การประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอกและปริมาณแอนโทไซยานิน ในดอกไม้กินได้ที่ผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้

Evaluation of Seed Germination, Growth, Flowering and Anthocyanin Content of Edible Flowers under Greenhouse System in Southern Thailand

ฉัฐมาศ พรมเดช

Chattamas Promdach

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University
2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอกและปริมาณแอนโทไซยานิน ในดอกไม้กินได้ที่ผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้

Evaluation of Seed Germination, Growth, Flowering and Anthocyanin Content of Edible Flowers under Greenhouse System in Southern Thailand

ฉัฐมาศ พรมเดช

Chattamas Promdach

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอกและปริมาณแอนโทไซยานิน ในดอกไม้กินได้ที่ผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้

ผู้เขียน นางสาวฉัฐมาศ พรมเดช

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาณุพล หงษ์ภักดี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีรัตน์ เย็นช้อน)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(นางสาวฉัฐมาศ พรมเดช)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(นางสาวฉัฐมาศ พรมเดช)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอกและปริมาณแอนโทไซยานินในดอกไม้กินได้ที่ผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้
ผู้เขียน นางสาวฉัฐมาศ พรมเดช
สาขาวิชา พืชศาสตร์
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

การผลิตดอกไม้ในเขตพื้นที่ภาคใต้ถูกจำกัดด้วยปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เนื่องจากมีฝนตกชุกและความชื้นสูงซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต จึงต้องผลิตภายใต้โรงเรือน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอก และปริมาณแอนโทไซยานินในดอกไม้กินได้ 8 ชนิด ได้แก่ เทียนฝรั่ง (*Impatiens wallerana*) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (*Dianthus chinensis* 'Diamond Series') ผีเสื้อ ไดอาน่า (*Dianthus chinensis* 'Diana Series') แพนซี (*Viola wittrockiana*) ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus*) สร้อยไก่ (*Celosia plumosa*) แววมยุรา (*Torenia fournieri*) และดาวกระจาย (*Cosmos sulphureus*) โดยดอกไม้กินได้ทั้งหมดถูกเพาะเมล็ดภายใต้สภาพโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.68 ± 0.71 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 79.03 ± 4.79% พบว่า สามารถแบ่งตามเปอร์เซ็นต์การงอกได้ 3 กลุ่ม คือ 1.แพนซี (เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ; 61-80%) 2. ลิ้นมังกรและเทียนฝรั่ง (เปอร์เซ็นต์การปานกลาง, 81-90%) 3. แววมยุรา ผีเสื้อ ไดม่อน ผีเสื้อ ไดอาน่า สร้อยไก่ และดาวกระจาย (เปอร์เซ็นต์การงอกสูง, >90%) และเปอร์เซ็นต์การงอกยังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเฉลี่ย ด้านการเจริญเติบโตพบว่า อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดในสัปดาห์แรกหลังย้ายปลูก โดยพบว่าในดาวกระจายมีค่ามากที่สุด คือ 0.349 ± 0.0022 ซม./ซม./วัน นอกจากนี้ ยังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สามารถแบ่งดอกไม้ออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ในช่วงแรกสูงและมีค่าในช่วงหลังต่ำ ได้แก่ดาวกระจาย แววมยุรา สร้อยไก่ ผีเสื้อ ไดมอนด์ ผีเสื้อ ไดอาน่า และเทียนฝรั่ง และกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำในช่วงแรก และมีค่าสูงในช่วงหลัง ได้แก่ ลิ้นมังกร และแพนซี ในขณะที่จำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและวันที่ดอกแรกบานสามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม คือ 1.สร้อยไก่และดาวกระจาย (≤40วัน) 2. ลิ้นมังกร เทียนฝรั่ง และแววมยุรา (>40-50 วัน) 3. ผีเสื้อ ไดอาน่าและผีเสื้อ ไดมอนด์ (>50-60 วัน) 4.แพนซี (> 60 วัน) และยังพบว่า ความยาววันและอุณหภูมิสูงสุดส่งผลทำให้การออกดอกเกิดเร็วขึ้น

ทางด้านปริมาณสารแอนโทไซยานิน พบมากในกลุ่มของ แวววมยุรา แพนซีและผีเสื้อ ไดมอนด์ แต่พบค่าน้อยมากในกลุ่มของดาวกระจาย ลิ้นมังกร และเทียนฝรั่ง

Thesis Title	Evaluation of Seed Germination, Growth, Flowering and Anthocyanin Content of Edible Flowers under Greenhouse System in Southern Thailand
Author	Miss Chattamas Promdach
Major Program	Plant Science
Academic Year	2021

Abstract

The flowering plant's field production in the Southern area is limited by the weather condition, which has a lot of rain and high humidity. However, the trend to use the flower as edible flowers is increasing continuously. Therefore, this study evaluated the seed germination flowering and anthocyanin content of eight edible flowers grown as potted plants**.** Eight species of edible flowers were Impatiens (*Impatiens wallerana*), two of Dianthus (*Dianthus chinensis*), 'Diamond Series' and 'Diana Series', Pansy (*Viola wittrockiana*), Antirrhinum (*Antirrhinum majus*), Celosia (*Celosia plumosa*), Torenia (*Torenia fournieri*) and Cosmos (*Cosmos sulphureus*). Seeds were sown under a greenhouse at the average temperature of 28.7 ± 0.7 °C and 79.0 ± 4.8%RH. These edible flower seeds could be divided into three groups as follows: 1) Pansy (low, 61-80%), 2) Antirrhinum and Impatiens (moderate, 81-90%), and 3) Torenia, 'Diamond Series' Dianthus, 'Diana Series' Dianthus, Celosia, and Cosmos (high, >90%). The results showed the correlation between seed germination and the greenhouse environment, i.e., temperature (especially average temperature), humidity, light intensity and daylength. Regarding vegetative growth. Cosmos has the highest relative growth rate by measuring plant height was found with in first week after transplant, with was 0.349 ± 0.0022 cm/cm/day in Cosmos. Based on time after transplanting, the RGR divide the two group of edible flowers. There was a high RGR at the first and low RGR in the latter periods, i.e., Cosmos, Torenia, Celosia, Dianthus 'Diamond Series' and 'Diana Series', and Impatiens. In contrast, the second group had

low RGR in the first period and a high RGR in latter period, i.e., Antirrhinum and Pansy. While the results are based on the days of flower bud break and blooming, it could be divided into four groups as follows: 1) Celosia and Cosmos (≤40 days), 2) Antirrhinum, Impatiens and Torenia (>40-50 days), 3) 'Diana Series' and 'Diamond Series' Dianthus (>50-60 days), and 4) Pansy (>60 days). It was found that daylength and the maximum temperature was the main factor that effects faster flowering. Torenia, Pansy, and 'Diamond Series' Dianthus are part of anthocyanin content, showing the greatest while Cosmos, Antirrhinum, and Impatiens gave the lowest anthocyanin content.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย การแก้ไขปัญหาตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพล หงษ์ภักดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีรัตน์ เย็นช้อน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ และแก้ไขความถูกต้องของของวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการหลักสูตรร่วม ระดับปริญญาโท (Participatory and Integrative Support for Agricultural Initiative : PISAI) ที่สนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาและให้โอกาสในการหาประสบการณ์ใหม่ ๆ ในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยน และปรับปรุงทักษะในการทำงานด้านวิชาการและการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์จริง

ขอขอบคุณสาขานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน และให้คำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบคุณสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์โรงเรือนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถานีวิจัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำและคอยให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับระบบการจัดการภายในโรงเรือน

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ และสมาชิกในห้องปฏิบัติการที่แนะนำ ช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนทุก ๆ ด้าน และขอบคุณตัวเองที่สามารถผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนและการดำเนินการวิจัยมาได้อย่างที่ตั้งใจไว้

ฉัฐมาศ พรมเดช

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(12)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	27
2. วิธีการวิจัย	
วัสดุ และอุปกรณ์	28
วิธีดำเนินการ	32
3. ผลการวิจัย	37
4. วิจารณ์	58
5. สรุป	69
เอกสารอ้างอิง	71
ประวัติผู้เขียน	83

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างดอกไม้กินได้ในประเทศต่าง ๆ	3
2	คุณลักษณะและการนำไปใช้ประโยชน์ของไม้ดอกกินได้บางชนิด	6
3	ตัวอย่างรสชาติของดอกไม้กินได้บางชนิด	8
4	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของสงขลา (ปีพ.ศ. 2558-2561)	22
5	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ 12 ชนิด	25
6	ข้อมูลทั่วไปของไม้ดอกที่ใช้ในการทดลอง	28
7	ความหมายค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)	29
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน	40
9	กลุ่มของเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด ที่เพาะภายใต้สภาพโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8%	42
10	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดในช่วงสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 7 หลังย้ายปลูก	45
11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน	51
12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน	56

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นในเมล็ดระหว่างการงอกของข้าวบาร์เลย์	11
2	ความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นและมองไม่เห็น	17
3	ช่วงสีที่มองเห็นได้ของอนุพันธ์แอนโทไซยานิน	23
4	เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่เพาะภายใต้สภาวะโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8%	37
5	ดัชนีการงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่เพาะภายใต้สภาวะโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8 %	41
6	ความสูงของต้นดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้ ที่สัปดาห์ที่ 1 วัน สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 5 และ สัปดาห์ที่ 7 ตามลำดับ โดย IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อ ไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร	43
7	จำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง	46
8	ตุ่มตาดอกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด : (a) เทียนฝรั่ง (b) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (c) แววมยุรา (d) ผีเสื้อ ไดอาน่า (e) ดาวกระจาย (f) สร้อยไก่ (g) แพนซี (h) ลิ้นมังกร	47

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9	จำนวนวันที่ดอกแรกบานของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง	52
10	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกแรกที่บานเต็มที่ของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด : (a) เทียนฝรั่ง (b) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (c) แววมยุรา (d) ผีเสื้อ ไดอาน่า (e) ดาวกระจาย (f) สร้อยไก่ (g) แพนซี (h) ลิ้นมังกร	53
11	ปริมาณแอนโทไซยานินจากสารสกัดดอกไม้กินได้ 8 ชนิด ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานี วิจัยคลองหอยโข่ง	57

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ดอกไม้กินได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคในหลากหลายวัฒนธรรม ทั้งเพื่อเพิ่มศิลปะในรสชาติและตกแต่งจาน (Fernandes *et al*., 2017) ชาวโรมันนำดอกไม้มาใช้ปรุงอาหาร เช่นเดียวกับวัฒนธรรมจีน ตะวันออกกลาง และอินเดีย และยังเป็นที่นิยมมากในช่วงรัชสมัยของสมเด็จพระราชินีวิกตอเรียรวมถึงทั้งในอเมริกาเหนือและยุโรป (Newman and O'Conner, 2013) ปัจจุบันดอกไม้กินได้ยิ่งได้รับความนิยมมากขึ้น เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนคู่มือการทำอาหารจากดอกไม้กินได้ บทความบนนิตยสาร และรายการโทรทัศน์ (Rusnak, 1999 ; Kelley *et al*., 2003) ดอกไม้กินได้สามารถนำมาบริโภคทั้งในรูปแบบสดหรือบางชนิดสามารถนำไปปรุงสุกโดยผ่านความร้อน (Belsinger, 1991 ; Kaisoon *et al*., 2011) สำหรับประเทศไทย ดอกไม้หลายชนิดถูกนำมาบริโภคมาตั้งแต่ในอดีต บางชนิดมีคุณสมบัติทางยา โดยมีความเชื่อว่าการบริโภคดอกไม้เหล่านี้จะช่วยรักษาโรคและอาการเจ็บป่วยได้ (Institute of Nutrition, 1999 ; Wongwattanasathien *et al*., 2010) ในประเทศไทยดอกไม้ที่นำมาบริโภคมักเป็นดอกของพืชผัก เช่น ดอกสะเดา ดอกแค ดอกขี้เหล็ก เป็นต้น (Rojanapo and Tepsuwan, 1993) แต่ดอกไม้ที่มาจากต้นที่ปลูกเป็นไม้ดอกกระถางเพื่อใช้จัดสวนหรือตกแต่งภูมิทัศน์มักไม่นิยมนำมาบริโภคและไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เพราะถึงแม้ในปัจจุบันได้เริ่มมีการผลิตดอกไม้กินได้ออกมาจำหน่ายเพิ่มขึ้น แต่การนำดอกไม้จากไม้กระถางเหล่านี้มาบริโภคยังถือเป็นเรื่องแปลก (Benvenuti *et al*., 2016) ทั้งนี้การบริโภคดอกไม้จากไม้ดอกกระถางที่ไม่ทราบแหล่งที่มาแน่ชัด หรือการซื้อดอกไม้จากร้านขายดอกไม้ตามท้องตลาดมาบริโภค อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เพราะอาจมีสารตกค้างจากปุ๋ยเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช และสารเคมีป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืช (Mlcek and Rop, 2011) นอกจากนี้ การพัฒนาดอกไม้บางชนิดที่เดิมปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับเพื่อใช้ตกแต่งสถานที่ เช่น ดอกดาวกระจาย (*Cosmos sulphureus*) ดอกดิล (*Anethum graveolens*) และดอกผักชี (*Coriandrum sativum*) ให้เป็นดอกไม้กินได้ก็ต้องใช้ระบบปลูกและขั้นตอนที่ละเอียดไม่แตกต่างจากการปลูกพืชผักอื่น ๆ (ณวรา, 2561)

แม้ว่าดอกไม้จะถูกนำมาใช้ในการบริโภคตั้งแต่สมัยกรีก โรมันแล้ว (Melillo, 1994) แต่ในระยะหลัง ๆ ได้เริ่มมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น (Mlcek and Rop, 2011) เนื่องจากใน

ดอกไม้อุดมไปด้วยสารสีเพื่อใช้ในการล่อแมลง (Grotewold, 2006) และสารสีเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งเป็นที่น่าสนใจสำหรับโภชนาการทางเลือกใหม่ (Benvenuti *et al*., 2016) โดยกลุ่มสารสีที่สำคัญชนิดหนึ่งที่พบในดอกไม้กินได้คือแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มย่อยของฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินยังเป็นตัวหลักที่ทำให้เกิดโมเลกุลสีทั้งในดอกและผลของพืช โดยอนุพันธ์ของแอนโทไซยานินจะมีเฉดสีตั้งแต่สีส้มไปจนถึงสีน้ำเงิน นอกจากนี้ในปัจจุบันผู้บริโภคยังหันมาให้ความสำคัญกับสีที่ใช้ในการประกอบอาหารมากขึ้น ดังนั้น สีที่ได้จากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและทำให้ความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้น (Wang *et al*., 2000)

อย่างไรก็ตาม การผลิตดอกไม้เหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ ภาตะวันออกเฉียงเหนือ และบางจังหวัดในภาคกลางของประเทศไทยที่มีพื้นที่สูง เนื่องจากดอกไม้เหล่านี้ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวจึงต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อการเจริญเติบโตและการออกดอก นอกจากนี้ในพื้นที่ภาคใต้มักจะประสบปัญหาการมีฝนตกในปริมาณมาก การผลิตจึงต้องอาศัยโรงเรือนเพื่อป้องกันฝน

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้คือศึกษาการผลิตดอกไม้กินได้ภายใต้สภาพโรงเรือนเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมในการผลิตดอกไม้กินได้แต่ละชนิดและการจัดการการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งไม้ดอกกินได้ที่ปลอดภัย และเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้หรือปลูกดอกไม้กินได้ให้เหมาะสมกับการผลิตในพื้นที่ภาคใต้ต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. ดอกไม้กินได้ที่ปลูกเป็นไม้กระถาง

ไม้ดอกกระถาง (Potted ornamental plant) หมายถึง ไม้ดอกที่ปลูกในกระถางตั้งแต่เริ่มเพาะเมล็ดหรือย้ายต้นกล้า โดยการเปลี่ยนกระถางให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นลำดับให้เหมาะสมกับความสูงและการเจริญเติบโตของต้น เมื่อออกดอกจะนำไปใช้ประโยชน์ทั้งต้นทั้งดอกพร้อมทั้งกระถางทำให้อายุการใช้งานทนนานกว่าไม้ตัดดอก ไม้ดอกที่นำมาปลูกเป็นไม้กระถางจึงต้องมีทรงพุ่มกะทัดรัด ไม่ใหญ่มากนัก มีดอกดก และควรจะบานพร้อมกัน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2548)

ดอกไม้กินได้ คือดอกไม้ที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย ไม่มีพิษ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Alasalvar *et al*., 2013; Gupta *et al*., 2018) ซึ่งปัจจุบันดอกไม้กินได้หลายชนิดมีวางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และความต้องการของตลาดก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันมีรายงานว่า ดอกไม้กินได้มี 97 วงศ์ 100 สกุล 180 ชนิดทั่วโลก (Lu *et al*., 2016)

โดยดอกไม้กินได้มักจะใช้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาหารพื้นเมืองในหลาย ๆ ประเทศของเอเชีย ยุโรปและตะวันออกกลาง (Fernandes *et al*., 2017) ดังตัวอย่าง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างดอกไม้กินได้ในประเทศต่าง ๆ

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ประเทศ	อ้างอิง
Hemerocallis disticha	Daylily	จีน	Tai และ Chen (2000)
Prunus mume	Chinese plum	จีน	Shi และคณะ (2009)
Carica papaya	Papaya, Melan Tree	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)
Gmelina arboria	Gamhar	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)
Phlogacanthus thyrsiformis	Nongmangkha	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)
Dendrocnide sinuate	Stinging Tree, Devil Nettle, Elephant Fever Nettle	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)
Oroxylum indicum	Adhatoda, Vassica, Malabar Nut Tree Broken Bones Tree	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)
Nyctanthus arbortristis	Har singar, Coral Jasmine, Tree of Sorrow	อินเดีย	Deka และ Nath (2014)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างดอกไม้กินได้ในประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ประเทศ	อ้างอิง
Antigonon leptopus	Coral Vine	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Bougainvillea hybrida	Paper Flower	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Cassia siamea	Siamese Senna	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Clitorea ternatea	Asian Pigeonwing	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Cosmos sulphureus	Cosmos	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Malvaviscus arboreus	Queen of Tropic Flower	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Ixora chinensis	West Indian Jasmine	ไทย	Kaisoon และคณะ (2011)
Curcubita pepo	Pumpkin, Field pumpkin	เม็กซิโก	Kaisoon และคณะ (2011
Erythrina americana	American Coral Tree	เม็กซิโก	Sotelo และคณะ (2007)
Erythrina caribaea	Coral Tree	เม็กซิโก	Sotelo และคณะ (2007)

2. การบริโภคดอกไม้กินได้

การบริโภคดอกไม้มีมาอย่างยาวนานตั้งแต่สมัยอดีต มีรายงานว่าดอกไม้หลายชนิดถูกบริโภคมาตั้งแต่สมัยกรีก โรมัน (Melillo, 1994) โดยการบริโภคดอกไม้จะใช้ควบคู่ไปกับ ผล เมล็ด ใบ หรือรากของพืชผัก (Takahashi *et al*., 2020) ซึ่งดอกไม้เหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการปรุงอาหารเช่นเดียวกันกับในวัฒนธรรมจีน ตะวันออกกลาง และอินเดีย ดอกไม้กินได้ยิ่งเป็นที่นิยมมากขึ้นในรัชสมัยของพระราชินีวิกตอเรียและความนิยมนี้ก็ยังมีมาจนถึงปัจจุบัน (Newman and O'Conner, 2013) ในโรมโบราณได้นำกลีบดอกกุหลาบมาใช้ให้ความหหวานนและเพิ่มรสชาติในออมเล็ต ซุปข้น เครื่องดื่ม และขนมหวาน ในยุคกลางกลีบดอกดาวเรืองหม้อ (*Calendula officinalis*) นิยมนำมาใช้ในสลัดหลายชนิดของฝรั่งเศส ในยุโรปกลางเป็นเรื่องปกติที่บริโภคขนมปังกับดอกเอลเดอร์เบอร์รี่ และดอกแดนดิไลออนต้มน้ำตาลแทนน้ำผึ้ง (Mlcek and Rop, 2011)

โดยทั่วไปการบริโภคดอกไม้กินได้จะบริโภคทั้งดอกแต่จะมีดอกไม้บางชนิดที่รับประทานได้แค่บางส่วน เช่น ดอกทิวลิป ดอกเบญจมาศ ดอกกุหลาบ ดอกเดซี่ หรือ ดอกแนสเตอร์ซัม ส่วนที่รับประทานจะใช้เฉพาะส่วนของกลีบดอกเท่านั้น หรือดอกไม้บางชนิดจำเป็นต้องนำบางส่วนออก

เพื่อลดความขม เช่น ส่วนที่เป็นสีขาวของดอกกุหลาบ หรือฐานดอกของเบญจมาศ (Kelley *et al*., 2001) วิธีการบริโภคดอกไม้กินได้ที่พบบ่อยที่สุด คือการบริโภคดอกสด แต่อาจจะมีวิธีบริโภคแบบอื่น เช่น อบแห้ง ใส่ในค็อกเทล น้ำตาล หรือใช้ในน้ำเชื่อม โดยทั่วไปแล้วการใช้ดอกไม้กินได้มักจะใช้เพื่อเพิ่ม สี กลิ่น และรสชาติ (Mlcek and Rop, 2011) และในปัจจุบันวิธีการบริโภคดอกไม้กินได้ยิ่งมีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งเพื่อเพิ่มเอกลักษณ์ของรสชาติและยังคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ โดยดอกไม้กินได้จะถูกเสิร์ฟพร้อมกับอาหารคาวจำพวกเนื้อหรือปลา เป็นส่วนประกอบของซุปและเครื่องดื่มจำพวกเบียร์หรือไวน์ ใส่ในขนมหวาน ลูกอม เยลลี่ หรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องปรุง นอกจากนี้ยังใช้ในรูปแบบแห้งเป็นผงแป้ง (Chen and Wei, 2017) และใช้ในรูปแบบผลึก หรือเป็นโฟมในอาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) (Fernandes *et al*., 2019) ยิ่งไปกว่านั้นดอกไม้กินได้ยังใช้เป็นอาหารเสริมในรูปของยาเม็ดหรือแคปซูล (Chen and Wei, 2017) ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้กินได้บางชนิดที่นำมาใช้สามารถสรุปได้ดัง (ตารางที่ 2)

ด้านแนวคิดและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อการบริโภคดอกไม้มักจะเชื่อมโยงกับ เทศกาลงานรื่นเริงหรือประเพณีของแต่ละประเทศ (Lauderdale and Bradley, 2014) และแม้ว่าการบริโภคดอกไม้กินได้จะมีการนำไปใช้ในหลากหลายรูปแบบ แต่ก็ยังมีกลุ่มคนที่คำนึงถึงโภชนาการของดอกไม้กินได้ที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปหรือผ่านการแปรรูปน้อยที่สุดเป็นเหตุผลสำคัญในการเลือกรับประทานดอกไม้เหล่านี้ (Rop *et al*., 2012) ซึ่งผู้ที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพหลาย ๆ คนมักจะต้องการดอกไม้กินได้ในรูปแบบที่กล่าวมามากกว่าดอกไม้กินได้ที่อยู่ในรูปวิตามินหรืออาหารเสริม (Chen and Wei, 2017)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะและการนำไปใช้ประโยชน์ของไม้ดอกกินได้บางชนิด

