากให้วันสั้น 1 อาทิตย์ จะทำให้เกิดดอกบนกิ่งแขนงที่สั้น โดยที่ในการทดลองดังกล่าว Hughes และ Cockshull, (1971) ปลูกต้นเบญจมาศพันธุ์ Bright Golden Anne ในที่ที่มีความเข้มของแสง (Light Flux Density) 4 ระดับเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ผลการตอบสนองของพืชแสดงในตารางที่ 8

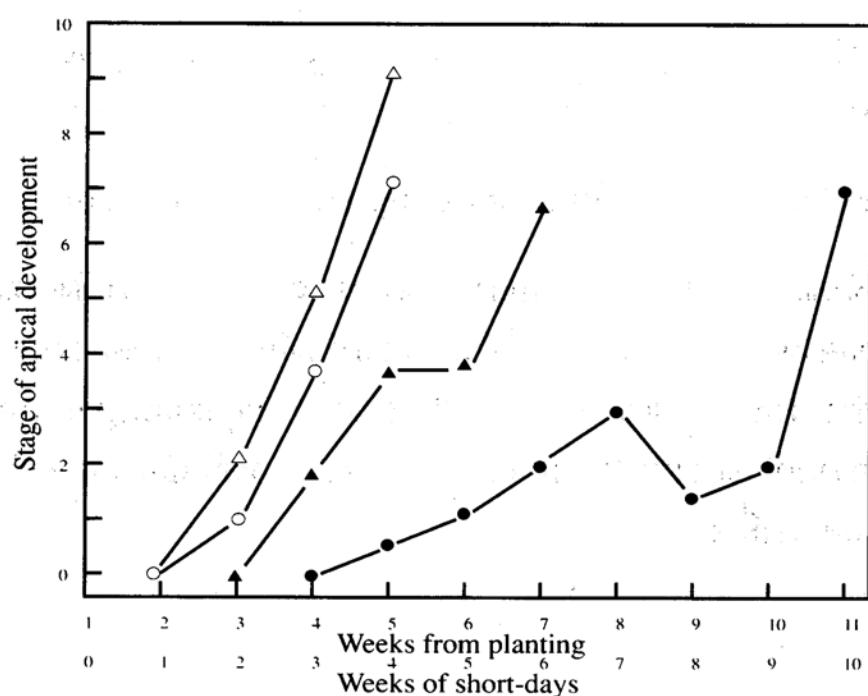
ตารางที่ 8 ผลของระดับความเข้มของแสงที่มีต่อการบานดอกของเบญจมาศ

ระดับความเข้มของแสง		ลักษณะที่ทำการศึกษา		
ปริมาณแสงรวม $J \text{ cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$	flux density $\text{Wm}^{-2}$	จากเริ่มนั้น จนถึงเย็นสีดอกร	จำนวนใบ ต่อกิ่งแขนง	จำนวนดอกย่อย
250	86.6	65	7.3	282
125	43.3	73	8.4	252
63	21.7	93	10.5	245
31	10.9	112	15.9	-

จะเห็นว่าการบานดอกจะช้าออกไปมาก โดยเฉพาะที่ Flux Density ที่ต่ำคือ  $21.7$  และ  $10.9 \text{ Wm}^{-2}$  นอกจากนี้แล้วจำนวนใบของกิ่งแขนงที่อยู่ใต้ดอกย่อยเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดฐานรองดอกเกิดขึ้นได้ช้าและจากการศึกษาเปลี่ยนแปลงการพัฒนาของส่วนยอดกิ่งยืนยันข้อมูลที่ได้ดังกล่าวดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 ผลของความเข้มของแสงระดับต่างๆ ที่มีต่อการพัฒนาของยอดเบญจมาศ

- △  $250 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$
- $125 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$
- ▲  $63 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$
- $31 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$



จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาต่อไปโดย Cockshull และ Hughes (1971) โดยการย้ายต้นที่ได้รับปริมาณแสง  $125 \text{ J cm}^{-2}$  ไปยังระดับที่ต่ำกว่าคือ  $31 \text{ J cm}^{-2}$  โดยได้รับแสง 8 ชั่วโมง หรือไปที่มีระดับสูงกว่าคือ  $375 \text{ J cm}^{-2}$  โดยได้รับแสง 8 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน โดยทำการย้ายรุ่นละ 1 อาทิตย์ แล้วปล่อยให้ต้นที่อยู่ในระดับแสงดังกล่าว 2 อาทิตย์ก่อนที่จะย้ายกลับไปยังระดับเดิมคือ  $125 \text{ J cm}^{-2}$  อีก โดยมีช่วงห่าง 1 อาทิตย์เช่นกัน จากการศึกษาระยะ การพัฒนาของดอกจนถึงอาทิตย์ที่ 11 คือ อยู่ในวันสั้น 10 อาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าสภาพแสงที่ต่ำในอาทิตย์แรกๆ ของการได้รับวันสั้นจะทำให้การพัฒนาของดอกช้าลง แต่ถ้าต้นได้รับสภาพแสงที่ต่ำในตอนท้ายแล้วจะไม่ค่อยมีผลมากนัก (รูปที่ 14 a) และการย้ายจากที่มีระดับแสงต่ำไปยังระดับสูง แทนจะไม่มีผลต่อการพัฒนา ซึ่งชี้ให้เห็นด้วยว่าแสงในระดับที่ใช้ปลูกเลี้ยงคือ  $125 \text{ J cm}^{-2}$  พอกเพียงต่อการพัฒนาของเบญจมาศ

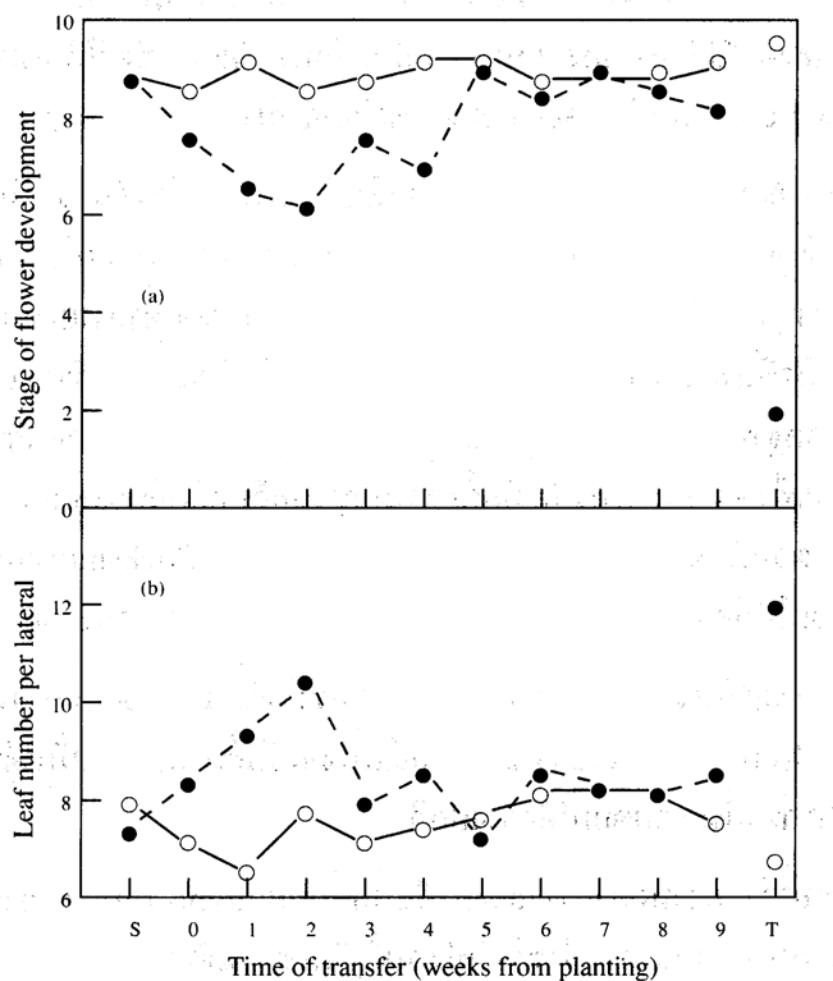
จากการศึกษาจำนวนในน้ำ ข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า การย้ายจากที่มีระดับแสงที่สูงไปยังที่ต่ำกว่าในระยะ 2 อาทิตย์แรกของการให้วันสั้นจะทำให้การเกิดฐานรองดอกช้าออกไป (รูปที่ 14 b) ซึ่งทั้งสอง Treatment ดังกล่าวในน้ำจะได้รับวันสั้น 2 อาทิตย์มาแล้ว ซึ่งจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของยอดพืชพบว่าฐานรองดอกจะเกิดขึ้นที่ยอดของกิ่งแขนงหลังจากที่ได้รับวันสั้นแล้ว 2 อาทิตย์ แสงที่ระดับต่ำลงซึ่งนอกจากระยะที่ทำให้การเกิดฐานรองดอกช้าออกไปแล้ว ยังทำให้อัตราการเกิดกลีบดอกช้าลง เมื่อความเข้มของแสงต่ำลงในอาทิตย์ที่ 3-4 ของการได้รับวันสั้น ส่วนจำนวนกลีบดอกนั้นจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อสภาพของแสงลดลงในตอนต้นของการเกิดกลีบดอกคือในอาทิตย์ที่ 3 (Cockshull และ Hughes, 1971) การเกิดติดดอกที่ช้าออกไปมีความสำคัญเนื่องจากว่าจะมีผลทำให้การบานดอกช้าออกไป (รูปที่ 14 a)

ความเข้มของแสงในช่วงระยะ 2 อาทิตย์แรกของวันสั้น เป็นช่วงที่มีความสำคัญ ถ้าหากว่าต้นพืชได้รับแสง  $125 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}$  ในช่วง 2 อาทิตย์แรกของวันสั้น หลังจากนั้นได้รับแสงเฉลี่ย  $47 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}$  ตลอดก็สามารถที่จะบานดอกได้อย่างปกติ

ได้มีการศึกษาว่า ความต้องการแสงของพืชนั้นนั้นกับ light flux density หรือปริมาณที่แสงได้รับต่อวัน จากการเปรียบเทียบระหว่างพืชที่ปลูกให้ได้รับความเข้มของแสง  $43.3 \text{ W m}^{-2}$  เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งทำให้ปริมาณแสงรวมที่พืชได้รับเท่ากับ  $125 \text{ J cm}^{-2}$  กับพืชได้รับความเข้มของแสงในระดับต่ำลงมาคือ  $21.7 \text{ W m}^{-2}$  เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เช่นกัน โดยที่ได้รับปริมาณแสงรวมเท่ากับ  $63 \text{ J cm}^{-2}$  นอกจากนี้ยังได้ศึกษาต่อไปอีกว่า ปริมาณแสงรวมดังกล่าวหากเป็นการที่พืชได้รับความเข้มของแสงที่ระดับต่างๆ กันในรอบวันคือสำหรับความเข้มของแสงรวม  $125 \text{ J cm}^{-2}$  นั้น ความเข้มที่ได้รับต่างๆ กันคือ  $21.7, 43.3$  และ  $86.6 \text{ W m}^{-2}$  ลักษณะนี้ และสำหรับความเข้มรวม  $63 \text{ J cm}^{-2}$  ได้รับความเข้ม  $10.9, 21.7$  และ  $43.3 \text{ W m}^{-2}$  ลักษณะนี้ เช่นกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การตอบสนองของพืชในการอุดอกนั้น ปริมาณแสงรวมที่พืชได้รับมีความสำคัญและไม่มีผลของการให้ความเข้มของแสงที่ต่างกันในช่วงได้

รูปที่ 14 ผลของความเข้มของแสงที่มีต่อ a) การพัฒนาของดอกเมล็ดจำพวกหลังปลูก 11 อาทิตย์ b) จำนวนใบต่อกิ่ง

- ข้าวไปปั้ง  $375 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  เป็นเวลา 2 อาทิตย์
- ข้าวไปปั้ง  $31 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  เป็นเวลา 2 อาทิตย์
- S ปลูกเลียงที่  $125 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  ตลอดเวลา
- T(●) ข้าวไปปลูกที่  $31 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  ตลอดเวลา
- T(○) ข้าวไปปลูกที่  $375 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  ตลอดเวลา



ช่วงหนึ่งของวัน (ตารางที่ 9) Cockshull และ Hughes (1972) แสดงให้เห็นว่าไม่มีความจำเป็นที่พืชจะต้องได้รับปริมาณแสงรวม  $125 \text{ J cm}^{-2}$  ทุกๆ วันโดยที่พืชที่ได้รับแสง  $31 \text{ J cm}^{-2}$  และ  $219 \text{ cm}^{-2}$  กลับกันไป ซึ่งค่าเฉลี่ยของสองวันเท่ากับ  $125 \text{ J cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  ก็จะทำให้การบานดอกเป็นไปได้อย่างปกติ ซึ่งที่ให้เห็นว่าผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจากแสงนั้นสามารถที่จะมีผลต่อไปอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 9 การตอบสนองของเบญจมาศต่อความเข้มของแสง และปริมาณแสงรวมที่พืชได้รับ

