บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ดาวเรืองเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) มีถิ่นกำเนิดแถบประเทศเม็กซิโกและสหรัฐอเมริกา (สุธานิธิ์ และคณะ, 2538) มีชื่อสกุล คือ *Tagetes* Linn. มาจากคำว่า Tages ซึ่งเป็นชื่อเทพเจ้าองค์หนึ่งที่เป็นหลานของเทพเจ้าจูปิเตอร์ มีตำนานว่าเมื่อมีการไถพรวน เทพเจ้าองค์นี้ได้ผุดขึ้นมาจากดิน ส่วนชื่อสามัญ คือ Marigold มาจากชาวสเปนผู้เคร่งศาสนานิยมใช้ดอกดาวเรืองถวายหน้าแท่นบูชาพระนางมารี จึงเรียกดอกไม้นี้ว่า Mary's Gold แล้วเพี้ยนเป็น Marigold (นันทิยา, 2545)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดาวเรือง

ลำต้น

เป็นไม้เนื้ออ่อน ลำต้นตั้งตรง (ภาพ 2.1 A) แตกกิ่งก้านสาขาเป็นพุ่มแน่นมีใบสวยงาม (วัลลภ,2541) ทรงต้นมีหลายขนาด ได้แก่ ลำต้นสูง ลำต้นเตี้ย มีความสูงตั้งแต่ 30-100 ซม. แล้วแต่ชนิด (สิริกัญญา, 2548)

ใบ

เป็นใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ (odd-pinnate) (ภาพ 2.1 B) เรียงตัวแบบตรงข้าม (opposite) มีใบย่อย 11-17 ใบ (นายเกษตร, 2542) ใบช่วงบนเรียงแบบสลับ (alternate) ใบย่อยรูปรี (elliptic) หรือรูปหอก (lanceolate) ปลายแหลม (acute) โคนสอบแคบ (attenuate) (สุธานิธิ์ และคณะ, 2538) ไม่มีหูใบ (สิริกัญญา, 2548)

A B

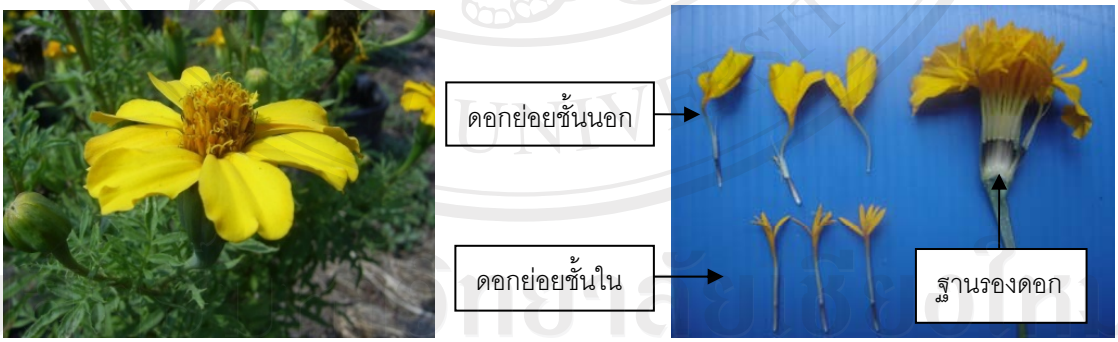
ภาพ 2.1 ลักษณะต้นดาวเรือง

A ลำต้น B ใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอก

เป็นดอกแบบช่อกระจุกแน่น (head) (ภาพ 2.2 A) ช่อดอกทรงกลม หรือปลายช่อแบน ประกอบด้วยดอกย่อย (floret) ขนาดเล็กที่ไม่มีก้านดอกจำนวนมากรวมกันอยู่บนแกนกลางที่อัดสั้นจนแผ่กว้าง ตรงกลางนูนเล็กน้อยคล้ายฐานรองดอก ทำให้ช่อดอกมีลักษณะคล้ายดอกเดี่ยว (สิริกัญญา, 2548) ริ้วประดับเชื่อมกันเป็นรูประฆัง ปลายจักฟันเลื่อย (นายเกษตร, 2542) ดอกย่อยแบ่งเป็น 2 ชนิด (ภาพ 2.2 B) คือ ดอกย่อยชั้นใน (disc floret) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite) ลักษณะคล้ายกระดิ่ง (bell-like collora) หรือท่อ (tubular) เรียงตัวภายในของช่อดอก (สิริกัญญา, 2548) มีกลีบดอก 5 กลีบเชื่อมติดกัน เกสรเพศผู้มีอับเรณูติดกัน (synantherous) 5 อัน เป็นวงล้อมรอบก้านเกสรเพศเมีย และติดอยู่กับกลีบดอก โดยอยู่สลับกับกลีบดอก อับเรณูมี 2 ช่องตามยาว ก้านเกสรเพศเมียมีปลายแยกเป็น 2 แฉก รังไข่แบบใต้วงกลีบ (inferior ovary) ไข่ (ovule) ติดที่ฐานของรังไข่ (basal) (พูลทรัพย์, 2534) ส่วนดอกย่อยชั้นนอก (ray floret) กลีบดอกเป็นรูปรางน้ำ โคนเป็นหลอดเล็ก ปลายแผ่รูปไข่กลับ (นายเกษตร, 2542) เป็นดอกที่มีเฉพาะเกสรเพศเมีย กาบรองดอกเชื่อมติดกับกลีบดอกชั้นนอก ซึ่งเปลี่ยนรูปร่าง หรือลดรูปลงเป็นเส้น (thread-like) หรือเกร็ดเล็กๆ (scale-like) เรียกว่า pappus มีประมาณ 5-6 อัน ดอกมีหลายสี เช่น สีส้ม เหลือง เหลืองทอง ครีม หรือมีสองสีในดอกเดียวกัน เช่น สีแดงกับเหลือง แดงกับส้ม มีทั้งแบบดอกชั้นเดียว และดอกซ้อน (พูลทรัพย์, 2534) ดอกมีหลายขนาด คือ มีขนาดเล็กประมาณ 2.5 ซม. ถึงขนาดใหญ่ประมาณ 10 ซม. (วัลลภ, 2541)