ลักษณะดอก	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ส่วนที่นำมาใช้	อ้างอิง
	Celosia plumosa	Wool Flower	ทั้งดอก	Mahr (2018)
	Cosmos sulphureus	Cosmos	ทั้งดอก	Kaisoon และคณะ (2011)
	Dahlia mignon	Dahlia	กลีบดอก	Pires และคณะ (2017)
	Dianthus chinensis	Dianthus	ทั้งดอก	Mlcek และ Rop (2011)
	Impatiens walleriana	Impatiens	ทั้งดอก	Rop และคณะ (2012)
	Phlox paniculata	Phox	ทั้งดอก	Gupta และคณะ (2018)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะและการนำไปใช้ประโยชน์ของไม้ดอกกินได้บางชนิด (ต่อ)

ลักษณะดอก	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ส่วนที่นำมาใช้	อ้างอิง
	Antirrhinum majus	Snapdragon	ทั้งดอก	Rop และคณะ (2012)
	Viola × wittrockiana	Pansy	ทั้งดอก	Jauron และคณะ (2013)
	Tagetes erecta	Mexican marigold	ทั้งดอก	González และคณะ (2015)
	Tagetes patula	French marigold	ทั้งดอก	Rop และคณะ (2012)

นอกจาก กลิ่น สี รูปร่างของดอกไม้กินได้ที่มักจะดึงดูดให้ผู้บริโภคสนใจและทดลองอาหารที่มีส่วนประกอบของดอกไม้แล้ว รสชาติก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นความสนใจของผู้บริโภคได้เช่นเดียวกัน ซึ่งตามรายงานการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ Benvenuti และคณะ (2016) ยังพบว่าดอกไม้กินได้บางชนิดมีรสชาติคล้ายผักหรือผลไม้ที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างรสชาติของดอกไม้กินได้ดังแสดง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างรสชาติของดอกไม้กินได้บางชนิด

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	รสชาติ	รสชาติคล้ายผัก/ผลไม้/สมุนไพรที่รู้จัก	อ้างอิง
Antirrhinum majus	Snapdragon	ขม	ชิโครี่	Benvenuti และคณะ (2016)
Tagetes erecta	Mexican marigold	ขม เผ็ด (จัดจ้าน)	ทับทิม	Benvenuti และคณะ (2016)
Begonia semperflorens	Wax begonia	เปรี้ยวอ่อนๆ	เลม่อน	Benvenuti และคณะ (2016)
Calendula officinalis	Calendula	เปรี้ยวและฉุนอ่อนๆ	หญ้าฝรั่น	Benvenuti และคณะ (2016)
Viola × wittrockiana	Pansy	หวาน	-	Mlcek and Rop (2011)
Tulipa spp.	Tulip	หวาน	ถั่ว	Mlcek and Rop (2011)
Agastache foeniculum	Anise Hyssop	หวาน	โป๊ยกั๊ก	Mlcek and Rop (2011)
Borago officinalis	Borage	หวานอ่อนๆ	แตงกวา	Miceli และคณะ (2015)
Viola sp.	Viola	หวาน	วานิลลา	Purohit และคณะ (2021)
Allium schoenoprasum	Chives	เผ็ดและฉุนอ่อนๆ	หัวหอม	Grzeszczuk และคณะ (2011)

3.ตลาดดอกไม้กินได้

ดอกไม้มีผลต่อเศรษฐกิจในหลาย ๆ ลักษณะ นอกจากจะมีความสำคัญต่อกระบวนการผสมเกสรซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการผลิตพืชอาหารอย่างต่อเนื่องแล้ว การใช้ประโยชน์จากดอกไม้กินได้ในรูปแบบอาหารเสริมทางโภชนาการ ในอุตสาหกรรมอาหารและยายังเป็นตัวขับเคลื่อนหลักในการพัฒนาตลาดดอกไม้กินได้ทั่วโลก (Kumari *et al*., 2021) ดอกไม้กินได้กลายเป็นแฟชั่นอาหารในหลายประเทศทั้งในสหราชอาณาจักร โปรตุเกส และออสเตรเลีย ตลาดดอกไม้กินได้มักจะเป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม (niche market) และผู้ผลิตหรือจุดวางจำหน่ายสินค้าประเภทดอกไม้กินได้ทั้งห้างร้านตลาดท้องถิ่นหรือ ตลาดออนไลน์กำลังเพิ่มขึ้นทั่วโลก ในขณะที่ผู้บริโภคหรือแม้แต่เชฟมืออาชีพก็ยังคงมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ทำให้ตลาดของดอกไม้กินได้ยังคงมีความท้าทายอย่างมาก (Fernandes *et al*., 2019) แต่การผลิตดอกไม้กินได้ในเชิงพาณิชย์ยังคงทำได้ในบางประเทศเท่านั้น ผู้ผลิตดอกไม้กินได้ส่วนใหญ่มักจะปลูกดอกไม้กินได้ร่วมกับ ไม้ตัดดอก สมุนไพร และผักสลัด เนื่องจากดอกไม้กินได้มักจะเป็นผลผลิตตามฤดูกาล และการปลูกดอกไม้กินได้ร่วมกับพืชดังกล่าวยังเป็นการสร้างโอกาสและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้ (Anca *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการผลิตดอกไม้กินได้มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูงเนื่องจากเมล็ดพันธุ์และกระบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยหรือเป็นการผลิตในระบบอินทรีย์ การควบคุมแมลงและวัชพืชจำเป็นต้องใช้แรงงานและการดูแลอย่างใกล้ชิด อีกทั้งในช่วงระยะการเก็บเกี่ยวยิ่งต้องใช้เวลาและเป็นการเพิ่มค่าแรงงาน นี่จึงอาจเป็นจุดวิกฤตของการผลิตและการเก็บเกี่ยว (Fernandes *et al*., 2019) อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และความหลากหลายของการปลูกพืชจะสามารถควบคุมจุดวิกฤตนี้ได้ การขนส่งดอกไม้จากแปลงปลูกไปยังตลาดจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวัง ดอกไม้จะต้องถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที อีกประเด็นหนึ่งที่ทำให้ตลาดดอกไม้กินได้เป็นตลาดเฉพาะกลุ่มเนื่องจากดอกไม้กินได้มีอายุการเก็บรักษาสั้น เพียง 7-10 วันเท่านั้น ดังนั้น ในระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 วัน ดอกไม้กินได้เหล่านี้จึงจะต้องอยู่ที่ปลายทางแล้ว ผู้ผลิตจึงจำเป็นจะต้องขนส่งดอกไม้กินได้บ่อยครั้งหรือเป็นประจำทุกวันให้กับจุดจำหน่ายหรือร้านอาหาร (Keidar, 2015)

แม้ว่าตลาดดอกไม้กินได้จะเติบโตอย่างต่อเนื่องแต่ก็ยังมีข้อจำกัดของข้อมูลด้านการผลิตนำเข้า ส่งออกหรือเป็นเพียงข้อมูลตามเว็บไซต์ของบางพื้นที่เท่านั้นโดยมีรายงานว่า เอธิโอเปียส่งออกดอกไม้กินได้ 7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เอกวาดอร์ ส่งออกดอกกุหลาบที่ใช้บริโภค 1 เปอร์เซ็นต์ และจีนส่งออกดอกไม้กินได้ 8 เปอร์เซ็นต์เพื่อใช้ทางการแพทย์และอุตสาหกรรม (Fernandes *et al*., 2019)

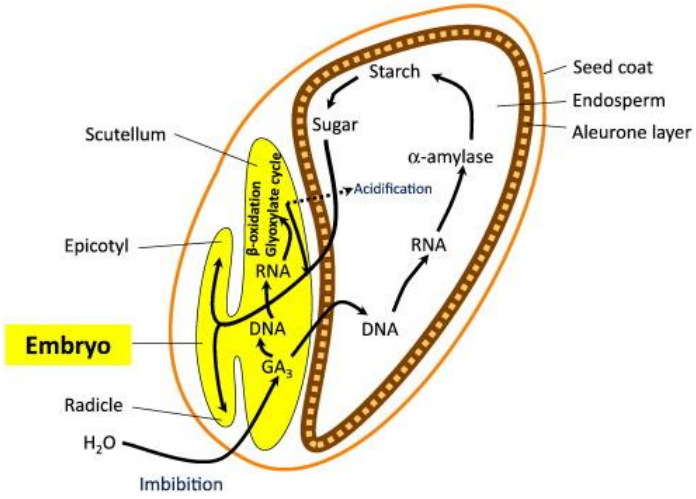
4. ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการงอก การออกดอกและคุณภาพของดอกไม้

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการงอก การออกดอกและคุณภาพของไม้ดอก ได้แก่ อุณหภูมิ แสง คาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้น (นันทิยา, 2545) ซึ่งสภาพแวดล้อมที่กล่าวมามีอิทธิพลต่อกระบวนการต่าง ๆ ในพืช ดังนี้

1.ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

1.1 น้ำและความชื้น

น้ำมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดแตกต่างกันไปตามชนิดหรือสายพันธุ์ของพืช โดยปกติการใช้น้ำของกระบวนการงอกจะเกิดใน 3 ขั้นตอนคือ การดูดน้ำของเมล็ด (imbibition) กระบวนการกระตุ้น (activation) และการเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedling growth) (Bewley *et. al*., 2013) โดยการงอกของเมล็ดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งเริ่มจากเมล็ดแห้งดูดน้ำจนกระทั่งเนื้อเยื่อภายในเมล็ดมีความชุ่มน้ำ (Wolny *et al*., 2018) และเกิดการยืดตัวของแกนต้นอ่อนอย่างต่อเนื่อง (Bewley *et. al*., 2013) ซึ่งมีรายงานว่า ช่วงการดูดซึมน้ำของเมล็ดเป็นช่วงที่การดูดน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงหนึ่งแล้วจึงค่อย ๆ ข้างคงที่ หลังจากนั้นจะสังเกตเห็นรากงอกผ่านชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และในระยะสุดท้ายจะเป็นช่วงของการพัฒนาต้นอ่อนหรือเรียกว่าระยะหลังการงอก (Weitbrecht *et al*., 2011) โดยระหว่างกระบวนการเหล่านี้เมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและปฏิกิริยาทางเคมีเช่น เกิดการแตกของเอนโดสเปิร์มหรือการแตกของเยื่อหุ้มเมล็ด การรั่วไหลของสารละลายภายในเซลล์ การสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีน กล่าวคือ เมื่อเมล็ดดูดน้ำเอ็มบริโอจะหลั่งจิบเบอเรลลิน (GA_3) และถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีโปรตีนหลายชนิดสะสมอยู่ ดังนั้นบริเวณนี้จึงเป็นทั้งเนื้อเยื่อสะสมอาหารและทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ต่าง ๆ โดยเอนไซม์ที่สำคัญคือ **α**-amylase ทำหน้าที่ย่อยแป้งที่สะสมในเอนโดสเปิร์มให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นแหล่งอาหารให้ต้นกล้าที่กำลังงอกโดยจะดูดไปใช้ผ่านทาง scutellum (ภาพที่ 1) (Ma *et al*., 2017)



ภาพที่ 1 กระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นในเมล็ดระหว่างการงอกของข้าวบาร์เลย์

ที่มา : Ma และคณะ (2017)

นอกจากนี้ Styer และ Koranski (1997) อ้างโดย Erwin (2020) รายงานว่าความชื้นที่มากหรือน้อยจนเกินไปบริเวณโดยรอบของเมล็ดจะมีผลในการยับยั้งการงอก ซึ่งความชื้นที่ใช้ในการงอกของเมล็ดจะต้องมีเพียงพอต่อกระบวนการดูดน้ำ แต่จะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สถูกจำกัด เช่น ในแพงพวย (*Catharanthus roseus*) เทียนฝรั่ง (*Impatiens walleriana*) และเยอบีรา (*Gerbera jamesonii*) การงอกของเมล็ดถูกยับยั้งด้วยความชื้นในวัสดุปลูกที่สูงเกินไปหรือช่องว่างและอากาศในวัสดุปลูกไม่เพียงพอ

1.2 อุณหภูมิ

หลังจากที่น้ำในเมล็ดเกิดความสมดุลแล้วการดูดซึมน้ำจะเริ่มลดลงหรือไม่ดูดซึมอีก และปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถควบคุมการงอกของเมล็ดได้คือ อุณหภูมิ (Garcia-Huidobro *et al*., 1982) โดยเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกแตกต่างกันออกไปเช่น ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus*) มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกคือ 18-21 องศาเซลเซียส หงอนไก่ (*Celosia argentea*) คือ 24-25 องศาเซลเซียส ดาวกระจาย (*Cosmos bipinnatus*) คือ 18-21 องศาเซลเซียส ผีเสื้อ (*Dianthus chinensis*) คือ 18-20 องศาเซลเซียส เทียนฝรั่ง (*Impatiens walleriana*) และ แววมยุรา (*Torenia fournieri*) คือ 22-24 องศาเซลเซียส และแพนซี (*Viola wittrockiana*) คือ 20-21 องศาเซลเซียส (Erwin, 2020) ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมเมล็ดอาจจะดูดน้ำได้แต่ไม่งอก และถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป เมล็ดก็อาจจะดูดน้ำได้เช่นเดียวกัน แต่จะไม่มีการเจริญของเอ็มบริโอ เพราะในสภาวะอุณหภูมิสูง พลาดติด ไรโบโซม

ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ จึงไม่มีการสังเคราะห์โปรตีน (Feierabend, 1979; วันชัย, 2537) ซึ่งจากรายงานของดิเรกและคณะ (2540) กล่าวว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 10-35 องศาเซลเซียส โดยเมล็ดพืชบางชนิด จะงอกได้เมื่ออุณหภูมิกลางวันและกลางคืนแตกต่างกันไม่น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์สามารถงอกได้คือ 40 องศาเซลเซียส โดยการตอบสนองของเมล็ดต่ออุณหภูมิสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

- อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอก (optimum temperature) คือระดับอุณหภูมิที่เมล็ดสามารถงอกได้ดีที่สุด เร็วที่สุด และได้ความงอกจำนวนสูงสุด โดยทั่วไปแล้วอยู่ที่ระดับ 20-35 องศาเซลเซียส

- อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการงอก (minimum temperature) คือระดับอุณหภูมิต่ำสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ และถ้าต่ำกว่าจุดนี้แล้วเมล็ดจะไม่งอก ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดของการงอกของเมล็ดแตกต่างกันไปตามชนิดพืช อย่างไรก็ตาม เมล็ดพืชเขตหนาวมีอุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการงอกต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์พืชเขตร้อนและอาจจะถึงจุดเยือกแข็งสำหรับเมล็ดพืชบางชนิด

- อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการงอก (maximum temperature) คืออุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้และถ้าอุณหภูมิสูงเกินจุดนี้ไปแล้วเมล็ดจะไม่งอก เมล็ดโดยทั่วไปมีระดับอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการงอกประมาณ 40 องศาเซลเซียส และยังขึ้นกับอาหารสะสมในเมล็ด คือเมล็ดที่มีอาหารสะสมพวกไขมันสามารถงอกได้ที่อุณหภูมิสูงต่ำกว่าเมล็ดที่สะสมคาร์โบไฮเดรท

- อุณหภูมิเหนืออุณหภูมิสูงสุดคือระดับอุณหภูมิที่อยู่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ อุณหภูมิในระดับนี้ นอกจากเมล็ดไม่สามารถงอกได้แล้วยังทำให้เมล็ดตายได้ (วัลลภ, 2540)

1.3 ออกซิเจน

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการงอกคือ ออกซิเจน แม้ว่ากระบวนการดูดน้ำของเมล็ดไม่ต้องการออกซิเจน แต่เมล็ดโดยทั่วไปยังต้องการออกซิเจนในการงอก เนื่องจากออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเกิดการสะสมสารพิษขึ้นในเมล็ด เช่น acetaldehyde, ethanol และ lactate (วันชัย, 2537)

1.4 แสง

นอกจากปัจจัยที่จำเป็นทั้ง 3 ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว แสงอาจจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เมล็ดพืชบางชนิดจำเป็นต้องใช้ในการงอก กล่าวคือเมล็ดส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในการงอก แต่มีเมล็ดจำนวนไม่น้อยที่จะไม่งอกหากไม่ได้รับแสง หรือสำหรับเมล็ดพืชบางชนิดต้องการแสงในการกระตุ้นการงอกแค่ในระยะแรกเท่านั้น การกระตุ้นของแสงในการงอกของเมล็ด ขึ้นอยู่กับแสงสุดท้ายที่ได้รับ นอกจากความยาวคลื่นที่ได้รับแล้วความเข้มแสงก็มีอิทธิพลต่อการงอกแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช (วัลลภ, 2540) แต่อย่างไรก็ตามแสงจะมีบทบาทต่อการงอกของเมล็ดก็ต่อเมื่อเมล็ดดูดน้ำแล้วเท่านั้น หากเมล็ดแห้งคุณภาพแสงจะไม่มีผลต่อการงอก (ดิเรก และคณะ, 2540) เมล็ดพืชสามารถจำแนกตามการตอบสนองต่อแสงที่ใช้ในการงอกออกได้เป็น 3 ชนิดคือ เมล็ดพืชที่ต้องการแสงในการงอก เมล็ดพืชที่ต้องการความมืดในการงอก และเมล็ดพืชที่ไม่ตอบสนองต่อแสง (Baskin and Baskin, 2001) สำหรับเมล็ดที่ต้องการแสงในการงอกมักจะเป็นเมล็ดขนาดเล็ก เช่น บีโกเนีย คาลซีโอลาเซีย (slipper flower) และ กล็อกซิเนีย โดยการงอกของเมล็ดจะถูกกระตุ้นด้วยแสงสีแดง ในทางกลับกันเมล็ดที่ต้องการความมืดในการงอกมักจะเป็นเมล็ดขนาดใหญ่ เช่น รักเร่ ดาวเรือง ดาวเรืองหม้อ ไซคลาเมน (cyclamen) และแนสเตอร์ชัม (Erwin, 2020) โดยการตอบสนองต่อแสงในการงอกของเมล็ดเกิดจากการทำงานของระบบรงควัตถุรับแสงหรือไฟโตโครม โดยไฟโตโครมที่ดูดกลืนแสงสีแดง (660 นาโนเมตร) จะอยู่ในรูป Pr และเมื่อดูดกลืนแสงสีแดงแล้วจะเปลี่ยนรูปไปเป็น Pfr ที่สามารถดูดกลืนแสงสีแดงไกล (730 นาโนเมตร) ได้ โดยมีรายงานจากการทดสอบการงอกของเมล็ดผักสลัดที่ตอบสนองต่อแสงว่าแสงสีแดงกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้สูงที่สุด ในขณะที่แสงสีแดงไกลระงับการงอกของเมล็ด ทั้งนี้เนื่องจากแสงสีแดงมีผลให้ Pr เปลี่ยนรูปไปเป็น Pfr ซึ่งเป็นรูปแบบที่ตอบสนองต่อกิจกรรมทางสรีรวิทยา ในขณะที่แสงสีแดงไกลทำให้ Pfr เปลี่ยรูปเป็น Pr ซึ่งเป็นรูปแบบที่คงตัวและไม่ตอบสนองต่อกิจกรรมดังกล่าว (ดนัย, 2557)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกและคุณภาพของดอกไม้

การออกดอกเป็นการเปลี่ยนแปลงจากระยะที่มีการเจริญทางด้านกิ่งใบ (vegetative phase) ไปสู่ระยะการสืบพันธุ์ (reproductive phase) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญ โดยการออกดอกสามารถถูกกระตุ้นได้ทั้งจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ปัจจัยภายใน ได้แก่ อายุหรือขนาดของพืช ในทางกลับกันปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นการออกดอกจากภายนอกส่วนใหญ่มาจากสภาพแวดล้อม (Erwin, 2007) โดยการออกดอกสามารถพิจารณาได้ 3 ขั้นตอนคือ 1. พืชมีความสามารถในการรับรู้เพื่อตอบสนองต่อสัญาณกระตุ้น 2. เมื่อได้รับสัญาณกระตุ้นแล้วจึงส่งต่อสัญญาณไปที่บริเวณปลายยอด แล้วเกิดกระบวนการเปลี่ยนจากการเจริญทางด้านกิ่งใบเข้าสู่ระยะการสืบพันธุ์ 3. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ของดอก (Kalra and Lal, 2018) ซึ่งกระบวนการเกิดและพัฒนาของดอกมีขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันดังนี้

1. ระยะชักนำ (Floral induction) เป็นระยะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อเจริญ และในระยะนี้พืชเริ่มมีการตอบสนองต่อปัญจัยทางสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น แสง อุณหภูมิ และยังเกิดการสังเคราะห์ฮอร์โมน เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณไปยังตายอดให้เปลี่ยนเป็นตาดอก (สมบุญ, 2548)

2. ระยะตื่นตัว (Floral evocation) เป็นระยะที่มีการเพิ่มความถี่ของการแบ่งเซลล์บริเวณส่วนกลางของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด และมียังการสังเคราะห์สารพันธุกรรมเพิ่มขึ้น (Kalra and Lal, 2018)

3. ระยะการเกิดตาดอก (Flower initiation) เป็นระยะแรกที่มีการแสดงออกทางสรีรวิทยาภายนอกซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งเซลล์บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Tan and Swain, 2006) ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นผลลัพธ์แรกที่สามารถสังเกตเห็นตาดอก (floral primordia) ได้หลังจากมีการกระตุ้นการสร้างดอกแล้ว (May, 2000)

4. ระยะพัฒนาของดอก (Flower development) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากระยะการเกิดตาดอก (flower initiation) ไปจนถึงระยะดอกบานเต็มที่ (anthesis) (Erwin, 2007) โดยระยะดอกบานเต็มที่หมายถึงดอกเจริญเติบโตจนกระทั่งพร้อมที่จะผสมเกสร (Noyce, 2017)

โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลักที่มีผลต่อการออกดอก ได้แก่ ความยาววันซึ่งหมายรวมถึงช่วงเวลาในการรับแสง (photoperiod) อุณหภูมิ และการให้น้ำ (Erwin, 2007)

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่มีผลกับการออกดอก พบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะลดจำนวนดอกหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของดอก ซึ่งการเกิดตาดอกจะไวต่ออุณหภูมิที่ให้เฉพาะเวลากลางวัน กลางคืนหรือเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ดอกนั้น ๆ เช่น เทียนนิวกินี (*Impatiens hawker* W. Bull.) จะมีจำนวนดอกลดลงมากถ้าเวลากลางคืนมีอุณหภูมิสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 17 องศาเซลเซียส ฟิวเซีย (*Fuchsia* L.) จะไม่เกิดตาดอกถ้าอุณหภูมิกลางวันสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส และในเทียนนิวกินีถ้าอุณหภูมิประมาณ 24.4 องศาเซลเซียสจะเหมาะสมในการเจริญทางกิ่งใบมากกว่าการสร้างตาดอก โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างตาดอกคือ 20 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมินี้จะทำให้ดอกมีขนาดใหญ่และสีของดอกเข้มขึ้น (นันทิยา, 2545) ซึ่งในธรรมชาติอุณหภูมิจะแปรผันมาก และจะมีความผันแปรไปตามสภาพของพื้นที่นั้น ๆ ดังนี้