Light flux density	ปริมาณแสงรวมที่ได้รับ ทั้งหมดใน 8 ชั่วโมง	จำนวนดอกย่อย
21.7 $\text{W m}^{-2}$ คงที่ ตลอด 8 ชั่วโมง	63 $\text{J cm}^{-2}$	220
10.9, 21.7 และ 43.3 $\text{W m}^{-2}$ สลับกันใน 8 ชั่วโมง	63 $\text{J cm}^{-2}$	217
43.3 $\text{W m}^{-2}$ คงที่ ตลอด 8 ชั่วโมง	125 $\text{J cm}^{-2}$	259
21.7, 43.3 และ 86.6 $\text{W m}^{-2}$ สลับกันใน 8 ชั่วโมง	125 $\text{J cm}^{-2}$	264

ในการสังเคราะห์แสงนั้น คลอโรฟิลล์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานจากแสง เพื่อที่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของพืชในรูปอื่นร่วมกับวัตถุดินที่พืชได้จากการในต้นพืชเองและจากอากาศโดยผ่านปฏิกิริยาทางเคมีโดยในการสังเคราะห์แสงนั้นคลื่นแสงที่มีความเมะสมมากที่สุดคือ แสงสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่น 660-700 nm และแสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 nm

ในสภาพการปลูกเบญจมาศ ซึ่งมีความเข้มของแสงไม่พอเพียง หรือภายใต้สภาพของการทดลองที่ต้องปลูกเลี้ยงภายในอาคาร จึงจำเป็นที่จะต้องให้แสงจากหลอดไฟเข้าช่วย จึงควรเลือกชนิดของหลอดที่จะให้คลื่นแสงดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับพืช เช่น White fluorescent หรือ Low pressure sodium lamps

Lawrence (1950) แสดงให้เห็นว่าพืชต้องการแสงประมาณ  $1.5 \text{ MJ/m}^2/\text{วัน}$  สำหรับการสังเคราะห์แสงเพื่อที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและเมื่อถึงระยะที่เริ่มให้วันสนั่นจะต้องการน้อยลงเล็กน้อย คือ ประมาณ  $1.25 \text{ MJ/m}^2/\text{วัน}$  เพื่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาส่วนต่างๆ ของพืช

#### 4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการสร้างดอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิในตอนกลางคืนซึ่งจะมีผลต่อการเกิดตลาดกว่าเร็วหรือช้า ใน การปลูกเลี้ยงที่ประเทศไทยแลนด์ ที่เส้นรุ้ง 52 องศาเหนือ นั้น อุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมต่อกระบวนการเกิดดอกคือ  $16 - 18^\circ\text{C}$  บริเวณที่อยู่ใน

เด็นรุ่งที่ตั่งลงมาอุณหภูมิเหมือนจะสูงดังกล่าวจะต่างไปจากที่ออลแลนด์ เนื่องจากว่าปริมาณแสงที่มากกว่าสามารถลดแทนลดของความต้องการอุณหภูมิตั่งกล่าว สำหรับประเทศไทยอยู่ในแถบหน้า หากดันพืชได้รับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในตอนกลางคืนแล้ว จะมีผลทำให้ต้นมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากขึ้น มีก้านซ่อดอกย่อย (pedicel) ยาวขึ้น ต้นมีความแข็งแรงและมีสีที่เข้มมากขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ปลูกเลี้ยงต้นแม่พันธุ์ก็มีความสำคัญเป็นอย่างมากซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาของต้นที่จะใช้เพื่อตัดดอกกล่าวคืออุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมเพื่อการปลูกเลี้ยงต้นแม่พันธุ์คือ  $17 - 18^{\circ}\text{C}$  ถ้าหากว่าเก็บกิ่งที่จะนำไปปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ปลูกเลี้ยงที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ เช่นที่  $14 - 15^{\circ}\text{C}$  จะมีผลต่อการบานดอก เช่น ทำให้การเกิดดอกช้าออกไป และถ้าเป็นสายพันธุ์ซึ่งไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแล้วจะทำให้เกิดลักษณะ Rosette อุณหภูมิยังเป็นปัจจัยหนึ่งในสีปัจจัยที่ควบคุมอัตราการเจริญและอัตราการพัฒนาของพืชซึ่งปัจจัยอื่น ๆ ก็ได้แก่ แสง ความชื้นสัมพัทธ์ และการบอนไดออกไซด์ อุณหภูมิกลางวันเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญของต้น ส่วนอุณหภูมิกลางคืนมีผลต่อจำนวนดอกที่จะเกิดขึ้น วันบานดอกนั้นถูกควบคุมโดยอุณหภูมิเฉลี่ยของวัน ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของวันต่ำในระหว่างที่เบญจมาศอยู่ในระหว่างการเจริญทางด้านลำต้นมีผลทำให้ได้ต้นที่มีความสูงที่ไม่เหมาะสม อุณหภูมิกลางคืนมีผลเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาติดต่อ อุณหภูมิที่สูงมาก ๆ ในตอนกลางคืน เช่น สูงกว่า  $25^{\circ}\text{C}$  จะยับยั้งการเกิดติดต่อและทำให้การบานดอกช้าออกไปอย่างมาก อุณหภูมิกลางคืนที่ต่ำมาก ๆ เช่น ต่ำกว่า  $15^{\circ}\text{C}$  ก็จะมีผลอย่างเดียวกัน

ในบางกรณีที่สภาพแวดล้อมมีความแปรปรวนเพียงชั่วครั้งชั่วคราว อาจจะมีผลต่อการเจริญไม่มากนัก Anon (1977) พบร้าหาในรอบ 7 วันของการเจริญ มี 1 วันที่อุณหภูมิลดลงเป็น  $4.4^{\circ}\text{C}$  จะไม่มีผลทางลบต่อการเจริญ แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิต่ำติดต่อกัน 1 อาทิตย์ หรือมากกว่าจะมีผลค่อนข้างรุนแรงแล้วแต่ระยะการเจริญของพืชนั้น ๆ

การที่อุณหภูมิลดลงเป็นบางช่วงในรอบ 24 ชั่วโมง ก็มีผลต่อการพัฒนาของพืชเช่นกัน เช่น เมื่อปลูกเมษายนาคให้ได้รับอุณหภูมิ  $15.6^{\circ}\text{C}$  ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่วนในตอนหัวค่ำให้ได้รับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าคือ  $10^{\circ}\text{C}$  จะทำให้การบานดอกช้าออกไปและทำให้คุณภาพลดลง ต้นที่กำลังได้รับวันยาวเพื่อการเจริญทางด้าน Vegetative Growth นั้น ถ้าหากว่าอุณหภูมิกลางคืนเป็น  $10^{\circ}\text{C}$  จะทำให้วันการเก็บเกี่ยวเลื่อนออกไป

อุณหภูมิกลางคืนที่ลดต่ำลงเป็น  $10-12^{\circ}\text{C}$  จะมีผลเสียต่อคุณภาพของดอกน้อยกว่า เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ  $20-25^{\circ}\text{C}$  และมีผลเสียน้อยกว่าเมื่ออุณหภูมิกลางวันสูงถึง  $35^{\circ}\text{C}$

จากการศึกษาของ Anon ตั้งแต่ ค.ศ.1974-77 แสดงให้เห็นว่าในไม้ดัดอกนั้นอุณหภูมิกลางวันที่  $15.6^{\circ}\text{C}$  โดยมี ventilation ที่  $17.8^{\circ}\text{C}$  จะให้ผลดีกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้คือที่  $17.8^{\circ}\text{C}$  โดยมี

ventilation ที่  $21.1^{\circ}\text{C}$  ไม่ว่าจะเป็นช่วงใดของปี อุณหภูมิที่  $15.6^{\circ}\text{C}$  จะทำให้ดอกบานตามกำหนด การเริญเติบโตทางลำต้น และการเกิดตัวดอกจะสมำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น ก้านดอกสั้นลง และคุณภาพของการเป็นดอก spray จะดีกว่าต้นที่ปลูกที่อุณหภูมิสูงกว่า

Koths, Schneider และ Watson (1984) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการลดอุณหภูมิกลางคืนลงเป็นบางช่วงจาก  $15.5^{\circ}\text{C}$  เป็น  $10^{\circ}\text{C}$  ตั้งแต่เวลา 23.00-05.00 น. ในระหว่างการให้วันยาวในฤดูหนาวในเบญจมาศ Cultivars ต่างๆ ได้แก่ Charisma, Polaris, Florida, Marble, Indianapolis White และ Dignity โดยเรียกการลดอุณหภูมิลงเป็นบางช่วงดังกล่าวว่า split night temperature (SNT) พนว่าวิธีการดังกล่าวมีผลทำให้ดอกบานเร็วขึ้นได้ถึง 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับพวงที่ได้รับอุณหภูมิต่อต่อตลอดเวลาในตอนกลางคืน ต้นที่ได้รับ SNT จะมีน้ำหนักต้น ความสูง และขนาดดอก เพิ่มขึ้น และช่วยลดต้นทุนในการให้ความอบอุ่นแก่ต้นพืชได้ถึง 15% และยังพบด้วยว่าถ้าหากปล่อยให้อุณหภูมิลดลงจนถึง  $4-5^{\circ}\text{C}$  จะทำให้การบานดอกช้าลงไป 13-35 วัน และบางต้นไม่สามารถที่จะเกิดตัวดอกได้

ความสำคัญของอุณหภูมิที่มีต่อการเริญเติบโตของเบญจมาศ ได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง พนว่าแต่ละสายพันธุ์จะตอบสนองต่างกัน และยิ่งได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมนานเท่าไร ก็จะมีผลต่อการพัฒนาของดอกมากขึ้นเท่านั้น

Schwabe (1959) พนว่าอุณหภูมนี้ผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ยอดของต้นเบญจมาศ (Young Primordia) ตั้งแต่ระยะต้นๆ ของการพัฒนา โดยมีผลต่อรูปร่างของใบที่จะเกิดตามมา โดยที่ใบที่เกิดขึ้น เมื่อต้นได้รับอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง เช่นที่  $27^{\circ}\text{C}$  จะมีความหยักของใบนโยบายกว่าต้นที่ได้รับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เช่นที่  $17^{\circ}\text{C}$  ดังรูปที่ 15

รูปที่ 15 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อรูปร่างของใบเมญ่ามาศ เรียงตามลำดับอายุของใบ

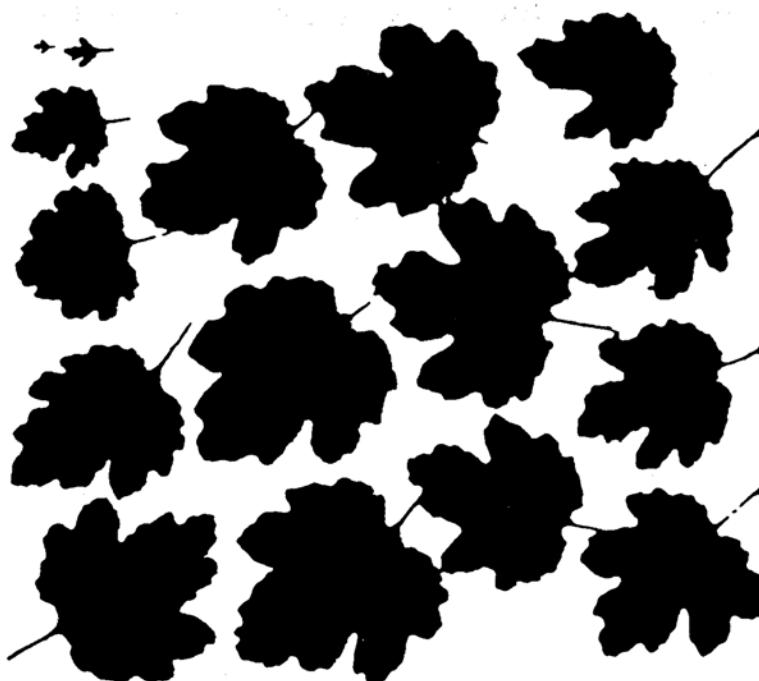
ก) ปลูกเลี้ยงที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$

ข) ปลูกเลี้ยงที่อุณหภูมิ  $17^{\circ}\text{C}$

ก)



ข)



## Vernalization ในเบญจมาศ

ถึงแม้ว่าปัจจุบันนี้สายพันธุ์ที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการออกดอกในนี้จะถูกคัดทิ้งเป็นจำนวนมากแต่เรื่องราวเกี่ยวกับอุณหภูมิต่ำที่มีต่อการพัฒนาของเบญจมาศก็ยังคงมีความสำคัญอยู่ จึงน่าจะได้กล่าวไว้ในที่นี้ โดยจะกล่าวถึงผลของการ Vernalization ที่มีต่อการพัฒนาของเบญจมาศ