A B

ภาพ 2.2 ลักษณะดอกดาวเรือง

A ช่อดอก B ดอกย่อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ด

มีขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับเมล็ดไม้ดอกชนิดอื่น รูปร่างยาวเรียว และมีหาง เมล็ดพันธุ์ของบางบริษัทมีการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ตัดหาง (detailed seeds) ทำให้ง่ายต่อการหว่าน

โดยเฉพาะเมื่อใช้เครื่องจักร และบางบริษัทได้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีการเคลือบเมล็ด (coated seeds) โดยใส่สารป้องกันเชื้อราทำให้เมล็ดไม่เน่า เมื่อนำไปเพาะปลูก (นันทิยา, 2545)

การจำแนกดาวเรือง

ได้มีการจำแนกดาวเรืองที่พบเห็น และปลูกในปัจจุบันออกเป็น 5 ประเภท (Mastalerz, 1976; สมเพียร, 2524; สมเพียร, 2547; สิริกัญญา, 2548)

1. *Tagetes erecta* Linn. ดาวเรืองอเมริกันซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า American marigolds หรือ African marigolds หรือ Friendship marigolds การเจริญแบบตั้งตรง ต้นสูง 25-100 ซม. ดอกมีขนาดใหญ่ประมาณ 7-10 ซม. ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และครีม กลีบดอกซ้อนกันแน่น ปลูกได้ตลอดปี ถ้าปลูกช่วงฤดูหนาวใช้เวลาเพียง 65-70 วัน ตั้งแต่เพาะเมล็ดจนกระทั่งให้ดอก แต่ถ้าปลูกในช่วงฤดูร้อน การออกดอกช้าลง 10-15 วัน ดาวเรืองชนิดนี้มีหลายพันธุ์ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

<u>พันธุ์เตี้ย</u> มีการเจริญเติบโตคล้ายดาวเรืองฝรั่งเศส ต้นสูงประมาณ 25-35 ซม. นิยมปลูกเป็นไม้แปลง ไม้ขอบสนาม และไม้กระถาง ได้แก่ พันธุ์ปาปายา (Papaya) ไพน์แอปเปิล (Pineapple) และปัมพ์กิน (Pumpkin)

<u>พันธุ์สูงปานกลาง</u> ต้นสูงประมาณ 35-40 ซม. ทรงพุ่มกะทัดรัด เหมาะสำหรับปลูกเป็นไม้ประดับแปลง และไม้ตัดดอก ได้แก่ พันธุ์อะพอลโล (Apollo) ไวกิ้ง (Wiking) และมูนชอต (Moonshot)

<u>พันธุ์สูง</u> ต้นสูงประมาณ 40-100 ซม. นิยมปลูกเป็นไม้ประดับด้านหลัง และไม้ตัดดอก ได้แก่ พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Eagle) ดับบลูน (Doubloon) และซอฟเวอร์เรน (Sovereign)

2. *Tagetes patula* Linn. ดาวเรืองฝรั่งเศส เรียกโดยทั่วไปว่า French marigolds เป็นดาวเรืองที่มีต้นเป็นพุ่มเตี้ย ประมาณ 15-30 ซม. ดอกขนาดเล็กประมาณ 4 ซม. ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง น้ำตาลอม แดง และแดง นิยมปลูกประดับในแปลง หรือปลูกเป็นไม้กระถางมากกว่าปลูกเพื่อตัดดอก เนื่องจากก้านดอกสั้น ดาวเรืองชนิดนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

<u>พันธุ์ดอกชั้นเดียว</u> โดยมีดอกย่อยชั้นนอกเพียงชั้นเดียว ได้แก่ พันธุ์เรดมาเรตตา (Red Marietta) นอธตี มาเรตตา (Naughty Marietta) เอสปานา (Espana) และลีโอปาร์ด (Leopard)