- ที่ตั้งของพื้นที่ หากตั้งอยู่ในละติจูดที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่แตกต่างกัน พื้นที่ที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 0-30 องศาเหนือและใต้เป็นเขตร้อน โดยพื้นที่ที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 30-60 องศาเหนือและใต้เป็นเขตอบอุ่น ส่วนพื้นที่ที่อยู่เกินเส้นรุ้งที่ 60 องศาเหนือและใต้จัดเป็นเขตหนาว

- ความสูงของพื้นที่ ในบางพื้นที่ที่อยู่ที่ละติจูดเดียวกันจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เท่ากันถ้าพื้นที่มีความสูงไม่เท่ากัน บริเวณที่สูงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ราบ โดยอุณหภูมิจะลดลง 15.94 องศาเซลเซียสต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 304.8 เมตร ทำให้บางพื้นที่ในประเทศเขตร้อนเหมาะสมและสามารถผลิตพืชที่เป็นของประเทศในเขตอบอุ่นหรือหนาวได้ โดยผลิตในภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูง

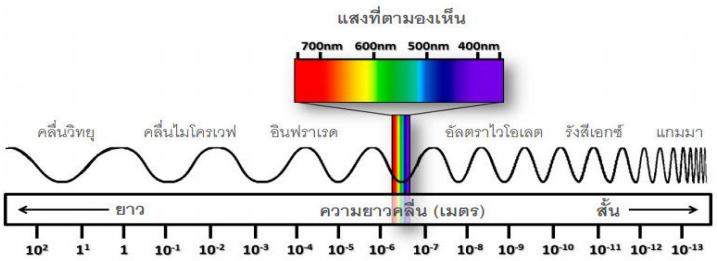
- ความเข้มแสง แสงที่มาจากดวงอาทิตย์หากมีความเข้มสูงจะปลดปล่อยออกมาในรูปของความร้อนจะมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะพบว่า ในช่วงระยะเวลาในแต่ละวันที่ความเข้มแสงแตกต่างกันจะมีอุณหภูมิต่างกันด้วย (ดิเรก และคณะ, 2540)

การออกดอกของพืชหลายชนิดโดยเฉพาะในเขตหนาวและเขตอบอุ่นยังต้องการอุณหภูมิต่ำในการชักนำการออกดอก ถ้าไม่ได้รับอุณหภูมิตามที่กำหนดแล้ว จะมีการเติบโตเฉพาะทางด้านลำต้นโดยไม่มีการออกดอกหรือออกดอกช้า สำหรับความต้องการอุณหภูมิต่ำเท่าไรหรือนานขนาดไหนจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้น ๆ ผลของอุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นนี้จะไม่ปรากฏให้เห็นในทันที่แต่จะแสดงออกในระยะหลังในรูปของการออดอก ดังนั้นปรากฏการณ์นี้จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับการตอบสนองต่อแสง และจัดเป็น physiological preconditioning ชนิดหนึ่ง (ลิลลี่, 2546) และเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีภายในและการที่พืชได้รับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหัน จะทำให้พืชชะงักหรือหยุดการเจริญเติบโตได้ (ชวนพิศ, 2544) การตอบสนองของพืชต่ออุณหภูมิสามารถแบ่งได้เป็น 1.พืชที่ไม่ตอบสนองต่ออุณหภูมิในการออกดอก คือพืชที่ไม่ต้องการอุณหภูมิที่เฉพาะเจาะจงในการออกดอก แต่อุณหภูมิต่ำจะช่วยส่งเสริมการออกดอกได้ ทั้งนี้พืชบางชนิดอุณหภูมิสูงก็สามารถส่งเสริมการออกดอกได้เช่นเดียวกัน 2.พืชที่ต้องการอุณหภูมิแบบสลับเพื่อส่งเสริมการออกดอก และ 3.พืชที่ต้องการอุณหภูมิเฉพาะเจาะจงในการออกดอก หากไม่ได้รับอุณหภูมิดังกล่าวจะไม่สามารถออกดอกได้ (โสระยา, 2547; รุ่งนภาและสิรินาถ, 2559) จากรายงานของ Calvert (1957) อ้างโดย Erwin (2007) กล่าวว่า ก่อนหน้านี้ได้มีการสังเกตว่าอุณหภูมิสูงมีผลต่อการยับยั้งการออกดอก อย่างเช่นในกรณีของมะเขือเทศ (*L. esculentum*) ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีจำนวนข้อเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในขณะที่เกิดช่อดอกแรกแล้วเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 10-16 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ในพืชหลาย ๆ ชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการออกดอกอยู่ระหว่าง 18 ถึง 22 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากอุณหภูมิที่เหมาะสมนี้แล้ว จำนวนดอกจะลดลง ซึ่งข้อสรุปดังกล่าวอ้างอิงจากการสังเกตว่าอุณหภูมิส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อจำนวนดอกในพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงเวลาแสง (day neutral plants) ที่โตเต็มที่ซึ่งมีการชักนำให้เกิดดอกอย่างต่อเนื่อง ในกรณีของดอกเจอราเนียม (*Pelargonium spp.)* พบว่าจำนวนดอกต่อช่อดอกลดลง เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันเพิ่มสูงขึ้น และยังพบว่า ในเจอราเนี่ยมไอวี Nicole (*P. peltatum* ‘Nicole’) มีจำนวนดอกต่อช่อดอกลดลงจาก 9 ดอกเหลือเพียง 3.8 ดอก เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นจาก 12 องศาเซลเซียสเป็น 29 องศาเซลเซียส (Erwin, 1999; Erwin, 2020) และจากรายงานของ Erwin และ Kovanda (1990) ยังกล่าวว่า จำนวนตาดอกของฟิวเซีย Dollar Princess (*Fuchsia x hybrida* L. ‘Dollar Princess’) เพิ่มขึ้นจาก 2.3 เป็น 6 ตาดอกเมื่ออุณหภูมิ

เพิ่มขึ้นจาก 12 เป็น 15 องศาเซลเซียส แต่ตาดอกลดลงเหลือ 2.3 ตาดอกเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้นถึง 25 องศาเซลเซียส

2.2 อิทธิพลของแสงต่อการออกดอก แสงจัดเป็นปัจจัยของสภาพภูมิอากาศที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพืช นอกจากนี้แสงยังเป็นตัวกระตุ้นและควบคุมกระบวนการต่าง ๆ รวมถึงการออกดอก พืชสามารถตอบสนองต่อแสงได้หลายลักษณะ (ลิลลี่, 2546) ขึ้นกับคุณลักษณะต่าง ๆ ของแสงดังต่อไปนี้

- คุณภาพของแสง (light quality or source) โดยช่วงคลื่นแสงที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นช่วงแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ที่ช่วงประมาณ 400-750 นาโนเมตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นและมองไม่เห็น

ที่มา : อาจวรงค์ (2559)

คุณภาพของแสงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง คุณภาพแสงที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงจะอยู่ที่ความยาวคลื่น ประมาณ 380-760 นาโนเมตร และช่วงแสงที่สำคัญคือแสงสีแดง โดยมีความยาวคลื่นอยู่ที่ 640-660 นาโนเมตร และแสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นอยู่ที่ 480-500 นาโนเมตร จะเป็นช่วงแสงที่คลอโรฟิลล์ดูดแสงได้มากทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสงซึ่งก่อให้เกิดพลังงานในพืช (ดิเรก และคณะ, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่า ความยาวคลื่นมากจะมีผลต่อการยืดตัวของลำต้นน้อย และแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีผลต่อการยืดตัวของลำต้นมาก สำหรับแสงที่มีประโยชน์ต่อการยืดยาวของใบจะมีผลตรงข้ามกับการยืดตัวของลำต้น ถ้าปลูกพืชในที่มีรังสีอัตราไวโอเลตสูงพืชจะตาย และมีผลเช่นเดียวกันเมื่อปลูกพืชในที่ที่มีความเข้มของรังสีอินฟราเรดสูง (ชวนพิศ, 2544)

- ระยะเวลาในการรับแสง (light duration) ชั่วโมงหรือระยะเวลาของแสงในแต่ละวัน โดยระยะเวลาในการรับแสงจะเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยช่วงแสงที่พืชได้รับในแต่ละวันจะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและมีอิทธิพลต่อการการออกดอกของพืช (photoperiodism) แต่สิ่งที่ควบคุมการออกดอกของพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับชั่วโมงแสง แต่จะเป็นระยะเวลาของการมืดในเวลากลางคืน (นันทิยา, 2545) โดยช่วงเวลาของการได้รับแสงของพืชตามธรรมชาติของประเทศไทยช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืนไม่แตกต่างกันมากคือเวลากลางวันจะมีแสงใกล้เคียงกับความมืดในเวลากลางคืน การที่พืชเติบโตในช่วงเวลากลางวันที่ไม่เท่ากันหรือการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของแสง เรียกว่า photoperiodism ช่วงเวลาความยาวของวันเรียกว่า photoperiod (ชวนพิศ, 2544) ซึ่ง photoperiodism นี้นอกจากจะควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้แล้วยังสามารถควบคุมกระบวนการออกดอก การสร้างหัว การเริ่มต้นการพักตัว หรือแม้กระทั่งกระบวนการสร้างเหง้าของพืชที่มีลำต้นใต้ดิน (Erwin, 2007) การค้นพบเกี่ยวกับ photoperiodism เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1992 โดย Wightman Garner และ Henry Allard ซึ่งการค้นพบนี้ระบุว่าช่วงเวลารับแสงสามารถควบคุมการออกดอกได้ Garner และ Allard ได้ตั้งข้อสังเกตว่ายาสูบพันธุ์กลาย (‘Maryland Mammoth’) ที่ปลูกในแปลงกลางแจ้งช่วงฤดูร้อนไม่ออกดอก แต่กลับออกดอกเมื่อปลูกในเรือนกระจกในฤดูหนาว หลังจากนั้นจึงมีการทดลองคลุมพลาสติกดำในแปลงกลางแจ้งเพื่อย่นระยะเวลากลางวันลงและผลการทดลองนี้ทำให้ยาสูบออกดอก Garner และ Allard จึงสรุปการทดลองนี้ว่า ความยาววัน (daylength) สามารถควบคุมการออกดอกของพืชได้ การจัดการเรื่อง photoperiodism ในอุตสาหกรรมไม้ดอกเริ่มขึ้นหลังจากที่มีรายงานจากบริษัท Gas Poesch ที่ระบุว่าแสงไฟจากข้างถนนยับยั้งการออกดอกของเบญจมาศในการผลิตในรอบปลูกนั้น และจากการสังเกตนี้จึงเป็นผลให้มีการนำความยาววันมาใช้ในการกระตุ้นหรือยับยั้งการออกดอกของเบญจมาศ รวมถึงไม้กระถางและไม้ตัดดอกชนิดอื่น ๆ อย่างกว้างขวางทั่วโลก (Erwin, 2020) และจากการศึกษา photoperiodism ทำให้ Thomas และ Vince-Prue (1997) อ้างโดย Erwin (2007) สามารถแบ่งพืชออกตามการตอบสนองต่ออิทธิพลของช่วงแสงต่อการออกดอกได้หลายกลุ่ม คือ พืชวันสั้น (short-day plants) พืชวันยาว (long-day plants) พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (day-neutral plants) พืชวันเฉพาะ (Intermediate-Day Plants) และพืชที่มีการตอบสนองต่อช่วงวันวันที่ไม่ชัดเจน (Ambiphotoperiodic-Day Plants) โดยรายละเอียดของพืชแต่ละกลุ่มมีดังต่อไปนี้ พืชวันสั้น (short-day plants) คือพืชที่ต้องการช่วงเวลากลางคืนยาวนานกว่าช่วงวิกฤตจึงจะ

ออกดอก โดยทั่วไปมักจะเป็นพืชที่มาจากละติจูดที่ต่ำกว่า เช่น กาแฟ ฝ้าย และข้าว หรือเป็นไม้ดอกที่ออกดอกในช่วงปลายฤดูร้อนเช่น เบญจมาศ (Cockshull, 1984; Erwin, 2020) พืชวันยาว (long-day plants) คือพืชที่ต้องการช่วงกลางคืนสั้นกว่าช่วงวิกฤตจึงจะออกดอก โดยทั่วไปจะเป็นพืชที่มาจากละที่จูดที่สูงกว่าเช่น หญ้าในเขตอบอุ่น (Deitzer, 1984; Erwin,2020) พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (day-neutral plants) คือพืชที่ออกดอกได้ตามปกติโดยการชักนำให้เกิดตาดอกจะไม่ขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงมืด มักจะเป็นพืชที่กระจายตัวอยู่ตามช่วงกว้างของละติจูด (Halevy, 1984; Erwin, 2020) พืชวันเฉพาะ (Intermediate-Day Plants) พืชในกลุ่มนี้ต้องการความยาวของช่วงเวลากลางคืนอยู่ที่ 12-14 ชั่วโมงจึงจะออกดอก และ พืชที่มีการตอบสนองต่อช่วงวันวันที่ไม่ชัดเจน (Ambiphotoperiodic-Day Plants) คือพืชที่จะเกิดการชักนำให้เกิดตาดอกได้จะต้องได้รับช่วงเวลากลางคืนสั้น หรือยาวกว่าช่วงที่กำหนดแต่ (Erwin, 2007) เช่นใน *Madia elegans* จะออกดอกเมื่อได้รับช่วงแสงน้อยกว่า 14 ชั่วโมงหรือยาวนานกว่า 18 ชั่วโมงซึ่งพืชชนิดนี้เป็นพืชที่ค่อนข้างหายาก (Wada, 2003)

- ความเข้มแสง (light intensity) เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชได้รับ มีหน่วยเป็น ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ($\mu mol/m^2/s$) ถ้าความเข้มแสงอยู่ในระดับที่เหมาะสมพืชจะสามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตได้ดีเพื่อใช้ในการเติบโต ถ้าความเข้มแสงต่ำ การสังเคราะห์แสงจะลดน้อยลง การคายน้ำต่ำ การเติบโตจะหยุดชะงัก ต้นพืชจะอ่อนและยืด ใบบาง ต้นผอมรากเรียวบาง แต่หากพืชได้รับความเข้มแสงที่สูง อุณหภูมิใบจะสูง ใบซีด อาจจะทำให้ใบไหม้ ต้นชะงักการเติบโต และเมื่อออกดอกสีของดอกจะซีดลงเพราะเม็ดสีถูกทำลาย โดยเม็ดสีเหลืองจะทนต่อความเข้มแสงได้ดีกว่าเม็ดสีอื่น ๆ ในขณะที่สีม่วงและสีชมพูมีความทนทานน้อยกว่า ดังนั้นเมื่ออยู่ในที่ที่ความเข้มแสงมาก ดอกจะซีดลงจนเกือบเป็นสีขาว (นันทิยา, 2545) นอกจากนี้ Erwin (2007) ที่กล่าวว่าความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเยาว์วัย (juvenile period) ของพืชหลายชนิดสั้นลง ในทางตรงกันข้ามหากพืชได้รับความเข้มแสงต่ำก็จะยืดช่วงระยะเยาว์วัยออกไป ซึ่งบทสรุปนี้ได้จากการทำการทดลองในพืชตระกูลเจอราเนียมที่มีการให้ความเข้มแสงเสริมเข้าไปพบว่า จำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกสั้นลงนั่นคือความเข้มแสงทำให้เจอราเนียมออกดอกเร็วขึ้น และยังมีการศึกษาเพื่อแยกแยะว่าความเข้มแสงมีผลต่อการเร่งให้เกิดตาดอกหรือเร่งให้มีการพัฒนาของดอกที่เร็วขึ้น ซึ่งพบว่าโดยส่วนใหญ่ความเข้มแสงจะเข้าไปมีผลต่อการเร่งให้ดอกพัฒนาตัวอย่างเช่น ในการทดลองของ Hedley (1974) พบว่า ลิ้นมังกร ‘Orchid Rocket’ มีพัฒนาการของดอกที่เร็วขึ้น (จากจำนวนใบใต้

ช่อดอก 80 ใบ เหลือเพียง 34 ใบ) เมื่อปลูกภายใต้สภาพความยาววันมีมีการเพิ่มความเข้มแสงจาก 115 เป็น 500 μmol/m^2/s

2.3 ความชื้นที่มีผลต่อการออกดอก นอกจากแสงและอุณหภูมิที่เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกดอกแล้ว ความชื้นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการผลิตไม้ดอกซึ่งความชื้นมีความสำคัญในการคายน้ำของพืช หากอัตราการคายน้ำสูงเกินกว่าที่รากจะดูดไปชดเชย ปากใบจะปิด และในขณะเดียวกันการสังเคราะห์แสงก็จะลดลงเนื่องจากเมื่อปากใบปิดคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถเข้ามาทางปากใบได้ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคายน้ำของพืชคืออุณหภูมิ การระเหยน้ำจากวัสดุปลูก ความชื้นในอากาศ ปริมาณการให้น้ำในโรงเรือน ชนิดของพื้นโรงเรือน ถ้าความชื้นในอากาศสูงเกินไป การคายน้ำจะเกิดขึ้นได้น้อยพืชจะมีใบบาง ต้นผอม ไม่แข็งแรง (นันทิยา, 2545)

สำหรับบทบาทของน้ำและความชื้นต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของพืชคือ เป็นตัวทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ มีความสำคัญในกระบวนการลำเลียงธาตุอาหาร ฮอร์โมน วิตามิน และจะเกิดขึ้นเมื่อสภาพความชื้นในอากาศไม่สมดุลกับความชื้นในพืช หรือเมื่อพืชต้องการลดอุณหภูมิภายในนอกจากนี้น้ำยังเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและรักษาสภาพอุณหภูมิของเซลล์ นอกจากบทบาททางสรีรวิทยาแล้วน้ำและความชื้นยังมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชคือหากความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมและปัจจัยอื่น ๆ คงที่กระบวนการทางสรีรวิทยาดำเนินไปตามปกติ (ดิเรก และคณะ, 2540) ทั้งการเจริญทางด้านกิ่งใบและการออกดอกซึ่งในกระบวนการออกดอกหากขาดน้ำจะมีผลโดยตรงกับการออกดอกใน 2 ระยะของพัฒนาการ คือ ระยะก่อนการเกิดตาดอก (pre- initiation of flowering) หากขาดน้ำในระยะนี้จะชักนำให้เปลี่ยนเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์และออกดอกเร็ว ด้านระยะเกิดดอก (floral initiation) หากขาดน้ำในระยะนี้จะยับยั้งการออกดอก หรือทำให้ตาดอกไม่พัฒนา หรือหากสร้างตาดอกแล้วแต่กำลังพัฒนา ก็สามารถใช้สภาพการขาดน้ำในการควบคุมการออกดอกได้ (ลิลลี่, 2546) ตามรายงานของ Major (1980) กล่าวว่าพืชปลูกหลายชนิดจะลดจำนวนการติดเมล็ดลงเมื่อพืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำระหว่างช่วงเกิดดอก หรือการงดน้ำในบางช่วงของการปลูกและการกลับมาให้น้ำจะทำให้พืชออกดอกได้อีกครั้ง ในกรณีของไม้ดอกนอกจากน้ำแล้วความชื้นสัมพัทธ์ก็ยังมีบทบาทสำคัญโดยการตอบสนองต่อความชื้นสัมพัทธ์จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดพืช จากการรายงานของ Mortensen (1986) ได้ทำการทดลองปลูกพืชในระบบโรงเรือนภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักแห้ง

ของพืช 6 ชนิดเพิ่มสูงขึ้นตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าในบีโกเนียมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด แต่ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลกับน้ำหนักแห้งของดอกคัมพานูลา (*Campanula isophylla*) กุหลาบ และผักกาดหอม แต่ความชื้นสัมพัทธ์ให้ผลต่อน้ำหนักแห้งในทิศทางตรงข้ามกันใน มอสส์ไอริส (*Soleirolia soleirolii*) และจากการศึกษานี้ยังพบว่าพืชเกือบทั้งหมดมีความยาวยอดเพิ่มสูงขึ้นตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันพบว่าจำนวนดอกและจำนวนตาดอกในแอฟริกันไวโอเลตเพิ่มสูงขึ้นตามความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคลองกับการทดลองของ Mortensen ในปี 2000 ที่ทดสอบปลูกพืชภายใต้สภาวะค่าแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ (air vapor pressure deficit : VPDair) และความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันพบว่า เมื่อค่า VPD ลดลง (ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น) ความสูงของเบญจมาศ คาลันโช (*klanchoe blossfeldiana*) และ ต้นคริสต์มาส (*Euphorbia pulcherrima*) มีความสูงเพิ่มมากขึ้น ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นคริสต์มาศ และคาลันโชสูงขึ้น แต่น้ำหนักแห้งในบีโกเนียลดลง และที่ค่า VPD ต่ำที่สุด (ความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด) ทำให้เบญจมาศออกดอกช้าไป 3-4 วันแต่ไม่มีผลกับต้นชนิดอื่น ซึ่งการผลิตไม้ดอกกระถางให้มีคุณภาพสูง ทรงพุ่มกะทัดรัดควรจะทำในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ

4. สภาพแวดล้อมทั่วไปของจังหวัดสงขลา

สงขลาเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคใต้ฝั่งตะวันออก อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีน ทำให้ภาคต่าง ๆ ทางตอนบนของประเทศ มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง แต่ภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ลงไปรวมถึงสงขลากลับมีฝนตกชุกเพราะลมมรสุมนี้พัดผ่านอ่าวไทย จึงพาเอาไอน้ำไปตกเป็นฝนทั่วไป อากาศจึงไม่หนาวเย็นแบบภาคอื่น ๆ แต่อาจมีอากาศเย็นเป็นครั้งคราว ลมมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านมหาสมุทรอินเดียจึงพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาสู่ประเทศไทย แต่เนื่องจากเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกกั้นกระแสลมทำให้บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกและจังหวัดสงขลามีฝนตกน้อยกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ปรเมศร์และเทวินทร์, 2556) ซึ่งตัวอย่างข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสงขลาในปี พ.ศ.2558-2561 ดังแสดง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของสงขลา (ปีพ.ศ. 2558-2561)

รายการ	ปี พ.ศ. 2558	ปี พ.ศ. 2559	ปี พ.ศ. 2560	ปี พ.ศ. 2561
ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.)	1,424	2,040	2,908.3	2,069.9
จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)	145	142	193	146
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	27.62	28.06	27.47	27.74
อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	34.58	35.55	34.67	34.43
อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	21.92	22.13	21.73	21.98
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	80.18	79.11	82.53	80.00

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2558)

โดยทั่วไปของจังหวัดสงขลา ได้แก่

- ปริมาณฝน จังหวัดสงขลามีฝนชุกตลอดปี เนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปจนถึงเดือนธันวาคม ในขณะที่ตอนต้นปีตั้งแต่เดือนมกราคมฝนจะลดลงเป็นลำดับ จนถึงช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนจะเป็นช่วงที่มีฝนน้อย โดยเดือนกุมภาพันธ์ มีฝนตกน้อยที่สุด

- อุณหภูมิ สงขลาเป็นจังหวัดที่อยู่ติดกับทะเล อุณหภูมิระหว่างฤดูกาลและกลางวันกลางคืนจึงไม่แตกต่างกันมาก โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.1 องศาเซลเซียส และมีค่าผันแปรไปตามฤดูกาล โดยในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยจะสูงไม่มาก มีค่าระหว่าง 27-29 องศาเซลเซียส (ปรเมศร์และเทวินทร์, 2556)