Vernalization คือ การให้ความเย็นแก่พืชเพื่อกระตุ้นให้พืชตอบสนองต่อการออกดอก ในเบญจมาศนี้ ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดเกี่ยวกับ Vernalization โดย Schwabe โดยจากการสังเกตพบว่าต้นเบญจมาศที่ได้รับอุณหภูมิต่ำเมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับอุณหภูมิสูงจะมีความสัมภានในเรื่องของการนานาดอก มีจำนวนใบต่อต้นน้อยกว่า และมีแนวโน้มว่าจะเกิดตาดออกได้เร็วกว่า ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การศึกษาเบื้องต้นถึงผลของการเย็นที่ได้รับโดยถูกติดตามธรรมชาติที่มีต่อเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ปลูกเลี้ยงภายใต้วันสั้น (11 ชั่วโมง) ในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า  $15.5^{\circ}\text{C}$  จำนวน 10 ชั้น

Pre-treatment ของกิงช่า	จำนวนใบเมื่อ <sup>*</sup> เกิดตาดออก	จำนวนวันที่ใช้เพื่อดอกบาน		จำนวนวันจากที่เริ่ม <sup>**</sup> เห็นตาดออกต้นแรก ถึงตาดออกต้นสุดท้าย
		เริ่มจากเริ่ม <sup>*</sup> การศึกษา	เริ่มจากเมื่อ <sup>**</sup> Vernalization ถึงสุดลง	
ได้รับอุณหภูมิสูงตลอด	54.1	94	-	58
ได้รับอุณหภูมิต่ำ 2 เดือน*	40.6	94	37.5	5
ได้รับอุณหภูมิต่ำ 1 เดือน**	42.4	79	47.8	5
ได้รับอุณหภูมิสูง 1 เดือน				
ตามด้วยอุณหภูมิต่ำ 1 เดือน	42.8	94	37.9	19

\*เดือนแรก สูงสุด  $8.3^{\circ}\text{C}$   
ต่ำสุด  $1.1^{\circ}\text{C}$

\*\*เดือนที่สอง สูงสุด  $10.1^{\circ}\text{C}$   
ต่ำสุด  $2.6^{\circ}\text{C}$

จากการศึกษาต่อมาเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการ Vernalization กับความยาวของวันของต้นที่ Mother plants ปลูกอยู่ภายใต้วันสั้น Vernalization ภายในตัวพันธุ์ หลังจากนั้นก็นำไปปลูกเลี้ยงภายใต้วันสั้นเปรียบเทียบกับต้นที่ Mother plants ปลูกอยู่ภายใต้วันยาว กับการ Vernalization ภายในตัวพันธุ์และปลูกเลี้ยงภายใต้วันยาว ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของการ Vernalization กับความยาวของช่วงแสงของเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam จำนวน 16 ชั้น

วันตื้น (8 ชั่วโมง)

	จำนวนต้นที่เกิดตัวดอก	จำนวนใบเมื่อเกิดตัวดอก	จำนวนวันจนถึงดอกบาน	
			จากเริ่มการทดลอง	หลังจาก Vernalization สิ้นสุด
Vernalized	16	$28.6 \pm 1.8$	$81 \pm 2.7$	$39 \pm 2.7$
Unvernalized	4	$61.8 \pm 13.5$	$112 \pm 21.2$	-

วันยาว (16 ชั่วโมง)

	จำนวนต้นที่เกิดตัวดอก	จำนวนใบเมื่อเกิดตัวดอก	จำนวนวันจนถึงดอกบาน	
			จากเริ่มการทดลอง	หลังจาก Vernalization สิ้นสุด
Vernalized	9	$44.1 \pm 4.7$	$148 \pm 16.8$	$106 \pm 16.8$
Unvernalized	2	$49.5 \pm 13.5$	$141 \pm 33.5$	-

จะเห็นว่า Vernalization ภายใต้สภาพวันตื้นจะทำให้การบานดอกเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และมีความสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับ Vernalization ภายใต้วันยาว นอกจากนี้แล้วพบว่าที่ได้ผ่าน Vernalization จะมีปล้องที่ยาวกว่าพวง Unvernalization

จากการทดลองข้างต่อมาภายหลังให้ผลในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นพวง Vernalization ภายใต้วันยาวนั้นเกิดตัวดอกได้ทุกต้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 12

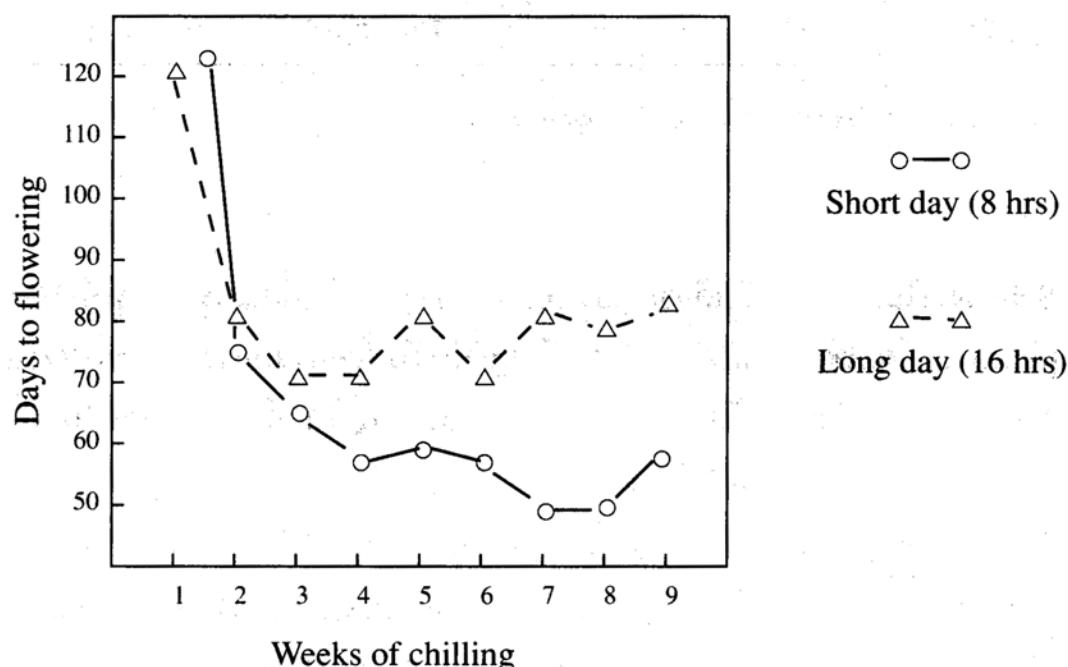
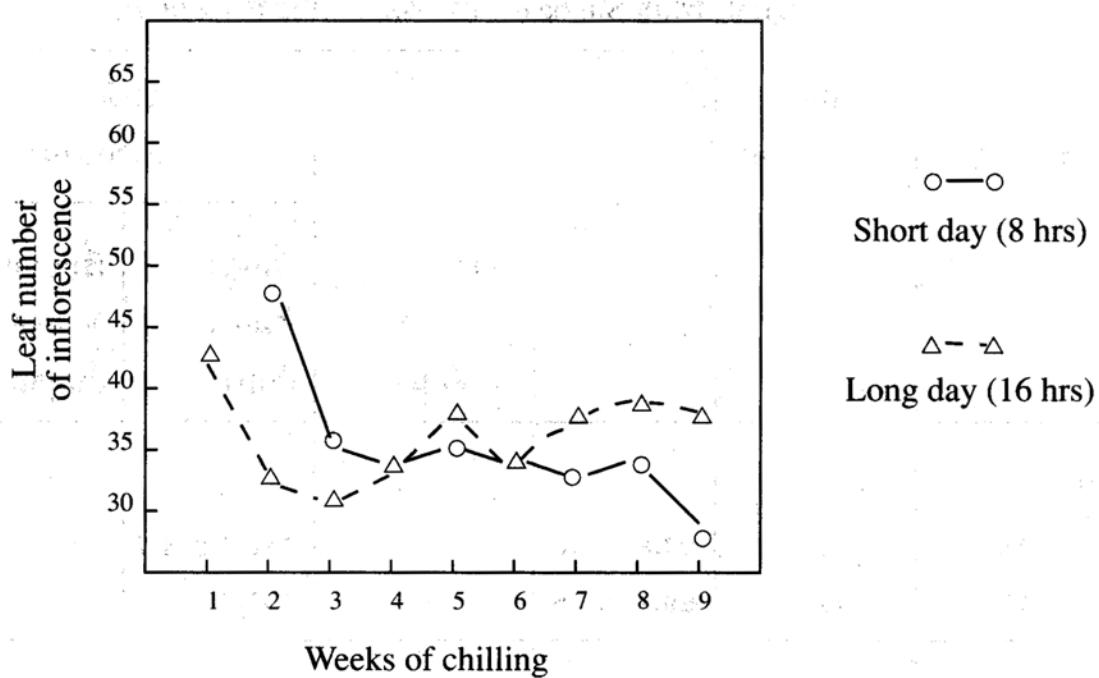
ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างการ Vernalization เป็นเวลา 6 อาทิตย์ กับความยาวของช่วงแสงของเบญจนาคพันธุ์ Sunbeam ทำการศึกษาเป็นเวลา 273 วัน

จำนวนต้นที่ศึกษา	จำนวนต้นที่เกิดตາดออก	จำนวนในเมื่อเกิดตາดออก	จำนวนใบของต้นที่ไม่เกิดตາดออก (เป็นเวลา 9 เดือน)	จำนวนวันที่ใช้เมื่อตอกบาน	
				เริ่มจากเริ่มการศึกษา	เริ่มจากเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง
Vernalized					
วันสั้น 16	16	27.8 ± 3.0	-	118.1 ± 4.7	76.1 ± 4.7
วันยาว 11	11	29.1 ± 2.5	-	137.7 ± 8.8	95.7 ± 8.8
Unvernalized					
วันสั้น 16	1	98	102.1 ± 1.6	219	-
วันยาว 11	0	-	75.2 ± 3.5	-	-

\* อุณหภูมิระหว่าง Vernalization ที่สูงสุด 7.4 °C  
ต่ำสุด 0.9 °C

Schwabe ในรายงานฉบับเดียวกันยังได้ศึกษาถึงจำนวนวันที่เหมาะสมสำหรับ Vernalization ในสายพันธุ์ดังกล่าว โดยใช้กิ่งชำที่ได้จากต้นแม่ที่อยู่ทึ้งในวันสั้นและวันยาว Vernalized และปลูกภายใต้สภาพความยาวของวันเดียวกับสภาพที่ใช้ปลูกเลี้ยงแม่พันธุ์ โดยทำการ Vernalized ตั้งแต่ 1-9 อาทิตย์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในรูปที่ 16

ຮູບຖ້ວທີ 16 ພລບອນຮະບະເວລາທີ່ກຳທຳການ Vernalized ກິ່ງຂຳແນຄຸມຈາກ ທີ່ມີຕ່ອຈຳນັ້ນໃນແລະຮະບະເວລາທີ່ໃຊ້ເພື່ອການເກີດຕາດອກ



ຈະເຫັນວ່າຈາກການສຶກຍາທາງດ້ານຈຳນັ້ນໃນແລະຈຳນັ້ນວັນທີດອກນານ ແສດໃຫ້ເຫັນວ່າ Vernalization 3 ອາທິດຍືກິນນັ້ນວ່າພອເພີ່ມແກ່ການຕອບສູນອອນຂອງພື້ນ

Schwabe ຍັງໄດ້ສຶກຍາถຶ່ງຄວາມສັນພັນຮັບອຸປະກອນ (ສູງຫຼືອຕໍ່າ) ກັບສກາພແສ (ສ່ວງຫຼືນິດ) ວ່າຈະມີຜລຕ່ອກການ Vernalization ອຍ່າງໄຣນ້າງ ຜລການສຶກຍາແສດງໃຫ້ເຫັນໃນຕາງໆທີ 13

ตารางที่ 13 ผลของการให้ความเย็นในช่วงมีดและช่วงสว่างแก่เบญจมาศพันธุ์ Sunbeam โดยที่แม่พันธุ์ปลูกเลี้ยงภายใต้วันyaw ความยาวของวันและอุณหภูมิระหว่าง Vernalization และระหว่างการปลูกต่อมาคือสภาพวันสั้น (11 ชั่วโมงแสง) จนกว่าจะเกิดตัวดอก

อุณหภูมิที่ศึกษา ช่วงมีแสง ช่วงมีด	จำนวนใบเมื่อ เกิดตัวดอก	จำนวนวันที่ใช้เมื่อ ดอกบานจากเริ่มศึกษา	จำนวนวันจากที่เริ่มเห็นตัวดอก ต้นแรกถึงตัวดอกต้นสุดท้าย
สูง สูง	61.2	127	57
สูง ต่ำ	46.3	140	8
ต่ำ สูง	>79.5	>209	>177
ต่ำ ต่ำ	43.2	153	9