<u>พันธุ์ดอกซ้อน</u> มีดอกย่อยชั้นนอกซ้อนกันมากกว่า 1 ชั้น ได้แก่ พันธุ์ควีน โซเฟีย (Queen Sophia) สการ์เลต โซเฟีย (Scarlet Sophia) และโกลเดน เกต (Golden Gate)

3. Triploid marigolds และ Diploid marigolds ส่วนใหญ่เป็นลูกผสมของ *Tagetes erecta* กับ *Tagetes patula* มีวัตถุประสงค์เพื่อ นำลักษณะแข็งแรง ดอกใหญ่ และมีกลีบดอกซ้อนกันจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของดาวเรืองอเมริกัน รวมเข้ากับลักษณะต้นเตี้ยทรงพุ่มกะทัดรัดของดาวเรืองฝรั่งเศส ดาวเรืองลูกผสมให้ดอกเร็วมาก คือ เพียง 5 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด ดอกขนาด 5-7 ซม. ดอกดก และอยู่กับต้นดี แต่ดาวเรืองชนิดนี้มีข้อเสีย คือ เมล็ดลีบ ไม่สามารถเพาะเป็นต้นใหม่ได้ จึงเรียกว่า ดาวเรืองล่อ เช่นเดียวกับการผสมพันธุ์ม้ากับลา ลูกที่ได้เรียกว่า ล่อ ซึ่งเป็นหมัน ทำให้เมล็ดดาวเรืองชนิดนี้มีราคาแพงมาก และการปลูกดาวเรืองชนิดนี้ด้วยเมล็ดควรเพิ่มเมล็ดเป็น 2 เท่าของจำนวนที่ต้องการ เนื่องจากเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ ดาวเรืองลูกผสมที่นิยมปลูกมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์นักเกต (Nugget) ไฟร์เวิร์ก (Fireworks) เรด เซเวนสตาร์ (Red Sevenstar) และโชว์โบต (Showboat)

4. *Tagetes tenuifolia pumila* Millsp. หรือ *Tagetes signata pumila* Barting หรือเรียกสั้นๆ ว่า Signet marigolds ลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มเตี้ย ประมาณ 18-25 ซม. ใบสวย ดอกดก ดอกขนาดเล็กมาก เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ซม. กลีบดอกชั้นเดียว นิยมปลูกเป็นไม้ขอบแปลง หรือประดับในสวนหิน ปลูกมากในยุโรป โดยเฉพาะประเทศอังกฤษ

5. *Tagetes filiforia* Lag. หรือ Foliage marigolds เป็นดาวเรืองที่มีใบสวยงาม พุ่มแน่น ใช้ปลูกประดับตามขอบแปลง

วัลลภ (2541) ได้แนะนำพันธุ์ดาวเรืองที่เหมาะสมสำหรับปลูกในประเทศไทย ได้แก่

1. พันธุ์ซอฟเวอร์เรน ดอกสีเหลือง กลีบดอกซ้อนกันแน่นสวยงาม ดอกมีขนาดใหญ่ ประมาณ 10 ซม.
2. พันธุ์ทอรีดอร์ ดอกสีส้ม ขนาดประมาณ 8.5-10 ซม.
3. พันธุ์ดับเบิล อีเกิล ดอกสีเหลือง ขนาดประมาณ 8.5 ซม. และมีก้านดอกแข็งแรง
4. พันธุ์ดาวเรืองเกษตร เป็นดาวเรืองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำเข้ามาทดลองปลูก และคัดเลือกพันธุ์ที่โครงการเกษตรที่สูง ได้คัดเลือกพันธุ์ไว้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สีทองเบอร์1 และพันธุ์สีทองเบอร์4 เป็นพันธุ์ที่มีดอกสีเหลือง เจริญเติบโตได้ดีในสภาพของประเทศไทย ให้ผลผลิตสูงพอสมควร

การขยายพันธุ์ดาวเรือง(วัลลภ, 2541)

1. การเพาะเมล็ด เป็นวิธีการที่นิยมปฏิบัติซึ่งได้ผลดีกว่าวิธีอื่น โดยนำเมล็ดดาวเรืองเพาะในกระบะ หรือแปลงเพาะ

<u>การเพาะเมล็ดในกระบะ</u> กระบะที่ใช้เพาะอาจเป็นกระบะไม้ หรือกระบะพลาสติก วัสดุเพาะประกอบด้วย ขุยมะพร้าว ทราย ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1: 1: 1: 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเพาะเมล็ดในแปลง แปลงที่ใช้เพาะเมล็ดดาวเรือง ควรเป็นดินร่วนซุยค่อนข้างละเอียด ขุดแปลงตากหน้าดินไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อฆ่าเชื้อโรค และแมลง จากนั้นนำปุ๋ยคอก (มูลโค มูลเป็ด มูลไก่ เป็นต้น) ผสมให้เข้ากับดิน ย่อยดินให้ละเอียดแล้วปรับหน้าแปลงให้เรียบ