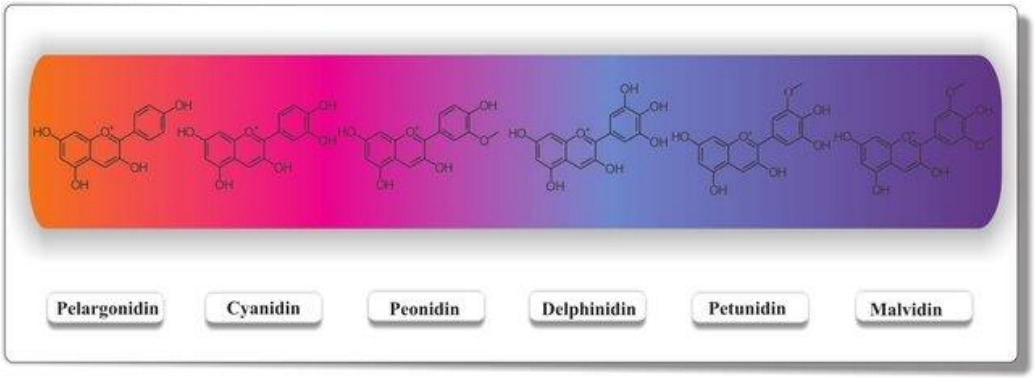
- อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประจำปีมีค่าผันแปรไปตามฤดูกาล โดยในระหว่างปี พ.ศ 2558-2561 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 34.43-35.55 องศาเซลเซียส

- อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าผันแปรไปตามฤดูกาลโดยโดยในระหว่างปี พ.ศ 2558-2561 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีค่า 21.92-22.13

- ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประจำปีมีค่าอยู่ในช่วง 75-85 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ผันแปรตามฤดูกาลและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าสูงสุดในช่วงที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

5. แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีตามธรรมชาติที่ละลายน้ำได้และไม่เป็นพิษ (Bridle and Timberlake, 1997) ซึ่งเป็นสารกลุ่มย่อยของฟลาโวนอยด์ที่เป็นตัวแทนของสารเมแทบอไลต์ทุตยภูมิกลุ่มใหญ่ของพืช (secondary metabolites) โดยแอนโทไซยานินจัดเป็นสารประกอบ โพลีฟีนอลิก ที่มีช่วงสีหลากหลายตั้งแต่ สีส้ม แดงและม่วงจนถึงสีน้ำเงินซึ่งจะพบในดอก เมล็ด ผล และเนื้อเยื่อเจริญต่าง ๆ (Tanaka and Ohmiya, 2008) และตามรายงานของ Smeriglio และคณะ (2016) ระบุว่ามีแอนโทไซยานินมากกว่า 600 ชนิดที่สามารถแยกได้ในธรรมชาติ ซึ่งแอนโทไซยานินที่พบทั่วไปในพืชจะเป็นอนุพันธ์ของ แอนโทไซยานิดินส์ ที่กระจายอยู่ทั่วไป 6 ชนิด คือ pelargonidin cyanidin delphinidin peonidin petunidin และ malvidin (Kong *et al*., 2003) ซึ่งมีช่วงสีที่มองเห็นได้ดังแสดงใน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ช่วงสีที่มองเห็นได้ของอนุพันธ์แอนโทไซยานิน

ที่มา : Ananga และคณะ (2013)

นอกจากนี้ตามการศึกษาของ Laleh และคณะ (2006) พบว่าความเสถียรของแอนโทไซยานินจะขึ้นอยู่กับค่า pH แสง อุณหภูมิและโครงสร้าง โดยในสภาวะเป็นกรด แอนโทไซยานินจะมีสีแดงและในสภาวะเป็นด่างแอนโทไซยานินจะมีสีน้ำเงิน ตามรายงานของ Khoo และคณะ (2017) กล่าวว่า ในพืชส่วนใหญ่แอนโทไซยานินที่พบจะอยู่ในดอกและผลเป็นหลัก ซึ่งดอกไม้ที่มีสีแดง ม่วง และน้ำเงินล้วนมีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างดอกไม้ที่มีสีแดงได้แก่ ชบา กุหลาบ เสจแดง (red pineapple sage) เรด โคลเวอร์ และซากุระ โดยดอกไม้สีแดงดังกล่าวสามารถกินได้ ในส่วนของดอกไม้สีน้ำเงิน เช่น คอนร์นฟลาวเวอร์ (cornflower) บลู ชิคโครี (blue chicory) บลู โรสแมรี่ (blue rosemary) สำหรับดอกไม้สีม่วงได้แก่ มิ้นท์ (purple mint) ดอกเสาวรส ลิ้นงู (purple passion flower) เสจม่วง (purple sage) ไวโอเล็ต และลาเวนเดอร์ ซึ่งดอกไม้สีน้ำเงินและสีม่วงนี้จัดเป็นไม้ดอกกินได้ที่ใช้บริโภคกันโดยทั่วไป และดอกไม้เหล่านี้บางชนิดถูกใช้เป็นยาแผนโบราณ และสารให้สีในอาหาร ตามการศึกษาของ Benvenuti และคณะ (2016) ในไม้ดอกกินได้ 12 ชนิด พบว่า ในดอกไม้น้ำหนักสด 100 กรัม ดอกพิทูเนียสีแดงมีสารแอนโทไซยานินสูงที่สุดอยู่ที่ 14.44 มิลลิกรัม รองลงมาคือดอกแพนซีสีน้ำเงินมีสารแอนโทไซยานิน 13.6 มิลลิกรัม และในดอกผีเสื้อสีแดงมีสารแอนโทไซยานิน 13.35 มิลลิกรัม ซึ่งปริมาณแอนโทไซยานินส์ในไม้ดอกทั้งสามชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิต จากการศึกษาดังกล่าวยังพบว่าดอกไม้ส่วนใหญ่ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงมักจะมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระร่วมด้วย (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ 12 ชนิด

ชนิด	สี	กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (mmol $FeSO_4$ 100 g^{-1} FW)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg cyn-3-glu eq. 100 g^{-1} FW)
อะเจอราตุ้ม (*Ageratum houstonianum*)	น้ำเงิน	27.85 ± 3.3 d	2.99 ± 0.2 d
ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus*)	แดง	21.18 ± 2.6 d	7.37 ± 0.5 b
	โรส	9.85 ± 1.1 e	9.73 ± 0.5 b
	ขาว	4.71 ± 0.6 f	0.70 ± 0.1 f
บีโกเนีย (*Begonia semperflorens*)	แดง	13.24 ± 1.7 e	5.09 ± 0.4 c
โบราจ (*Borago officinalis*)	น้ำเงิน	0.55 ± 0.1 g	1.43 ± 0.1 e
ดาวเรืองหม้อ (*Calendula officinalis*)	ส้ม	3.68 ± 0.3 f	0.47 ± 0.1 f
ผีเสื้อ (*Dianthus × barbatus*)	แดง	38.67 ± 3.0 c	13.35 ± 1.2 a
	โรส	29.12 ± 2.3 d	10.61 ± 1.0 a
	ขาว	4.36 ± 0.8 f	0.73 ± 0.1 f
ต่างหูนางฟ้า (*Fuchsia hybrid*)	แดง	47.52 ± 3.2 b	7.58 ± 0.6 b

ที่มา : ดัดแปลงจาก Benvenuti และคณะ (2016)

ตารางที่ 5 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ 12 ชนิด (ต่อ)

ชนิด	สี	กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (mmol $FeSO_4$ 100 g^{-1} FW)	ปริมาณแนโทไซยานิน (mg cyn-3-glu eq. 100 g^{-1} FW)
เจอราเนียม (*Pelargonium peltatum*)	แดง	34.78 ± 2.9 c	12.52 ± 1.1 a
พิทูเนีย (*Petunia × hybrid*)	แดง	10.22 ± 0.8 e	14.44 ± 1.2 a
	โรส	9.45 ± 0.6 e	12.85 ± 1.1 a
	ขาว	5.40 ± 1.3 f	12.85 ± 1.1 a
ดาวเรือง (*Tagetes erecta*)	ส้ม	70.42 ± 4.1 a	0.75 ± 0.1 f
แนสเตอร์ชัม (*Tropaeolum majus*)	ส้ม	10.05 ± 0.8 e	0.75 ± 0.1 f
แพนซี (*Viola × wittrockiana*)	แดง	36.55 ± 3.0 c	12.4 ± 1.1 a
	น้ำเงิน	29.12 ± 2.1 d	13.6 ± 1.2 a
	เหลือง	3.31 ± 0.3 g	2.93 ± 0.2 d
	ขาว	0.82 ± 0.1 g	0.35 ± 0.1 f

ที่มา : ดัดแปลงจาก Benvenuti และคณะ (2016)

นอกจากนี้ He และคณะ (2011) ยังกล่าวว่า ดอกไม้และผลไม้ที่อุดมด้วยแอนโทไซยานินบางชนิดยังใช้เป็นยารักษาโรคต่าง ๆ ได้และพืชที่มีแอนโทไซยานินยังได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางถึงคุณสมบัติทางยา เนื่องจากแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ต้านเบาหวาน มะเร็ง การอักเสบ จุลชีพ และต้านโรคอ้วนได้ เช่นเดียวกับการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และการออกดอกของดอกไม้กินได้ ที่ปลูกเป็นไม้กระถางภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้

2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ที่ปลูกเป็นไม้กระถางภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุ และอุปกรณ์

1.วัสดุพืช

เมล็ดพันธุ์ไม้ดอก 8 ชนิด ได้แก่ เทียนฝรั่ง (*Impatiens walleriana*) ผีเสื้อไดมอนด์ (*Dianthus chinensis* ‘Diamond’) แวววยุรา (*Torenia fournieri*) ผีเสื้อ ไดอาน่า (*Dianthus chinensis* ‘Diana’) ดาวกระจาย (*Cosmos sulpherous*) สร้อยไก่ (*Celosia plumosa*) แพนซี (*Viola wittrockiana*) และ ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus*) (ตารางที่ 6) (บริษัท AGA AGRO ต.หนองหอย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ (https://www.aga-agro.com/))

ตารางที่ 6 ข้อมูลทั่วไปของไม้ดอกที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะดอก	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	สี	เปอร์เซ็นต์การงอกขั้นต่ำ
	Impatiens walleriana	Sultana Busy Lizzie เทียนฝรั่ง	เซอร์รี่ สแปลช	85%
	Dianthus chinensis ‘Diamond’	Dianthus China Pink Indian Pink ผีเสื้อ ไดมอนด์	คริมสัน พิโคที	85%

ที่มา : บริษัท AGA AGRO (2561)

ตารางที่ 6 ข้อมูลทั่วไปของไม้ดอกที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ลักษณะดอก	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	สี	เปอร์เซ็นต์การงอกขั้นต่ำ
	Torenia fournieri	Wishbone Flower Torenia แววมยุรา	ดีพ บลู	85%
	Dianthus chinensis ‘Diana’	Dianthus China Pink Indian Pink ผีเสื้อ ไดอาน่า	เรด เซ็นเตอร์ ไวท์	85%
	Cosmos sulpherous	Cosmos ดาวกระจาย	เยลโล่	85%
	Celosia plumosa	Celosia Wool Flower Red Fox สร้อยไก่	โรส	85%
	Viola wittrockiana	Pansy หน้าแมว แพนซี	บลู บลอทช์	85%
	Antirrhinum majus	Snapdragon ลิ้นมังกร	โรส	85%

ที่มา : บริษัท AGA AGRO (2561)

2. วัสดุเพาะเมล็ดและวัสดุปลูก

2.1 พีทมอส (Klasmann, เยอรมัน)

2.2 ดินผสมสำเร็จ (ยี่ห้อ : ดินลำดวน)

2.3 กาบมะพร้าวสับ

3. สารเคมี

3.1 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid: HCl)

3.2 เมทานอล (Methanol)

4. อุปกรณ์

4.1 ถาดเพาะเมล็ด 200 หลุม

4.2 ปากคีบปลายแหลม (forceps)

4.3 จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร

4.4 กระดาษหนังสือพิมพ์

4.5 แผ่นพลาสติกสำหรับคลุมถาดเพาะ

4.6 กระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว

4.7 พลั่วมือ

4.8 ช้อนปลูก

4.9 กระบอกฉีดน้ำ

4.10 ถังพ่นยาขนาด 5 ลิตร

4.11 ช้อนชา

4.12 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล

4.13 ไม้บรรทัด

4.14 ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE)

4.15 กรรไกร

4.16 ลังโฟม

4.17 ปากกาเขียนเครื่องแก้ว

4.18 หลอดเซนตริฟิวจ์แบบมีฝาปิด ขนาด 15 มิลลิลิตร

4.19 อลูมิเนียมฟอยล์

4.20 ไมโครปิเปต (Transferpette® S, Germany) และ ปิเปตต์ทิป

4.21 โกร่งบดตัวอย่าง

4.22 เครื่องแก้วและกระบอกตวง

4.23 กระติกน้ำแข็ง

4.24 ไนโตรเจนเหลว

4.25 ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

5. เครื่องมือ

5.1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความเข้มแสง (HOBO® Pendant Temperature/Light Part UA-002-64)

5.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (HOBO® Pro V.2 Temperature/RH Part U23-001)

5.3 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง (Zepper ES-1200HA)

5.4 เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดอัลตราไวโอเล็ต (Thermo Scientific™ : Evolution 220 UV - Visible Spectrophotometers)

5.5 เครื่องเขย่าผสมสาร (Bio Vortex V1, Biosan Ltd., USA)

5.6 เครื่องหมุนเหวี่ยงตกตะกอน (Hettich® centrifuge universal 320 R, Germany)

วิธีการดำเนินการ

1. การศึกษาเบื้องต้นความสัมพันธ์ของการงอกของเมล็ดกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

เพาะเมล็ดดอกไม้ 8 ชนิด ลงในถาดเพาะ ที่มีพีทมอสเป็นวัสดุเพาะ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทำ 10 ซ้ำ โดย 1 ซ้ำ คือ 10 เมล็ด หลังเพาะนำไปวางไว้บนโต๊ะปลูกในโรงเรือนอย่างง่าย ขนาด 7.5 เมตร x 9เมตร ความสูงถึงยอดโดมรวม 4.75 เมตร ประตูขนาด 1.2 x 2.0 เมตร หลังคาคลุมด้วยพลาสติกใสขนาด 200 ไมครอน ที่ระดับความสูง 3.5 เมตร และมีตาข่ายพรางแสง 50% ที่ระดับความสูง 3 เมตร รอบตัวโรงเรือนล้อมด้วยตาข่ายสี่เหลี่ยมชุบกัลป์วาไนส์ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว

การบันทึกผล

ตรวจนับจำนวนเมล็ดงอกในแต่ละวัน บันทึกผลเป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด (18 มกราคม 2563 – 1 กุมภาพันธ์ 2563) และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีความเร็วในการงอก ด้วยสูตรต่อไปนี้ (Hunter *et al*., 1984 ; Ababaf *et al*., 2019) (วัลลภ, 2540)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดงอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

$$\text{ดัชนีความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{วันที่ตรวจนับครั้งแรก}} + \ldots + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{วันที่ตรวจนับครั้งสุดท้าย}}$$

บันทึกข้อมูลสภาพอากาศตลอดการทดลองนำข้อมูลมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการงอกของเมล็ดกับเวลาและตัวแปรของสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ซึ่งได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger : HOBO® Pendant Temperature/Light Part UA-002-64, HOBO® Pro V.2 Temperature/RH Part U23-001) และความยาววันซึ่งเป็นข้อมูลความยาววันของจังหวัดสงขลาจากสมาคมดาราศาสตร์ไทย (http://thaiastro.nectec.or.th/skyevnt/sunmoon/2020/songkhla.html) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation coefficient)

กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า $-1 \leq r \leq 1$ โดยแบ่งระดับความสัมพันธ์ได้ 3 ระดับ (Hinkle *et al*., 1994) ดังนี้

1) ถ้าค่า r = -1 แสดงว่าตัวแปรของการงอกและตัวแปรสภาพอากาศ มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด แต่ความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

2) ถ้าค่า r = 0 แสดงว่าตัวแปรของการงอกและตัวแปรสภาพอากาศไม่มีความสัมพันธ์กัน

3) ถ้าค่า r = 1 แสดงว่าตัวแปรของการงอกและตัวแปรสภาพอากาศ มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์ทางบวกหรือความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดระดับของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเพิ่มเติม ดังนี้ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความหมายค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
(-0.91)-(-1.00)	มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมาก
(-0.81)-(-0.90)	มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูง
(-0.51)-(-0.80)	มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลาง
(-0.21)-(-0.50)	มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำ
(-0.01)-(-0.20)	มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำมาก
0	ไม่มีความสัมพันธ์
0.01-0.20	มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมาก
0.21-0.50	มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำ
0.51-0.80	มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง
0.81-0.90	มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง
0.91-1.00	มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก

2. การศึกษาการเจริญเติบโตและการออกดอกของดอกไม้กินได้บางชนิดภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนภาคใต้

ย้ายปลูกต้นกล้าที่เตรียมไว้ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับข้อที่ 1 เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 3 คู่ ลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกคือดินผสมสำเร็จทางการค้า (ดินลำดวน) และกาบมะพร้าวสับ (3 : 1) ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) พบว่า วัสดุปลูกดังกล่าวให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของดอกไม้กินได้ และการใช้ดินผสมสำเร็จร่วมกับกาบมะพร้าวสับช่วยลดความไม่สม่ำเสมอของวัสดุปลูกที่เกิดจากการผสม โดยดอกไม้แต่ละชนิดปลูกจำนวน 100 กระถาง ในโรงเรือนในโครงการ Smart Farm PSU ศูนย์เรียนรู้ชุมชนทางการเกษตร สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง

คณะทรัพยากรธรรมชาติ โรงเรือนที่ 1 (G 1) ขนาดพื้นที่ใช้งาน 7.5 เมตร x 30 เมตร ความสูงรวมถึงยอดโดม 4.75 เมตร ประตูขนาด 1.2 เมตร X 2.0 เมตร มีพัดลมระบายอากาศติดตั้งในโรงเรือน 1 ชุด ทำงานพร้อมกันด้วยความเร็วรอบแปรผันตามเซนเซอร์วัดอุณหภูมิด้วยกำลังไฟจากชุดโซล่าร์เซลล์ พื้นโรงเรือนปูด้วยพลาสติกคลุมดินป้องกันวัชพืช (weed mat) เต็มพื้นที่โรงเรือน วางระบบการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารแบบน้ำหยดชนิดขาปักเฉพาะจุด 1 แยกจ่าย 4 จำนวน 200 ชุด การดูแลรักษา มีดงนี้ ให้น้ำทุกวัน วันละ 4 ครั้ง โดย ครั้งแรกเวลา 9.00 น. (15 ลิตร) ครั้งที่ 2 เวลา 10.45 น. (20 ลิตร) ครั้งที่ 3 เวลา 13.30 น. (20 ลิตร) และครั้งที่ 4 เวลา 15.45 น. (15 ลิตร) การให้ปุ๋ยในรูปสารละลาย A และ B (สูตร 3-1-1) ซึ่งสารละลาย A ประกอบด้วย $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ น้ำหนัก 2,340 กรัม Fe-EDTA น้ำหนัก 65 กรัม สารละลาย B ประกอบด้วย KNO_3 น้ำหนัก 300 กรัม $NH_4H_2PO_4$ น้ำหนัก 230 กรัม $MgSo_4 \cdot 7H_2O$ น้ำหนัก 515 กรัม และ ธาตุอาหารเสริมรวม Chelate-EDTA (ชื่อการค้า : นิค-สเปรย์) น้ำหนัก 50 กรัม โดยน้ำหนักปุ๋ยดังกล่าวละลายในน้ำ 10 ลิตร และการให้ปุ๋ยจะให้ปุ๋ยพร้อมน้ำครั้งแรกของวัน

การบันทึกผล

1. อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate : RGR)

ดำเนินการศึกษาตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ - เดือนมิถุนายน 2563 วัดความสูงต้น ในสัปดาห์ที่ 1 3 5 และ 7 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทำ 10 ซ้ำ โดย 1 ซ้ำ คือ 10 กระถาง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่า RGR มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อวัน (cm/cm/day)

จากสูตร (Hunt, 1990)

$$RGR = \frac{lnW2-lnW1}{t2-t1}$$

เมื่อ

RGR : ค่าเฉลี่ยของ relative growth rate ในช่วง t1 ถึง t2

ln : natural logarithm

W1 และ W2 : ความสูงต้น ที่เวลา t1 และ t2

2. การออกดอก ดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์- เดือนมิถุนายน 2563 ข้อมูลที่บันทึกได้แก่ วันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและวันที่ดอกแรกบาน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทำ 10 ซ้ำ โดย 1 ซ้ำ คือ 10 กระถาง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการออกดอกและตัวแปรสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเช่นเดียวกับข้อที่ 1

3. ปริมาณแอนโทไซยานิน

3.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดอกที่บานเต็มที่ (fully open flowers) และเกสรยังไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เก็บเกี่ยวในช่วงเวลา 08.00-10.00 น. บรรจุตัวอย่างลงในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและห่อด้วยผ้าขาวบางวางบนน้ำแข็งที่ใส่ในลังโฟมปิดฝาให้สนิทขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ แช่แข็งตัวอย่างดอกไม้โดยใช้ไนโตรเจนเหลว และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดต่อไป

3.2 การสกัดและการวิเคราะห์

การสกัดดอกไม้แต่ละชนิดทำ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 3 ซ้ำย่อย วิธีการสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดดัดแปลงจากวิธีของ Benvenuti และคณะ (2016) และ Ranganna (1977) อ้างโดย ยุทธนา (2549) ทำดังนี้ นำตัวอย่างดอกไม้แต่ละชนิด แต่ละซ้ำมาบดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้น ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม นำมาสกัดด้วยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1% ในเมทานอล 80% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในที่มืดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำสารละลายส่วนใสที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : OD) ด้วยเครื่องสเปโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้

สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1% ในเมทานอล 80% เป็น blank แล้วนำค่า OD ที่อ่านได้ไปคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Total absorbance} = \frac{\text{OD at 535 nm x final volume}}{\text{weight (g)}} \times 100$$

$$\text{Total anthocyanin} = \frac{\text{total absorbance}}{98.2}$$

โดย

OD at 535 nm : ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

final volume : ปริมาตรสารสกัดสุดท้าย (มิลลิลิตร)

100 : ปริมาณตัวอย่างเทียบเป็น 100 กรัม

weight : น้ำหนักสดของดอกไม้ที่นำมาสกัด (กรัม)

Total anthocyanin : ปริมาณแอนโทไซยานินที่มีในดอกไม้จากน้ำหนักสด 100 กรัม

98.2 : ค่าคงที่การดูดกลืนแสงของอนุพันธ์แอนโทไซยานินที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้ในข้อที่ 1-3 มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธีการ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan’s multiple rang test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R เวอร์ชัน R 2.14.0 และ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ในข้อที่ 1 และ 2 ด้วย โปรแกรม IBM SPSS Statistics