### อุณหภูมิ

กลางวัน	สูงสุด $11.7^{\circ}\text{C}$
	ต่ำสุด $5.9^{\circ}\text{C}$
กลางคืน	สูงสุด $9.0^{\circ}\text{C}$
	ต่ำสุด $4.9^{\circ}\text{C}$

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจำนวนใบจะต่ำเมื่อให้อุณหภูมิต่ำทั้งช่วงมีดและช่วงสว่างต่อเนื่องกัน และที่น่าสนใจ คือการให้อุณหภูมิต่ำเฉพาะช่วงมีด ก็ให้ผลอย่างเดียวกัน และยังทำให้ความสม่ำเสมอทางด้านการเกิดตัวดอกดีขึ้นอย่างมาก ตัวนเมื่อต้นได้รับอุณหภูมิที่สูงตอนช่วงมีดและต่ำเมื่อตอนมีแสง นั้นจะทำให้การเกิดตัวดอกช้าลงไป

ในการทดลองข้างต้นเป็นการให้อุณหภูมิสูงหรือต่ำ กับช่วงที่มีแสงหรือช่วงมีด ดังในตารางที่ 13 ซึ่งเป็นการให้ต่อผลการทดลอง ต่อมา Schwabe ยังได้ศึกษาต่อไปโดยช่วงของการให้อุณหภูมิสูง หรือต่ำนั้นเป็นการให้เพียงช่วงระยะเวลาหนึ่ง กล่าวคือ control ได้รับอุณหภูมิต่ำ ตลอดทั้งช่วงมีแสง และช่วงมีดเป็นเวลา 50 วัน ( $1,200$  ชั่วโมง) พืชที่ต้องได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงมีดนั้นให้ได้รับความเย็น 50 วัน ( $800$  ชั่วโมง =  $16 \times 50$ ) พืชที่ต้องได้รับอุณหภูมิต่ำในตอนที่มีแสงสว่างและสูงตอนช่วงมีดนั้น ให้ได้รับความเย็น 100 วัน ( $800$  ชั่วโมง =  $8 \times 100$ ) ซึ่งความเย็น  $800$  ชั่วโมงดังกล่าวเป็นช่วงที่มากพอ เนื่องจากว่าจากการศึกษาที่ผ่านมานั้นพบว่า การให้ความเย็นเพียง 3 อาทิตย์ ก็เป็นการพอเพียง ซึ่งเท่ากับ  $24 \times 21 = 504$  ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 14

**ตารางที่ ๑๔** ผลการศึกษาการให้ความเย็นในช่วงนีดและช่วงสร้างแก่เบญจมาศพันธุ์ Sunbeam โดยที่แม่พันธุ์ปลูกเลี้ยงภายใต้วันยาว ความยาวของวัน และอุณหภูมิระหว่าง Vernalization และระหว่างการปลูกต่อมาคือสภาพวันสั้น (๑๑ ชั่วโมงแสง) ผลของ การ Vernalization เป็นไปตามตาราง

อุณหภูมิที่ศึกษา ช่วงนีด ช่วงนีด	จำนวนชั่วโมง ที่ได้รับความเย็น	จำนวนตัว ที่เกิดติดอก ทั้งหมด	จำนวนต้น เมื่อออกดอก	จำนวนใบ	จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจน ถึงออกบาน(ตั้งแต่เริ่ม <sup>การทดลอง</sup> )
สูง สูง	-	8	3 5 ต้นที่ยัง <sup>เป็น Vegetative อายุ</sup>	72 ± 8.5 100 ± 4.2	174.3 ± 12.7
สูง ต่ำ	800 (16×50 วัน)	8	8	44.0 ± 3.1	111.6 ± 2.2
ต่ำ สูง	800 (8×100 วัน)	8	8	53.8 ± 2.4	145.9 ± 2.1
ต่ำ ต่ำ	1200 (24×50 วัน)	8	8	37.1 ± 1.3	108.4 ± 1.4

จากการศึกษาทั้งสองการทดลองแสดงให้เห็นว่าในการให้ Vernalization แก่พืชนั้นไม่จำเป็นต้องให้ติดต่อกันตลอด ๒๔ ชั่วโมง แต่อาจให้เพียงช่วงใดช่วงหนึ่งของวัน และการให้ Vernalization ระหว่างช่วงนีดจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการให้ช่วงที่มีแสง

ในเบญจมาศ หลังจากที่ปลูกก็ง่ำช้ำที่ผ่าน Vernalization จนออกดอกแล้ว ก็จะมีหน่อเกิดขึ้นบริเวณโคนต้น ซึ่งสามารถที่จะตัดไปทำกิ่งช้ำได้อีก Schwabe ยังได้ให้ความสนใจต่อไปว่าหน่อที่เกิดขึ้นดังกล่าวมานั้น เมื่อนำไปปลูกจะต้องผ่านการ Vernalization อีกหรือไม่ จึงได้นำหน่อนบริเวณโคนต้นดังกล่าวไปปลูกโดยส่วนหนึ่งให้ผ่านการ Vernalization ก่อนปลูกและอีกส่วนหนึ่งไม่ได้รับการ Vernalization ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ ๑๕

ตารางที่ 15 การศึกษาการออกดอกของเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ซึ่งก็ทำที่ใช้เป็นหน่อที่ได้จากต้นที่ผ่านการ Vernalization มาแล้ว ปลูกเดี่ยงภายใต้ความเยาวของแสง 8 ชั่วโมง

อุณหภูมิที่หน่อพันธุ์ได้รับ	จำนวนชั่วโมง	จำนวนต้นที่เกิดติดอก	จำนวนใบเมื่อออกดอก	จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงดอกบาน	
				จากเริ่มการทดลอง	จากเมื่อ Vernalization เสร็จสิ้นแล้ว
Vernalized	20	20	33.6 ± 1.1	118.3 ± 1.6	76.3 ± 1.6
Unvernalized	23	17	72.0 ± 4.7	187.1 ± 8.7	-
		Vegetative	97.3 ± 2.2		

ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าหน่อพันธุ์ที่ได้จากต้นที่ผ่านการ Vernalization มาแล้ว จำเป็นที่จะต้องได้รับความเย็นอีก ต้นที่ไม่ได้รับความเย็นจะไม่มีความสม่ำเสมอในการเกิดติดอก ต้นที่บานดอกได้ในภายหลังจะใช้เวลานานกว่า และมีจำนวนใบมากกว่าต้นที่ได้จากหน่อที่ผ่านความเย็นแล้ว

จากการศึกษาในพืชต่างๆ ถึงตำแหน่งที่ตอบสนองต่อความเย็นของพืช เช่น Chroboczek (1934) จากการศึกษาใน beet พบร่วมส่วนของ Growing point เป็นส่วนที่ตอบสนองต่อความเย็น ใน rye Gregory และ Purvis (1938) รายงานว่า Embryo เป็นจุดที่ตอบสนองต่อความเย็น Schwabe (1954) จึงศึกษาถึงตำแหน่งที่ตอบสนองต่อความเย็นของเบญจมาศ จากการทดลองโดยการ Vernalization ส่วนต่างๆ ของต้นเบญจมาศ ผลการศึกษาในตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่า เนพะส่วนยอดของต้น (growing point) เป็นส่วนที่ตอบสนองต่อความเย็นที่ได้รับ

ตารางที่ 16 ผลของการให้ความเย็นแก่ส่วนต่างๆ ของดันเบี้ยญมาศ พันธุ์ Sunbeam โดยใน การทดลองเบื้องต้นนั้น Vernalization เป็นเวลา 4 อาทิตย์ และในการทดลองช้า ต่อมา Vernalization เป็นเวลา 6 อาทิตย์

	ได้รับอุณหภูมิสูงทั้งต้น	เฉพาะส่วนยอดได้รับอุณหภูมิสูง	ทั้งต้นได้รับอุณหภูมิต่ำ	เฉพาะส่วนยอดได้รับอุณหภูมิต่ำ
งานทดลองเบื้องต้น				
จำนวนช้า	5	5	5	4
จำนวนต้นที่เกิดตัวดอก	1	0	4	3
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นหลัง Treatment อุณหภูมิ	45(35.2)	41.8	29.3(31)	31.0(30)
จำนวนวันที่ใช้เพื่อการ เกิดตัวดอก (หลังจาก เริ่มทำการทดลอง)	118.0	-	131.0	112.3
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นระหว่าง Treatment อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง การให้อุณหภูมิ	10.6	9.0	2.0	2.0
งานทดลองช้า				
จำนวนช้า	5	5	5	5
จำนวนต้นที่เกิดตัวดอก	0	3	5	5
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นหลัง Treatment อุณหภูมิ	(72.4)	56.2(62.0)	30.0	35.2
จำนวนวันที่ใช้เพื่อการ เกิดตัวดอก(หลังจากเริ่ม ทำการทดลอง)	-	154.0	91.6	100.6
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นระหว่าง Treatment อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง การให้อุณหภูมิ	15.8	12.8	6.6	7.8

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บเป็นจำนวนที่เพิ่มขึ้น ของต้นที่ไม่เกิดตัวดอก

ทางด้านการศึกษาถึงการเคลื่อนย้ายของ Vernalization Stimulus นั้นจากการศึกษาที่ผ่านมา Schwabe (1950) ได้แสดงให้เห็นว่าหน่อที่บริเวณส่วนโคนของต้นที่ได้รับการ Vernalization แล้วจะเป็นที่จะต้องได้รับ Vernalization ใหม่อีก คือ ไม่มีการเคลื่อนย้ายผลของ Vernalization ที่ให้แก่ต้นแม่นยังหน่อที่เกิดบริเวณโคนต้น

ในการศึกษาต่อมานั้น Schwabe (1954) ได้ศึกษาต่อไปว่า ในกรณีที่ต้นที่ได้รับการ Vernalization มาแล้ว (Donor) เมื่อนำไป graft กับอีกดันหนึ่ง (Recipient) ก่อนที่ Donor จะเกิดติดอกนั้น จะมีการเคลื่อนย้ายผลของ Vernalization จาก Donor ไปยัง Recipient หรือไม่ โดยศึกษาวิธีการ graft ต่างๆ ได้แก่ แบบปากคลานและแบบลิ่ม โดยทำการ graft Donor และ Recipient ดังนี้

Vernalized scion	บน	Unvernalized stock (V/H)
Unvernalized scion	บน	Vernalized stock (H/V)
Vernalized scion	บน	Vernalized stock (V/V)
Unvernalized scion	บน	Unvernalized stock (H/H)

ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาการเคลื่อนย้ายของ Vernalization stimulus จาก Stock ไปยัง Scion ในเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam

	H/H	V/V	V/H	H/V
จำนวน graft ที่ทำได้ทั้งหมด	9	8	7	7
จำนวน scion ที่เกิดติดอก	0	7	7	0
จำนวนใบของ scion ที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เกิดติดอก	(37.8)	23.7(43)	22.3	(43.9)
จำนวนวันจาก grafting จนถึง เมื่อเกิดติดอก	-	51.3	51.3	-
ความยาวเฉลี่ยของปล้องของ scion	(0.26)	0.93(0.29)	0.81	(0.27)
จำนวนต้นที่เกิดกิ่งแขนงบน stock	-	-	7	5
จำนวนต้นที่เกิดกิ่งแขนงบน stock เกิดติดอก	-	-	0	2

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บเป็นตัวเลขของต้นที่ไม่เกิดติดอก

จากตารางที่ 17 จะเห็นว่าไม่มีผลของ stock ต่อ scion แต่อย่างใด Vernalized scion บน Unvernalized stock ยังคงเกิดติดอกได้ตามปกติ ส่วน Unvernalized scion บน Vernalized stock นั้น ไม่สามารถที่จะเกิดติดอกได้

นอกจากการ graft โดยวิธีที่กล่าวข้างต้นแล้ว Schwabe ยังได้ศึกษาวิธี graft แบบ “Approach - grafted” โดยมีคู่ของการ graft ดังนี้

ต้นที่ได้รับการ Vernalized	กับต้นที่ได้รับการ	Vernalized	(V/V)
ต้นที่ไม่ได้รับการ Vernalized	กับต้นที่ไม่ได้รับการ	Vernalized	(H/H)
ต้นที่ได้รับการ Vernalized	กับต้นที่ไม่ได้รับการ	Vernalized	(V/H)

ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลของการศึกษาการเคลื่อนย้ายของ Vernalization stimulus

โดยวิธี “Approach - grafted”

	H/H		V/V		V/H	
	Donor	Receptor	Donor	Receptor	Donor	Receptor
จำนวนช้ำ	5	4	5	5	10	10
จำนวนต้นที่เกิดติดอก	0	0	5	1	10	0
จำนวนใบเมื่อ เกิดติดอก	(42.8)	(28.2)	24.4	21(30.5)	24.4	(33.8)
จำนวนวันจากวัน graft จนถึงเมื่อเกิดติดอก	-	-	43.4	89	42.9	-
ความยาวเฉลี่ยของปล้อง เมื่อเกิดติดอก (ซม.)	-	-	1.03	0.55	1.05	-
สำหรับต้นที่ไม่เกิดติดอก ความยาวเฉลี่ยของปล้อง ถือเอาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	0.30	0.22	-	0.25	-	0.22

