บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

อังกาบอยู่ในตระกูล Acantaceae เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทั่วไปตามป่าละเมาะของประเทศไทย เป็นพันธุ์ไม้พุ่มขนาดเล็ก ดอกมีสีสันสวยงาม มีการใช้ประโยชน์เป็นพืชสมุนไพรโดยใช้รากของต้นที่มีดอกสีม่วงมาปรุงเป็นยาบรรเทาอาการปวดเมื่อยบั้นเอว ฟอกโลหิต ขับปัสสาวะ และยังใช้เป็นไม้ประดับตกแต่งสวน เป็นพันธุ์ไม้ที่ปลูกได้ทั้งในที่ร่มรำไรและที่กลางแจ้ง ต้องการน้ำและความชื้นในปริมาณปานกลางพบขึ้นอยู่ทั่วไปตามหัวไร่ปลายนา ป่าละเมาะ ป่าดงดิบ ป่าเต็งรังและป่าก่อ (วิทย์, 2536)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ของอังกาบ

อังกาบ (*Barleria cristata* Linn.)

มีชื่อสามัญว่า Philippines Violet และมีชื่อเรียกอื่นๆ ว่า อังกาบเมือง, อังกาบกานพลู, คันชั่ง, ก้านชั่ง, ทองระอา, หอมป่า เป็นไม้พุ่ม ขนาดเล็ก สูงประมาณ 60-120 ซม กิ่ง ก้านใบ มีขนอ่อนๆ ปกคลุม ดอกมี สีม่วง ขาว หรือม่วงมีแถบขาว ดอกออกตามซอกใบ ใบประดับรูปยาวปลายแหลมขอบเป็นหนาม กลีบเลี้ยงสั้นสีเขียว ปลายแยก 4 แฉกซ้อนกัน โคนเป็นหลอดยาวประมาณ 3 - 4 ซม ปลายแยกเป็น 5 กลีบ เกสรตัวผู้ 4 อัน ดอกบานเต็มที่เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม ใบเดี่ยว ออกเป็นคู่ตรงกัน รูปไข่แกมวงรีหรือรูปขอบขนานแกมวงรี ปลายใบแหลม โคนใบรูปลิ่มสอบเข้าหาก้านใบ ไม่ติดเมล็ด ขยายพันธุ์โดยการปักชำกิ่ง (วิทย์, 2536)

อังกาบแดง (*Barleria repens* Nees.)

เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก กิ่งก้านทอดเลื้อย สูงประมาณ 15-40 ซม ใบรูปไข่ถึงรูปรี ปลายแหลม ยาว 2-4 ซม สีเขียวเป็นมัน ดอกออกตามซอกใบบริเวณปลายกิ่ง ใบประดับสีเขียว ดอกสีแดงอมส้ม ลักษณะคล้ายดอกอังกาบ แต่ขนาดเล็กกว่า และกลีบดอกค่อนข้างกลมมน ปลูกได้ทั้งกลางแจ้งและรำไร ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดหรือปักชำ (คณะบรรณาธิการสำนักพิมพ์บ้านและสวน, 2543)

2.2 การปรับปรุงพันธุ์พืช

ความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์พืชขึ้นอยู่กับความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่อยู่ในพืชนั้นๆ (ไพศาล, 2526) การนำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยการผสมพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์ ทำให้ได้พันธุ์พืชลูกผสมแปลกๆ ใหม่ๆ ที่มีผลผลิตสูงขึ้นมากมาย (ดำเนิน, 2541) การผสมพันธุ์เป็นการนำพืช 2 พันธุ์มาผสมกัน เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่เรียกว่าลูกผสม ลูกผสมที่ได้อาจมีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ขึ้นกับพันธุกรรมของพ่อแม่ นอก

จากนั้นยังพบว่าลูกผสมบางพันธุ์จะมีลักษณะแข็งแรงกว่าพ่อแม่เดิม ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดพันธุ์ดีเด่น เช่นพันธุ์ต้านทานโรค และแมลง หรือมีการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น (จิรา, 2541)) Lidwien *et al.* (1997) เปรียบเทียบกุหลาบลูกผสม 6 คู่ผสม กับต้นพ่อแม่พันธุ์ เพื่อคัดเลือกต้นสำหรับมาทำเป็นไม้กระถาง พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 เกิดตาดอกก่อนต้นพ่อแม่พันธุ์และมีตาดอกมากกว่า แต่ออกดอกช้ากว่าและมีจำนวนกลีบดอกน้อยกว่า มียอดสั้นกว่า จำนวนใบน้อยกว่าแต่มีการแตกกิ่งแขนงมากกว่าต้นพ่อแม่พันธุ์

มีการศึกษาการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์ไม้ดอกหลายชนิด การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างดอก การถ่ายละอองเกสร ระยะที่เหมาะในการผสมพันธุ์ จะเป็นแนวทางให้ทราบถึงวิธีการผสมพันธุ์ที่ใช้กับไม้ดอกชนิดนั้นๆ และช่วยให้การผสมพันธุ์ประสบความสำเร็จ (กฤษฎา, 2528) ช่วงเวลาของความพร้อมผสมในพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปและมักอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้น ปกติเกสรตัวเมียจะมีความพร้อมผสมมากที่สุดในช่วงหลังดอกบานประมาณ 3 วัน สังเกตได้จากก้านเกสรตัวเมียที่พร้อมจะรับการผสมนั้นผิวของยอดเกสรตัวเมียดูสดใสและเคลือบด้วยน้ำหวาน (ศิริพร, 2527) ดอกกระดังงาที่พร้อมรับการผสม จะสังเกตได้ว่าที่เกสรตัวเมียจะมีน้ำยางเหนียวๆออกมาบริเวณรอยแตกเป็นร่องบนยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากที่สีของกลีบดอกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหมดแล้ว และส่วนโคนกลีบดอกจะปรากฏสีม่วง ในขณะเดียวกันอับละอองเรณูของเกสรตัวผู้จะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเหลืองเข้มอมม่วง (พิสมัย, 2537) Thomas and Dennis (1982) รายงานว่า การผสมเกสรบานชื่นควรทำในสภาพอุณหภูมิกลางวันสูงสุดได้ไม่เกิน 27 °ซ และอุณหภูมิกลางคืนสูงสุดไม่เกิน 21°ซ ส่วนการผสมเกสรเบญจมาศเพื่อให้มีการติดเมล็ดได้ดีควรทำในตอนที่มีแสงแดดเต็มที่และมีอุณหภูมิสูง (Sparnaaij and Beeger , 1973) ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเกสรกุหลาบคือเวลา 08.00-10.00น. ที่มีแดดจัดโดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20-35 °ซ (Devries and Lidwien, 1983) การผสมควรทำในตอนเช้าจะให้ผลดีที่สุดและการผสมในวันที่มีอากาศแจ่มใสจะให้ผลดีกว่าในวันที่อากาศเย็นและอากาศมืดครึ้ม (กฤษฎา, 2519)