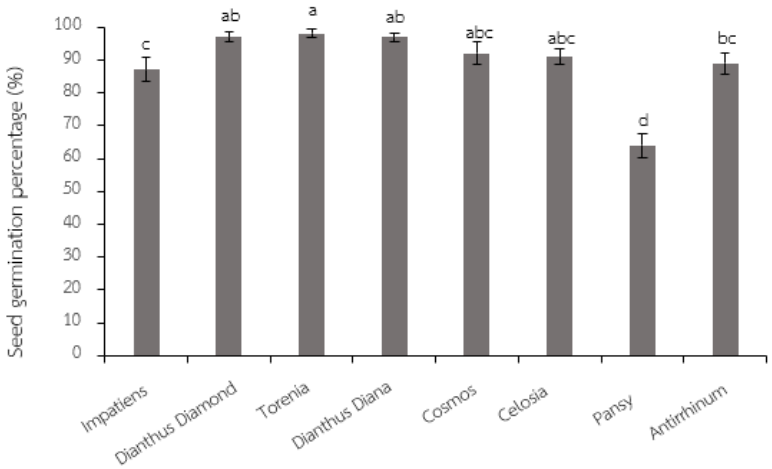
บทที่ 3

ผลการวิจัย

1 ความสัมพันธ์ของการงอกกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

1.1 เปอร์เซ็นต์การงอก

จากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้ทั้ง 8 ชนิดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุดคือ แวววยุรา (98 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์การงอกของผีเสื้อ ไดมอนด์ (97 เปอร์เซ็นต์) ผีเสื้อไดอาน่า (97 เปอร์เซ็นต์) ดาวกระจาย (92 เปอร์เซ็นต์) และสร้อยไก่ (91 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือลิ้นมังกร (89 เปอร์เซ็นต์) และเทียนฝรั่ง (87 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่เมล็ดแพนซีมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุด (64 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่เพาะภายใต้สภาวะโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8%

จากเปอร์เซ็นต์การงอกของดอกไม้ทั้ง 8 ชนิด สามารถแบ่งดอกไม้ออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง (>90%) คือแวววมยุรา ผีเสื้อ ไดมอนด์ ผีเสื้อ ไดอาน่า สร้อยไก่ และดาวกระจาย กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกปานกลาง (81-90%) คือ ลิ้นมังกรและเทียนฝรั่ง และกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นการงอกต่ำ (61-80%) คือ แพนซี

1.2 สหสัมพันธ์ของการงอกกับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้ทั้ง 8 ชนิดกับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือนตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2563 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2563 พบว่า การงอกของเมล็ดมีสหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.2.1 อุณหภูมิ

จากตารางที่ 8 พบว่า การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ 8 ชนิด มีสหสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ

1. อุณหภูมิสูงสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมาก คือ เทียนฝรั่ง (r=0.039) .ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับต่ำ คือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.391) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.361) แวววมยุรา (r=0.361) ดาวกระจาย (r=0.388) สร้อยไก่ (r=0.331) และลิ้นมังกร (r=0.304) และค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอยู่ในระดับต่ำมากคือ แพนซี (r=-0.030)

2. อุณหภูมิต่ำสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและอุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมาก คือ ดาวกระจาย (r=0.154) ในขณะที่ ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับต่ำ คือ สร้อยไก่ (r=0.285) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.307) แวววมยุรา (r=0.345) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.463) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับปานกลางคือ ลิ้นมังกร (r=0.698) ส่วนค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูง คือ เทียนฝรั่ง (r=0.822) และแพนซี (r=0.854) ตามลำดับ

3. อุณหภูมิเฉลี่ย

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำคือ ดาวกระจาย (r=0.459) และสร้อยไก่ (r=0.470) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางคือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.505) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระดับปานกลาง คือ แววมยุรา (r=0.564) ด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระดับปานกลาง คือ แพนซี (r=0.704) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.746) และเทียนฝรั่ง (r=0.780) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงพบใน ลิ้นมังกร (r=0.897)

1.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมาก คือ ดาวกระจาย (r=0.045) และลิ้นมังกร (r=0.201) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำ คือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.255) แววมยุรา (r=0.302) สร้อยไก่ (r=0.304) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.304) เทียนฝรั่ง (r=0.389) และแพนซี (r=0.498)

1.2.3 ความเข้มแสง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำในทุกชนิดของดอกไม้กิน คือ สร้อยไก่ (r=0.217) ดาวกระจาย (r=0.219) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.223) แววมยุรา (r=0.233) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.242) ลิ้นมังกร (r=0.256) เทียนฝรั่ง (r=0.397) และแพนซี (r=0.406) ตามลำดับ

1.2.4 ความยาววัน

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการงอกของเมล็ดและความยาววันมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมาก คือ ดาวกระจาย (r=0.197) ในขณะที่การงอกของเมล็ดอกไม้กินได้ชนิดอื่น ๆ มีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับต่ำ คือ สร้อยไก่ (r=0.231) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.240) แววมยุรา (r=0.253) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.278) ลิ้นมังกร (r=0.365) เทียนฝรั่ง (r=0.484) และแพนซี (r=0.488) ตามลำดับ

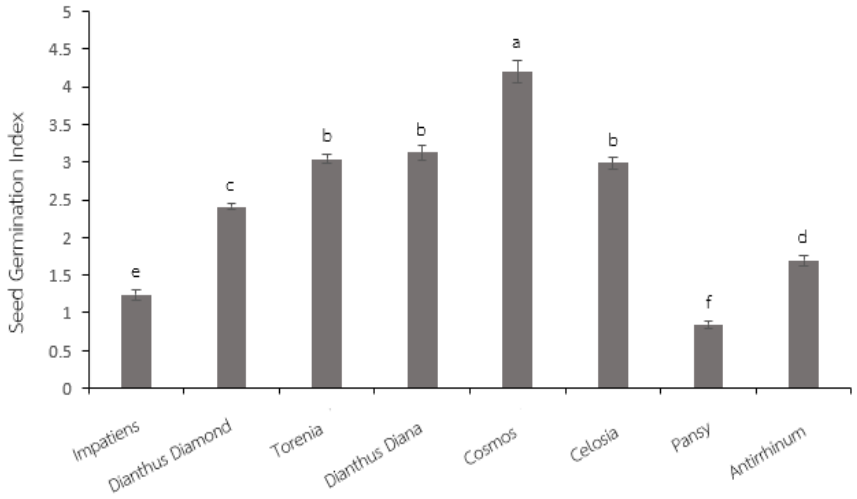
ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

	Tmax	Tmin	Tavr	%RH	LI	DL	IM	DM	TN	DN	CM	CS	PS	AM
Tmax	1	-0.335	0.502	-0.583*	0.444	-0.101	0.039	0.391	0.361	0.344	0.338	0.331	-0.030	0.304
Tmin		1	0.594*	0.674**	0.231	0.508	0.822**	0.463	0.345	0.307	0.154	0.285	0.854**	0.698**
Tavr			1	-0.026	0.507	0.317	0.780**	0.746**	0.564*	0.505	0.459	0.470	0.704**	0.897**
%RH				1	0.037	0.412	0.389	0.255	0.302	0.304	0.045	0.304	0.498	0.201
LI					1	0.406	0.397	0.242	0.233	0.223	0.219	0.217	0.406	0.256
DL						1	0.484	0.278	0.253	0.240	0.197	0.231	0.488	0.365
IM							1	0.673**	0.597*	0.561*	0.445	0.539*	0.967**	0.872**
DM								1	0.884**	0.834**	0.657*	0.800**	0.610*	0.822**
TN									1	0.995**	0.806**	0.988**	0.539*	0.733**
DN										1	0.814**	0.998**	0.507	0.688**
CM											1	0.815**	0.403	0.543*
CS												1	0.487	0.661*
PS													1	0.798**
AM														1

* และ ** สหสัมพันธ์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Tmax = อุณหภูมิสูงสุด Tmin = อุณหภูมิต่ำสุด Tavr = อุณหภูมิเฉลี่ย %RH = ความชื้นสัมพัทธ์ LI= ความเข้มแสง DL= ความยาววัน IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร

1.3 ดัชนีการงอก

จากการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดดอกไม้ทั้ง 8 ชนิดเป็นเวลา 14 วัน พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีดัชนีการงอกสูงที่สุดคือ ดาวกระจาย (4.20) รองลงมาคือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (3.12) แวววมยุรา (3.04) และสร้อยไก่ (2.99) ซึ่งมีดัชนีการงอกถัดมาคือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (2.41) ลิ้นมังกร (1.70) เทียนฝรั่ง (1.24) และแพนซี (0.85) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ดัชนีการงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่เพาะภายใต้สภาวะโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8 %

นอกจากนี้จากตารางที่ 9 ยังพบว่า โดยส่วนใหญ่เมล็ดดอกไม้กินได้ที่นำมาทำการทดลอง ดัชนีการงอกของเมล็ดจะให้ผลไปในทิศทางเดียวกับเปอร์เซ็นต์การงอกคือ ถ้าเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงจะมีดัชนีในการงอกสูงเช่นเดียวกัน และหากเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำก็จะมีดัชนีในการงอกต่ำ กล่าวคือ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ คือ แพนซี จะมีค่าดัชนีในการงอกต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกปานกลาง ได้แก่ เทียนฝรั่งและลิ้นมังกร จะมีค่าดัชนีการงอกปานกลาง และในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง คือ สร้อยไก่ ดาวกระจาย ผีเสื้อ ไดอาน่า ผีเสื้อ ไดมอนด์ และแวววมยุรา จะมีค่าดัชนีการงอกสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

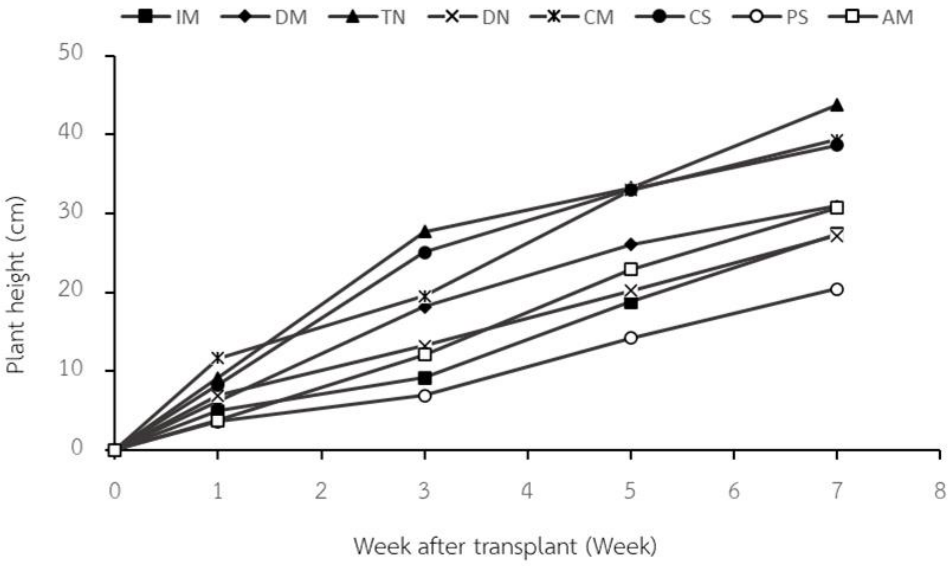
ตารางที่ 9 กลุ่มของเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด ที่เพาะภายใต้สภาพโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8%

ชนิดพืช	เปอร์เซ็นต์การงอก		
	ต่ำ (61-80%)	กลาง (80-90%)	สูง (>90%)
แพนซี (*Viola* wittrockiana)	64 (0.85)		
เทียนฝรั่ง (*Impatiens walleriana)*		87 (1.24)	
ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus)*		89 (1.70)	
สร้อยไก่ (*Celosia plumosa)*			91 (2.99)
ดาวกระจาย (*Cosmos sulpherous)*			92 (4.20)
ผีเสื้อ ไดอาน่า (*Dianthus chinensis* ‘Diana’)			97 (3.12)
ผีเสื้อ ไดมอนด์ (*Dianthus chinensis* ‘Diamond’)			97 (2.41)
แววมยุรา (*Torenia fournieri)*			98 (3.04)

หมายเหตุ : เลขด้านหน้าคือเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ตัวเลขในวงเล็บคือ ดัชนีการงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด

2 การศึกษาการเจริญเติบโตของดอกไม้กินได้ภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้

จากการศึกษาพบว่า ความสูงต้นของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1-3 สัปดาห์แรก และมีการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนที่คงที่หรือลดลง (ภาพที่ 6) ในกรณีของแววมยุรา สร้อยไก่ และผีเสื้อไดมอนด์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของส่วนสูงต้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่สัปดาห์แรก จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 3 หลังการย้ายปลูก ส่วนดาวกระจายมีแนวโน้มที่ความสูงเพิ่มมากขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 3 หลังปลูกแล้วเพิ่มสูงขึ้นอีกจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 5 หลังการย้ายปลูก ในขณะที่ แพนซีและลิ้นมังกรมีการเพิ่มขึ้นของส่วนสูงต้นค่อนข้างคงที่ตั้งแต่หลังจากย้ายปลูก



ภาพที่ 6 ความสูงของต้นดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้ที่สัปดาห์ที่ 1 วัน สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 5 และ สัปดาห์ที่ 7 ตามลำดับ โดย IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อ ไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร

นอกจากนี้ เมื่อนำส่วนสูงต้นของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดมาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์พบว่า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ในช่วง สัปดาห์แรก ดาวกระจายมีค่า อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ แววมยุราและสร้อยไก่ ส่วนลิ้นมังกรและแพนซีมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่ำที่สุด และในช่วง สัปดาห์ที่ 3 หลังย้ายปลูก พบว่า ลิ้นมังกรมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับแววมยุราและสร้อยไก่ แต่ในสัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 7 พบว่า อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของแพนซีและเทียนฝรั่งมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่แววมยุรา ดาวกระจาย และสร้อยไก่ที่มีค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ลดต่ำลง (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดในช่วงสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 7 หลังย้ายปลูก

	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้น (Relative Growth Rate : RGR) (cm/cm/day)							
Week after transplant (week)	IM	DM	TN	CM	DN	CS	PS	AM
1	0.2271±0.0029f	0.2587±0.0025e	0.3153±0.0020b	0.349±0.0022a	0.2764±0.0011d	0.3014±0.0015c	0.1842±0.0013g	0.19±0.0025g
3	0.0431±0.0014c	0.0771±0.0015b	0.0794±0.0006ab	0.0372±0.0005d	0.0459±0.0006c	0.0791±0.0002ab	0.0460±0.0004c	0.0821±0.0005a
5	0.0520± 0.001a	0.0256±0.001e	0.0128±0.0006g	0.0377± 0.0005c	0.0304±0.0004d	0.0197± 0.0002f	0.0511±0.0003a	0.0463± 0.0006b
7	0.0273±0.0004a	0.0123±0.0003d	0.0204±0.0005c	0.0128±0.0002d	0.0213±0.0002c	0.0113±0.0002d	0.0259±0.0004b	0.0210±0.0004c

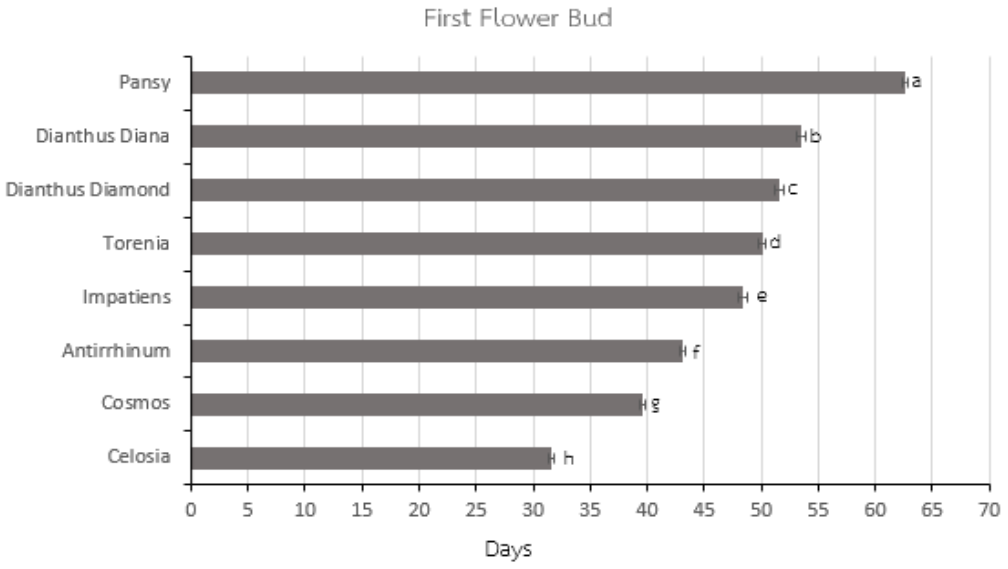
IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อ ไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.01$)

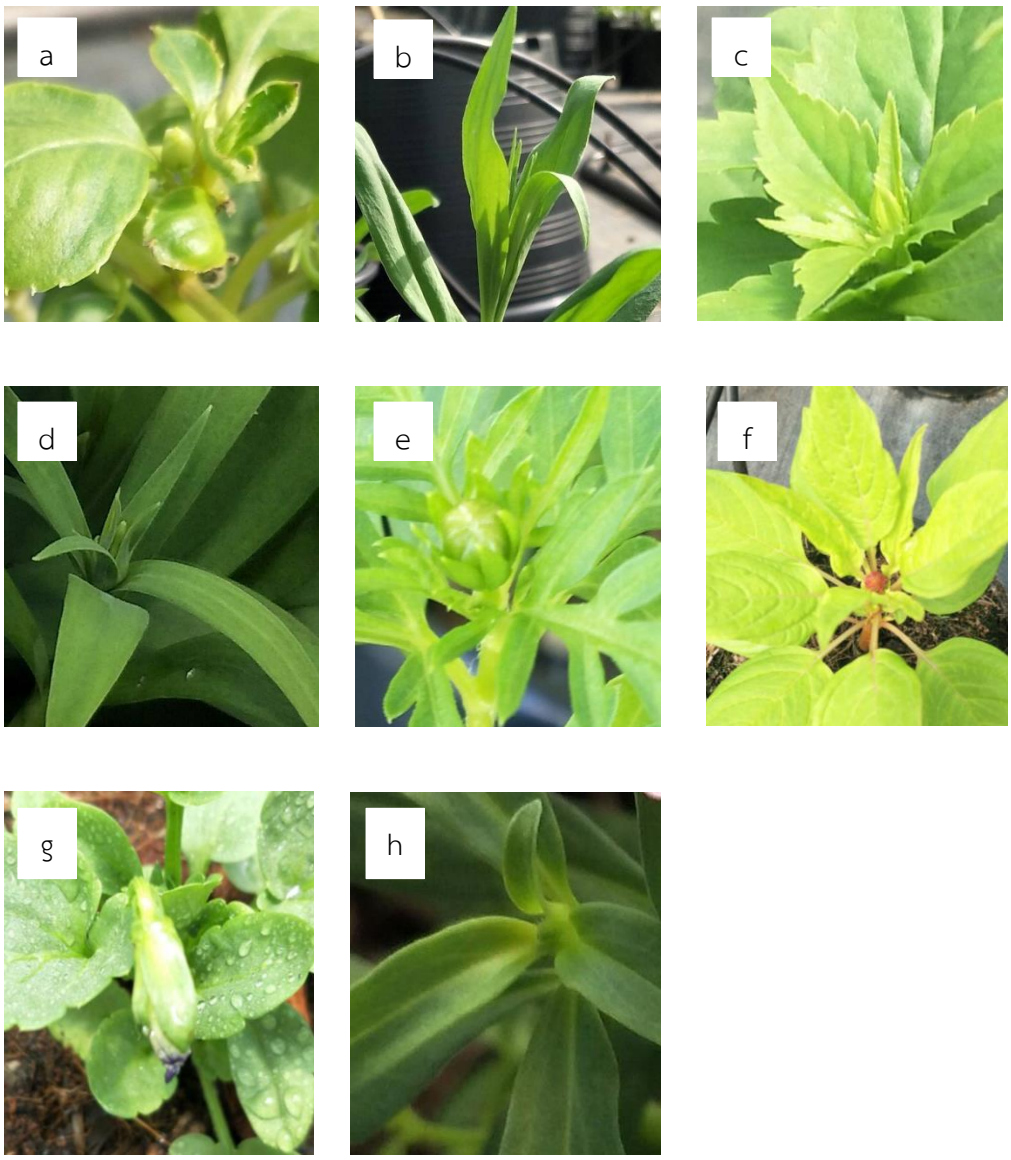
3 ความสัมพันธ์ของการออกดอกกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงและความยาววัน

3.1 วันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรก

จากการศึกษาการออกดอกของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่งพบว่า จำนวนวันตั้งแต่เพาะจนถึงวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกเฉลี่ยของดอกไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยดอกไม้กินได้ที่มีจำนวนวันในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกน้อยที่สุดคือ สร้อยไก่ (31.5 วัน) รองลงมาคือ ดาวกระจายมี (39.5 วัน) ถัดมาคือ ลิ้นมังกร (43.1 วัน) เทียนฝรั่ง(48.4 วัน) แวววยุรา (50.1 วัน) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (51.5 วัน) ผีเสื้อ ไดอาน่า (53.5 วัน) และแพนซี (62.6 วัน) (ภาพที่ 7) และ (ภาพที่ 8) แสดงตุ่มตาดอกของดอกไม้ทั้ง 8 ชนิด



ภาพที่ 7 จำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง



ภาพที่ 8 ตุ่มตาดอกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด : (a) เทียนฝรั่ง (b) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (c) แววมยุรา (d) ผีเสื้อ ไดอาน่า (e) ดาวกระจาย (f) สร้อยไก่ (g) แพนซี (h) ลิ้นมังกร

จากจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรก สามารถแบ่งดอกไม้กินได้ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่มีจำนวนวันในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกเร็วมาก (≤40 วัน) ได้แก่ สร้อยไก่และดาวกระจาย กลุ่มที่มีจำนวนวันในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกเร็ว (40-50 วัน) ได้แก่ ลิ้นมังกร เทียนฝรั่ง และแววมยุรา กลุ่มที่มีจำนวนวันในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกปานกลาง (50-60 วัน) ได้แก่ ผีเสื้อ ไดอาน่า และผีเสื้อ ไดมอนด์ กลุ่มที่มีจำนวนวันในสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกช้า (>60 วัน) คือ แพนซี

3.2 สหสัมพันธ์ของวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกกับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ของการออกดอกของดอกไม้กินได้กับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือน พบว่า วันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกมีสหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.2.1 อุณหภูมิ

จากตารางที่ 11 พบว่า วันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด มีสหสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ

1. อุณหภูมิสูงสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง คือ ลิ้นมังกร (r=0.531) และสร้อยไก่ (r=0.612).ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ แพนซี (r=0.831) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมาก คือ เทียนฝรั่ง (r=0.950) แววมยุรา (r=0.976) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.989) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.991) ส่วนค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ ดาวกระจาย (r=-0.757)

2. อุณหภูมิต่ำสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและอุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำ คือ สร้อยไก่ (r=0.474) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกลาง คือ ดาวกระจาย (r=0.598) ในขณะที่ ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับปานกลางคือ แพนซี (r=0.780) ทางด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ แววมยุรา (r=0.846) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ลิ้นมังกร (r=0.907) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.945) และค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำมากคือ เทียนฝรั่ง (r=-0.114) ส่วนค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมาก คือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=-0.975)