ทำการเพาะเมล็ดดาวเรือง โดยทำร่องบนวัสดุเพาะลึกประมาณ 0.5 ซม. แต่ละร่องห่างกันประมาณ 5 ซม. นำเมล็ดดาวเรืองหยอดในร่อง ห่างกันประมาณ 3-5 ซม. แล้วกลบร่องด้วยวัสดุเพาะเพื่อกลบเมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม หลังจากนั้นใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ เศษฟาง หรือหญ้าแห้ง คลุมกระบะเพาะหรือแปลงเพาะ เพื่อช่วยรักษาความชื้น รดน้ำให้ชุ่มวันละ 2 ครั้ง เช้า และเย็น เมล็ดงอกหลังจากเพาะประมาณ 3-5 วัน ส่วนเมล็ดดาวเรืองที่ยังไม่พร้อมปลูก ควรเก็บไว้ในตู้เย็น ช่องแช่ผัก เพื่อช่วยรักษาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์

2. การปักชำ เป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่ไม่ค่อยนิยมทำ เนื่องจากได้จำนวนต้นน้อย และให้ผลผลิตต่ำ แต่ทำเพราะเป็นผลพลอยได้จากการเด็ดยอด โดยนำยอดที่มีความยาว 3-4 ซม. ปักชำในกระบะพลาสติก หรือถุงพลาสติก วัสดุที่ใช้ปักชำ คือ ขี้เถ้าแกลบเพราะเก็บความชื้นได้ดี นำกิ่งอ่อนปักชำลงไป ห่างกันประมาณ 5 ซม. และพยายามรักษาความชุ่มชื้นให้มากที่สุด ไม่ให้ยอดหรือใบเหี่ยว ทิ้งไว้ที่ร่มประมาณ 3-4 วัน จากนั้นนำไปวางไว้ให้ถูกแดดอีก 3-4 วัน จึงย้ายลงแปลงปลูก ดาวเรืองสามารถออกรากภายใน 7-10 วัน ถ้ามีการใช้ฮอร์โมนเร่งรากจะทำให้ยอดดาวเรืองออกรากได้ดียิ่งขึ้น ดอกดาวเรืองที่ได้มีสีเหมือนเดิม แต่ขนาดดอกอาจเล็กกว่าเดิม เป็นการประหยัดการซื้อเมล็ดพันธุ์ได้ส่วนหนึ่ง

การปลูกเลี้ยง

ดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด แต่ถ้าต้องการปลูกดาวเรืองให้ได้ต้นที่สมบูรณ์ ดอกดก ขนาดใหญ่ ดินที่ปลูกควรมีธาตุอาหารเพียงพอ มีการระบายน้ำดี สามารถเก็บความชื้นได้สูง มี pH ประมาณ 6.5-7.5 (ไมตรี, 2541) และที่สำคัญคือไม่ควรปลูกซ้ำที่เดิมตลอดเวลา ควรหาพืชอื่นปลูกสลับแล้วจึงเวียนกลับมาปลูกดาวเรืองใหม่ ระยะปลูกของดาวเรืองขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งมีลักษณะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Mastalerz, 1976; สิริกัญญา, 2548) ดาวเรืองต้องการแสงแดดอย่างน้อยวันละ 6 ชั่วโมง (สุธานิธิ์ และคณะ, 2538) เจริญเติบโตได้ดีในกลางแจ้ง หากปลูกในที่ร่มทำให้ต้นสูงชะลูด ไม่แตกกิ่งก้าน และอาจไม่มีดอก (ไมตรี, 2541) ดาวเรืองส่วนใหญ่มีการตอบสนองต่อสภาพวันสั้น เมื่อปลูกในสภาพวันสั้นช่วงฤดูหนาวทำให้ดาวเรืองออกดอกเร็วกว่าต้นที่อยู่ในสภาพวันยาวช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะดาวเรืองอเมริกัน (สมเพียร, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรค และแมลงที่สำคัญ

1. โรคเหี่ยว เป็นโรคที่เกิดจาเชื้อราไฟทอปทอรา (Phytoptora) (วัลลภ, 2541) มักเกิดกับดาวเรืองในระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่ ดอกกำลังบาน เริ่มแรกมีอาการคล้ายกับดาวเรืองขาดน้ำ โดยใบยอดแสดงอาการเหี่ยวในตอนกลางวัน ส่วนตอนกลางคืนหรือตอนเช้า แสดงอาการปกติ แสดงอาการเช่นนี้ประมาณ 3-4 วัน หลังจากนั้นดาวเรืองจึงเหี่ยวทั้งต้น และตายในที่สุด

การป้องกันกำจัด ฉีดพ่นด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราชั้นสูง เช่น แมนโคเซ็บ ฉีดพ่นสลับกับคาร์เบนดาซิม ตามอัตราส่วนที่แนะนำบนฉลาก ถ้าพบต้นที่เป็นโรค และตายในแปลงต้องรีบกำจัดโดยการถอนต้นที่เป็นโรคเผาทำลายทิ้ง