2.2.1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะในไม้ดอก

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งได้เป็น การถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ (qualitative inheritance) เป็นการถ่ายทอดด้วยยีนหลัก (major gene) น้อยตัว ยีนแต่ละตัวแสดงลักษณะออกเด่นชัด การกระจายตัวของยีนในรุ่นลูกหลานสามารถแยกเป็นกลุ่มได้ชัดเจน ความแปรปรวนมีขอบเขตจำกัด สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกลักษณะดังกล่าวน้อยมาก เช่นลักษณะสีของดอกไม้ สีของเมล็ด การถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณ (quantitative

inheritance) ได้แก่ ผลผลิต ความสูง อายุเก็บเกี่ยว เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนกลุ่มหนึ่ง การถ่ายทอดลักษณะต่างๆ เหล่านี้ไม่สามารถแยกกระจายตัวในชั่วลูกหลานได้ชัดเจน และสิ่งแวดล้อมมีบทบาทต่อการแสดงออกมาก (สุทัศน์, 2528) ลักษณะรูปร่างของพืชที่จะถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูกหลานถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซม (จิรา, 2541) จากกฎของเมนเดล ยีนจะมีการถ่ายทอดผ่านหน่วยสืบพันธุ์ของพ่อและแม่ไปยังรุ่นต่อๆไปและจะเป็นตัวนำลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในพ่อแม่ถ่ายไปยังลูก การจับคู่กันของ gamete จะเป็นอิสระ (เทอด, 2521) ผลที่เกิดจากการผสมพันธุ์ อัตราส่วนของลูกผสมจะเป็นไปตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้โดยเมนเดลหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับว่าลักษณะที่ศึกษานั้นถูกควบคุมโดยยีนกี่คู่และลักษณะการข่มระหว่างยีนเป็นอย่างไร (สุกันยา, 2532)

คมจันทร์ (2538) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีของดอกพังพวย (*Chatharanthus roseus*) พบว่าลูกผสมที่ได้จากการผสมโดยใช้สีขาวเป็นต้นแม่สีม่วงเป็นต้นพ่อ หรือในทางกลับกัน จะมีลักษณะเหมือนกันคือ มีดอกสีม่วงแสดงให้เห็นว่า ยีนควบคุมสีม่วงเป็นยีนเด่น และเป็นการควบคุมการแสดงออกโดยยีนที่อยู่ในนิวเคลียส (nuclear gene inheritance) ส่วนต้นที่ได้จากการผสมตัวเองจะมีลักษณะเหมือนต้นแม่ทุกประการ รุ่งนภา (2540) ศึกษาการผสมโป๊ยเซียนทั้งการผสมตัวเองและการผสมข้าม พบว่าพันธุ์ FS5 และ FS6 ไม่ติดเมล็ดหรือติดเมล็ดแต่มีจำนวนน้อยมาก ส่วนคู่ผสมที่สามารถติดเมล็ดและเจริญเติบโตจนกระทั่งออกดอกได้โดยที่คู่ผสมที่มีเปอร์เซ็นต์ดอกที่ผสมติดมากที่สุดคือ FS4⊗ FS1×FS4 FS2×FS4 FS3×FS4 FS1⊗ และ FS1×FS2 ตามลำดับ และพบความผันแปรของรูปร่าง ดอก ใบและหนามของลูกผสมเพราะโป๊ยเซียนเป็นพืชผสมข้ามจึงมียีนแบบ heterozygous ทำให้ลูกผสมมีความแปรปรวนของลักษณะที่แสดงออกในชั่วของลูกผสม Nieuwhof *et al.* (1990) รายงานว่าสีของดอกทิวลิป (*Tulipa* L.) มีความสัมพันธ์กับเม็ดสี โดยทำการศึกษาจากลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าการถ่ายทอดลักษณะสีดอกถูกควบคุมด้วยยีนหลายยีน (polygene) Bahandari (1989) ศึกษาการถ่ายทอดสีของ opium poppy (*Papaver somniferum* L.) 4 พันธุ์ได้แก่ UO177-2 (white) UO185 (pink) UO221 (red) และ NBPGR-1 (violet) โดยการผสมแบบพบกันหมด พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 จะมีสีของกลีบดอกเหมือนต้นแม่ ซึ่งการถ่ายทอดสีของกลีบดอกถูกควบคุมด้วยยีนเพียงยีนเดียวที่มีชุดของอัลลีลหลายอัลลีลโดยพบว่าลักษณะเด่นคือสีม่วงจะข่มสีแดง สีแดงข่มสีชมพู และสีชมพูข่มสีขาว Nasser and Tilney – bassett (1992) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะของสีดอก *Zonal pelargoniums* พบว่าการแสดงออกของสีกลีบดอกถูกควบคุมด้วยยีนเด่น 4 ยีน ได้แก่

Ba/ba, Ce/ce หรือ *Pi / pi* และ *Ve / ve* ซึ่งควบคุมลักษณะรอยขีดสีเล็กๆ รอยจุดเล็กๆ บริเวณปลายกลีบดอก และการมีสีบริเวณเส้น vein ของกลีบดอกตามลำดับ

2.2.2 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีผสมข้ามและการเพาะเลี้ยงเอมบริโอ

การผสมระหว่างพืชต่างชนิดหรือต่างสกุล (interspecfic and intergeneric hybridization) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความผันแปรทางพันธุกรรมให้เพิ่มขึ้น จะทำให้ได้พืชที่มีลักษณะใหม่ๆ (Allard, 1964) การผสมข้ามระหว่างชนิดมีประโยชน์ในไม้ดอกไม้ประดับ เพราะสามารถขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนอื่นๆได้โดยที่ไม่ต้องใช้เมล็ดจึงเป็นการขจัดปัญหาการผลิตเมล็ด (ไพศาล, 2526) การผสมข้ามชนิดระหว่างพืชที่มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน การปฏิสนธิจะประสบผลสำเร็จถ้าใช้ต้นแม่ที่มีจำนวนโครโมโซมสูงกว่าต้นพ่อ เช่นการผสมระหว่าง *Solanum tuberosum* (4X) และ *Solanum phureja* (2X) (นิตย์ศรี, 2541) Takamura and Miyajima (1996) รายงานว่าการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการผสมข้ามชนิดแล้วเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาลักษณะต่างๆ ของไม้ดอก และได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ Cyclamen โดยการผสมข้ามระหว่างต้น diploid กับต้น tetraploid ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 เป็น diploid แล้วนำมาเพิ่มจำนวนโครโมโซมเป็นต้น tetraploid แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญของการผสมข้ามชนิดคือมีเปอร์เซ็นต์การเข้ากันได้ต่ำ Andrade-Aguilar and Jackson (1988) ศึกษาการผสมข้ามชนิดระหว่าง *Phaseolus vulgaris* L. (common bean) และ *P. acutifolius* A. Gray (tepary bean) พบว่าการผสมข้ามประสบจะผลสำเร็จเมื่อใช้ *P. vulgaris* เป็นต้นแม่แล้วนำเอมบริโอของลูกผสมที่ได้มาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อพบว่าต้นลูกผสมที่ได้มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับต้นแม่ (*P. vulgaris*) แต่มีลักษณะใบใกล้เคียงกับ *P. acutifolius* ซึ่งเป็นต้นพ่อ Yuhua *et al.* (2000) ศึกษาการผสมข้ามระหว่าง *Fragaria* x *ananassa* (8X) x *F.vesca* (2X) พบว่าได้ลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวนน้อย และมีต้นกล้าที่สามารถเจริญต่อไปได้ 167 ต้นจาก 303 ต้น 84 ต้นที่มีชุดโครโมโซม 5X และ 83 ต้นเป็นแอโพมิกซิส โดยพบว่าการงอกของหลอดละอองเกสรบนยอดเกสรตัวเมีย ของ *Fragaria* x *ananassa* มีจำนวนน้อยมาก และหลอดละอองเกสรที่สามารถงอกได้ก็มีลักษณะผิดปกติและการพัฒนาของเอมบริโอก็มีลักษณะผิดปกติด้วย ซึ่งเนื่องมาจากไม่มีการพัฒนาของเอนโดสเปิร์ม