3. อุณหภูมิเฉลี่ย

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมากคือ ลิ้นมังกร (r=0.067) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.179) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำคือ สร้อยไก่ (r=0.271) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมาก คือ แพนซี (r=0.915) แวววมยุรา (r=0.970) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.982) และเทียนฝรั่ง (r=0.982) ด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำคือ ดาวกระจาย (r=-0.403)

3.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางคือ เทียนฝรั่ง (r=0.525) และลิ้นมังกร (r=0.580) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ สร้อยไก่ (r=0.741) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.916) ด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ แพนซี (r=-0.889) และแวววมยุรา (r=-0.903) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ดาวกระจาย (r=-0.912) และผีเสื้อ ไดอาน่า (r=-0.939)

3.2.3 ความเข้มแสง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางคือ ลิ้นมังกร (r=0.625) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ แพนซี (r=0.832) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ แวววมยุรา (r=0.976) และผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.979) ทางด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำคือ เทียนฝรั่ง (r=-0.238) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ สร้อยไก่ (r=-0.739) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=-0.752) และค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ ดาวกระจาย (r=-0.805)

3.2.4 ความยาววัน

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกและความยาววันมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลาง คือ สร้อยไก่ (r=0.734) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมาก คือ ลิ้นมังกร (r=0.925) แพนซี (r=0.930) ดาวกระจาย (r=0.970) แวววยุรา (r=0.976) เทียนฝรั่ง (r=0.989) และผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.989) ตามลำดับ ด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=-0.634)

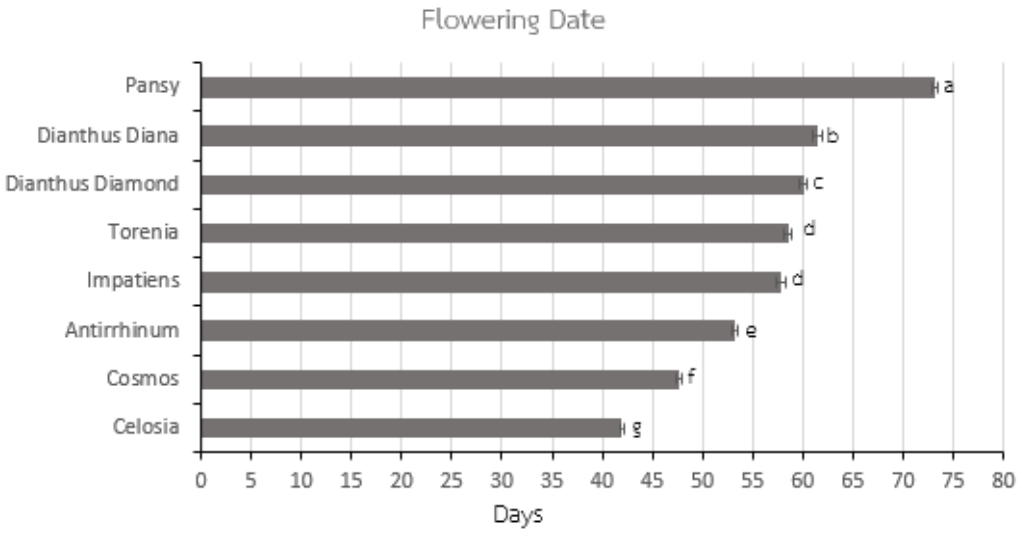
ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

	Tmax	Tmin	Tavr	%RH	LI	DL	IM	DM	TN	DN	CM	CS	PS	AM
Tmax	1	0.014	0.992**	0.777*	0.927**	0.898**	0.950**	0.991**	0.976**	0.989**	-0.757*	0.612	0.831**	0.531
Tmin		1	0.062	-0.101	0.176	0.104	-0.114	0.945**	0.846**	-0.975**	0.598	0.474	0.780**	0.907**
Tavr			1	0.783**	0.949**	0.856**	0.982**	0.179	0.970**	0.982**	-0.403	0.271	0.915**	0.067
%RH				1	0.573*	0.574*	0.525	0.916**	-0.903**	-0.939**	-0.912**	0.741*	-0.889**	0.580
LI					1	0.823**	-0.283	-0.752*	0.976**	0.979**	-0.805**	-0.739*	0.832**	0.625
DL						1	0.989**	-0.634*	0.976**	0.989**	0.970**	0.734*	0.930**	0.925**
IM							1	0.179	0.094	-0.399	0.409	-0.003	-0.346	-0.128
DM								1	-0.085	-0.270	0.790**	-0.318	-0.581	0.260
TN									1	0.359	-0.085	-0.480	-0.203	-0.247
DN										1	-0.473	0.272	0.571	0.181
CM											1	-0.164	-0.769**	0.273
CS												1	0.528	0.525
PS													1	0.227
AN														1

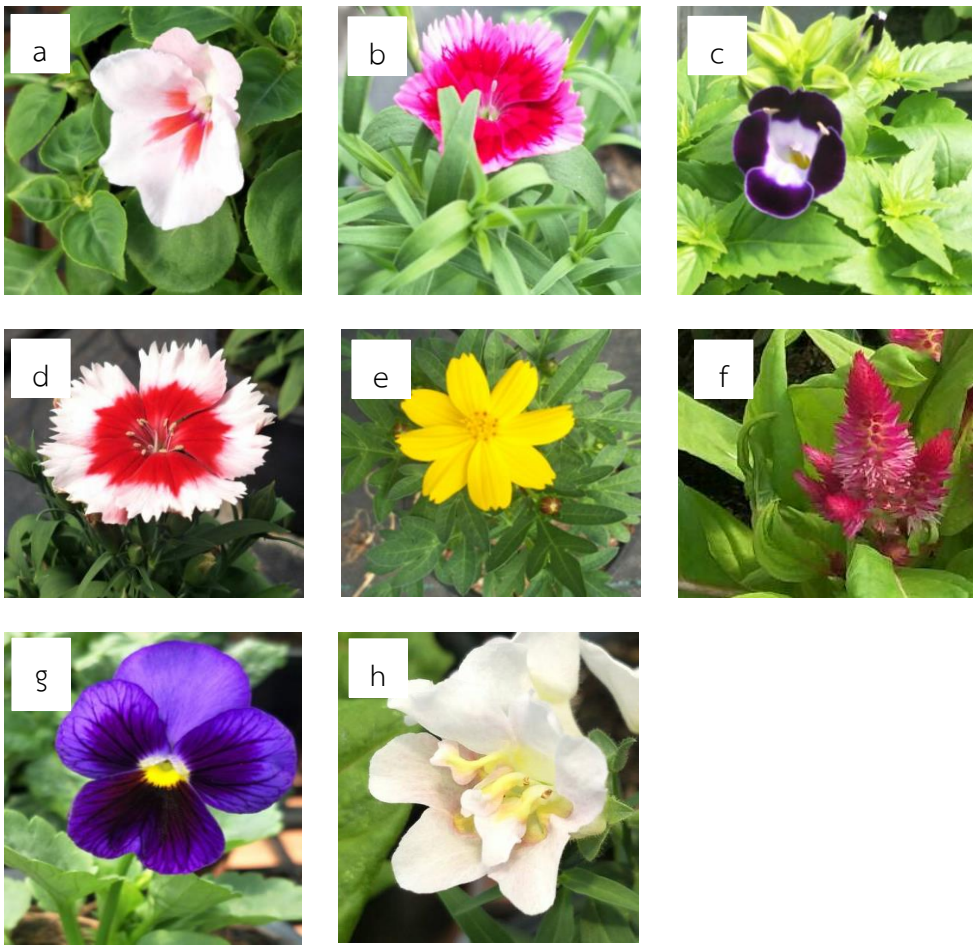
* และ ** สหสัมพันธ์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Tmax = อุณหภูมิสูงสุด Tmin = อุณหภูมิต่ำสุด Tavr = อุณหภูมิเฉลี่ย %RH = ความชื้นสัมพัทธ์ LI= ความเข้มแสง DL= ความยาววัน IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร

3.3 วันที่ดอกแรกบาน

จากการศึกษาการออกดอกของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่งพบว่า จำนวนวันที่ดอกแรกบานของดอกไม้แต่ละชนิด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยดอกไม้กินได้ที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานน้อยที่สุดคือ สร้อยไก่ (41.9 วัน) รองลงมาคือ ดาวกระจาย (47.6 วัน) ลิ้นมังกร (53.3 วัน) เทียนฝรั่ง (57.8 วัน) แวววยุรา ที่ (58.5 วัน) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ถัดมาคือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (60.0 วัน) ผีเสื้อ ไดอาน่า (61.5 วัน) และ แพนซี (73.1 วัน) (ภาพที่ 9) และ (ภาพที่ 10) แสดงลักษณะของดอกแรกที่บานเต็มที่ของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด



ภาพที่ 9 จำนวนวันที่ดอกแรกบานของดอกไม้กินได้ 8 ชนิดที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง



ภาพที่ 10 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกแรกที่บานเต็มที่ของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด :

(a) เทียนฝรั่ง (b) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (c) แววมยุรา (d) ผีเสื้อ ไดอาน่า (e) ดาวกระจาย

(f) สร้อยไก่ (g) แพนซี (h) ลิ้นมังกร

จากการศึกษานี้ยังพบว่า จำนวนวันตั้งแต่เริ่มเพาะจนถึงวันที่ดอกแรกบานมีผลไปในทิศทางเดียวกับจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกคือ กลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานเร็วมาก (40-50 วัน) คือ สร้อยไก่และดาวกระจาย กลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานเร็ว (51-60 วัน) คือ ลิ้นมังกร เทียนฝรั่ง แววมยุรา และผีเสื้อ ไดมอนด์ กลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานปานกลาง (61-70 วัน) คือ ผีเสื้อ ไดอาน่า และกลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานช้า (>70 วัน) คือ แพนซี

3.4 สหสัมพันธ์ของวันที่ดอกแรกบานกับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ของการออกดอกของดอกไม้กินได้กับปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือน พบว่า วันที่ดอกแรกบานมีสหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.4.1 อุณหภูมิ

จากตารางที่ 12 พบว่า วันที่ดอกแรกบานของดอกไม้กินได้ 8 ชนิด มีสหสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ

1. อุณหภูมิสูงสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานและอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากในดอกไม้เกือบทุกชนิด คือ เทียนฝรั่ง (r=0.827) ผีเสื้อไดมอนด์ (r=0.842) แพนซี (r=0.888) สร้อยไก่ (r=0.935) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.940) แวววยุรา (r=0.965) และดาวกระจาย (r=0.967) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ลิ้นมังกร (r=-0.868)

2. อุณหภูมิต่ำสุด

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกและอุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ สร้อยไก่ (r=0.700) และแพนซี (r=0.733) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ลิ้นมังกร (r=0.934) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำคือ เทียนฝรั่ง (r=-0.374) และดาวกระจาย (r=-0.404) ส่วนค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ แวววยุรา (r=-0.850) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=-0.870) และผีเสื้อไดมอนด์ (r=-0.871) ตามลำดับ

3. อุณหภูมิเฉลี่ย

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานและอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำมากคือ สร้อยไก่ (r=0.124) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ เทียนฝรั่ง (r=0.901) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.912) แพนซี (r=0.918) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.936) ดาวกระจาย (r=0.958) และแวววยุรา (r=0.964) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงพบใน ลิ้นมังกร (r=-0.898)

3.4.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำ คือ ดาวกระจาย (r=0.478) ส่วนค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลาง คือ แพนซี (r=0.689) และค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงคือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.824) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ แวววยุรา (r=0.943) และค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางคือ สร้อยไก่ (r=-0.607) และค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางคือ ลิ้นมังกร (r=-0.704) ด้านค่าสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากคือ เทียนฝรั่ง (r=-0.911) และผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=-0.944)

3.4.3 ความเข้มแสง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานและความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในทุกชนิดของดอกไม้กินได้ โดยค่าความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง คือ ลิ้นมังกร (r=0.719) และเทียนฝรั่ง (r=0.802) ในขณะที่ค่าความสัมพันธ์ในระดับสูง คือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.874) และสร้อยไก่ (r=0.887) ส่วนค่าความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก คือ ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.919) แพนซี (r=0.923) แวววยุรา (r=0.962) และดาวกระจาย (r=0.965) ตามลำดับ

3.4.4 ความยาววัน

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวันที่เจอตาดอกแรกและความยาววันมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับสูงมากในทุกชนิดของดอกไม้กินได้ คือ แพนซี (r=0.922) สร้อยไก่ (r=0.935) ลิ้นมังกร (r=0.949) ผีเสื้อ ไดอาน่า (r=0.952) แวววยุรา (r=0.962) ดาวกระจาย (r=0.968) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (r=0.979) และเทียนฝรั่ง (r=0.992) ตามลำดับ

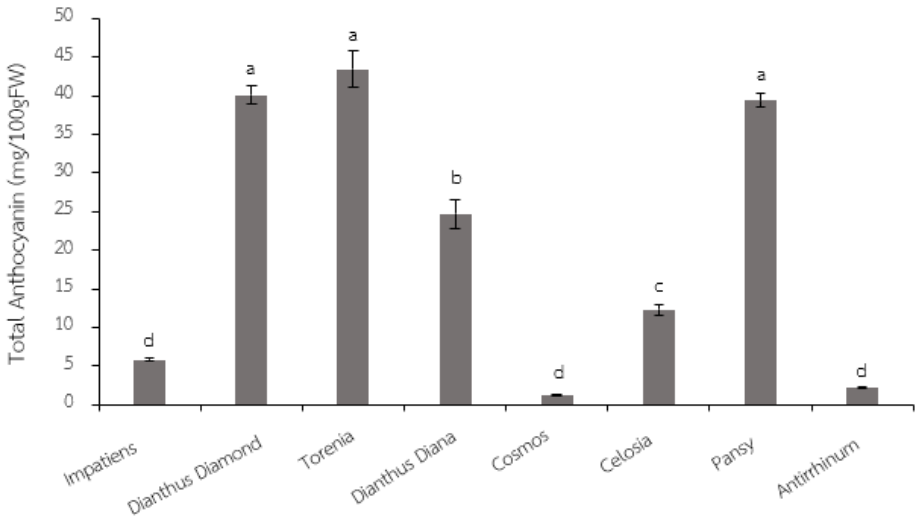
ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันที่ดอกแรกบานของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

	Tmax	Tmin	Tavr	%RH	LI	DL	IM	DM	TN	DN	CM	CS	PS	AM
Tmax	1	0.129	0.995**	0.775**	0.953**	0.890**	0.827**	0.842**	0.965**	0.940**	0.967**	0.935**	0.888**	-0.868**
Tmin		1	0.061	0.651*	0.257	0.552	-0.374	-0.871**	-0.850**	-0.870**	-0.404	0.700*	0.733*	0.934**
Tavr			1	0.730**	0.948**	0.852**	0.901**	0.912**	0.964**	0.936**	0.958**	0.124	0.918**	-0.898**
%RH				1	0.745**	0.929**	-0.911**	-0.944**	0.943**	0.824**	0.478	-0.607	0.689*	-0.704*
LI					1	0.917**	0.802**	0.919**	0.962**	0.874**	0.965**	0.887**	0.923**	0.719*
DL						1	0.992**	0.979**	0.962**	0.952**	0.968**	0.935**	0.922**	0.949**
IM							1	0.009	0.048	-0.238	0.552	-0.054	-0.308	0.242
DM								1	0.227	-0.159	0.689*	0.085	-0.458	0.617
TN									1	0.136	-0.069	-0.295	-0.477	-0.015
DN										1	-0.424	0.294	0.684*	0.070
CM											1	0.013	-0.555	0.484
CS												1	0.203	0.241
PS													1	-0.190
AN														1

* และ ** สหสัมพันธ์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Tmax = อุณหภูมิสูงสุด Tmin = อุณหภูมิต่ำสุด Tavr = อุณหภูมิเฉลี่ย %RH = ความชื้นสัมพัทธ์ LI= ความเข้มแสง DL= ความยาววัน IM = เทียนฝรั่ง DM = ผีเสื้อ ไดมอนด์ TN = แววมยุรา DN = ผีเสื้อไดอาน่า CM = ดาวกระจาย CS = สร้อยไก่ PS = แพนซี AM = ลิ้นมังกร

4. ปริมาณแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน

จากการศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินจากสารสกัดที่ได้จากดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยดอกไม้ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงที่สุดคือ แวววยุรา (43.43 mg/100gFW) ผีเสื้อ ไดมอนด์ (40.12 mg/100gFW) และแพนซี (39.39 mg/100gFW) รองลงมาคือ ผีเสื้อ ไดอาน่า (24.72 mg/100gFW) ถัดมาคือสร้อยไก่ (12.30 mg/100gFW) และกลุ่มดอกไม้กินได้ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินน้อยที่สุดได้แก่ เทียนฝรั่ง (5.82 mg/100gFW) ลิ้นมังกร (2.20 mg/100gFW) และดาวกระจาย (1.27 mg/100gFW) (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ปริมาณแอนโทไซยานินจากสารสกัดดอกไม้กินได้ 8 ชนิด ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน ณ สถานี วิจัยคลองหอยโข่ง

บทที่ 4

วิจารณ์

การศึกษาความสัมพันธ์ของการงอกของเมล็ดกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด ภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 ± 4.8 % พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกที่สูงที่สุดคือ 98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบในแววมยุรา และเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำที่สุดคือ 64 เปอร์เซ็นต์ พบในแพนซี และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอกที่ได้กับเปอร์เซ็นต์การงอกที่ทางบริษัทเมล็ดพันธุ์ระบุไว้บนฉลาก (เปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย 85%) กลับพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีทั้งสูงและต่ำกว่าที่ระบุ แม้ว่าเมล็ดจะได้รับปัจจัยในการงอกอย่างครบถ้วนแต่หากได้รับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งมากจนเกินไปก็อาจจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกได้ เช่น ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงจนเกินไปก็จะทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการงอกส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำลงได้ (วัลลภ, 2540) หรือในสภาวะที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมก็จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดต่ำลงได้เช่นเดียวกันกล่าวคือ เมล็ดพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกแตกต่างกันออกไปหากเมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเมล็ดจะดูดน้ำแต่ไม่งอก ในทางกลับกันหากเมล็ดได้รับอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเหมาะสมเมล็ดจะดูดน้ำแต่เอ็มบริโอจะไม่พัฒนา เนื่องจากไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้ (Feierabend,1979; วันชัย,2537) ทั้งนี้จากผลการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การงอกมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิสูงสุดในระดับต่ำเกือบทุกชนิด ยกเว้นแพนซีที่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำมาก ในกรณีของอุณหภูมิต่ำสุด พบว่าลิ้นมังกรมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง แพนซีและเทียนฝรั่งมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินได้ทุกชนิดมีค่าสหสัมพันธ์ในเชิงบวกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในลิ้นมังกรที่พบค่าความสัมพันธ์ในระดับสูง และพบค่าความสัมพันธ์ระดับปานกลางในเทียนฝรั่ง ผีเสื้อ ไดมอนด์ แพนซี และแววมยุรา จากค่าความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดจะเห็นได้ว่าการตอบสนองจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดพืช ซึ่งจาก

รายงานของนันทิยา (2545) กล่าวว่า เมล็ดพันธุ์ไม้ดอกที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงอาจจะได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมมากขึ้น เช่น ในกรณีของ ผีเสื้อ ไดอาน่า ผีเสื้อไดมอนด์ ลิ้นมังกรที่ มีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 97 97 และ 89 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าพืชเหล่านี้จะมีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวก็ตาม แต่ในทางกลับกันในกรณีของ แพนซี ยังพบเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ คือ 64 เปอร์เซ็นต์ และยังพบค่าความสัมพันธ์กับอุณหภูมิต่ำ จึงอาจกล่าวได้ว่า แพนซียังจำเป็นที่จะต้องได้รับอุณหภูมิต่ำเพื่อใช้ในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด นอกจากนี้ Erwin (2020) ยังกล่าวว่าในกรณีการผลิตไม้ดอกกระถางทางการค้าการให้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดยังคงเป็นเรื่องที่ท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ผลิตดอกไม้หลายชนิดในโรงเรือนเดียวกัน เนื่องจากเมล็ดดอกไม้แต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนทางภาคใต้ คือ 28.7 ± 0.7 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิเหมาะสมของดอกไม้ทุกชนิด แต่ยังไม่สูงจนทำให้เป็นอันตรายต่อเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับ Baskin และ Baskin (2001) คือภายใต้สภาพแวดล้อมปกติอัตราการงอกของเมล็ดที่ไม่มีการพักตัวจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ก็ยังสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดได้เช่นเดียวกัน

ในกรณีของความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การงอกกับความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววัน มีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำในทุกชนิดพืช กล่าวคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเข้มแสง และความยาววันอาจจะไม่ใช่ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดโดยตรงซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวันชัย (2537) คือเมล็ดพืชส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในการงอก มีเมล็ดพืชบางชนิดเท่านั้นที่ต้องการแสงในการงอก เช่น เมล็ดยาสูบ เมล็ดผักกาด และหอมบางชนิด หรือในเมล็ดไม้ดอกบางชนิดที่ต้องการแสงในการงอกเช่น กล็อกซีเนีย (*Sinningia speciosa*) บีโกเนีย (*Begonia* ‘Dragon Wing’) monkey flower (*Mimulus hybridus*) เป็นต้น (Erwin, 2020) ซึ่งจากค่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำไปปรับใช้กับขั้นตอนการเพาะเมล็ดดอกไม้กินได้ในกรณีของการกลบหรือไม่กลบเมล็ด และจากการทดลองยังสามารถแบ่งกลุ่มเมล็ดพันธุ์ดอกไม้กินได้ตามเปอร์เซ็นต์การงอกออกเป็น 3 กลุ่มคือ เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ (61-80%) คือ แพนซี เปอร์เซ็นต์การงอกปานกลาง (81-90%) คือ ลิ้นมังกรและเทียนฝรั่ง และกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง (>90%) คือ แววมยุรา ผีเสื้อ ไดมอนด์ ผีเสื้อ ไดอาน่า สร้อยไก่ และดาวกระจาย ซึ่งเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้แต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์กับดัชนีในการงอกคือ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงมักจะมีดัชนีในการงอกสูงเช่นกันซึ่ง

การที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้รวดเร็วจะต้องได้รับปัจจัยที่เหมาะสมเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การงอกหากได้รับปัจจัยในการงอกไม่เหมาะสมเมล็ดก็จะงอกช้า ต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่พืชเจริญเติบโตอยู่แล้ว (วัลลภ, 2540) นอกจากนี้ ดัชนีในการงอกยังสามารถบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดได้ คือหากเมล็ดพันธุ์มีดัชนีการงอกสูง (งอกเร็ว) เมล็ดจะมีความแข็งแรงสูง ซึ่งการที่เมล็ดจะมีความแข็งแรงสูง นอกจากปัจจัยที่ได้รับในขณะเพาะเมล็ดแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องคืออุณหภูมิหรือความชื้นในขณะที่เก็บรักษาเมล็ด หากการเก็บรักษาเมล็ดก่อนเพาะไม่เหมาะสมจะทำให้ทั้งเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกลดลง จากรายงานของ Corbineau และ Côme (1991) กล่าวว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเมื่ออายุของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดพืช เช่น เมล็ดดอกไม้ในตระกูล *Anemone*, *Asparagus Callistephus*, *Delphinium*, *Dahlia*, *Gloxinia*, *Phlox*, *Salvia* และ *Viola* มีอายุในการเก็บรักษาได้เพียง 1-2 ปี ส่วนเมล็ดดอกไม้ในตระกูล *Begonia*, *Dandranthema*, *Centaurea*, *Cylamen* และ *Tropaeolum* มีอายุในการเก็บรักษาเมล็ดได้นาน 3-15 ปี นอกจากสภาพอากาศที่เหมาะสม การเก็บรักษาเมล็ดก่อนเพาะที่ดีแล้วหากต้องการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกหรือดัชนีในการงอกของดอกไม้บางชนิดเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการงอกอาจจะต้องมีการใช้สารหรือฮอร์โมนพืชบางชนิดตัวร่วมกับด้วย