2. โรคราแป้ง เกิดจากเชื้อราชนิดหนึ่ง ลักษณะอาการ คือ เห็นสปอร์ของเชื้อราเป็นฝุ่นสีขาวตามใบของดาวเรือง ทำให้ใบหงิก การเจริญเติบโตชะงัก ถ้าเป็นมากอาจทำให้ต้นตาย

การป้องกันกำจัด พ่นด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น แมนโคเซ็บ ไดแทน-เอ็ม 45 สัปดาห์ละครั้ง

3. โรคดอกไหม้ เกิดจากเชื้อราเข้าทำลายดอก ทำให้ดอกดาวเรืองไหม้เป็นสีน้ำตาล ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้

การป้องกันกำจัด ควรฉีดพ่นด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น แมนโคเซ็บหรือดาโคนิล โดยฉีดพ่นให้ทั่วแปลง

4. โรคใบหงิก เกิดจากเชื้อไมโคพลาสมา และเกิดกับดาวเรืองบางพันธุ์ในระยะที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่เริ่มมีดอก โดยเกิดกับใบยอดก่อน ทำให้ใบหงิกม้วน และกรอบ แผ่นใบกางไม่เต็มที่ ทำให้ดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กลง และบางครั้งดอกอาจไม่บาน โรคนี้ยังไม่มีทางรักษา แต่ป้องกันไม่ให้เกิดการระบาด โดยนำต้นดาวเรืองที่เป็นโรคไปเผาทำลาย

5. เพลี้ยไฟ เข้าทำลายโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน และใบอ่อน ช่วงที่ดาวเรืองอายุประมาณ 15-45 วัน ทำให้มีรอยขีดตามใบ หรือกลีบเลี้ยงของดอก เพลี้ยไฟระบาดมากในช่วงฤดูร้อน

การป้องกันกำจัด ใช้สารเทมมิค เอ จี (Temic A.G.) ฝังรอบโคนต้นดาวเรือง โดยฝังให้ห่างโคนต้นประมาณ 1 ฝามือ หรือฉีดพ่นด้วยสาร โตกุไธออน อัตรา 30 มล. ต่อน้ำ 20 ล. ฉีดพ่นตอนเช้า สัปดาห์ละครั้ง ติดต่อกันประมาณ 4-5 สัปดาห์

6. หนอนกระทู้หอม เป็นหนอนผีเสื้อกลางคืน เข้าทำลายดอกดาวเรืองในระยะที่ดอกเริ่มบาน โดยวางไข่ในระยะที่ดอกตูม หลังจากนั้นหนอนกัดกินกลีบดอกทำให้ดอกแหว่งเสียหาย

การป้องกันกำจัด ฉีดพ่นด้วยสารเคมีกำจัดแมลง เช่น แลนเนท แคสเคด อัตราส่วน 20-40 มล. ต่อน้ำ 20 ล. หรือเชื้อไวรัสทำลายแมลงพวกเอ็นพีวี (NPV) ฉีดพ่นแปลงที่มีหนอนกระทู้หอมระบาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ประโยชน์

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน วัลลภ (2541) สรุปการใช้ประโยชน์จากดาวเรือง ดังนี้

1. ปลูกประดับเพื่อความสวยงาม
2. ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในการป้องกันแมลง
3. ปลูกเพื่อจำหน่าย

3.1 ทำพวงมาลัยสำหรับไหว้พระ หรือพวงมาลัยสำหรับคล้องคอในงานพิธีต่างๆ

3.2 ปักแจกันตั้งโต๊ะรับแขก หิ้งพระ หรือแจกันประกอบโต๊ะหมู่บูชา

3.3 ปลูกลงกระถาง หรือถุงพลาสติกเพื่อประดับอาคารสถานที่ในงานพิธีต่างๆ เช่น งานนิทรรศการ งานพระราชทานปริญญาบัตร เพราะสามารถใช้ประดับได้นาน

3.4 จำหน่ายให้โรงงานอาหารสัตว์ เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่มีสารแซนโธฟิล (xanthophyll) สูง สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์โดยเฉพาะอาหารของไก่ไข่ ทำให้ไข่ไก่มีสีแดงสดใสน่ารับประทาน

ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน

ความเป็นหมันของเกสรเพศผู้ (male sterility) คือ ภาวะที่ไม่มีเกสรเพศผู้ (stamen) หรือมีเกสรเพศผู้ที่ผิดปกติไม่สามารถทำหน้าที่ได้ (ณัฐา และคณะ, 2545) หรือการที่พืชไม่สามารถสร้างหรือปล่อยละอองเรณู (pollen grain) เพื่อทำหน้าที่ได้ตามปกติ (Allard, 1960) อาจเกิดจากความล้มเหลวในการสร้าง หรือการพัฒนาของเกสรเพศผู้ ไมโครสปอร์ (microspores) หรือเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ซึ่งอาจเป็นผลจากความผิดปกติของโครโมโซม (chromosome aberrations) ปฏิกิริยาของยีน (gene) หรือไซโทพลาซึม (cytoplasm) ที่ทำให้เกสรเพศผู้ หรือเกสรเพศเมีย (pistil) หรือส่วนของดอกทั้งหมดไม่สามารถทำหน้าที่ตามปกติ หรือเกิดจากคัพภะ หรือเอนโดสเปิร์ม (endosperm) พัฒนาผิดปกติ อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของยีนที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งในกลุ่มยีนควบคุมการพัฒนาเรณู (pollen) ของพืชทำให้เกสรเพศผู้เป็นหมัน (ธนฤทธิ์, 2546) ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันอาจพบในพืชทุกชนิด และเกือบทั้งหมดถูกควบคุมด้วยยีนแฝง ทำให้พบได้น้อยในสภาพธรรมชาติ สภาวะนี้อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในพวกพันธุ์ป่า และเป็นพวกดอกแยกเพศต่างต้น (dioecious) เกิดกับพืช subclass Angiospermae (นพพร, 2543) Shifriss (1973) รายงานถึงลักษณะเกสรเพศผู้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมันในพริก อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของยีนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งพบลักษณะนี้ในแปลงพริกประมาณ 0.01%

การเป็นหมันของเกสรเพศผู้ส่วนใหญ่เกิดจาก ความล้มเหลวระหว่างที่เซลล์กำเนิดไมโครสปอร์ (microspore mother cell) เจริญไปเป็นไมโครสปอร์ ในระยะที่เซลล์กำเนิดไมโครสปอร์แบ่งตัวแบบไมโอซิส (meiosis) ได้ 4 เซลล์ เรียกว่า เทตแทรด (tetrad) แต่อาจเกิดก่อน หรือหลัง หรือระหว่างการเกิดไมโอซิสได้บ้าง (นพพร, 2543) ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันในพืชมีหลายรูปแบบ แต่ที่พบส่วนมาก คือ กลุ่มที่ไม่สร้างละอองเรณู หรือสร้างละอองเรณูผิดปกติ ที่ไม่สามารถทำงานได้ (pollen sterility) เช่น ข้าว ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวฟ่าง ยาสูบ พริก และถั่วเหลือง หรือกลุ่มที่เกสรเพศผู้ไม่พัฒนา (stamina sterility) เช่น มะเขือเทศ และพืชวงศ์แตง หรือกลุ่มที่มีละอองเรณูปกติและมีชีวิต แต่อับเรณูไม่สามารถเปิดได้ (functional sterility) ทำให้ละอองเรณูไม่สามารถทำหน้าที่ได้ เช่น มะเขือเทศ ยาสูบ (กฤษฎา, 2544)

ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันหากเกิดในพืชผสมตัวเอง (self-pollinated crop) และเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ทำให้พืชนั้นไม่สามารถผสมตัวเองได้ มีประโยชน์อย่างมากในการผลิตพันธุ์ลูกผสม เนื่องจากช่วยประหยัดเวลา และแรงงานในการขจัดเกสรเพศผู้ของต้นแม่พันธุ์ (ณัฐา และคณะ, 2545) สะดวก และลดต้นทุนการผลิต (สุทัศน์, 2539) ในปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์ลูกผสมได้รับความสนใจ และศึกษาการใช้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันในต้นแม่พันธุ์ แทนการใช้ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility) เนื่องจากการใช้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันสามารถปรับปรุงพันธุ์โดยไม่จำเป็นต้องผสมหลายชั่ว ไม่เสี่ยงต่อการถดถอยทางพันธุกรรม (inbreeding depression) มีฐานพันธุกรรมกว้างกว่าสายพันธุ์ที่ผสมตัวเองไม่ติด และใช้ระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์น้อยกว่า (จานุลักษณ์, 2541) แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันเพื่อการผลิตพันธุ์ลูกผสม เช่น สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้เฉพาะต้นแม่เท่านั้น ดอกไม่สมบูรณ์ต้องการผึ้งหรือมนุษย์ช่วยผสมเกสร และการแสดงลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม Kaul (1998) รายงานถึงการแสดงออกของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่เป็นผลจากการทำงานของยีน และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความยาววัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสมดุลของสารเคมี หรือฮอร์โมน (hormone) หรือเอนไซม์ (enzyme) ภายในของพืช โดยพบว่ามีการลดลงของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ในอับเรณู และเรณูที่เป็นหมันของ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด ถั่ว พริกไทย พิทูเนีย ข้าว ข้าวฟ่าง ทานตะวัน มะเขือเทศ และข้าวสาลี นอกจากนี้ยังพบว่าภายในอับเรณูที่เป็นหมันมีการลดลงของเอนไซม์ (enzyme) จำนวนมาก เช่น callase cytochrome oxidase dehydrogenase glucose-6-phosphate dehydrogenase phosphorylase phosphatase และเอนไซม์สำคัญอื่นๆ อีกมากมาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การจำแนกลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน

จานุลักษณ์ (2541) ได้จำแนกลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันได้ 3 ประเภท คือ