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บเป็นตัวเลขของต้นที่ไม่เกิดติดอก

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไม่มีการเคลื่อนย้าย Vernalization stimulus จากต้นที่รับการ Vernalization มาแล้วไปยังต้นที่ไม่ได้รับการ Vernalization ใน การศึกษาดังกล่าวข้างต้น ครึ่งหนึ่งของ Receptor นั้นในจะถูกปลิดออกหมด ซึ่งทำให้อัตราการเจริญของ Receptor ช้ากว่า Donor มาก

ในการศึกษาต่อไปนี้ได้ศึกษาโดยวิธี Stock และ Scion อีกรังหนึ่งโดยที่จำนวนครึ่งหนึ่งของ Scion จะถูกปลิดใบออกหมด (defoliation) หลังจาก graft แล้ว ยกเว้น Scion ของ Control ด้วยแนวความคิดที่ว่าถ้าหากมีการเคลื่อนย้าย Vernalization Stimulus จาก Stock ไปยัง Scion แล้วก็จะทำให้การเคลื่อนย้ายเป็นไปได้สะดวกขึ้น ในการทดลองนี้ต้นที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด ได้รับการ Vernalization มาบ้างแล้ว ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลของการปลิดใบของ Scion ออกเพื่อศึกษาการเคลื่อนย้าย Vernalization stimulus จาก Stock ไปยัง Scion ในเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam

	V/H control	V/H ปลิดใบ	H/V control	H/V ปลิดใบ
<b>การศึกษาชุดที่ 1</b>				
จำนวนต้นที่ graft ได้ทั้งหมด	7	8	6	7
จำนวน Scion ที่เกิดติดอก	7	8	6	7
จำนวนใบของ Scion เมื่อเกิดติดอก	22.0	24.6	38.1	40.4
จำนวนวันจาก graft จนถึงเมื่อเกิดติดอก	59.4	66.2	87.2	101.9
จำนวนกิ่งแขนงที่เกิดบน Stock ที่เกิดติดอก	1	0	2	2
<b>ในการศึกษาชุดที่ 2</b>				
จำนวนต้นที่ graft ได้ทั้งหมด	10	10	9	10
จำนวน Scion ที่เกิดติดอก	10	10	6	9
จำนวนใบของ Scion เมื่อเกิดติดอก	23.3	22.7	41.1 (45.0)	39.1 (43.5)
				H ไม่ได้ graft

	V/H control	V/H ปลิดใบ	H/V control	H/V ปลิด	H ไม่ได้ graft
จำนวนหลังจาก defoliation จนถึงเกิดตัวดอก (15 วันหลัง graft)	37.1	39.9	71.0	78.5	45.9
จำนวน Stock ที่แตกแขนง	10	4	5	5	5
จำนวน Stock ที่กิ่งแขนง					
เกิดตัวดอก	5	4	4	5	5
จำนวนใบของกิ่งแขนงของ Stock เมื่อเกิดตัวดอก	32.0	27.5	20.2	21.8	

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปลิดใบจาก Scion ภายหลังจากที่ graft Union ติดดีแล้ว ไม่ได้ช่วยทำให้การบาน朵ออกเร็วขึ้นแต่อย่างใดเมื่อเทียบกับพวงที่ไม่ได้ปลิดใบ

จากการที่ Vernalization stimulus ไม่สามารถถ่ายทอดได้โดยวิธี grafting นั้น Schwabe ยังได้ศึกษาต่อไปว่า Vernalization stimulus จะสามารถถ่ายทอดผ่านทาง Meristematic tissue ได้หรือไม่ เนื่องจากใน rye นั้นพบว่า Vernalization stimulus นั้นสามารถผ่านทาง tiller ได้ถึงแม้ จะเป็น tiller ที่เจริญในตอนหลัง ๆ ในการทดลองของ Schwabe นั้นได้ทดลองเด็ดยอดต้นเบญจนาศที่ได้ผ่าน Vernalization อย่างสมบูรณ์มาแล้ว โดยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการเด็ดยอด 1 ครั้ง ไปจนถึง 7 ครั้ง โดยในการเด็ดยอดมากกว่า 1 ครั้งนั้น แต่ละครั้งนั้นจะปล่อยให้กิ่งแขนงเพียงกิ่งเดียวเจริญ อกไปและเมื่อมีใบได้ 5 ใบแล้วก็จะทำการเด็ดยอด

ผลการศึกษาพบว่าในการเด็ดยอดเบญจนาศนั้นหลังจากเด็ดยอดไปแล้ว 2 ครั้ง และก่อนการเด็ดยอดครั้งที่ 3 พบว่ากิ่งแขนงดังกล่าวจะเกิดตัวออกซึ่น ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลของการเด็ดยอดที่มีต่อผลของ Vernalization ของกิ่งแขนงของเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam จำนวนทั้งหมด 8 ชั้น

	จำนวนครั้งที่เด็ดยอด			
	1 หลังเกิดตากอก	2 ก่อนเกิดตากอก	3 หลังเกิดตากอก	4 ก่อนเกิดตากอก
จำนวนใบของกิ่งแขนงสุดท้ายเมื่อเกิดตากอก	16.3	9.0	4.4	7.8
จำนวนใบที่มีอยู่บนต้นทั้งหมดก่อนกิ่งแขนงสุดท้าย	5	10	15	13
รวมจำนวนใบทั้งต้น	21.3	19.0	19.4	20.8

ในการทดลองต่อมาันได้ทำการเด็ดยอดเมื่อกิ่งแขนงมีใบได้ 2 ใบ จึงทำให้สามารถเด็ดยอดได้จนถึง 7 ครั้ง โดยที่มีบางต้นได้เกิดตากอกขึ้นก่อน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลของการเด็ดยอดที่มีต่อ Vernalization ของกิ่งแขนงของเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam จำนวนทั้งหมด 2 ชั้น

	จำนวนครั้งที่เด็ดยอด						
	1	2	3	4	5	6	7
จำนวนใบของกิ่งแขนงสุดท้ายเมื่อเกิดตากอก	25	21	15	10	8	3	6
จำนวนใบที่มีอยู่บนต้นทั้งหมดก่อนกิ่งแขนงสุดท้าย	2	4	6	8	10	12	12
รวมจำนวนใบทั้งต้น	27	25	21	18	18	15	18

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Vernalization stimulus สามารถผ่านไปได้ทางยอดไปทางกิ่งแขนง ถึงแม้ว่าจะถูกเด็ดยอดเป็นจำนวนหลายครั้งก็ตาม

## De-Vernalization

จากงานของ Schwabe (1950) ทำให้ทราบว่ากิ่งชำที่ผ่านการ Vernalization มาแล้ว เมื่อนำไปปลูกจนออกดอก หน่อที่เกิดจากโคนต้นจะต้องได้รับการ Vernalization อีก ซึ่งอาจเป็นได้ว่า ไม่มีการเคลื่อนย้าย Vernalization stimulus จากต้นแม่มาอยังหน่อพันธุ์ดังกล่าวแต่อย่างใด หรืออาจเนื่องจาก Vernalization stimulus หมดไป (De-Vernalization) เมื่อต้นแม่ดังกล่าวเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ Vegetative stage Schwabe (1955) จึงได้ศึกษาถึงสาเหตุของ De-Vernalization ในເບຍຸຈານາສขັ້ນ

เกี่ยวกับเรื่องของ De-Vernalization นั้น ได้มีรายงานว่าเกิดขึ้นกับพืชทั้งที่เป็น annual และ biennial เช่นใน winter rye, beet และ *Hyoscyamus niger* ในพืชดังกล่าวนั้น De-Vernalization เกิดขึ้นเนื่องจากการที่ต้นได้รับอุณหภูมิที่สูงเป็นระยะเวลาสั้นทันทีเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง ซึ่งใน rye และใน *Hyoscyamus* นั้น ถ้าหากว่าได้รับอุณหภูมิที่สูงหลัง Vernalization แล้ว 4 วัน ก็จะไม่มีผลทำให้เกิด De-Vernalization และใน rye นั้นอุณหภูมิที่สูงจะไม่มีผลมากนักถ้าหากว่าเมล็ดได้รับ Vernalization อย่างสมบูรณ์ (Purvis and Gregory, 1952; Owen, Carsner, and Stout, 1940) นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาใน spring rye โดย Gregory และ Purvis (1938)

เพื่อเป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิด De-Vernalization ของເບຍຸຈານາສ Schwabe (1955) จึงได้ทำการศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้หน่อบริเวณโคนต้นต้องได้รับ Vernalization อีก ถึงแม้ว่าต้นแม่จะผ่านการ Vernalization มาแล้วก็ตาม โดยในการทดลองแรก Schwabe ได้ตัดยอดของต้นที่ผ่านการ Vernalization มาแล้วให้เหลือประมาณ 2-3 ซม. จากระดับดิน ในระยะเวลาต่างๆ กันของการเจริญของต้นได้แก่

1. ทันทีหลังจาก Vernalization สิ้นสุดลง
2. หลังจากที่ผลิตใบใหม่ได้ 15 ใบ
3. ทันทีหลังจากที่เกิดตาดอกที่ยอดของลำต้น
4. เมื่อมองเห็นสีของกลีบดอก
5. เมื่อกลีบดอกเริ่มเหี่ยว

กิ่งแขนงใด ๆ ที่แตกออกจากส่วนของลำต้นจะถูกลิดทิ้ง คงปล่อยให้หน่อที่แตกจากดินเท่านั้นเจริญต่อไป ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การศึกษาการเกิด De-vernalization ของหน่อที่เกิดจากดันเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ที่ได้รับ Vernalization มาแล้ว จำนวน 8 ชั้้า

เวลาของ การตัดดัน	จำนวนดัน ที่หน่อเกิด ติดอก หลังจาก การตัดดัน	จำนวนดัน ที่หน่อมี เพียง Vegeta-tive Shoots หลังการ ตัดดัน	จำนวนใบ เนลลี่ของ หน่อที่มี ขนาดใหญ่ ที่สุดเมื่อ เกิดติดอก	จำนวนใบ เนลลี่ของ หน่อที่เป็น vegeta-tive ที่มีขนาด ใหญ่ที่สุด	ความสูง เนลลี่ของ หน่อเมื่อ เกิดติดอก (ซม.)	จำนวนวัน เนลลี่เมื่อ เกิดติดอก หลังจาก การตัดดัน	จำนวนดัน ที่กิ่งแขนง เกิดติด ตอกเมื่อ ทำการ ตัดดัน
1. ทันทีหลังจาก Vernalization สิ้นสุดลง	8	0	21.3	-	20.1	50.0	0
2. หลังจาก ที่ผลิตใบใหม่ ได้ 15 ใบ	4	4	19.3	39.0	14.8	41.0	0
3. ทันทีหลัง จากที่เกิดติด ตอกที่ยอด ของลำต้น	3	5	15.0	30.1	15.4	29.3	0
4. เมื่อมอง เห็นสีของ กลีบดอก	2	6	11.5	23.3	10.0	18.5	5
5. เมื่อกลีบ ดอกเริ่มเหี่ยว	1	7	7	18.6	8.0	33	5

จากตารางที่ 22 จะเห็นว่าการตัดดันทันทีเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง หน่อที่เกิดในตอน หลังสามารถที่จะบานดอกได้ และจะเห็นว่าเมื่อตัดดันช้าออกไปจำนวนหน่อที่จะบานดอกได้จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของการเกิด Devernalization ขึ้น

Schwabe ในรายงานฉบับเดียวกัน ยังได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ Devernalization กับ กิ่งแขนง โดยในการศึกษาเขาได้ตัดดันในระยะต่างๆ 5 ระยะ เมื่อน้ำที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว แต่ในการศึกษา ครั้งนี้ปล่อยให้ตัวข้างแตกออกเป็นกิ่งแขนงออกไปเพียงกิ่งเดียวในระดับความสูงของตาก็ใกล้เคียงกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การศึกษาการเกิด devernalization ของกิ่งแขนงที่เกิดบนส่วนล่างของลำต้นของเมญานาคพันธุ์ Sunbeam ที่ได้รับ vernalization มาแล้ว จำนวน 8 ชั้น

เวลาของการตัดต้น	จำนวนใบเฉลี่ยของกิ่งแขนงเมื่อเกิดตัดอก	จำนวนวันจากเมื่อตัดต้นจนถึงกิ่งแขนงเกิดตัดอก	ความสูงของกิ่งแขนงเมื่อเกิดตัดอก (ซม.)
1. ทันทีหลังจาก Vernalization สิ้นสุดลง	20.0	85.4	18.9
2. หลังจากที่ผลิตใบใหม่ได้ 15 ใบ	23.1	73.5	16.4
3. ทันทีหลังจากที่เกิดตัดอกที่ยอดของลำต้น	25.6	72.0	15.5
4. เมื่อมองเห็นสีของกลีบดอก	18.6	38.8	11.9
5. เมื่อดอกบาน	9.0	25.3	8.5

การศึกษาชี้ให้เห็นว่ากิ่งแขนงนั้นยังคงได้รับผลกระทบของ Vernalization อよ้วน และไม่เกิด Devernalization ถึงแม้ว่าจะเป็นกิ่งแขนงที่เกิดขึ้นหลังจากที่ต้นแม่น้ำบานดอกแล้ว และจะมีจำนวนใบเมื่อกิ่งแขนงเกิดตัดอกค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีความแตกต่างระหว่างกิ่งแขนงกับหน่อในเรื่องของการเกิด Devernalization เนื่องจากว่าหน่อนั้นไม่สามารถบานดอกได้ถ้าไม่ได้รับความเย็นอีก และผลการศึกษา ยังแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของ Vernalization Stimulus ว่าเป็นแบบ basipetal translocation.