การเจริญเติบโตของดอกไม้กินได้ภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้

ในกรณีของความสูงต้นและค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์พบว่า ในดาวกระจาย แววมยุรา และสร้อยไก่จะมีค่าสูงในช่วง 1-3 สัปดาห์แรกแล้วค่อย ๆ ลดต่ำลงในสัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลิ้นมังกรและแพนซีจะให้ผลในทิศทางตรงกันข้ามคือในช่วงแรกจะมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่ำแล้วจึงเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 7 และเมื่อเปรียบเทียบโดยการสังเกตการเจริญเติบโตของดอกไม้ที่กล่าวมาทั้ง 2 กลุ่มนี้ พบว่ากลุ่มของดาวกระจาย แววมยุราและสร้อยไก่มีการเจริญเติบโตค่อนข้างสูงแล้วจึงค่อยๆ คงที่ ในขณะที่แพนซีและลิ้นมังกรการเจริญเติบโตจะค่อย ๆ เกิดขึ้น กล่าวคือ ในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ เมื่อค่า RGR เพิ่มมากขึ้นแสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นด้วย (Hunt, 1990) หรือในบางกรณีของการเจริญเติบโตค่า RGR จะคงที่อยู่ระยะหนึ่งแล้วจึงลดลง หรืออาจจะลดลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับชนิดพืช และการลดลงของค่า RGR อาจจะเกิดขึ้นจากส่วนของพืชกลายไปเป็นส่วนที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในกระบวนการเมตาบอลิซึมแล้ว หรือ

พร้อมเข้าสู่ระยะการออกดอกแล้ว (ดนัย, 2557) ทั้งนี้จากการศึกษาค่า RGR เป็นเพียงการศึกษาการเจริญเติบโตเบื้องต้นจากความสูงที่เพิ่มขึ้นของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการหรือวางแผนการปลูกดอกไม้กินได้หลายชนิดภายใต้สภาพโรงเรือนเดียวกัน ให้มีดอกไม้กินได้หมุนเวียน และเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจจะต้องมีการศึกษาผลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของดอกไม้กินได้แต่ละชนิดต่อไป

ความสัมพันธ์ของการออกดอกกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความยาววันของดอกไม้กินได้ภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้

สร้อยไก่มีจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกสั้นที่สุด คือมีจำนวนวันเฉลี่ยอยู่ที่ 31.53 วัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกที่ระบุบนฉลาก (40-65 วันหลังเพาะ) พบว่าสร้อยไก่ออกดอกเร็วกว่าที่ฉลากระบุ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนพบว่าจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกของสร้อยไก่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเข้มแสง และความยาววันในระดับปานกลาง ในขณะที่ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ และในกรณีของความสัมพันธ์ของจำนวนวันที่ดอกแรกบานกับสภาพแวดล้อมภายในโรเรือนพบว่า มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิสูงสุด และความยาววันในระดับสูงมาก และมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับความเข้มแสง ในขณะที่พบความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับอุณหภูมิต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลให้การออกดอกของสร้อยไก่เร็วขึ้นคือ อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงและความยาววัน เมื่อเข้าสู่ระยะการบานของดอก อุณหภูมิสูงสุด ความเข้มแสง และความยาววันยังส่งผลให้การบานของดอกเร็วขึ้นในขณะที่ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิต่ำสุดให้ผลในทิศทางตรงข้าม

ดาวกระจายมีจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกเฉลี่ย 39.54 วันหลังเพาะ ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (45-60 วันหลังเพาะ) และปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกคือ ความยาววัน และอุณหภูมิต่ำสุด โดยความยาววันมีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก ด้านอุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมาก สูง และปานกลางตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณากรณีจำนวนวันที่ดอกแรกบานพบว่า ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากคือ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสง

และความยาววัน ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำมาก กล่าวคืออุณหภูมิต่ำสุดและความยาววันส่งเสริมจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตามดอกแรกในขณะที่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงให้ผลในทิศทางตรงข้าม และเมื่อถึงระยะที่ดอกบาน ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเกือบทุกปัจจัยมีผลในการส่งเสริมจำนวนวันที่ดอกบานยกเว้นอุณหภูมิต่ำสุดที่ให้ผลตรงข้ามในระดับต่ำ

ลิ้นมังกรมีจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอก 43.12 วันหลังเพาะ ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (85-100 วันหลังเพาะ) โดยปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือนมีความสัมพันธ์ต่อจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกในเชิงบวกทั้งหมดดดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิต่ำสุดและความยาววันที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และความเข้มแสงมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง และอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ เมื่อเข้าสู่ระยะดอกแรกบานปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกในระดับสูงมากได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด และความยาววัน ด้านอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์กลับมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงและปานกลางตามลำดับ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิต่ำสุดและความยาววันส่งผลต่อจำนวนวันที่ใช้ในการเกิดตาดอกของลิ้นมังกรและยังมีผลจนกระทั่งเข้าสู่ระยะการบานของดอกในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ให้ผลในทิศทางตรงข้าม

เทียนฝรั่ง มีจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอก 48.4 วันหลังเพาะ ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (70-80 วันหลังเพาะ) ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และความยาววัน ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง แต่ความเข้มแสงและอุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับต่ำและต่ำมาก และเมื่อเข้าสู่ระยะที่ดอกแรกบานอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และความยาววันยังคงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง แต่ความชื้นสัมพัทธ์และความเข้มแสงกลับให้ผลตรงข้ามคือความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพัทธ์เชิงลบต่อจำนวนวันที่ดอกแรกบานในระดับสูงมาก แต่ความยาววันมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง ซึ่งอาจหมายถึงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความยาววัน และความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างตาดอกและการบานของเทียนฝรั่ง แต่เมื่อเข้าสู่ระยะการบานของดอกความชื้นสัมพัทธ์อาจจะไม่ใช่ปัจจัยที่จำเป็นในระยะนี้ และอาจจะส่งผลให้เกิดความเสียหาย หรือทำให้การบานของดอกล่าช้าออกไปได้

แววมยุรา มีจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอก 50.06 ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (80-90 วันหลังเพาะ) โดยแววมยุราตอบสนองต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนในระดับสูงมากในทุกปัจจัย ซึ่งความสัมพันธ์เชิงบวกจะพบใน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสง และความยาววัน แต่จะพบความสัมพันธ์เชิงลบในความชื้นสัมพัทธ์ และเมื่อพิจารณาในระยะการบานของดอกแรกพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูง แต่ความชื้นสัมพัทธ์กลับมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก ส่วนปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่นยังคงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ในระยะการเกิดตาดอกแรกแววมยุราได้รับการกระตุ้นจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเกือบทุกปัจจัย ยกเว้นความชื้นสัมพัทธ์ที่ให้ผลในทิศทางตรงข้าม แต่เมื่อเข้าสู่ระยะการบานของดอก ปัจจัยที่ให้ผลตรงข้ามกับจำนวนวันในการบานบานของดอกคืออุณหภูมิต่ำ และแววมยุรายังตอบสนองต่อความชื้นสัมพัทธ์ในระยะนี้

ผีเสื้อ ไดมอนด์มีจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอก 51.52 วันหลังเพาะซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (65-70 วันหลังเพาะ) โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกสูงมากกับจำนวนวันเฉลี่ยคือ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและ ความชื้นสัมพัทธ์ ในขณะที่ความเข้มแสงและความยาววันมีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับปานกลาง และเมื่อเข้าสู่ระยะการบานของดอกอุณหภูมิสูงสุดยังคงมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับจำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการบานของดอก แต่อุณหภูมิต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์กลับมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงและสูงมาก ในขณะที่ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมอื่น ๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก อาจกล่าวได้ว่า ในระยะของการสร้างตาดอกของ ผีเสื้อ ไดมอนด์ ปัจจัยที่มีความสำคัญคือ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะดอกบาน อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์อาจจะเป็นปัจจัยที่ไม่จำเป็นในระยะนี้ หรือเป็นปัจจัยที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อดอกผีเสื้อ ไดมอนด์ได้

ผีเสื้อ ไดอาน่า 53.50 วันหลังเพาะ ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (75-85 วันหลังเพาะ) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในรระดับสูงมากได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสงและความยาววัน ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมาก และเมื่อเข้าระยะการบานของดอกปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงทุกปัจจัย ยกเว้นอุณหภูมิต่ำสุดที่มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูง ซึ่งกล่าวได้ว่า ในระยะการสร้างตาดอก ผีเสื้อ ไดอาน่า อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสงและความยาววันมีผลต่อการส่งเสริมการสร้างตาดอก แต่อุณหภูมิสูงสูดให้ผลในทิศทางตรงข้าม และเมื่อเข้าสู่ระยะที่ดอกแรกบาน

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเกือบทุกปัจจัยมีผลในการส่งเสริมการออกดอกยกเว้นอุณหภูมิต่ำสุดที่ให้ผลในทิศทางตรงข้าม

แพนซี มีจำนวนวันเฉลี่ยในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอก 62.61 วันหลังเพาะ ซึ่งมีจำนวนวันน้อยกว่าที่ฉลากระบุ (90-95 วันหลังเพาะ) โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกทุกปัจจัย ซึ่งปัจจัยที่มีความสัมพันธ์สูงมาก ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย และความยาววัน และยังมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง และเมื่อเข้าสู่ระยะที่ดอกแรกบาน ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมทุกปัจจัยยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนวันเฉลี่ยในการบานของดอกแรก ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่า แม้ว่าแพนซีจะได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถเจริยเติบโตได้ในพื้นที่เขตร้อน แต่อย่างไรก็ตามแพนซียังคงตอบสนองต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในหลาย ๆ ปัจจัยในระดับสูง

จากค่าสหสัมพันธ์ของวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกกับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนดังกล่าว ดอกไม้กินได้เกือบทุกชนิดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่ระดับปานกลางถึงระดับสูงมาก และมีเพียงดาวกระจายที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับปานกลาง ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่ำสุดค่าความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงและสูงมากพบใน แวววยุรา ลิ้นมังกร และผีเสื้อไดมอนด์ ส่วนค่าความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากพบในผีเสื้อ ไดอาน่า ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากพบใน แพนซี แวววยุรา ผีเสื้อ ไดอาน่า และเทียนฝรั่ง และพบความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำในดาวกระจาย ซึ่งตามรายงานของ Carvalho และคณะ (2006) กล่าวว่าอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชโดยวัดได้จากการบันทึกจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการออกดอกจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และหากอุณหภูมิยังเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องจนเกินกว่าอุณหภูมิเหมาะสมที่พืชชนิดนั้นต้องการจะส่งผลให้จำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกยืดยาวขึ้นตาม ตัวอย่างเช่นในกรณีของ กุหลาบหิน (*Kalanchoe blossfeliana*) จำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกลดลง 19 วันเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 18 องศาเซลเซียสเป็น 24 องศาเซลเซียส แต่หลังจากที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 24 องศาเซลเซียส เป็น 26 องศาเซลเซียส จำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 2 วัน และนอกจากนี้ตามรายงานของ Erwin และ Warner (1999) ยังรายงานว่า พัฒนาการของตาดอกในดอกไม้แต่ละชนิดต่ออุณหภูมิมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในรอบวัน เช่น ในแคคตัส มังกรคาบดาบ (*Schlumbergera truncata*) และต้นคริสต์มาส (*Euphorbia pulcherrima*) พัฒนาการของดอกจะไวต่ออุณหภูมิกลางคืน ในขณะที่ ลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus*) จะ

ตอบสนองต่ออุณหภูมิกลางวันเป็นหลัก หรือในกรณีของเทียนนิวกินี (*Impatiens hawkeri*) เบญจมาศ (*Dendranthema x grandiflora*) และฟิวเซีย (*Fuchsia x hybrida*) การพัฒนาของดอกจะไวต่อทั้งอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วการพัฒนาของมักจะตอบสนองต่ออุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวัน ในกรณีของความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า บทบาทของความชื้นสัมพัทธ์สามารถเป็นได้ทั้งปัจจัยที่ส่งเสริมการออกดอกและยับยั้งการออก ตามรายงานของ Mortensen (2000) ที่รายงานว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีผลทำให้พืชมีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น ความยาวยอดเพิ่มสูงขึ้นในทุกชนิดพืชที่ทำการทดลอง เพิ่มจำนวนตาดอกและจำนวนดอกในแอฟริกัน ไวโอเลต แต่ในขณะเดียวกันที่ระดับความชื้อนสัมพัทธ์สูงสุดของการทดลองก็ทำให้เบญจมาศออกดอกช้าไป 3-4 วัน ในกรณีความเข้มแสงและจำนวนวันในการสังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกพบว่า มีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกตั้งแต่ระดับปานกลางถึงระดับสูงมาก ซึ่งความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับกลางพบใน ลิ้นมังกร ความสัมพันธ์ระดับสูงพบใน แพนซี และความสัมพันธ์ในระดับสูงมากพบในแวววยุรา และผีเสื้อ ไดอาน่า ในทางกลับกันยังพบค่าสหสัมพันธ์เชิงลบระดับกลางในสร้อยไก่ และผีเสื้อ ไดมอนด์ และความสัมพันธ์เชิงลบระดับสูงในดาวกระจาย โดยทั่วไปแล้วความเข้มแสงที่สูงมักจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการตอบสนองของการเกิดตาดอกจึงแตกต่างกันออกไปตามชนิดพืช เนื่องจากความเข้มแสงมีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการสร้างและพัฒนาของตาดอก เมื่อความเข้มแสงสูงหรือต่ำเกินไปก็จะส่งผลเสียต่อต้นพืชและทำให้การเกิดดอกช้าลง หรือกรณีที่เมื่อเกิดตาดอกแล้วความเข้มแสงที่สูงก็อาจจะเป็นอันตรายต่อดอกหรือทำให้ดอกมีสีซีดลง (นันทิยา,2545) หรือในกรณีของพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงอย่างเช่นกุหลาบ หากได้รับความเข้มแสงต่ำก็จะทำให้จำนวนดอกลดลงได้เนื่องจากความเข้มแสงต่ำจะทำให้เปอร์เซ็นต์ดอกฝ่อเพิ่มสูงขึ้น (Nell and Rasmussen,1979) หรือในทางกลับกันความเข้มแสงสูงสามารถช่วยทดแทนความต้องการช่วงแสงของ ชบาได้ (Warner and Erwin, 2003) ส่วนความยาววันในทุกชนิดของดอกไม้กินได้ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือนมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกตั้งแต่ระดับกลางไปจนถึงระดับสูงมาก ยกเว้น ผีเสื้อ ไดมอนด์ที่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลาง ซึ่งความยาววันคือจำนวนชั่วโมงแสงที่พืชได้รับในแต่ละวันซึ่งหากพืชได้รับชั่วโมงแสงมากก็จะผลิตคาร์โบไฮเดรตได้มากทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี (นันทิยา, 2545) ทั้งนี้หากพืชได้รับชั่วโมงแสงมากพอและมีความเข้มแสงที่เหมาะสมแล้วก็อาจจะส่งผลให้พืชออกดอกเร็วได้เช่นเดียวกัน ในกรณีของวันที่ดอกแรกบานมีผลไปในทิศทางเดียวกับจำนวนวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกคือ กลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานเร็วมาก (40-50 วัน) คือ สร้อยไก่และดาวกระจาย กลุ่มที่มี

จำนวนวันที่ดอกแรกบานเร็ว (51-60 วัน) คือ ลิ้นมังกร เทียนฝรั่ง แวววมยุรา และผีเสื้อ ไดมอนด์ กลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานปานกลาง (61-70 วัน) คือ ผีเสื้อ ไดอาน่า และกลุ่มที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานช้า (>70 วัน) คือ แพนซี ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเรือนก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันเกือบทุกชนิดคือมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับอุณหภูมิสูงสุด ยกเว้นลิ้นมังกรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับสูง

ในกรณีของความชื้นสัมพัทธ์พบค่าสหสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางถึงสูงมากใน สร้อยไก่ ลิ้นมังกร เทียนฝรั่งและผีเสื้อ ไดมอนด์ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์อาจจะไม่ใช่ปัจจัยหลักในการบานของดอกในพืชกลุ่มนี้ และในกรณีของเทียนฝรั่งซึ่งเป็นพืชที่ลำต้นค่อนข้างอวบน้ำ กลีบดอกอ่อนความชื้นสัมพัทธ์จึงอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายทั้งต่อต้นและดอกได้ ด้านความยาววันของวันที่ดอกแรกบานอาจจะสัมพันธ์กับวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอกแรกกล่าวคือเมื่อพืชสร้างและพัฒนาตาดอกแรกได้เร็วจากการได้รับแสงและอุณหภูมิที่เหมาะสมก็จะทำให้การบานของดอกเกิดขึ้นได้เร็วเช่นเดียวกัน และเนื่องจากสภาพแวดล้อมในประเทศไทยช่วงกลางวันและกลางคืนไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (ชวนพิศ, 2544) ช่วงมืดจึงอาจจะไม่ได้มีผลต่อการออกดอกหรือการบานของดอกอย่างชัดเจน และในขณะเดียวกันดอกไม้กินได้ที่นำมาทดลองอาจจะมีการปรับปรุงพันธุ์มาเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้มากขึ้น การตอบสนองต่อช่วงแสงหรือการต้องการช่วงมืดที่ชัดเจนเพื่อใช้ในการออกดอกก็อาจจะลดลง จึงเป็นผลให้การออกและการบานดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิด ไม่เกิดการชะงักและยังสามารถออกดอกได้

การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้

ผลการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานิน โดยทั่วไปอนุพันธ์ของแอนโทไซยานินจะมีสีอยู่ในช่วงสีที่ตามองเห็นได้ตั้งแต่ช่วงสีส้ม น้ำเงิน ไปจนถึงสีม่วงแดง (Kong *et al*., 2003) และแอนโทไซยานินยังจัดเป็นรงควัตถุที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงโดยจากการศึกษานี้ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดในกลุ่มของ แวววมยุรา ผีเสื้อ ไดมอนด์ และแพนซี ซึ่งเป็นดอกไม้ที่มีสีอยู่ในช่วงสีม่วงแดงจนถึงสีน้ำเงิน รองลงมาคือ ผีเสื้อ ไดอาน่า ดอกมีสีแดงแซมขาว ถัดมาคือสร้อยไก่มีดอกสีชมพูเข้มอมแดง และกลุ่มที่พบปริมาณแอนโทไซยานินน้อยที่สุดคือเทียนฝรั่ง ลิ้นมังกร และดาวกระจายซึ่งดอกมีสีอยู่ในช่วง สีชมพู และสีเหลือง ตามลำดับ ซึ่งตามรายงานของ Benvenuti และคณะ (2016) กล่าวว่า ดอกไม้กินได้ที่มีสีแดงจะมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าดอกไม้ในเฉดสีอื่น ๆ

เช่นใน ผีเสื้อ สีแดงจะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (38.67±3.0 mmol$FeSO_4$/100g FW) มากกว่าในแพนซี สีน้ำเงิน (29.12±2.1 mmol$FeSO_4$/100g FW) แต่อย่างไรก็ตามการมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูง กล่าวคือในดอกผีเสื้อ สีแดงที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า แพนซี สีน้ำเงินแต่กลับมีปริมาณแอนโทไซยานินที่ต่ำกว่า แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดย ผีเสื้อ สีแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 13.35±1.2 mg cyn-3-glu eq. /100 g FW และแพนซี สีน้ำเงินมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 13.6±1.2 mg cyn-3-glu eq. /100 g FW และในดอกไม้กินได้ชนิดเดียวกันแนวโน้มของปริมารแอนโทไซยานินและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในดอกไม้สีม่วงแดงหรือสีแดงจะมีมากกว่าดอกไม้ในเฉดสีที่อ่อนลง เช่น สีขาวและสีเหลือง เป็นต้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อสีและความคงตัวของแอนโทไซยานินมีได้หลายปัจจัย ซึ่งปัจจัยภัยในที่สำคัญคือ ค่า pH ในแวคิวโอลที่แตกต่างกันทำให้พืชสะสมแอนโทไซยานินที่มีสีแตกต่างกันออกไป เช่นหากค่า pH ต่ำ แอนโทไซยานินที่สะสมจะมีสีแดง เมื่อค่า pH เป็นกลางจะมีสีม่วง และถ้าค่า pH สูงจะมีการสะสมสีเขียวหรือเหลือง นอกจากนี้ co-pigment เช่น ฟลาโวน ฟลาโวนอล และ metal ion เช่น Al^{3+} และ Fe^{3+} มีส่วนช่วยให้แอนโทไซยานินคงตัวมากขึ้น (Grotewold, 2006)

นอกจากนี้ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการสังเคราะห์และปริมาณแอนโทไซยานินในดอกไม้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสงและคุณภาพแสง ปริมาณน้ำ และธาตุอาหารของพืช โดยมีรายงานว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ดอกไม้มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลง ซึ่งทำให้เกิดปัญหากับสีดอกของเบญจมาศที่ปลูกในพื้นที่เขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสเกือบตลอดทั้งปี หรือในพื้นที่เขตอบอุ่นในช่วงฤดูร้อน และยังพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบดอกเบญจมาศที่ปลูกภายใต้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าดอกที่ปลูกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (Mekapogu *et al*., 2020) และการได้รับแสงมากจนเกินไปยังส่งผลให้โมเลกุลของแอนโทไซยานินสลายตัวได้เช่นเดียวกัน (Grotewold, 2006) จากการศึกษาในครั้งนี้ ดอกไม้กินได้ที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการปลูกในสภาพแวดล้อมทางภาคใต้ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงการปลูกค่อนข้างสูง (อุณหภูมิ 31.1±7.1 องศาเซลเซียส) รวมถึงความชื้นสัมพัทธ์ที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยมีฝนตกชุกเมื่อเทียบกับพื้นที่ในภาคอื่น อย่างไรก็ตาม ผลของสภาพแวดล้อมการปลูกโดยเฉพาะอุณหภูมิ แสง และความชื้นของประเทศเขตร้อนต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในกลีบดอกไม้กินได้ชนิดต่าง ๆ ยังไม่เคยพบว่ามีรายงาน อีกทั้งการสังเคราะห์และสะสมปริมาณแอนโทไซยานินในแต่ละระยะของการพัฒนาของดอกอาจจะไม่เท่ากัน เช่น ในการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในแต่ละระยะ