การผสมข้ามระหว่างชนิดต่างๆของพืชมักไม่ค่อยประผลสำเร็จ เนื่องมาจากมีปัญหาที่ละอองเกสรไม่สามารถงอกเข้าไปในถุงเอมบริโอ การไม่เข้ากันระหว่างเกสรตัวเมียและละอองเกสร ถึงแม้ว่าการปฏิสนธิจะเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ไซโกตไม่อาจพัฒนาไปเป็นพืชลูกผสมที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ เนื่องมาจาก incompatibility gene หรือเอมบริโอไม่

สามารถใช้อาหารจากเอนโดสเปิร์มทำให้เอมบริโอไม่สามารถพัฒนาต่อไปได้อย่างปกติ (Welsh, 1979) ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเอมบริโอในอาหารสังเคราะห์ที่มีส่วนประกอบคล้ายกับในเอนโดสเปิร์ม จึงเป็นวิธีการช่วยชีวิตเอมบริโอลูกผสม (Gill *et al.*, 1981) เมื่อเอมบริโอที่นำไปเลี้ยงมีความต้องการอาหารมากขึ้น อาจต้องเติมน้ำมะพร้าว หรือเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเป็น 8 - 12 เท่า การให้ฮอร์โมนออกซินและไซโตไคนินในปริมาณที่เหมาะสมก็ช่วยให้เอมบริโอเจริญเติบโตได้ (van Tuyl, 1997) Gonzalez and Ford-Lioyd (1987) ใช้เทคนิค *in ovulo* embryo rescue สำหรับการเพาะเลี้ยงเอมบริโอหอมลูกผสม, *Allium cepa* กับ *A. fistusum* พบว่าประสบผลสำเร็จประมาณ 70 % Boyd and Dale (1996) เพาะเลี้ยงเอมบริโอ *Poa prateusis* L. โดยนำเอมบริโอระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่มาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เพิ่มน้ำตาล 30 ก/ล casein hydrolysate (CH) 100 มก/ล 6- benzylaminopurine (BAP) 0.2 มก/ล ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.7-5.8 เลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °ซ ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 60 วัน แล้วย้ายต้นกล้าออกจากหลอดแล้วนำไปปลูกในกล่องเก็บความชื้นที่มีวัสดุปลูกคือทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว Andrade-Aguilar and Jackson (1988) นำเอมบริโอลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่าง *Phaseolus vulgaris* L. และ *P. acutifolius* A. Gray มาเพาะเลี้ยง โดยนำฝักที่ได้หลังจากการผสมติดแล้ว 2-3 สัปดาห์ มาทำความสะอาด แล้วทำการเปิดฝักและเอาเฉพาะเอมบริโอมาเลี้ยงในอาหารสูตร B5 หรือ MS สำหรับ 10 วันแรกเลี้ยงไว้ในที่มืดอุณหภูมิ 25 °ซ จนมีรากงอกออกมาหลังจากนั้นให้แสง 16 ชั่วโมง มืด 8 ชั่วโมง เมื่อรากพัฒนาได้เต็มที่และใบคู่แรกแข็งแรงดีแล้วย้ายปลูกอีกครั้งหนึ่งในอาหารสูตร MS ที่ไม่ใส่ฮอร์โมน เลี้ยงไว้อีกประมาณ 2-3 สัปดาห์เมื่อต้นแข็งแรงจึงย้ายออกปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย peat:vermiculite ในอัตราส่วน 1:1 ควบคุมอุณหภูมิที่ 16 °ซ Agnihotri *et al.* (1990) ใช้อาหารสูตร MS ที่เพิ่ม kinetin 1.0 มก/ล napthelene acetic acid (NAA) 0.1 มก/ล gibberellic acid (GA_3) 1.0 มก/ล และ casein hydrolysate (CH) 10 มก/ล เลี้ยงเอมบริโอลูกผสมระหว่าง *Eruca sativa* กับ *Brassica campestris* Mathias *et al.* (1990) ประสบผลสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเอมบริโอลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามชนิดระหว่าง *Cuphea paucipetala greenwoodii* กับ C. *laminuligera* 5-6 วันหลังจากผสมติดนำผลที่ได้ไปฆ่าเชื้อ แกะเอาเฉพาะโอวูลออกมาแล้วคัดเลือกเฉพาะโอวูลที่พัฒนาได้สมบูรณ์ นำมาตัดแล้วแกะเอาเฉพาะเอมบริโอออกมาเลี้ยงในอาหารแข็ง/อาหารเหลว (solid/liquid double layer) โดยมีธาตุอาหารหลัก และวิตามินสูตร NN (Nitsch and Nitsch, 1967) ส่วนธาตุอาหารรองใช้สูตร MS หลังจากเลี้ยงได้ประมาณ 10 วันย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ไม่ใส่ฮอร์โมนแต่ใส่ activated charcoal 0.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อคอยดูดซับเอาสาร

พิษที่ออกมาจากเนื้อเยื่อ Hunsinger and Schauz (1987) เพาะเลี้ยงเอมบริโอข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) ในระยะก่อนที่จะเจริญเติบโตเต็มที่ โดยทำการแคะเอมบริโอออกจากเมล็ดภายใต้กล้องสเตอริโอและทำในสภาพปลอดเชื้อแล้วนำเอมบริโอที่ได้มาเลี้ยงในอาหารสูตร N6 ดัดแปลง ที่เพิ่ม 3,6 dichor-2-methoxy benzoe acid (dicamba) Ripley and Arnision (1990) เก็บเมล็ดลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่าง *Sinapis alba* L. และ *Brassica napus* L. หลังจากผสมติดแล้ว 10-15 วัน แล้วนำเอมบริโอไปเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร NN โดยให้เมล็ดลอยอยู่บนอาหารเลี้ยงบนเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 60 rpm อุณหภูมิ 25 ^{o}ซ เอมบริโอจะงอกหลังจากเลี้ยงได้ประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วจึงย้ายไปเลี้ยงในอาหารกึ่งเหลวสูตร MS

2.2.3 การปรับปรุงพันธุ์โดยการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยวิธีฉายรังสี

ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์ โดยการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ควบคู่ไปกับการผสมพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ในพืชหลายชนิด โดยจุดประสงค์ของการทำให้เกิดการกลายพันธุ์ก็เพื่อเป็นแนวทาง และวิธีการในการชักนำให้เกิดลักษณะใหม่ๆ ที่จะนำมาใช้ในการผสมพันธุ์ต่อไปได้อีก (กฤษฎา, 2528) การปรับปรุงพันธุ์โดยการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นวิธีที่นิยมเพิ่มขึ้นในหมู่นักปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากสามารถที่จะทำให้ลักษณะเพียงบางลักษณะเปลี่ยนแปลงไป เช่น สีดอก อายุการเก็บเกี่ยว ความต้านทานโรค ฯลฯ โดยลักษณะอื่นๆ ที่ดีก็ยังคงอยู่ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ในด้านการค้า (อดิศร, 2532)