1. การเป็นหมันที่ถูกควบคุมโดยยีนในนิวเคลียส (genetic male sterility) มีพันธุกรรมควบคุมการเป็นหมันอยู่บนโครโมโซมในนิวเคลียส การเป็นหมันถูกควบคุมโดยยีนด้อย (ms) และลักษณะการผลิตละอองเรณูปกติเป็นยีนเด่น (Ms) การรักษาพันธุ์เป็นหมันต้องใช้ละอองเรณูจากต้นปกติ (Msms) ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม การผลิตต้นแม่มีทั้งลักษณะต้นที่เป็นหมัน (male sterile) และไม่เป็นหมัน (male fertile) ปะปนกัน (ภาพ 2.3) ก่อนการผสมเกสรต้องตัดต้นปกติทิ้ง เพื่อไม่ให้เกิดการผสมตัวเอง และเกิดการปะปนพันธุ์ ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการปฏิบัติ การผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจึงไม่นิยม

ต้นแม่		ต้นพ่อ
เป็นหมัน		ปกติ
msms	X	Msms
	⇩	
Msms	1:1	msms

ภาพ 2.3 การรักษาสายพันธุ์เป็นหมันที่ควบคุมโดยยีนในนิวเคลียส

การเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส ส่วนมากควบคุมด้วยยีนแฝงเพียง 1 คู่ พบในพืช เช่น ข้าวโพด ข้าว ถั่วเหลือง ยาสูบ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง มันฝรั่ง และมะเขือเทศ แต่อาจพบยีนควบคุมการเป็นหมันหลายคู่ แต่ยีนเพียงคู่เดียวสามารถทำให้เกิดการเป็นหมันได้ อย่างไรก็ตาม มีข้อยกเว้นอยู่บ้างสำหรับยีนบางคู่ เช่น ในผักกาดหอม การเป็นหมันถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ms_4 และมีการแสดงออกไม่เต็มที่เมื่ออยู่ร่วมกับยีนข่ม Ms_5 ในยาสูบการเป็นหมันควบคุมด้วยยีน 2 คู่ คือ ms_1 และ ms_2 ส่วนใน broad bean (*Vicia faba*) การเป็นหมันควบคุมด้วยยีนข่ม D_6 (กฤษฎา, 2544)

2. การเป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาซึม (cytoplasmic male sterility) ลักษณะเป็นหมันควบคุมโดยพันธุกรรมในไซโทพลาซึม เรียกหน่วยนี้ว่า S (sterile) ส่วนไซโทพลาซึมปกติเรียกว่า F (fertile) การผสมระหว่างต้นที่เป็นหมัน และไม่เป็นหมัน ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 เป็นหมันเสมอ (ภาพ 2.4) เนื่องจากไซโทพลาซึมส่วนใหญ่ของลูกได้รับการถ่ายทอดจากไข่ของต้นแม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นแม่		ต้นพ่อ
เป็นหมัน		ปกติ
S (N)	X	F (N)

⇩

เป็นหมัน

S (N)

ภาพ 2.4 การสร้างลูกผสมที่เป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาซึม

การเป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาซึมมีประสิทธิภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมสูง และมีการใช้ลักษณะนี้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมทางการค้ามากถึง 90% ของลูกผสมทั้งหมด (Serieys, 1996)

3. การเป็นหมันที่ถูกควบคุมโดยยีน และไซโทพลาซึม (cytoplasmic-genetic male sterility) ลักษณะการเป็นหมันเกิดจากปฏิกิริยาของยีนในนิวเคลียส และไซโทพลาซึม ซึ่งมียีนควบคุมการเป็นหมันที่อยู่ในนิวเคลียส เรียกว่า restorer gene ซึ่งอาจเป็นยีนคู่เดียว ใช้สัญลักษณ์ Rf ถ้ายีนนี้อยู่ในสภาพข่ม (Rf) ทำให้พืชที่มีไซโทพลาซึมปกติ (N) และไซโทพลาสซึมเป็นหมัน (S) แสดงลักษณะเกสรเพศผู้ปกติ

ถ้า Rf และ rf แทน restorer gene และยีน Rf ข่ม rf Rf = ยีนข่มในนิวเคลียสที่ทำให้ S ปกติ rf = ยีนแฝงในนิวเคลียส F = ไซโทพลาซึมปกติ (fertile cytoplasm) S = ไซโทพลาซึมเป็นหมัน (sterile cytoplasm) ลักษณะการเป็นหมันตามลักษณะพันธุกรรมแสดงได้ ดังนี้ พืชที่มีเกสรเพศผู้ปกติได้แก่พืชที่มีจีโนไทป์ (genotype) ดังนี้ S (RfRf) S (Rfrf) N (RfRf) N (Rfrf) และ N (rfrf) ส่วนพืชที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมัน ได้แก่พืชที่มีจีโนไทป์ คือ S (rfrf) การรักษาสายพันธุ์เป็นหมันทำได้โดยผสมกับสายพันธุ์ปกติที่มีจีโนไทป์ในนิวเคลียสเป็น rfrf ร่วมกับไซโทพลาซึมปกติ F (ภาพ 2.5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นแม่		ต้นพ่อ
เป็นหมัน		ปกติ
S (rfrf)	X	F (rfrf)