ของการพัฒนาของดอกโคลงเคลงพบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสะสมสูงที่สุดในระยะที่กลีบดอกพัฒนาอย่างสมบูรณ์แต่ยังไม่บาน (fully-formed petal observed, not yet opened) (Janna *et al*., 2006) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ดอกไม้กินได้ในระยะดอกบานเต็มที่ (fully-opened flower) เนื่องจากเป็นระยะที่นิยมขายตามท้องตลาดหรือระยะที่นิยมนำมาใช้ ดังนั้น เพื่อให้เกิดความชัดเจนและมีข้อมูลเพิ่มขึ้นจึงควรมีการศึกษาสหสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมดังกล่าวของภาคใต้ที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินรวมถึงสารสีชนิดอื่น ๆ และศึกษาสารเหล่านี้ในแต่ละระยะของการพัฒนาของดอกต่อไป

บทที่ 5

สรุป

จากการประเมินการงอก การเจริญเติบโต การออกดอก และปริมาณสารแอนโทไซยานินของดอกไม้กินได้ที่ปลูกเป็นไม้กระถางภายใต้สภาพแวดล้อมในโรงเรือนทางภาคใต้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การงอกของเมล็ด

เมล็ดดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดสามารถงอกได้ภายใต้สภาพแวดล้อมทางภาคใต้โดยจากเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้กินสามารถแบ่งตามเปอร์เซ็นการงอกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ เปอร์เซ็นต์การงอกสูง (>90%) ได้แก่ แวววยุรา ผีเสื้อ ไดมอนด์ ผีเสื้อ ไดอาน่า สร้อยไก่ และดาวกระจาย เปอร์เซ็นต์การงอกปานกลาง (81-90%) ได้แก่ ลิ้นมังกรและเทียนฝรั่ง และเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ (61-80%) คือ แพนซี นอกจากนี้เมล็ดดอกไม้ทั้ง 8 ชนิดมีดัชนีการงอกอยู่ระหว่าง 0.85-4.20 โดยดัชนีการงอกสูงสุดคือ ดาวกระจาย ในขณะที่แพนซีมีค่าดัชนีการงอกต่ำที่สุด

จากความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกกับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนในกรณีอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมากกับเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกไม้ทุกชนิด ด้านอุณหภูมิต่ำสุดพบความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับเทียนฝรั่งและแพนซี และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับลิ้นมังกร กรณีอุณหภูมิเฉลี่ยกับเปอร์เซ็นต์การงอกพบความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เทียนฝรั่ง ผีเสื้อไดมอนด์ แวววยุรา ผีเสื้อ ไดอาน่า และแพนซี และพบความสัมพันธ์ในระดับสูงในลิ้นมังกร ด้านความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความยาววัน พบความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การงอกในระดับต่ำมากถึงระดับต่ำในทุกชนิดพืช

2. การเจริญเติบโต

ความสูงต้นของดอกไม้กินได้ทั้ง 8 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยความสูงต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.39-43.75 เซนติเมตร โดยต้นที่มีความสูงมากที่สุดคือ แวววยุรา และต้นที่มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ แพนซี ในกรณีของอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ หลังย้ายปลูกดอกไม้ทุกชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและลดลงในสัปดาห์ถัดไป โดยพบค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดในดาวกระจาย

3. การออกดอก

จำนวนวันเฉลี่ยที่พบตุ่มตาดอกแรกและวันที่ดอกแรกบานสามารถแบ่งดอกไม้กินได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1.สร้อยไก่และดาวกระจาย (≤40วัน) 2. ลิ้นมังกร เทียนฝรั่ง และแววมยุรา (>40-50 วัน) 3.ผีเสื้อ ไดอาน่าและผีเสื้อ ไดมอนด์ (>50-60 วัน) 4.แพนซี (>60 วัน) โดยความสัมพันธ์ของจำนวนวันเฉลี่ยที่พบตุ่มตาดอกแรกกับสภาพแวดล้อมแตกต่างกันออกไปตามชนิดดอกไม้ ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์ตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงระดับสูงมากในทุกชนิดของดอกไม้กินได้ และเมื่อเข้าสู่ระยะการบานของดอกอุณหภูมิสูงสุดก็ยังคงมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงถึงสูงมากและในระยะนี้ยังพบว่าความยาววัน เข้ามามีความสัมพันธ์กับจำนวนวันเฉลี่ยในการออกดอกในระดับสูงมากในทุกชนิดของดอกไม้กินได้เช่นเดียวกัน

4. ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่พบจะขึ้นอยู่กับชนิดของดอกไม้กินได้ โดยพบมากในกลุ่มของแววมยุรา แพนซีและผีเสื้อ ไดมอนด์ แต่พบค่าน้อยมากในกลุ่มของดาวกระจาย ลิ้นมักร และเทียนฝรั่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2558. รายงานอุตุนิยมวิทยาเกษตร. เข้าถึงได้จาก: http://www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Agroreport.html [เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2563]

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.

ณวรา หิรัญกาญจน์. 2561. ดอกไม้กินได้ที่กำลังจะมาแต้มมื้ออาหารบ้านเราให้สดใสขึ้น. เข้าถึงได้จาก: https://www.greenery.org/articles/edible-flowers-project/ [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมพันธ์ 2562]

ดนัย บุญเกียรติ. 2557. การเจริญเติบโตและพัฒนา. เข้าถึงได้จาก: https://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY6_growthdevelopment.htm#ra [เข้าถึงเมื่อ 9 มิถุนายน 2563]

ดิเรก ทองอร่าม, ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ และสมชาย สุคนธสิงห์. 2540. ปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตไม้ผลและผัก. *ใน* การจัดการการผลิตไม้ผลและผัก. หน้า 172-187. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นันทิยา วรรธนะภูติ. 2545. คู่มือการปลูกไม้ดอก. เชียงใหม่: ตรัสวิน (ซิลค์เวอร์มบุคส์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรเมศร์ อมาตยกุล และเทวินทร์ โจมทา. 2556. เอกสารวิชาการอุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่อการเกษตรจังหวัดสงขลา. สงขลา : กรมอุตุนิยมวิทยา.

ยุทธนา จันทร์ชารา. 2549. ผลของแสง เอทีฟอน และกรดแอบไซซิกต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนิลอะลานีน-ไลเอสในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกระหว่างการเจริญเติบโตของผล. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่งนภา ช่างเจรจา และสิรินาถ อินทนนท์. 2559. ความแตกต่างของอุณหภูมิกลางวันกับกลางคืนต่อการเจริญเติบโตและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างของว่านนางคุ้ม. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 : 64-69.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ. 2546. ปัจจัยควบคุมการเติบโตและพัฒนาการของพืช. *ใน* การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนาการของพืช. หน้า 229-259. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัลลภ สันติประภา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2548. ความหมายของไม้ดอกไม้ประดับและการจำแนกประเภท. เข้าถึงได้จาก: http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=30&chap=5&page=t30-5-infodetail02.html [เข้าถึงเมื่อ 6 มิถุนายน 2561]

โสระยา ร่วมรังษี. 2547. สรีรวิทยาไม้ดอกไม้ประดับ. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์

อาจวรงค์ จันทมาศ. 2559. สุดยอดการค้นพบด้านแสง. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ.

Ababaf, M., Omidi, H. and Bakkhshandeh, A.H. 2019. Germination indices and antioxidant activity enzyme responses of Madagascar Periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) under pretreatment by salicylic acid. Applied Ecology and Environmental Research 17 : 3989-4005.

AGA AGRO. 2561. แคตตาล็อคเมล็ดพันธุ์ดอกไม้. เข้าถึงได้จาก: https://issuu.com/aga.agro.socialmedia/docs/aga_flower_price_list_2017-2018__28

Alasalvar, C., Pelvan, E., Ozdemir, K., Kocadagh, T., Mogol, B. A., Pash, A. A., Ozcan, N., Ozcelik, B. and Gokem, V. 2013. Composition nutritional and functional characteristics of instant teas produced from low and high quality black teas. Agriculture and Food Chemistry 61 : 7529-7536.

Ananga, A., Georgiev, V., Ochieng, J., Phills, B. and Tsolova, V. 2013. Production of anthocyanins in grape cell cultures: a potential source of raw material for pharmaceutical, food, and cosmetic industries. *In* The Mediterranean Genetic Code: Grapevine and Olive. (ed. Poljuha, D., and Sladonja, B.), pp. 247-287. Rijeka: Intechopen.

Anca, H., Cantor, M., Buta, E. and Hort, D. 2013. Current trends of using ornamental plants in culinary arts. ProEnvironment 6 : 52-58.

Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 2001. Seed. San Diego: Academic Press.

Belsinger, S. 1991. Flower in the kitchen. Colorado: Interweave Press.

Benvenuti, S., Bortolotti, E. and Maggini R. 2016. Antioxidant power, antochyanin content and organoleptic performent of edible flowers. Scientia Horticulturae 199 : 170-177.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhort, H. W. M. and Nonogaki, H. 2013. Seed: Physiology of development, germination and dormancy, 3rd edition. New York: Springer Science & Business Media.

Bridle, P. and Timberlake, C. F. 1997. Anthocyanins as natural food colors – selected aspects. Food Chemistry 58 (1-2) : 103-109.

Calvert, A. 1957. Effect of early environment on the development of flowering in tomato. Horticultural Science 32 (1) : 9–17.

Carvalho, S. M. P., Eveleens-Clark B., Bakker, M. J. and Heuvelink, E. 2006. Improving product quality and timing of kalanchoe: model development and validation. Acta Horticulturae 718 : 655–662.

Chen, N. H. and Wei, S. 2017. Factors influencing consumers' attitudes towards the consumption of edible flowers. Food Quality and Preference 56 : 93-100.

Cockshull, K.E. 1984. Photoperiodic induction of flowering in short-day plants. *In* Light and the Flowering Process. (ed. Vince-Prue, D., Thomas, B. and Cockshull, K.E.), pp. 35-50. London: Academic Press.

Corbineau, F. and Côme, D. 1991. Seeds of ornamental plants and their storage. Acta Horticulturae 298 : 313–322.

Deitzer, G.F. 1984. Photoperiodic induction of flowering in long-day plants. *In* Light and the Flowering Process. (ed. Vince-Prue, D., Thomas, B. and Cockshull, K.E.), pp. 51-64. London: Academic Press.

Deka, K. and Nath N. 2014. Documentation of edible flowers of western Assam. Phythomedicine and Clinical Therapeutics 2 : 1124-1140.

Erwin, J. E. 1999. Ivy geranium production. Ohio flor. Bull 831 (1) : 15-20.

Erwin, J. E. 2007. Factors affecting flowering in ornamental plants. *In* Flower Breeding and Genetics. (ed. Anderson, N.O.), pp. 7-48.

Erwin, J. E. 2020. Environmental physiology of ornamental crops. *In* Achieving Sustainable Cultivation of Ornamental Plants. (ed. Reid, M.), pp. 1-67. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.

Erwin, J. E. and Kovanda, B. 1990. Fuchsia production. Minnesota State Florist's Bulletin 39 (5) : 1-4.

Erwin, J. E. and Warner, R. M. 1999. Temperature. *In* Tips on Growing Bedding Plants, 4th edition. (ed. Buck, C. A., Carver, S. A., Gaston, M. L., Konjoian, P. S., Kunkle, L. A. and Wilt, M. F.), pp. 69-82. Ohio: O.F.A. Services, Inc., Columbus.

Feierabend, J. 1979. Role of cytoplasmic protein synthesis and its coordination with the plastidic protein synthesis in the biogenesis of chloroplasts. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 93 : 553-574.

Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Saraiva, J. A. and Ramalhosa, E. 2017. Edible flowers: a review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. Food Composition and Analysis 60 : 38-50.

Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Saraiva, J. A. and Ramalhosa, E. 2019. An overview on the market of edible flowers. Food Reviews International 36 (3) : 258-275.

Garcia-Huidobro, J., Monteith, J.L. and Squire G.R. 1982. Time, Temperature and Germination of Pearl Millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). Experimental Botany 33 (2) : 288-296.

Garner, W.W. and Allard, H.A. 1920. Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction of plants. Journal of Agricultural Research 18 : 553-607.

González, N. I., Barrio, G. R., Valverde, G. V., Ortín, B. B. A. and Periago, J. M. 2015. nutritional composition and antioxidant capacity in edible Flowers: characterization of phenolic compounds by HPLC-DAD-ESI/MS. Molecular Sciences 16 : 805-822.

Grotewold, E. 2006. The genetics and biochemistry of floral pigments. Plant Biology 57 (1) : 761–780.

Grzeszczuk, M., Wesolowska, A., Jadczak, D. and Jakubowska, B. 2011. Nutritional value of chive edible flowers. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 10 (2) : 85-94.

Gupta, Y. C., Sharma, P., Sharma, G. and Agnihotri, R. 2018. Edible flowers. National conference on floriculture for rural and urban prosperity in scenario of climate change, Nauni Solan, India, 12 April 2018, pp. 25-29.

Halevy, A.H. 1984. Light and autonomous induction. *In* Light and the Flowering Process. . (ed. Vince-Prue, D., Thomas, B. and Cockshull, K.E.), pp. 65-74. London: Academic Press.

He, K. Li, X., Chen, X., Ye, X., Huang, J., Jin, Y., Li, P., Dang, Y., Jin, Q., Shi, Q. and Shu, H. 2011. Evaluation of antidiabetic potential of selected traditional Chinese medicines in STZ-induced diabetic mice. Ethnopharmacology 137 (3) : 1135–1142.

Hedley, C. L. 1974. Response to light intensity and day-length of two contrasting flower varieties of *Antirrhinum majus*. Horticultural Science 49 (1) : 105–112.

Hinkle, D.E., Wiersma, W. and S.G. Stephen. 1994. Applied statistics for the behavioral sciences. Boston : Houghtom Mifflin.

Hunt, R. 1990. Relative growth rates. *In* Basic Growth Analysis. pp. 25-34. Dordrecht: Springer.

Hunter, E., Glasbey, C. and Naylor, R. 1984. The analysis of data from germination tests. Agricultural Science 102 : 207-213.

Institute of Nutrition, 1999. Thai Food Composition Tables. Mahidol University (INMU), THAILAND ASEANFOODS Regional Database Centre of INFOODS.

Janna, O. A., Khairul, A., Maziah, M. and Mohd, Y. 2006. Flower pigment analysis of *Melastoma malabathricum*. African Journal of Biotechnology 5 (2) : 170-174.

Jauron, R., Beiwel, J., and Naeve, L. 2013. Edible flowers. Available from: http://store.extension.iastate.edu/Product/rg302-pdf [access 12 December 2018]

Kaisoon, O., Siramornpun, S., Weerapreeyakul, N. and Meeso N. 2011. Phenolic compound and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. Functional Food 3 : 88-99.

Keidar, Y. 2015. Edible flowers challenging to market. Available from: https://www.hortidaily.com/article/15049/edible-flowers-challenging-to-market/ [access 19 May 2020}

Kalra, K. and Lal, M. A. 2018. Physiology of flowering. *In* Plant Physiology, Development and Metabolism. pp. 797-819. Singapore: Springer.

Kelley, K., Behe, B. K., Biernbaum, J. A. and Poff, K. L. 2001. Consumer and professional chef perceptions of three edible flower species. Horticultural Science 36 : 801-804

Kelley, M. K., Cameron C. A., Biernbaum, A. J. and Poff, L. K. 2003. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. Postharvest Biology and Technology 27 : 341-344.

Khoo, H. E., Azlan, A., Tang S. T. and Lim, S. M. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. Food & Nutrition Research 61 : 1-21.

Kong, J.M., Chia, L.S., Goh, N.K., Chia, T.F. and Brouillard R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins (review). Phytochemistry 64 : 923–933

Kumari, P., Ujala and Bhargava, B. 2021. Phytochemicals from edible flowers: opening a new arena for healthy lifestyle. Functional Foods 78 : 1-18.

Laleh, G.H., Frydoonfar H., Heidary R., Jameei R. and Zare S. 2006. The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four Berberis species. Pakistan Journal of Nutrition 5 (1) : 90–92.

Lauderdale, C. and Bradley, L. 2014. Choosing and using edible flowers. Available from: https://content.ces.ncsu.edu/choosing-and-using-edible-flowers-ag-790 [access 9 March 2020]

Lu, B., Li, M. and Yin, R. 2016. Phytochemical content health benefits and toxicology of common edible flowers a review 2000-2015. Food science and Nutrition 56 : 130-148.

Ma, Z., Bykova, N. V. and Igamberdiev, A. U. 2017. Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds. The Crop Journal 5 : 459-477.

Mahr, S. 2018. Wheat celosia (*Celosia spicata)*. Available from: https://hort.extension.wisc.edu/articles/wheat-celosia-celosia-spicata/ [access 9 January 2019]

Major, D. J. 1980. Environmental effects on flowering. *In* Hybridization of Crop Plants. (ed. Fehr, W. R. and Hadley, H. H.), pp. 1-15. Madison: American Society of Agronomy.

May, P. 2000. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L.. Australian Journal of Grape and Wine Research 6 : 82-98.

Mekapogu, M., Vasamsetti, B.M.K., Kwon, O-K., Ahn, M-S., Lim, S-H. and Jung, J-A. 2020. Anthocyanins in floral colors: biosynthesis and regulation in chrysanthemum flowers. Molecular Science. 21: 6537.

Melillo, L. 1994. Diuretic plants in the paintings of Pompeii. American Journal of Nephrology 14 : 423–425.

Miceli, A., Francesca, N., Moschetti, G. and Settanni, L. 2015. The influence of addition of *Borago officinalis* with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta. International Journal of Gastronomy and FoodScience 2 : 93-97.

Mlcek, J. and Rop, O. 2011. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. Food Science and Technology 22 : 561-569.

Mortensen, L. M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae 29 : 301-307.

Mortensen, L. M. 2000. Effects of air humidity on growth, flowering, keeping quality and water relations of four short-day greenhouse species. Scientia Horticulturae 86 : 299-301.

Nell, T. A. and Rasmussen H. P. 1979. Blindness in roses: Effects of high intensity light and blind shoot prediction severity. American Society for Horticultural Science. 104 : 21-25.

Newman, S. E. and O'Connor, A. S. 2013. Edible flowers. Available from: www.ext.colostate.edu [access 8 March 2019]

Noyce, P. W. 2017. Finally, proof that leaf floral induction with photoperiodic dependent flowering does not occur in the grapevine plant (*Vitis vinifera* L. 'Chardonnay'). Vitis 56 : 119–126.

Pires, T. C. S. P., Dias, M. I., Barros, L. and Ferreira, I. C. F. R. 2017. Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: valorization as new food ingredients. Food Chemistry 220 : 337–343.

Purohit, S. R., Rana, S. S., Idrishi, R., Sharma, V. and Ghosh, P. 2021. A review on nutritional, bioactive, toxicological properties and preservation of edible flowers. Future Foods 4 : 1-14.

Ranganna, S. 1977. Plant pigments. *In* Manual of analysis of fruit and vegetable. pp. 72-93. New Delhi: Products Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd,.

Rojanapo, W. and Tepsuwan, A. 1993. Antimutagenic and mutagenic potentials of Chinese radish. Environmental Health Perspectives 101 : 247-252.

Rop, O., Mlcek, J., Jurikova, T., Neugebauerova, J. and Vabkova, J. 2012. Edible flowers – A new promising source of mineral elements in human nutrition. Molecules 17 : 6672-6683.

Rusnak, J. 1999. Edible flower fresh herbs baby vegetable: still room for growth. Produce Business 15 : 33-34, 36-37.

Shi, J., Gong, J., Liu, J., Wu, X. and Zhang Y. 2009. Antioxidant capacity of extract from edible flower of *Prunus mume* in China and its active components. Food Science and Technology 42 : 477-482.

Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E. and Trombetta, D. Chemistry, Pharmacology and Health Benefits of Anthocyanins. Phytotherapy Research 30 (8) : 1265–1286.

Sotelo, A., López-García, S. and Basurto-Peña F. 2007. Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. Plant Food for Human Nutrition 62 : 133-138.

Styer, R. C. and Koranski, D. S. 1997. Plug & Transplant Production : A Grower's Guide. Batavia Publishing.

Tai, C. Y. and Chen, B.H. 2000. Analysis and stability of carotenoids in the flowers of Daylily (*Hemerocallis disticha*) as affected by various treatment. Agricultural and Food Chemistry 48 : 5962-5968.

Takahashi, J. A., Rezende, F. A. G. G., Moura, M. A. F., Dominguete, L. C. B. and Sande, D. 2020. Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. Food Research International 129 : 1-14.

Tan, F. C. and Swain, S. M. 2006. Genetics of flower initiation and development in annual and perennial plants. Physiologia Plantarum 128 : 8–17.

Tanaka, Y. and Ohmiya A. 2008. Seeing is believing engineering anthocyanin and carotenoid biosynthetic pathways. Current Opinion in Biotechnology 19 (2) : 190–197.

Thomas, B. and Vince-Prue, D. 1997. Photoperiodism in Plants, 2nd edition. New York: Academic Press.

Wada, K. 2003. Physiology of flowering in *Pharbitis nil*. Available from: https://www.sc.niigata-u.ac.jp/biologyindex/wada/english/physiol1-4.html [access 10 June 2021]

Wang, C.J., Wang J.M., Lin W.L., Chu C.Y., Chou, F.P. and Tseng T.H. 2000. Protective effect of Hibiscus anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. Food and Chemical Toxicology 38 : 411-416

Warner, R. M. and Erwin J. E. 2003. Effect of photoperiod and daily light integral on flowering of five *Hibiscus* sp. Scientia Horticulturae 97 (3-4) : 341–351.

Weitbrecht, K., Müller, K. and Metzger, G.L. 2011. First off the mark: early seed germination. Experimental Botany 62 (10) : 3289-3309.

Wolny, E., Betekhtin, A., Rojek, M., Braszewska-Zalewska, A., Lusinska, J. and Hasterok, R. 2018. Germination and the early stages of seedling development in *Brachypodium distachyon*. Molecular Sciences 19 (10) : 1-14.

Wongwattanasathien, O., Kangsadalampai, K. and Tongyonk, L. 2010. Antimutagenicity of some flowers grown in Thailand. Food and Chemical Toxicology 48 : 1045-1051.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวฉัฐมาศ พรมเดช

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6010620020

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2559

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

- ทุนอุดหนุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- โครงการหลักสูตรร่วม ระดับปริญญาโท Participatory and Integrative Support for Agricultural Initiative (PISAI) ภายใต้การสนับสนุนจาก ERASMUS +-Capacity Building in Higher Education Programme of the European Union

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Promdach, C. and L. Lerslerwong. 2019. Study on seed germination of ornamental potted plants under greenhouse in Southern Thailand. The 5th Joint Symposium by Seven Universities in Thailand and Japan: Basic and Applied Studies of Plant Natural Products for Agriculture and Human Health. Thaksin University September 12, 2019, Phatthalung, Thailand. (Oral presentation)

Promdach, C. and L. Lerslerwong. 2021. Evaluation of seed germination and flowering of edible flowers for greenhouse production under Southern Thailand condition. The First International Conference on Sustainable Agriculture and Aquaculture: BCG for Well Being and Food Security. Prince of Songkla University January 11- 12, 2021, Songkhla, Thailand (Oral presentation-on site)

ฉัฐมาศ พรมเดช, อดิเรก รักคง, รุ่งรัตน์ แซ่หยาง, และลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์. 2565. การศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินในดอกไม้กินได้ที่ผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนทางภาคใต้. การประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 23: New Paradigms in Agriculture for Sustainable Development. มหาวิทยาลัยขอนแก่น 24-25 มกราคม 2565 (แบบออนไลน์).