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสี เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพืชให้กว้างขึ้นและยังช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์และช่วยลดปัญหาในการปรับปรุงพันธุ์พืชที่ผสมยาก เช่นการเข้ากันไม่ได้ระหว่างพืชที่ใช้ผสม หรือมีอัตราการเป็นหมันไม่ติดเมล็ด (สิรนุช, 2527)

Sparnaaio and Demmink (1970) พบว่าการให้รังสีเอ็กซ์ปริมาณต่ำๆ คือ 2.5 krad แก่คาร์เนชั่นพันธุ์ Sim จะส่งผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโต ทำให้เกิด primary shoot มาก และออกดอกเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้ฉายรังสี นอกจากผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังมีผลต่อรูปร่างลักษณะของพืชได้แก่ ผลที่มีต่อราก โดยที่การเจริญเติบโตของรากและการสร้างรากใหม่ๆ อาจลดลงไปภายหลังจากที่ได้รับรังสี ผลที่มีต่อลำต้นโดย Sax (1963) รายงานว่า รังสีในปริมาณต่ำๆ กระตุ้นให้เกิดการแตกกอมากขึ้นโดยรังสีจะไปยับยั้งการทำงานของ ออกซิน สำหรับผลที่มีต่อใบนั้น Venketeswarns and Partanen (1966) พบลักษณะใบยาสูบที่ได้รับรังสีเกิดความผิดปกติ และมีจำนวนคู่ใบน้อยกว่าต้นควบคุม นอกจากนั้นยังมีผลต่อดอกยาสูบโดยรังสีจะไปมีผล

ยับยั้งการออกดอก หรือเร่งการออกดอก และการเกิด fasciation ทำให้เกิดการแตกกิ่งก้านเป็นกระจุก

ผลของรังสีที่มีต่อการกลายพันธุ์ในไม้ดอกไม้ประดับ

กันยารัตน์ (2532) ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพืชกลุ่มบัวจีน พบว่าหัวที่ได้รับปริมาณรังสีเท่ากันจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน หัวของพันธุ์ดอกเล็กสีชมพูและบัวจีนคำหอมที่ได้รับรังสี 2000 rad สามารถเจริญเติบโตจนมีดอก และติดเมล็ดได้แต่เมล็ดไม่สามารถงอกได้ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากขณะที่หัวได้รับรังสีจะมีตาดอก (floral bud) รอการเจริญอยู่ภายในหัว ฉะนั้นเมื่อเซลล์เจริญให้ละอองเกสรจึงเกิดการแบ่งเซลล์ผิดปกติทำให้ละอองเกสรที่ได้เป็นหมัน ส่วนบัวจีนคำหอมและบัวจีนพันธุ์สีชมพูดอกใหญ่ที่หัวได้รับรังสี 8000 rad จะให้ดอกที่มีก้านช่อดอกสั้นลง และดอกไม่บานเต็มที่ การที่ความยาวก้านช่อดอกสั้นลงอาจเนื่องมาจากการสร้างฮอร์โมนออกซินถูกเปลี่ยนแปลง สุพัตร (2533) ศึกษาการฉายรังสีแกมมา 5 ระดับคือ 0 10 20 30 และ 40 Gy โดยมีอัตรารังสี 7.208 Gy ต่อนาที กับกิ่งชำคาร์เนชั่นชนิดดอกเดี่ยว กลีบดอกซ้อน 5 พันธุ์ คือ Chameur, Dark Lena, Flamingo Sim, Orange Triumph และ White Sim พบว่ารังสีมีผลต่อการเจริญเติบโต โดยปริมาณรังสีสูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดลดลง และปริมาณรังสี 40 Gy ทำให้ต้นตายก่อนการออกดอกในพันธุ์ Flamingo Sim และ Dark Lena รังสีในปริมาณที่สูงทำให้ความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนคู่ใบ และจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นลดลง โดยเฉพาะปริมาณรังสี 40 Gy ก่อให้เกิดความผิดปกติทางด้านโครงสร้างต่างๆ ของใบ ทำให้เกิดการผันแปรของขนาดดอก วันดอกบานและสีดอกในลักษณะต่างๆ และยังทำให้เกิด chimera ขึ้นอีกด้วย ธนิต (2542) ปรับปรุงเบญจมาศพันธุ์ White Reagan และพันธุ์ Futora โดยใช้รังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 312 521 และ 729 rad ที่อัตรารังสี 52.1 rad / min พบว่ารังสีมีผลทำให้ใบมีรูปร่างผิดปกติและจำนวนใบลดลง ตลอดจนเกิดการด่างของใบ ส่วนการกลายพันธุ์ของสีดอกพบเพียงในพันธุ์ White Reagan ซึ่งเปลี่ยนจากสีดอกเดิมสีขาวเป็นสีเหลือง และสีขาวแถบเหลือง นอกจากนี้ในต้นเบญจมาศที่ได้รับการฉายรังสีจะทำให้ระยะเวลาการเกิดดอกช้าลงในทั้ง 2 พันธุ์ วิชัย (2542) ศึกษาผลของรังสีเอกซ์ต่อการเจริญเติบโตและการกลายพันธุ์ของเยอบีร่า 2 พันธุ์ คือ Horizon และ RPFG ในปริมาณรังสี 0 10 15 และ 20 Gy พบว่าปริมาณรังสีไม่ทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกันทั้งทางขนาดของทรงพุ่ม จำนวนใบ การแตกหน่อ แต่ปริมาณรังสีที่ 15 และ 20 Gy ทำให้รูปร่างดอกผิดปกติโดยพบว่า ray floret จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี Roest *et al.* (1981) ศึกษาการนำชิ้นส่วนของบีโกเนียที่เลี้ยงใน