Schwabe ยังได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยตัดต้นเมื่อต้นเจริญขึ้นไปได้สองระยะการเจริญด้วยกัน แต่ที่ระดับความสูงต่างๆ กันของต้น โดยทำการตัดระยะการเจริญที่หนึ่งเมื่อ Vernalization สิ้นสุดแล้ว 4 อาทิตย์ สำหรับระดับความสูงที่ตัดต้นนั้นประกอบด้วย

1. ใบใบอ่อนที่สุดที่ยอดที่แผ่ออกได้เต็มที่แล้ว
2. ใบใบที่ขยายตัวได้อย่างเต็มที่ที่ยอด
3. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 2 ใบ
4. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 4 ใบ
5. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 7 ใบ

ส่วนระยะการเจริญอีกระยะหนึ่งที่ทำการตัดต้นนั้นกระทำเมื่อต้นเกิดตาอ ก (Macroscopically visible inflorescence bud) โดยระดับความสูงของต้นที่ตัดประกอบด้วย

1. ใต้ก้านของตาอ กที่เกิดขึ้นที่ยอด (lowest axillary inflorescence buds)

ระยะที่ 2-5 เป็นไปช่วงเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลของระยะเวลาการตัดต้นและระดับความสูงของการตัด ที่มีต่อผลของ Vernalization ของกิ่งแขนงของเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam จำนวน 6 ต้น

ก) ตัดต้นภายหลังจาก Vernalization แล้ว 4 อาทิตย์

ข) ตัดต้นภายหลังการเกิดตาอ ก

ระดับความสูงของการตัดต้น	จำนวนต้นที่กิ่งแขนงเกิด		จำนวนวันหลังจากตัดต้นแล้ว	
	ก	ข	ก	ข
1. ใต้ใบอ่อนที่สุดที่ยอดที่แผ่ออกได้เต็มที่แล้ว	6	6	19.0	68.7
2. ใต้ใบที่ขยายตัวได้อย่างเต็มที่ที่ยอด	6	4	20.9	65.5
3. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 2 ใบ	6	3	30.0	71.3
4. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 4 ใบ	6	4	38.7	70.5
5. ตัดได้ระยะที่สองลงมา 7 ใบ	4	0	46.5	>130

ระดับความสูงของการตัดต้น	จำนวนใบของกิ่งแขนง เมื่อเกิดตาอ ก		จำนวนใบของกิ่งแขนงที่ยังเป็น Vegetative อยู่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	
	ก	ข	ก	ข
1. ใต้ก้านของตาอ กที่ยอด	12.1	7.3	-	-
2. ใต้ใบที่ขยายตัวได้อย่างเต็มที่ที่ยอด	13.5	7.8	-	24.5

ระดับความสูงของการตัดต้น	จำนวนใบของกิ่งแขนง เมื่อเกิดตາดออก		จำนวนใบของกิ่งแขนงที่ยัง เป็น Vegetative อยู่เมื่อ สิ้นสุดการทดลอง	
	ก	ข	ก	ข
3. ตัดใต้ระยะที่สองลงมา 2 ใบ	17.5	8.8	-	19.0
4. ตัดใต้ระยะที่สองลงมา 4 ใบ	21.1	9.0	-	16.0
5. ตัดใต้ระยะที่สองลงมา 7 ใบ	24.0	-	44.0	20.3

การศึกษาแสดงให้เห็นว่า Devernalization จะเกิดขึ้นในส่วนล่างๆ ของลำต้นลงมา เป็นการยืนยันการเคลื่อนที่แบบ basipetal ของ vernalization stimulus

จากการศึกษาทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า หลังจากที่การ Vernalize กิ่งชำสุดลงทั้งกิ่งแขนงและหน่อพันธุ์จะได้รับผลของ Vernalization อย่างสมบูรณ์ แต่หน่อที่เกิดขึ้นเมื่อต้นที่ผ่านการ Vernalization นั้นออกดอกแล้ว จะไม่มีผลของการ Vernalization เหลืออยู่กับหน่อที่เกิดขึ้นในเวลาดังกล่าว

Schwabe จึงได้ศึกษาต่อไปว่า Devernalization ที่เกิดขึ้นเป็นผลเนื่องจากการที่ส่วนยอดของกิ่งที่ผ่าน Vernalization มาแล้วหมดสภาพไป ตามระยะเวลาที่ผ่านไปในระหว่างการเจริญเติบโตและการออกดอกหรือไม่ จึงได้ศึกษาโดยทำการฉีดต้นทั้งที่ผ่านและไม่ผ่าน Vernalization ด้วย Maleic Hydrazide (MH) ซึ่งสารดังกล่าวจะทำให้การพัฒนาของพืชหยุดลง ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 200, 1000 และ 5000 ppm. โดยที่พบว่าหลังจากพ่นแล้วต้นที่ได้รับ MH 1000 และ 5000 ppm. จะมีการเจริญที่หยุดชะงักช่วงระยะเวลาหนึ่ง และต่อมากดเจริญที่ยอดจะตายไปทำให้เกิดการแตกกิ่งแขนงขึ้นซึ่งจะมีการเจริญในสภาพปกติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลของการพ่น Maleic Hydrazide (MH) ที่มีต่อ Vernalization ของเมญ่าวนาค พันธุ์Sunbeam ระยะเวลาทดลองทั้งหมด 150 วัน จำนวน 8 ตัว

ความเข้มข้นของ MH(ppm)	Vernalized			Unvernalized		
	200	1000	5000	200	1000	5000
จำนวนต้นที่เกิดตາดออก	8	7	6	-		
จำนวนวันที่เกิดตາดออก						
- จากเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง	45.1	66.4	127.3	-	-	121

ความเข้มข้นของ MH(ppm)	Vernalized			Unvernalized		
	200	1000	5000	200	1000	5000
- จำนวนที่ต้นเริ่มมีการเจริญ อีกรึหนึ่ง	-	38.4	39.3	-	-	33
จำนวนใบเมื่อเกิดตัวดอก	24.0	19.9	20.8	-	-	16.0
จำนวนใบของต้นที่ยังคงเป็น Vegetative	37.0	19.5	43.8	27.5	33.1	
ความยาวเฉลี่ยของปล้อง (เมื่อเกิดตัวดอก)	0.8	0.57	0.36	0.21	0.21	0.26

ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm. ของ MH นั้น การเจริญของเบญจมาศ จะชะงักไปประมาณ 5 อาทิตย์ ซึ่งต่อนำจะเกิดกิ่งแขนงจากมุนในส่วนล่างๆ ซึ่งพบว่าพวงที่ผ่าน Vernalization มาแล้ว กิ่งแขนงที่เกิดมานั้นบานดอกได้ ส่วนพวง Unvernalized นั้นไม่สามารถที่จะบานดอกได้ ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 5000 ppm. นั้นต้นจะชะงักการเจริญถึง 12 อาทิตย์ เมื่อกิ่งแขนงแตกออกมากจากตาที่มุนในด้านล่างๆ ก็ชี้ให้เห็นว่าพวงที่ผ่าน Vernalization มาแล้วนั้นบานดอกได้ ส่วนพวงที่ไม่ได้รับ Vernalization ยังคงเป็น Vegetative อยู่

ซึ่งอาจสรุปได้ว่า Devernalization ไม่ได้เกิดขึ้นจากการที่ต้นอยู่ในภาวะ inactive

Schwabe ยังได้ศึกษาต่อไปว่าอุณหภูมิจะเกี่ยวข้องกับการเกิด Devernalization เพียงไร เนื่องจากใน Winter rye และใน *Hyocyamus niger* นั้น อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิด Devernalization ขึ้น จากการศึกษานี้องค์ต้นของหล่ายฯ การทดลอง โดยมีช่วงการให้อุณหภูมิสูง ( $40^{\circ}\text{C}$ ) แก่พืชด้วยความยาวต่างๆ กัน (0, 8 และ 30 ชั่วโมง) แก่ต้นพืชที่ได้รับการ Vernalization ที่ระดับต่างๆ กัน (0, 4, 8 และ 12 วัน) ซึ่งให้เห็นว่าระยะเวลาที่พืชได้รับอุณหภูมิสูง 30 ชั่วโมงนั้น ไม่สามารถที่จะทำให้เกิด Devernalization ขึ้น ดังในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลของการให้อุณหภูมิสูง ( $40^{\circ}\text{C}$ ) ต่อเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ที่ได้รับการ Vernalized (partly vernalized) จำนวน 8 ชั้น

	จำนวนวันที่ได้รับการ Vernalized	จำนวนชั่วโมงที่ได้รับอุณหภูมิสูง $^{\circ}\text{C}$		
		0	8	12
จำนวนต้นที่เกิดตາดอก	0 วัน*	0	-	0
	4 วัน	0	0	0
	8 วัน	2	2	1
	12 วัน	7	7	5
จำนวนวันที่ใช้เพื่อเกิดตາดอก (ไม่รวมต้นที่เป็น Vegetative)	8 วัน	128.0	121.0	156.0
	12 วัน	107.4	97.1	76.2
จำนวนในเมื่อเกิดตາดอก (ตัวเลขในวงเล็บเป็นตัวเลข ของพากที่เป็น Vegetative)	0 วัน	(57.8)	-	(57.5)
	4 วัน	(59.3)	(60.6)	(57.9)
	8 วัน	54.5	38.5	67.0
		(63.5)	(61.1)	(60.3)
	12 วัน	51.6	46.9	35.0
		(58.0)	(57.0)	(60.7)

\* ทำ 6 ชั้น

ตัวเลขในวงเล็บเป็นตัวเลขของต้นที่ไม่เกิดตາดอก

ในการศึกษาต่อมา Schwabe ได้ให้อุณหภูมิสูง ( $35^{\circ}\text{C}$ ) แก่ต้นเบญจมาศที่ใช้กล่องในเวลาที่นานขึ้นจนถึง 30 วัน ร่วมกับระยะเวลาของการ Vernalization 2 ระยะคือ 14 หรือ 28 วัน ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลของการให้อุณหภูมิ ( $35^{\circ}\text{C}$ ) เป็นระยะเวลาที่นานต่างๆ กันต่อต้นเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam ที่ผ่าน Vernalization มาแล้ว 14 หรือ 28 วัน จำนวน 8 ชั้น

จำนวนวันที่ได้รับการ Vernalization

จำนวนวันที่ได้รับอุณหภูมิ	14				28			
	0	10	20	30	0	10	20	30
จำนวนต้นที่เกิดตัวออก	8	8	8	8	8	8	8	8
จำนวนวันหลังจาก Vernalization จนถึง เมื่อเกิดตัวออก	32.4	36.4	47.5	54.6	27.1	36.8	45.8	54.4
จำนวนวันหลังจากการได้รับ อุณหภูมิสูงจนถึงเมื่อเกิดตัวออก	32.4	26.4	27.5	24.6	27.1	26.8	25.8	24.4
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นจนถึง เมื่อเกิดตัวออก	16.4	19.4	23.5	26.0	14.1	19.6	25.0	25.8
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นหลังจาก เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงสิ้นสุดลง	-	-	-	16.5	-	-	-	16.0

จะเห็นว่าถึงแม้ว่าต้นเบญจมาศจะได้รับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานถึง 30 วัน ก็ยังไม่ก่อให้เกิด Devernalization ขึ้นแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม การที่ต้นได้รับอุณหภูมิสูงติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ การเกิดตัวออกช้าลงไป และมีจำนวนใบที่มากขึ้น แต่จะไม่มีความแตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากเมื่อ การให้อุณหภูมิสูงสิ้นสุดลง