สภาพปลอดเชื้อแล้วฉายรังสีเอ็กซ์กับหน่อที่เกิดขึ้นมา พบว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของพืชทั้งหมดจะเกิดการกลายพันธุ์ในเรื่องของสี ขนาดใบ รูปร่างใบ และขนาดดอก และการกลายพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นแบบ solid mutant Dawrick and Lidwien (1983) ศึกษาการใช้รังสีแกมมา 1-4 krad และรังสีเอกซ์ 0.5-2 krad กับเบญจมาศพันธุ์ New Princess พบว่าสีของดอกที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการสูญเสียรงควัตถุทำให้สีดอกซีดจาง แต่ก็พบว่ามีบางต้นที่สีดอกเข้มขึ้น และจะพบมากขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้น Guo *et al.* (1983) ศึกษาการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์กับกุหลาบ โดยใช้รังสีแกมมาที่ปริมาณ 2 4 6 และ 8 krad อาบกิ่งชำกุหลาบพันธุ์ Griss an Berlin, Super Star และ John Strong พบว่าการเจริญของ ลำต้น ราก ใบ และดอกจะถูกยับยั้งเมื่อให้รังสีมากกว่า 6 krad การฉายรังสีในปริมาณ 4 krad จะส่งผลให้กุหลาบพันธุ์ Griss an Berlin และ John Strong เกิดการกลายพันธุ์ของสี หลังจากดอกบานได้ 6 เดือน Krasaechai (1985) ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์เบญจมาศสายพันธุ์ญี่ปุ่น 2 สายพันธุ์ โดยการใช้รังสีเอ็กซ์ตั้งแต่ 10 Gy – 40 Gy พบว่าสายพันธุ์ที่มีดอกสีเหลืองชนิดดอกซ้อนจะไม่เกิดการกลายพันธุ์เป็นสีอื่น แต่จะแสดงผลความผิดปกติทางด้านสรีรวิทยาอาทิ เกิด disc floret เพิ่มขึ้น ส่วนสายพันธุ์ที่มีดอกสีม่วงจะเกิดการกลายพันธุ์ของสีดอกไปเป็นสีขาว ชมพู และส้มเป็นต้น Benetka (1988) รายงานการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.5 2.0 และ 2.5 krad กับต้นบีโกเนียที่ได้จากการปักชำ พบว่าทำให้เกิดการกลายพันธุ์ 50 เปอร์เซ็นต์ และมีผลทำให้ส่วนของลำต้น และใบมีขนาดเล็กลง 70 เปอร์เซ็นต์ ต้นที่กลายพันธุ์จะออกดอกช้ากว่าต้นควบคุมและยังพบอีกว่าในกลีบดอกมี 2 สีในดอกเดียวกัน Lata (1989) ศึกษาการฉายรังสีแกมมากับกุหลาบพวง (*Rosa rugosa*) 5 พันธุ์พบว่าปริมาณรังสี 1.5 – 17.5 krad ทำให้เกิดการสูญเสียเม็ดสี และเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นก็จะทำให้เม็ดสีเกิดการสูญเสียมากขึ้น Chandra and Tarar (1989) ศึกษาการฉายรังสีแกมมากับเมล็ดดองดึง (*Gloriosa superba* Linn.) พบว่าปริมาณรังสี 1 – 5 krad ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยที่ปริมาณรังสี 5 krad จะทำให้เมล็ดมีการงอกสูงสุด เมื่อเทียบกับต้นควบคุม ส่วนปริมาณรังสีตั้งแต่ 6 – 35 krad จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด Datta (1990) ฉายรังสีแกมมากับตาของกุหลาบ 32 สายพันธุ์ โดยใช้ปริมาณรังสี 3 – 4 krad แล้วนำตาไปติดบนต้นตอของ *Rosa indica* var. พบว่าปริมาณรังสีที่ 3 krad ทำให้เกิดการกลายพันธุ์มากที่สุด ทั้งในด้านสีของดอก และรูปทรงของดอก และพบการเกิด chimera ในกุหลาบ 21 สายพันธุ์ โดยลักษณะของ chimera จะปรากฏตั้งแต่เป็นขีดเล็กๆ จนถึงเป็นขีดทั่วทั้งดอก Sinhamahapatra and Rakshit (1990) ฉายรังสีเอกซ์ ให้กับเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเอง ของ ปอเส้ง (*Corcorus capsularis* L.)

พันธุ์ JRC 212 ปริมาณ 30 krad และ 90 krad เพื่อชักนำให้เกิดความผันแปรทางด้านความสูงและปริมาณเส้นใย เมื่อทำการปลูกทดสอบและคัดเลือกจนถึงรุ่น M3 แล้วพบว่าต้นที่ได้รับรังสี 90 krad จะมีความสูงเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ได้รับรังสี 30 krad และต้นที่ไม่ได้รับรังสีเลย และยังพบอีกว่า ต้นรุ่น M3 ที่ได้รับรังสี 30 krad และ 90 krad มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับรังสี

2.3 การจำแนกความแตกต่างของพันธุ์พืชโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซีส

อิเล็กโทรโฟรีซีส เป็นเทคนิคทางชีวเคมีที่ใช้แยกสารชีวโมเลกุลออกจากกันภายใต้สนามไฟฟ้าด้วยอัตราการเคลื่อนที่และทิศทางที่ต่างกันไปตามแต่ชนิดและปริมาณของประจุบนอนุภาคนั้นๆ รวมทั้งขนาดและรูปร่างของอนุภาคของสารตัวอย่างที่ต้องการแยก การเคลื่อนที่ของอนุภาคด้วยอัตราความเร็วที่ต่างกัน ช่วยในการจำแนกโมเลกุลต่างๆออกจากกันได้ (พิสวรรณ, 2531) การแยกจะเกิดขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์บนสารค้ำจุนที่เป็นแผ่นหรือแท่ง (supporting medium) เพื่อช่วยลดผลกระทบจากความร้อนที่มักทำให้แถบตัวอย่างโค้ง สารค้ำจุนที่นิยมใช้ในการแยกโปรตีนคือ polyacrymide gel เป็นตัวกลางที่สามารถทำให้มีรูพรุนสม่ำเสมอไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย มีความคงตัวในช่วงกว้างต่ออุณหภูมิ pH และ ionic strength แต่มีข้อเสียคือ เป็นพิษต่อสมองและอาจก่อมะเร็งได้ (ดวงพร, 2538)

เทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซีสสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ของพืชชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันโดยการเปรียบเทียบจากรูปแบบของไอโซไซม์ (ชวนพิศ, 2538) การศึกษาโปรตีนหรือเอนไซม์ภายในต้นพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพืชได้ว่าเหมือนหรือแตกต่างกัน เพราะข้อมูลทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่มาสู่ลูกจะถูกแปลงเป็นโมเลกุลโปรตีนหรือเอนไซม์โดยตรงก่อนที่จะสร้างโมเลกุลอื่นๆ เอนไซม์และโปรตีนจึงเป็นสารเริ่มแรกที่ถ่ายทอดโดยตรงจากยีน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆเกิดขึ้นที่ลำดับเบสของยีน ก็จะมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าเมื่อเทียบกับโปรตีนเดิม (สุคันธรส และคณะ, 2535 ; Scogin, 1969 อ้างโดย กัญจนา, 2539) การนำไอโซไซม์มาศึกษาทางพันธุกรรมจะต้องมีการเปรียบเทียบไอโซไซม์ของเอนไซม์ที่เหมาะสมมากกว่าหนึ่งประเภทขึ้นไป (วิไลวรรณ และอมรรัตน์, 2533)

เดียรา และคณะ (2538) ใช้เทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซีสในการตรวจสอบดูความแตกต่างของไอโซไซม์ ในการช่วยยืนยันและจำแนกชนิดของพืชในกลุ่มกระเจียว พบว่าสามารถแสดงความแตกต่างระหว่างชนิดและความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของกระเจียวบางชนิดได้

กัญจนา (2539) วิเคราะห์แบบแผนไอโซไซม์จากเนื้อเยื่อชิ้นส่วนต่างๆของปทุมมา (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) พบว่าเนื้อเยื่อของยอดให้แบบแผนไอโซไซม์ชัดเจนมากกว่าเนื้อเยื่อจากหัว ราก และดอก ปทุมมากลีบกว้างพันธุ์คัดเลือกให้แบบแผนไอโซไซม์ที่เหมือนกันทั้งหมด กับทุกชิ้นส่วนที่ทดสอบ จึงสรุปได้ว่าปทุมมากลีบกว้างพันธุ์คัดเลือกทั้งหมดมาจากสายต้นเดียวกัน ศิริลักษณ์ และ นิยะดา (2540) จำแนกสายพันธุ์เข็ม 12 ชนิด โดยใช้เอนไซม์ 4 ชนิดคือ esterase (EST) , peroxidase (PER), acid phosphatase (ACP) และ alcohol dehydrogenase (ADS) พบว่า peroxidase ให้แถบไอโซไซม์ที่ชัดเจนและแยกความแตกต่างของเข็มสายพันธุ์ต่างๆได้ โดยมีแถบไอโซไซม์ 2-7 แถบมีค่าเคลื่อนที่สัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 0.61-0.81 และพบว่าส่วนของดอกให้แถบสีที่คมชัดมากกว่าส่วนของใบอ่อนและใบแก่ Kobayashi *et al.* (1987) ศึกษาความแตกต่างของดอกหน้าวัว (*Anthurium andrenum*) จำนวน 7 พันธุ์ พบว่าใช้รูปแบบไอโซไซม์ 4 ชนิด คือ phosphoglucose isomerase, peroxidase, malate dehydrogenase และ glutamate oxaloacetate transaminase สามารถแยกความแตกต่างของดอกหน้าวัวทั้ง 7 พันธุ์ได้ Kim and Byrne (1996) ศึกษาความสัมพันธ์ของกุหลาบลูกผสม ที่ได้จากการผสมข้ามโดยใช้เอนไซม์ 3 ชนิด คือ acid phosphatase (ACP), malate dehydrogenase (MDH) และ phosphoglucoisomerase (PGI) พบว่าการยืนยันการเป็นลูกผสมมีข้อจำกัดในกรณีที่ลูกผสมที่ได้นั้นมาจากพ่อหรือแม่ที่มีความซับซ้อนทางสายพันธุ์ หรือพ่อแม่ที่ไม่สามารถตรวจสอบที่มาของพันธุกรรมได้

2.4 การศึกษาจำนวนโครโมโซม

เป็นการศึกษาจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืชที่กำลังแบ่งตัวแบบไมโตซีสและไมโอซีสแล้วแต่ความเหมาะสม ในช่วงที่อยู่ในระยะเมตาเฟสซึ่งเป็นช่วงที่โครโมโซมหดตัวมากที่สุด ทำให้เห็นโครโมโซมชัดเจนและสามารถนับจำนวนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ การศึกษาโครโมโซมของพืชจะใช้เซลล์ที่มาจากเนื้อเยื่อเจริญอาจเป็นปลายยอดหรือปลายรากซึ่งเป็นบริเวณที่เซลล์แบ่งตัวแบบไมโตซีส ส่วนการศึกษาโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์จะใช้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้จากอับละอองเกสร (วิสุทธิ์, 2536) ประโยชน์ของการศึกษาโครโมโซมในโซมาติกเซลล์คือสามารถใช้บอกจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตได้ และการนับจำนวนโครโมโซมมีความสำคัญต่อการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ อนุกรมวิธาน และวิวัฒนาการ นอกจากนี้การนับจำนวนโครโมโซมยังใช้ดูว่าเมื่อนำพืชมาผสมกันแล้ว ลูกผสมที่ได้จะเป็น apomixis หรือไม่ (กันยารัตน์, 2532) การศึกษาเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมมีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนโครโมโซมจะช่วยลดความเป็นหมันของต้นลูกผสม และทำให้ลักษณะของต้นและ

ดอกเปลี่ยนไป (ครรชิต, 2541) ดวงทิพย์ (2539) ศึกษาจำนวนโครโมโซมของว่านสี่ทิศ (Amaryllis) พันธุ์พื้นบ้านสีแดง พบว่ามีจำนวนโครโมโซม 2n = 22 พิมพ์ใจและคณะ (2539) ศึกษาจำนวนโครโมโซมของกระเจียวพลอยทักษิณ (*Curcuma aurantiaca* van Zijp.) และกระเจียวส้ม (*Curcuma roscoeana* Wall.) พบว่ามีจำนวนโครโมโซม 2n = 42 และ n = 21 Bhattarai and Malla (1994) ศึกษาความแตกต่างของจำนวนโครโมโซมกล้วยไม้กะเรกะร่อน (*Cymbidium cyperifolium* Lindl.) พบว่าต้นที่เป็น diploid 5 ต้นมีจำนวนโครโมโซม 2n = 36 อยู่ 1 ต้น และอีก 4 ต้น มีจำนวนโครโมโซม 2n = 40 Kamemoto *et al.* (1987) ศึกษาจำนวนโครโมโซมกล้วยไม้สีเหลืองพบว่า กล้วยไม้ชนิดพันธุ์แท้ใน section *Ceratobium* จำนวน 15 ชนิด มีจำนวนโครโมโซม 2n=38 ส่วนพันธุ์ทางการค้า 30 พันธุ์ พบว่า 21 พันธุ์ มีโครโมโซม 3 ชุด (3n) 6 พันธุ์ มีโครโมโซม 4 ชุด (4n) และ 3 พันธุ์ มีโครโมโซม 2 ชุด (2n) Rustanius *et al.* (1991) ศึกษาจำนวนโครโมโซม Alstroemeria ลูกผสมที่มีสีต่างๆ กันจำนวน 5 พันธุ์ พบว่าลูกผสมทั้งหมดมีจำนวนโครโมโซม 2n = 2x = 16 และเมื่อศึกษา karyotype พบว่าโครโมโซมคู่ที่ 2 3 5 และ 8 มี satellites Wang *et al.* (1993) ศึกษาจำนวนโครโมโซมพืชในจีนัส *Chenopodium* ที่พบในแถบเหนือและใต้ของอเมริกา พบว่า *C. neomexicanum* และ *C. palmeri* (diploid) มีจำนวนโครโมโซม 2n = 2x = 18

2.5 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการเจริญเติบโตและการออกดอก

2.5.1 ผลของความยาววัน

ความยาววันมีผลต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของพืช เมื่อพืชมีช่วงเวลาที่ได้รับแสงยาวนานขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นด้วยโดยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของวัน (ดนัย, 2537) ช่วงความยาววันมีผลต่อการสร้างสารหรือฮอร์โมนในเซลล์พืช และถูกส่งไปยังส่วนอื่นๆ ของพืช เพื่อกระตุ้นการออกดอกซึ่งเรียกสารนี้ว่าฟลอริเจน (Jordan, 1994) ความแตกต่างของพืชวันสั้นและวันยาวไม่ได้อยู่ที่จำนวนชั่วโมงวิกฤตของวัน (critical day length) ว่ามากหรือน้อยกว่ากัน แต่ความแตกต่างอยู่ที่พืชวันสั้นต้องได้รับช่วงความยาวของวันน้อยกว่าหรือเท่ากับ critical day length ในขณะที่พืชวันยาวต้องได้รับช่วงความยาวของวันมากกว่าหรือเท่ากับ critical day length จึงจะออกดอกได้ (ดนัย, 2537)

การเกิดตาดอกและการพัฒนาของตาดอกของเบญจมาศถูกควบคุมโดยความยาววันของช่วงมืด และอุณหภูมิที่เหมาะสม กล่าวคือจะเริ่มเกิดตาดอกเมื่อความยาวของช่วงมืดนานกว่า 9.5 ชั่วโมง ถ้าหากได้รับน้อยกว่า 9.5 ชั่วโมง ต้นจะเจริญทางลำต้นและใบ และถ้าได้รับช่วงมืดเพิ่มขึ้นเป็น 10.5 ชั่วโมง ตาดอกดังกล่าวก็จะพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ มีการศึกษากับ