Schwaabe ได้พยาบยานที่จะศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิด Devernalization ขึ้นในเบญจมาศ โดยคาดว่าความเข้มของแสงที่ต่ำลงกว่าสภาวะปกติเป็นเวลาติดต่อกัน อาจจะเป็นสาเหตุ จึงได้ทำการ ศึกษาโดยให้ต้นที่ได้รับ Vernalization มาแล้ว 5 อาทิตย์ ได้รับความเข้มของแสงลดลงโดยปลูกให้ได้ รับแสงจากหลอดชนิดมีไส้โดยมีความเข้มของแสง 25 พุตแคนเดล วันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 21, 28 และ 30 วัน โดยเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับแสงตามธรรมชาติ ผลการศึกษาจาก 3 การทดลอง แสดงใน ตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ผลของการลดความเย็นของแสงต่อเมญจนากพันธุ์ Sunbeam ซึ่งได้รับการ Vernalization เป็นเวลา 5 อาทิตย์

	การทดลองที่	Control	ลดความเย็นของแสง
จำนวนช้า	1 2 3	9 12 15	9 12 15
จำนวนวันที่ลดความเย็นของแสง	1 2 3	21 28 30	21 28 30
จำนวนต้นที่เกิดตາดออก	1 2 3	9 12 15	9 12 1
จำนวนวันหลังจาก Vernalization จนถึงเมื่อเกิดตາดออก	1 2 3	80.6 85.7 46.1	98.6 167.2 82.0
จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นจนถึงเมื่อเกิด ตາดออก (ค่าในวงเล็บเป็นของต้น ที่เป็น Vegetative)	1 2 3	21.0 22.2 31.9	25.6 41.8 35.0 (70.4)

ในการทดลองที่ 1 นั้นจะเห็นว่า เมื่อลดความเย็นของแสงลงจะทำให้การเกิดตາดออกช้าลงไป และในการทดลองที่ 2 เมื่อช่วงที่ลดความเย็นของแสงนานขึ้น ก็จะทำให้การเกิดตາดออกช้าลงไปมากขึ้น และจำนวนใบก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ต้นที่เกิด Devernalization จะสังเกตได้จากการที่ปล้องที่ปลายยอดจะเริ่มน้ำดี เมื่อเทียบกับบริเวณโคนต้น และมีบางต้นที่แสดงอาการเจริญแบบ diageotropic ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในต้น Unvernalized ภายใต้วันสั้น (Schwabe, 1950)

ในการทดลองช้าต่อมาโดยมีระดับ Vernalization 4 ระดับ (1, 2, 3 และ 4 อาทิตย์) ร่วมกับระยะเวลาการลดความเย็นของแสง (0, 10, 20 และ 30 วัน) ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลของระยะเวลาในการลดความเข้มของแสงร่วมกับระยะเวลาในการ Vernalization ต่อเบญจมาศพันธุ์ Sunbeam จำนวน 10 ชั้้า

	ระยะเวลาของการ Vernalization	วัน	ระยะเวลาของการลด ความเข้มของแสง (วัน)			
			0	10	20	30
จำนวนดันที่เกิดดอกที่ ยอดลำต้น		0	0	-	-	0
		7	0	0	0	0
		14	5	0	0	0
		21	10	3	0	0
		28	10	3	0	0
จำนวนดันที่เกิดกิ่งแขนง แต่ป่ายอดของลำต้นยังคง เป็น Vegetative อยู่		0	0	-	-	0
		7	0	0	0	0
		14	4	3	0	0
		21	-	5	2	0
		28	-	4	1	0
จำนวนวันเพื่อการเกิดตາดอก		0	$\infty$	-	-	$\infty$
		7	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
		14	78.4	$\infty$	$\infty$	$\infty$
		21	51.3	67.5	$\infty$	$\infty$
		28	41.3	67.0	$\infty$	$\infty$
จำนวนใบเมื่อเกิดตາดอก (ค่าในวงเล็บเป็นของดันที่ เป็น Vegetative)		0	(61.1)	-	-	(53.5)
		7	(58.2)	(54.8)	(55.2)	(51.3)
		14	32.0	(63.3)	(56.0)	(51.6)
			(60.0)			
		21	25.8	38.3	(59.5)	(52.9)
			(62.1)			
		28	24.3	28.7	(57.1)	(52.9)
			(59.7)			

จากการศึกษาจะเห็นว่าต้นที่ได้รับการ Vernalization เพียง 1 อาทิตย์ จะไม่เกิดตัวออก จึงไม่มีผลที่เกิดจากการลดความเย็นของแสง และเป็นลักษณะเดียวกันกับที่เกิดกับ Unvernalized control เมื่อต้นได้รับ Vernalization 2 อาทิตย์ พากที่ได้รับแสงเต็มที่จะเกิดตัวออกได้ครึ่งหนึ่ง แต่มีจำนวนในเมื่อเกิดตัวออกที่สูง แต่มีความเย็นของแสงลดลง 10 วัน ก็จะเกิด Devernalization ขึ้น ต้นที่ได้รับ Vernalization เป็นเวลา 3-4 อาทิตย์นั้น ภายในตัวความเย็นของแสงปกติจะเกิดตัวออกได้ทั้งหมด เมื่อได้รับความเย็นของแสงที่ลดลงติดต่อ กัน 20 วัน ก็จะไม่สามารถเกิดตัวออกได้ คือ เกิด Devernalization ขึ้น ส่วนพากที่ได้รับความเย็นของแสงลดลงเป็นเวลา 10 วันนั้น ถึงแม้จะมีจำนวน 3 ต้นที่เกิดตัวออกได้ แต่ก็จะมีจำนวนในที่สูงขึ้น ในการทดลองนี้ Schwabe ยังได้รายงานด้วยว่าพบต้นที่กิ่งแขนงที่แตกออกนานาดอกได้ก่อนตาที่อยู่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบว่าเป็นลักษณะที่เกิดกับต้นที่ได้รับ partially vernalization

Schwabe ยังได้เสนองานศึกษาอีกด้านหนึ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก คือ การศึกษาถึงความขาวของระยะเวลาของการลดความเย็นของแสงที่จะไม่มีผลต่อ Vernalization ที่พืชได้รับ โดยในการศึกษาดังกล่าวได้กำหนดไว้ 4 อาทิตย์ โดยเริ่มให้จากเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลงแล้วทันที และอีก 1, 2, 3 และ 4 อาทิตย์ต่อมา โดยก่อนและหลังการลดความเย็นของแสง ต้นที่ทำการศึกษาจะถูกปลูกในสภาพที่ใช้ปูกระเบื้องทั่วๆ ไป ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ผลของการลดความเย็นของแสงเป็นเวลา 4 อาทิตย์ หลังจากเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง ของเมษุจนาคพันธุ์ Sunbeam จำนวน 6 ต้น

	จำนวนอาทิตย์หลังจากที่ Vernalization สิ้นสุดลง				
	0	1	2	3	4
1. จำนวนต้นที่เกิดตัวออก	0	0	0	0	5*
2. จำนวนวันจนถึงเมื่อเกิดตัวออก	-	-	-	-	43.0
3. จำนวนในที่เพิ่มขึ้นจนถึงเมื่อเกิดตัวออก (ค่าในวงเล็บเป็นของต้นที่เป็น Vegetative)	(45.5)	(44.0)	(43.7)	(47.1)	36.0
4. ความขาวเฉลี่ยของปล้องของส่วน Vernalized	0.61	0.51	0.54	0.40	(a) 0.89 (b) 1.42

\* ตายไป 1 ต้น

(a) เมื่อเกิดตัวออก

(b) เมื่อความสูงคงที่

ตารางที่ ๓๐ (ต่อ)

	จำนวนอาทิตย์หลังจากที่ Vernalization สิ้นสุดลง				
	0	1	2	3	4
๕. ความยาวเฉลี่ยของปล้องของส่วน Devernalized	0.24	0.25	0.27	0.32	-
๖. จำนวนข้อเฉลี่ยเมื่อเกิด Devernalization ขึ้น	15.4	16.1	18.7	21.4	-

จะเห็นจากการศึกษาว่าหลังจากเมื่อเบญจมาศได้รับ Vernalization แล้ว การได้รับความเข้มของแสงในระดับที่ต่ำลงทันที เมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง และหลังจากเมื่อ Vernalization สิ้นสุดลง แล้ว ๑ หรือ ๒ หรือ ๓ อาทิตย์ จะทำให้เกิด Devernalization ขึ้น แต่ถ้าหากว่าต้นเบญจมาศได้รับแสงอย่างเต็มที่หลังจาก Vernalization สิ้นสุดลงแล้ว ๓ อาทิตย์ หลังจากนั้นจึงได้รับความเข้มของแสงในระดับที่ลดลงจะไม่มีผลทำให้ลดลง Vernalization ถูกทำให้หมดไปโดยจากการศึกษาในการทดลองอื่นๆ อีก Schwabe สังเกตพบว่าระยะเวลาดังกล่าวนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงที่ยอดของพืช คือ เริ่มเกิดฐานรองดอกขึ้น ซึ่งดูคล้ายกับว่าในเบญจมาศนั้นผลของ Vernalization จะไม่หมดไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายในที่ยอดของพืช

กล่าวโดยสรุปได้ว่า Devernalization ในเบญจมาศนั้นไม่ได้เกิดขึ้นอันเป็นผลเนื่องมาจากการอุณหภูมิที่สูง โดยจากการศึกษาที่กล่าวมาถึงแม้ว่าต้นที่ได้รับ Vernalization มาแล้วและได้รับอุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา ๓๐ วัน หรือที่  $40^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา ๓๐ ชั่วโมง ก็ยังไม่แสดงผลของ Devernalization ขึ้นอย่างเด่นชัด

Devernalization จะเกิดขึ้นเมื่อความเข้มของแสงลดลง และผลกระทบจะเด่นชัดยิ่งขึ้นเมื่อเกิดขึ้นพร้อมกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น

สำหรับกลไกของ Vernalization นั้น ได้มีการศึกษาพบว่าในบางกรณีสามารถทดสอบได้โดยการพ่น GA ซึ่งจะต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงและใช้ติดต่อกันหลายครั้ง จึงอาจเป็นไปได้ว่าความเย็นที่ได้จาก Vernalization มีผลในการกระตุ้นให้พืชผลิต GA ได้มากกว่าปกติ และจากการศึกษาพบว่าส่วนยอดของเบญจมาศนั้นเป็นส่วนที่ตอบสนองต่อ Vernalization โดยในการศึกษาการเด็ดยอดของต้นที่ได้รับความเย็นมาแล้ว ถึงแม้ว่าจะเด็ดยอดถึง ๗ ครั้ง ต้นก็ยังสามารถบาน朵ออกได้ แสดงให้เห็นว่าไม่มีการสูญไปของ Vernalization stimulus โดยวิธีดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพืชจะต้องมีวิธีการบางอย่างเพื่อรักษาและขยายผลของสารที่เกิดจาก Vernalization

การที่สารที่เกิดจาก Vernalization ไม่สามารถที่จะส่งผ่านทาง Grafting ได้นั้นซึ่งให้เห็นว่าสารที่เกิดขึ้นดังกล่าวไม่สามารถที่จะส่งผ่านทางเนื้อเยื่อที่แก่แล้ว (Mature tissue) ซึ่งต่างจากเซลล์ที่อยู่ส่วนยอดของพืชที่เมื่อมีการแบ่งตัว เซลล์ใหม่ก็จะได้รับผลของ Vernalization ด้วย

Devernalization เกิดขึ้นเนื่องจากที่พืชได้รับความเข้มของแสงในระดับต่ำ และจะไม่เกิดขึ้นเมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงเป็นเวลานาน สาเหตุที่เกิด Devernalization เมื่อความเข้มของแสงลดลงนั้นเดิมคาดว่าเป็นผลเนื่องจากพืชมีการใบไชเดรตในระดับที่ไม่พอเพียง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการเพิ่มน้ำตาลให้กับพืชที่ผ่านการ Vernalization มาแล้ว และปลูกเลี้ยงที่มีความเข้มของแสงต่ำก็ยังเกิด Devernalization ขึ้นได้ การปลิดใบพืชออกซึ่งจะทำให้พืชไม่ได้รับการใบไชเดรต ก็ยังไม่ก่อให้เกิด Devernalization ขึ้น

Schwabe (1968) กล่าวว่าจากการศึกษาในพืชต่างๆ คาดว่าสาเหตุสำคัญของการเกิด Devernalization ขึ้นนั้น เป็นผลอันเนื่องมาจากการในออกซิน หรือ Indole hormone โดยมีแสงเกี่ยวข้องด้วย กล่าวคือ เมื่อความเข้มของแสงลดต่ำลงจะมีผลทำให้ระดับของ Indole hormone เพิ่มสูงขึ้น และจากการศึกษาต่อมากายหลังพบว่าการหยด IBA อย่างสม่ำเสมอที่ยอดของพืชเป็นเวลา 6-8 อาทิตย์ ภายใต้ความเข้มของแสงอย่างเต็มที่ แล้วนำไปปลูกเลี้ยงต่อภายใต้สภาพการปลูกเลี้ยงทั่วไปพบว่าต้นดังกล่าวจะยังคงอยู่ในระยะ Vegetative ต่อไปอีกหลายเดือน ดังนั้นภาวะใดๆ ก็ตามที่ทำให้เกิด IAA เพิ่มมากขึ้น ก็จะเป็นผลทำให้เกิด Devernalization ขึ้น

### 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ปริมาณไอน้ำในอากาศมีความสำคัญต่อการเจริญของพืช ใน การปลูกเบญจมาศนั้น ควรจะหลีกเลี่ยงภาวะที่ทำให้เกิดความชื้นที่มากหรือน้อยจนเกินไป ถ้ามีความชื้นในอากาศน้อยจะทำให้อัตราการหายน้ำของพืชเกิดขึ้นมากเป็นผลทำให้ต้นมีการเจริญที่ไม่ดี โดยเฉพาะเมื่อเกิดร่วมกับความเข้มของแสงที่สูง ส่วนความชื้นในอากาศที่มากจนเกินไป เช่น 90-95% จะทำให้ต้นอ่อนแอ ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรียโดยที่จะทำให้เกิดหยดน้ำบนส่วนของพืชทำให้เกิดโรคพืชได้ง่าย ข้อมูลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่า 95% ติดต่อกันเป็นเวลานานอาจมีผลทำให้การบานดอกช้าออกไป และไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากว่าต้นพืชแต่ละต้นจะตอบสนองต่อปริมาณความชื้นต่างกัน ระดับความชื้นที่เหมาะสมคือประมาณ 80% พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ กับความสามารถในการดูดความชื้นของพืช พืชที่มีการเจริญเติบโตที่ดีจะมีอัตราการหายน้ำในอัตราที่สูงซึ่งก็จะช่วยเพิ่มความชื้นให้มากขึ้นด้วย ความชื้นของอากาศในตอนกลางคืนมีความสำคัญต่อการพัฒนาของพืช เนื่องจากในช่วงกลางคืนเป็นช่วงที่เซลล์พืชจะได้รับน้ำออย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้ต้นพืชมีใบที่ใหญ่ขึ้นและมีลำต้นที่แข็งแรงขึ้น การที่พืชมีใบขนาดที่ใหญ่ขึ้นจะมีผลทำให้มีการปูรุ่งอาหารมากขึ้นด้วย

การตรวจสอบความเป็นไปของความชื้นทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า thermo-hygrograph ซึ่งการจะตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องเป็นระดับ ๆ

#### 4.4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ

##### ความสัมภាពของวันกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการตอบสนองของเบญจมาศต่อช่วงแสง Robert และ Struckmeyer (1938) ปลูกเบญจมาศ Variety Lilian Doty ภายใต้ทั้งวันยาวและวันสั้นที่ระดับอุณหภูมิ 3 ระดับคือ  $13^{\circ}$   $17^{\circ}$  และ  $21^{\circ}$  C พบร่วมกันของการบานดอกจะถูกยับยั้งโดยวันยาวในทุก ๆ อุณหภูมิที่ทดลอง ส่วนในวันสั้น นั้นการบานดอกจะเกิดขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ  $21^{\circ}$  C ที่อุณหภูมิค่ากว่านี้ถึงแม้ว่าต้นจะได้รับวันสั้นก็ตามจะมีการเจริญทางลำต้นและใบ (Vegetative growth) แต่เมื่อไรก็ตาม Post และ Lacey (1951) พบร่วมกันของวันสั้นร่วมกับอุณหภูมิที่สูงก็ยับยั้งการเกิดดอกได้

ดังนั้นการเกิดตัวดอกและการพัฒนาตัวดอกดังกล่าวภายในได้วันสั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิก่อนที่จะได้รับวันสั้น ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสมกับขึ้นอยู่กับสายพันธุ์

Schwabe เสนอว่าในบางพันธุ์ผลของอุณหภูมิมีความสำคัญมากกว่าช่วงแสง Vernalization โดยใช้อุณหภูมิตามที่เร่งให้เกิดตัวดอกเร็วขึ้นอยู่ในวันสั้นและวันยาว

##### ความสัมภាពของวันกับปริมาณแสง

การที่มีปริมาณแสงลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง อาจทำให้การตอบสนองของพืชต่อความยาวของวันเปลี่ยนไป Schwabe (1953) พบร่วมกันของการบานดอกภายในวันสั้นจะหยุดชะงักลงถ้าหากว่าความเข้มของแสงลดลงอย่างมาก Post ให้ข้อสังเกตในปี 1941 ว่าต้นที่เจริญภายในได้รับความยาวของวันและอุณหภูมิที่สามารถชักนำให้เกิดการพัฒนาของตัวดอกได้นั้น จะไม่สามารถบานดอกได้ตามปกติหากว่าได้รับความเข้มของแสงน้อยกว่า 500 lux สำหรับความเข้มของแสงที่จะพอเพียงแก่การตอบสนองของพืชจะค่อนข้างต่ำคือเพียง 60 lux แต่ก็ยังเกี่ยวข้องกับปริมาณแสงรวมที่พืชจะได้รับ

##### อุณหภูมิกับความเข้มของแสง

ปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่อความแข็งแรงของพืชได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณแสงที่ได้รับ กล่าวคือความแข็งแรงของพืชจะขึ้นอยู่กับความสมดุลของปัจจัยทั้งสอง อุณหภูมิที่เพิ่มสูงนั้นจะเพิ่มอัตราของการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ความเข้มของแสงที่ลดลงจะไปลดอัตราการสังเคราะห์แสง แต่มีผลไม่นักกต่ออัตราการหายใจอุณหภูมิที่สูงจะเพิ่มอัตราของการหายใจให้เกิดขึ้นมากกว่าอัตราการสังเคราะห์

แสงที่มีอยู่ ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงร่วมกับปริมาณของแสงที่ต่ำจะลดอัตราของการสร้างอาหารและเพิ่มอัตราการใช้อาหารที่พิชสร้างขึ้น

Watson and Andrews (1953) แสดงให้เห็นว่าในสายพันธุ์ Gold Coast นั้นที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$  นั้นถ้าสภาพความเข้มของแสงต่ำจะไม่เกิดตາดออก แต่ที่อุณหภูมิเดียวกันแต่มีความเข้มของแสงที่พอเพียงจะทำให้เกิดตາดออกได้ 100%

### อุณหภูมิกับการบานของดอก

หากจะแบ่งอย่างกว้างๆ ถึงความสำคัญของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญของเบญจมาศแล้วอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง

1. อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ
2. อุณหภูมิที่มีผลต่อการบานดอก

ได้มีการศึกษาค่อนข้างมากถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อระบะต่างๆ ของการเกิดตາดออก Post (1953) ได้จัดเบญจมาศให้เป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มของ “high temperature” เนื่องจากว่าตากออกจะเกิดขึ้น และพัฒนาเหนืออุณหภูมิวิกฤต อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้จะเกิดเป็นการเจริญทางด้าน Vegetative ซึ่งแพร่ผ่านไปตามสายพันธุ์ จากการศึกษาของ Post ชี้ให้เห็นว่า critical temperature สำหรับการบานดอกของเบญจมาศสายพันธุ์อเมริกันเท่ากับ  $16^{\circ}\text{C}$  Watson & Andrews (1953) จากการศึกษาใน Variety Gold Coast พบร้าภายในตัวความเข้มของแสงที่เหมือนกันและได้รับวันสั้นเป็นเวลา 27 วัน ต้นที่ปลูกเลี้ยงโดยมีอุณหภูมิกลางคืน  $10^{\circ}\text{C}$  จะไม่มีการเกิดตากออก แต่ต้นที่ได้รับอุณหภูมิกลางคืน  $16^{\circ}\text{C}$  จะเกิดตากออกถึง 99% Post และ Kamemoto (1950) พบร้าอุณหภูมิที่สูงมากเช่นที่  $40^{\circ}\text{C}$  จะทำให้การบานดอกในบางพันธุ์ช้าออกไป ถึงแม้ว่าจะได้รับอุณหภูมิสูงเพียง 2 วันก็ตาม

Furuta และ Nelson (1953) แสดงให้เห็นถึงผลเสียอันเนื่องมาจากการได้รับอุณหภูมิที่สูงว่ามีผลต่อการพัฒนาของตากออกในสายพันธุ์ Seagull เขาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย  $24^{\circ}\text{C}$  และ  $27^{\circ}\text{C}$  จะไม่ทำให้การบานดอกช้าออกไป แต่อุณหภูมิที่  $29^{\circ}\text{C}$  จะทำให้การบานดอกช้าออกไปถึง 11 วัน และต้นที่ปลูกโดยได้รับอุณหภูมิเฉลี่ย  $38^{\circ}\text{C}$  จะไม่บานดอกเลย อย่างไรก็ตาม Vince, 1953 ; Cathey, 1954 b พบร้า ในระยะหลังๆของการพัฒนาของดอกคือ ในระยะที่มีการเจริญและยึดตัวของกลีบดอก อุณหภูมิที่  $10^{\circ}\text{C}$  จะไม่ทำให้การพัฒนาของดอกช้าออกไปแต่อย่างใด

การตอบสนองของเบญจมาศต่ออุณหภูมิขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยที่ Cathey (1955) ได้แบ่งเบญจมาศออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามการตอบสนองต่ออุณหภูมิ ซึ่งเป็นการจำแนกของสายพันธุ์ที่ปลูกอยู่ในสหรัฐอเมริกา

กลุ่มที่ 1 คือ *Thermozero* สายพันธุ์ในกลุ่มนี้จะสามารถบานดอกได้ที่อุณหภูมิได ๆ ก็ได้ ตั้งแต่  $10^{\circ}\text{ C}$  -  $27^{\circ}\text{ C}$  แต่การบานดอกจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ หากได้รับอุณหภูมิกลางคืน =  $16^{\circ}\text{ C}$  ส่วนอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้คือใกล้ ๆ  $10^{\circ}\text{ C}$  หรือ  $27^{\circ}\text{ C}$  จะทำให้การบานดอกช้าลงไปเล็กน้อย

กลุ่มที่ 2 คือ *Thermopositive* สายพันธุ์ในกลุ่มนี้ต้องการอุณหภูมิกลางคืนสำหรับทุกรายละเอียดของการสร้างดอกไม่ต่ำกว่า  $10^{\circ}\text{ C}$  แต่การเกิดตัวดอกจะเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น (คือที่  $27^{\circ}\text{ C}$ ) แต่จะทำให้การบานดอกช้าลงไปอุณหภูมิต่ำที่เกิดติดต่อกันจะยังคงการเกิดตัวดอกหรือว่าทำให้เกิดขึ้นช้าลงไปมาก

เบญจมาศที่อยู่ในกลุ่มนี้อุณหภูมิก่อนการเกิดตัวจะมีผลต่อการตอบสนองของพืชเมื่อพืชเริ่มได้รับวันสั้น คือการบานดอกจะช้าลงไปมากพอควรในตอนที่ปลูกที่  $16^{\circ}\text{ C}$  แล้วหายไปที่  $10^{\circ}\text{ C}$  เมื่อเริ่มวันสั้น ส่วนตอนที่ปลูกที่  $10^{\circ}\text{ C}$  ทั้งก่อนและหลังจากที่ได้รับวันสั้นแล้วจะไม่ได้ดอกเลยไม่ว่าเวลาใด

กลุ่มที่ 3 คือ *Thermonegative* สายพันธุ์ในกลุ่มนี้ การเกิดตัวดอกจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิได ๆ ก็ได้ตั้งแต่  $10^{\circ}\text{ C}$  ถึง  $27^{\circ}\text{ C}$  แต่หากว่าต้นพืชได้รับอุณหภูมิที่สูงติดต่อกันจะทำให้การเกิดตัวดอกช้าลง การบานดอกจะสม่ำเสมอและเป็นไปได้เร็ว เมื่อต้นได้รับอุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{ C}$  อย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าหากเป็นการเกิดตัวดอกที่  $10^{\circ}\text{ C}$  และให้มีการพัฒนาของตัวดอกที่  $10^{\circ}\text{ C}$  แทนจะไม่มีผลต่อการบานดอก

Robert and Struckmeyer (1938) เสนอว่าช่วงอุณหภูมิ (thermoperiodicity) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการบานดอกของเบญจมาศและการควบคุมอุณหภูมิในช่วงกลางคืนจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากว่าอุณหภูมิในตอนกลางคืนดังกล่าวจะมีผลต่อการตอบสนองของพืชต่อช่วงแสง (photoperiod) มากกว่าอุณหภูมิตอนกลางวัน Post and Lacey (1951) ก็ได้ยืนยันว่าอุณหภูมิกลางคืนมีความสำคัญโดยพบว่า

อุณหภูมิกลางคืน $^{\circ}\text{C}$	อุณหภูมิกลางวัน $^{\circ}\text{C}$	ผลที่มีต่อการพัฒนาตัวดอก
1 15.6	15.6	เป็นไปอย่างรวดเร็ว
2 15.6	32.2	การพัฒนาช้าลง
3 32.2	15.6	การพัฒนาช้าลง
4 32.2	32.2	มีการพัฒนาที่ช้าที่สุด