เบญจมาศที่ปลูกภายใต้สภาพวันสั้น (กลางคืนยาวกว่า 10.5 ชั่วโมง) ตั้งแต่เริ่มปลูกนั้นพบว่าเบญจมาศมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่จำกัด โดยจะเกิดตาดอกขึ้นที่ปลายยอด และพัฒนาต่อไปจนเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้แต่ดอกจะมีขนาดเล็กเนื่องจากมีการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ ก่อนการออกดอกไม่มากนัก และมีจำนวนใบบนต้นเมื่อออกดอกน้อยกว่าต้นที่ได้รับวันยาวอย่างต่อเนื่องมาก กิ่งแขนงที่เกิดตามมา สามารถพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้เช่นกันแต่ก็จะมีขนาดเล็ก (อดิศร, 2532) ความยาวันมีผลต่อการออกดอกของรักเร่โดยพบว่าสภาพวันยาว (long day) ประมาณ 14 ชั่วโมง จะช่วยให้เกิด flower initiation เร็วขึ้นทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ด้วย ถ้าอยู่ในสภาพวันสั้นประมาณ 8 ชั่วโมง พบว่าดอกไม่สามารถบานได้ สภาพความยาววันที่เหมาะสมต่อการออกดอกและผลิตดอกและปริมาณผลผลิตดอกคือ 13 – 15 ชั่วโมง ถ้าช่วงวันน้อยกว่า 11 ชั่วโมง หรือมากกว่า 16 ชั่วโมง จะไม่ออกดอก ความยาววันที่เหมาะสมต่อการพัฒนาตาดอกคือ 13 ชั่วโมง และในช่วงสุดท้ายของการพัฒนาคือ 12 ชั่วโมง (โสระยา, 2542) Alstroemeria จำนวนมากตอบสนองต่อความยาววันโดยที่วันยาวมีผลทำให้เกิดตาดอกเร็วขึ้น แต่มีจำนวนดอกย่อยต่อช่อลดลง และวันยาวมีผลทำให้การสร้างยอดใหม่หยุดลงชั่วขณะ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบการตอบสนองของวันให้มีความเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถชักนำให้ได้ดอกเร็วกว่าฤดูกาลปกติ 2 – 3 สัปดาห์เช่นการเพิ่มวันโดยการเปิดไฟให้นั้นสามารถใช้หลอด incandescent ที่ความเข้มแสง 40 ลักซ์ ก็เพียงพอซึ่งการเพิ่มความยาวของวัน สามารถเปิดไฟต่อจากความยาวของวันโดยให้แสงตามธรรมชาติรวมกับที่ได้จากหลอดไฟเท่ากับ 13 ชั่วโมง ซึ่งการเปิดไฟนั้น จะให้แบบ cyclic lighting ก็ได้คือ 10 นาทีแสง และ 20 นาทีมืดไปจนครบชั่วโมงที่ต้องเปิดไฟ สำหรับระยะเวลาที่ต้องเปิดไฟให้นั้นพบว่าในยอดที่เดิมมีอยู่แล้วเปิดไฟให้เพียง 2 สัปดาห์ก็เพียงพอ (ขนิษฐา และ อดิศร, 2542) Criley and Kawabata (1986) ศึกษาการออกดอกของ *Heliconia stricta* Huber (Dwarf Jamaican) พบว่าการให้ความยาววัน 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ต้นจะเจริญเติบโตให้ผลผลิตมากกว่าที่ได้รับความยาววันตามธรรมชาติ (natural daylenght = 13.5 ชั่วโมง) และจะไม่ออกดอกในสภาพวันยาว ส่วนใน *Heliconia aurantiaca* การให้ความยาววัน 8 ชั่วโมง มีผลทำให้เกิดการพัฒนาของดอก และดอกจะมีลักษณะสมบูรณ์ แต่ความยาวก้านช่อดอกจะสั้นกว่าที่ได้รับช่วงแสง 16 ชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมิจาก 15 ^{o}ซ เป็น 21 องศาเซลเซียส ทำให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซนต์ ความยาวก้านช่อดอกเพิ่มขึ้นมากกว่า 21 ซม. Armitage and Garner (1999) พบว่าก้านดอกของ *Myosotis scorpioides* และ *Anchosa capensis* ที่ปลูกภายใต้สภาพวันยาวจะยาวมากกว่าที่ปลูกในสภาพวันสั้น Runkle *et al.* (1999) ศึกษาอิทธิพลของ

ความยาววันต่อการออกดอกของ *Phlox paniculata* พบว่าเมื่อเพิ่มความยาววันจาก 14 ชั่วโมงถึง 24 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การออกดอกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น 29 เปอร์เซ็นต์ Michel *et al.* (1999) ศึกษาความยาววันและความเข้มแสงที่มีผลต่อการเกิดดอกของพิทูเนียพันธุ์ Surfinia Shini Purple พันธุ์ Surfinia Blue Vein และพันธุ์ Surprise Pink Vein พบว่าทุกพันธุ์เป็นพิทูเนียวันยาว การให้สภาพวันสั้นโดยความยาววันสั้นกว่า 16 ชั่วโมง ที่ความเข้มแสง 500 – 800 ลักซ์ จะสามารถผลิตดอกในช่วงกลางและปลายเดือนมีนาคมได้ ซึ่งเป็นช่วงที่มีวันยาว แต่การปลูกเลี้ยงในสภาพนี้จะทำให้กิ่งข้างยืดยาวและมีจำนวนมากเพิ่มขึ้น

2.5.2 ผลของความเข้มแสง (light intensity)

Criley (1984) ศึกษาสภาพความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขิงแดง พบว่าขิงแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงเต็มที่แต่จะเกิดอาการใบเหลือง และอาการนี้จะลดน้อยลงเมื่อมีการพรางแสง 80 เปอร์เซนต์ การสร้างตาดอกและการเจริญของขิงแดงขึ้นอยู่กับการที่พืชได้รับแสงอย่างเต็มที่ในระหว่าง 5–6 สัปดาห์หลังสุดก่อนเก็บเกี่ยว รุ่งนภา (2540) ศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญและการออกดอกของโป๊ยเซียน พบว่าการพรางแสงเพื่อให้ความเข้มแสงอยู่ในระดับ 9,200 ลักซ์ มีผลทำให้การเจริญเติบโตของโป๊ยเซียนดีในด้านความสูงของลำต้นและจำนวนใบ และยังพบอีกว่า เมื่อต้นโป๊ยเซียนได้รับความเข้มแสงต่ำมากตลอดการทดลอง โดยมีความเข้มแสงเพียง 700 ลักซ์ จะไม่มีการเจริญเติบโต ใบร่วงและไม่แทงช่อดอก กำปั่น (2541) พบว่าความเข้มของแสงที่มากหรือน้อยเกินไปจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของหงส์เหินโดยที่ความเข้มแสง 6,000 ลักซ์ จะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหงส์เหิน ความเข้มแสงต่ำกว่านี้จะชะลอการเกิด flower initiation และ flower development และลดจำนวนดอกต่อช่อ สำหรับความเข้มแสงที่ใช้ปลูกฟรีเซียนั้น โสระยา (2542) รายงานว่า ควรจะสูงกว่า 2,500 ฟุตแรงเทียน ความเข้มแสงมีผลต่อการเกิดสีของกุหลาบ ถ้าสภาพความเข้มแสงมากจะกระตุ้นการสร้างแอนโธไซยานินในกุหลาบ ปริมาณแอนโธไซยานินจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงอุลตร้าไวโอเล็ต กุหลาบชอบแดดจัดอย่างน้อยวันละ 6 ชั่วโมง คุณภาพของดอกกุหลาบจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแสง 1,200 μ mol sec^{-1} m^{-2} การเจริญของกุหลาบจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ในฤดูหนาวความเข้มแสงลดลงพบว่าอัตราการเจริญก็ช้าลงด้วย การให้แสงกับกุหลาบโดยใช้หลอดชนิด High Intensity Discharge (HID) ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 100 เปอร์เซนต์ เมื่อให้แสง 1,200 fc – 1,500 fc กับกุหลาบที่ปลูกในฤดูหนาว นาน 9 ชั่วโมง ในเวลากลางคืนพบว่าสามารถปรับปรุงการเจริญและการออกดอกได้เมื่อเทียบกับการปลูกในสภาพปกติ (Boodley, 1981) การเจริญเติบโตและการพัฒนา

ของดอกจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งหากความเข้มแสงมากอัตราการลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงที่ใบไปสู่รากจะมากขึ้นพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญและพัฒนาได้มากกว่าสภาพความเข้มแสงต่ำ จากการทดลองปลูกแกลดิโอลัส ในสภาพความเข้มแสงต่างกัน 4 ระดับ คือ 12 37 75 และ 100 เปอร์เซนต์ของระดับความเข้มแสงธรรมชาติ พบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนท่อลำเลียงน้ำและอาหาร จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น (Bose and Yadav, 1989) สภาพความเข้มแสงต่ำมีผลต่อการออกดอกของแกลดิโอลัสพันธุ์ comet โดยมีผลทำให้เกิดอาการ flowering blasting ของดอก คือมีการสร้างดอกเสร็จสมบูรณ์ แล้วแต่ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ (Hosoki *et al.*, 1986) แต่ถ้าเพิ่มความยาววันให้มากขึ้นกับแกลดิโอลัสที่ได้รับความเข้มแสงต่ำ โดยอาจใช้วิธีในการให้แสงในเวลากลางคืน (night break) ก็จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกดีขึ้นได้ และได้ดอกมีคุณภาพดี แต่การบานของดอกจะช้า (Dohai, 1993) เฮลิโคเนียที่ปลูกในสภาพความเข้มแสงสูง จะทำให้การออกดอกลดลง แต่ถ้าความเข้มแสงไม่เพียงพอจะพบว่ามีผลต่อการชักนำให้เกิดการสร้างตาดอกเฮลิโคเนียบางพันธุ์เช่น *H psittacorum*, *H. episcopalis*, *H. hirsuta*, *H. stricta* และ *H.bihai* จะออกดอกตลอดปี ถ้าความเข้มแสงเพียงพอ ส่วนพันธุ์ *H. angusta* 'Holiday' จะออกดอกในฤดูหนาวซึ่งตอบสนองต่อช่วงความยาววัน มีค่าช่วงวันวิกฤติประมาณ 13.3 ชั่วโมง ในทางตรงกันข้าม *H. strica* 'Oawrf Jamaica' จะสร้างตาดอกเมื่อได้รับสภาพวันสั้นติดต่อกันนาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 15 °ซ และมีจำนวนใบอย่างน้อย 3 ใบ (โสระยา, 2542)

2.5.3 ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชต่างๆกัน ขึ้นกับอุณหภูมินั้นสูงหรือต่ำหรือพอดี ถ้าพืชได้รับอุณหภูมิเหมาะสมจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปเช่นสูงขึ้น จะส่งผลให้ การเจริญเติบโตของพืชไม่ดีเท่าที่อยู่ในสภาพอุณหภูมิที่พอเหมาะ ซึ่งมีอิทธิพลต่อกระบวนการหายใจและการสังเคราะห์แสง (เชาว์ และพรรณี, 2517)

การเจริญเติบโตของกุหลาบจะตอบสนองต่ออุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเจริญเติบโตก็จะเพิ่มขึ้น แต่พบว่าคุณภาพดอกกลับมีผลตรงข้ามคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจำนวนกลีบดอกและขนาดดอกจะเล็กลง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิเย็นช่วงกลางคืนจะชลอการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดิน อาหารที่เก็บไว้ในลำต้นจะถูกส่งไปเลี้ยงรากและส่วนยอด ในขณะเดียวกันรากใหม่ก็จะมีการดูดน้ำและธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (โสระยา, 2542) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกุหลาบในโรงเรือนคือ 15.5 °ซ – 16.5 °ซ ในเวลากลางคืน และเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 10 -

15 °ซ ในเวลากลางวัน (Boodley, 1981) เฮลิโคเนียพันธุ์ *H. psittacorum* 'Tay' เมื่อปลูกในสภาพที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 15 °ซ เป็น 21 °ซ ผลผลิตของดอกจะเพิ่มขึ้นจาก 25 ดอกต่อตารางเมตรเป็น 60 ดอกต่อตารางเมตร คุณภาพดอกดีขึ้น ความยาวก้านดอกมากขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเฮลิโคเนียเป็นไม้ตัดดอกคือ อุณหภูมิที่ไม่ต่ำกว่า 21°ซ จนถึง 35 °ซ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตเฮลิโคเนียบางสายพันธุ์ เช่น *H. psittacorum* พบว่าถ้าหากอุณหภูมิลดลงจาก 21 °ซ เป็น 10 °ซ จะเกิดอาการ cold injury โดยดอกย่อยจะมีจุดดำบริเวณที่ติดกับกาบรองดอก ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงกว่านี้ช่อดอกจะเปลี่ยนเป็นสีดำใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (โสระยา, 2542) จากการทดลองของ Konishi and Inaba (1966) พบว่ารักเร่ที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิกลางคืนสูงจะเร่งให้ลำต้นเจริญเติบโตเร็วขึ้น ขณะที่อุณหภูมิกลางคืนต่ำ (5°ซ) จะเจริญเติบโตช้าแต่ผลิตดอกที่มีคุณภาพ ดอกมีจำนวน ray และ disc florets มากขึ้น รักเร่จะออกดอกดีที่สุดในสภาพความยาววัน 13 ชั่วโมงและอุณหภูมิกลางคืนต่ำสุด10°ซ ถ้าหากอุณหภูมิกลางคืนสูงขึ้นถึง 15°ซ ทำให้การออกดอกล่าช้า Yamasaki *et al.* (2000) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างตาดอกของ Japanese Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) พบว่าอุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมสำหรับการสร้างตาดอกคือ 7°ซ และอุณหภูมิกลางวัน 20°ซ Erwin *et al.* (1989) พบว่าการยืดยาวของกิ่งลิลลี่เป็นผลมาจากการที่พืชได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนอยู่ในช่วง 10 – 20 °ซ Whealy *et al.* (1987) พบว่าแบญจมาศที่ปลูกในสภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 °ซ จะทำให้การสร้างและพัฒนาตาดอกเกิดช้ากว่าปกติและยังส่งผลให้ดอกมีลักษณะผิดปกติด้วย Runkle *et al.* (1999) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการออกดอกของ *Phlox paniculata* พบว่าเมื่อปลูกต้น *Phlox paniculata* พันธุ์ Eva Cullum โดยให้อุณหภูมิ 5 °ซ พร้อมกับให้วันยาวจะทำให้เวลาที่ใช้ในการออกดอกลดลงจาก 114 วัน เป็น 64 วัน Berg and Den (1984) พบว่าการปลูก Sonia ภายใต้สภาพโรงเรือนแบบ Dutch จะได้คุณภาพดีและผลผลิตมากขึ้นถ้ามีการควบคุมอุณหภูมิกลางคืนให้อยู่ในช่วง 24 °ซ เป็นเวลา 6 – 9 ชั่วโมง