⇩

เป็นหมัน

S (rfrf)

ภาพ 2.5 การรักษาสายพันธุ์เป็นหมันที่ควบคุมโดยยีน และไซโทพลาซึม

นอกจากนี้แล้ว Kaul (1998) ได้จำแนกชนิดของเกสรเพศผู้เป็นหมันตามลักษณะที่ปรากฏ ดังนี้

1. Structural male sterility ลักษณะวงเกสรเพศผู้ไม่ปรากฏ มีจำนวนน้อย หรือมีลักษณะผิดปกติ รูปร่างผิดปกติ เนื่องจากการพัฒนาวงเกสรเพศผู้เกิดความผิดพลาด หรือมีการพัฒนาที่ไม่สมดุล ทำให้รูปร่างผิดปกติ หรือไม่เกิดกระบวนการไมโครสปอโรเจเนซิส (microsporogenesis) ความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเกสรเพศผู้ และก่อนการพัฒนา microsporogenes onset (Premeiotic gene action) ทำให้เกสรเพศผู้มีรูปร่างผิดปกติ และไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้พบในธรรมชาติสูงมาก

2. Sporogenous male sterility ลักษณะวงเกสรเพศผู้มีรูปร่างตั้งแต่ปกติจนกระทั่งรูปร่างผิดปกติ ทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์ลดลง เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อไมโครสปอโรเจนัส (microsporogenous tissue) การพัฒนาของไมโครสปอร์ การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (male meiosis) และการสร้างไมโครสปอร์ ความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างระยะ intermedia หรือจนถึงระยะไมโคร-สปอโรเจเนซิส ส่วนใหญ่เกิดตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนไมโอซิส ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้พบทั่วไปในธรรมชาติ

3. Functional male sterility ลักษณะวงเกสรเพศผู้มีรูปร่างปกติ และมีพัฒนาการปกติ แต่อับเรณูไม่สามารถทำหน้าที่ปลดปล่อยละอองเรณูได้ ความผิดปกติเกิดขึ้นที่ระยะการปลดปล่อยละอองเรณู หลังจากการสร้าง และเพิ่มจำนวนละอองเรณู ทำให้ละอองเรณูมีชีวิตแต่ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้พบในธรรมชาติน้อยมาก

โครงสร้างดอกของพืช

โครงสร้างดอกของพืชส่วนใหญ่มีการอนุรักษ์โครงสร้างให้เหมือนเดิม ไม่ว่าพืชนั้นผ่านวิวัฒนาการมายาวนานเพียงใด ดอกของพืชต้องประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐาน 2 ส่วน คือ ส่วนของกลีบ (perianth) ได้แก่ กลีบเลี้ยง และกลีบดอก และส่วนอวัยวะสืบพันธุ์ (reproductive organ) ได้แก่ เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย แต่อาจมีความแตกต่างที่จำนวน ขนาด และตำแหน่งของส่วนต่างๆ ภายในดอก ทั้งนี้เพราะดอกเป็นส่วนสำคัญเกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ และการอยู่รอดของพืช จึงต้องมีการรักษาเอกลักษณ์ของดอก การรักษาเอกลักษณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับ homeotic gene ซึ่งเป็นยีนที่มีการอนุรักษ์อย่างมากในพืช ทำหน้าที่กระตุ้นกระบวนการ transcription ของยีนที่ควบคุมรูปแบบและตำแหน่งของส่วนสำคัญในพืช (วีณัน, 2548) เช่น MADS box gene ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงจากการเจริญเติบโตทางลำต้นเป็นการเจริญเติบโตของส่วนสืบพันธุ์ และควบคุมเอกลักษณ์ของส่วนต่างๆ ภายในดอกของพืช (Saedler *et al*., 2001) MADS box gene ประกอบด้วย กรดอะมิโน 58 ตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ค้นพบจากสมาชิก คือ MCM1 จากยีส AGAMOUS และ DEFICIENS จากพืช และ SRF จากสัตว์ ซึ่งมีโปรตีนที่คล้ายกันจำนวนมากในสิ่งมีชีวิต (Schwarz-Sommer *et al*., 1990; Davies *et al*., 1999) การศึกษาเกี่ยวกับ MADS box gene ใน *Arabidopsis thaliana* และ *Anthirrinum majus* ทำให้มีการเสนอ ABC model ที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาส่วนประกอบของดอกซึ่งอยู่บริเวณตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงบนดอกพืช (Coen and Meyerowitz, 1991; Davies *et al*., 1999) โดยแบ่งยีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการสร้างส่วนประกอบของดอกทั้ง 4 วง ได้แก่ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A B และ C โดยยีนกลุ่ม A ควบคุมวงกลีบเลี้ยง และกลีบดอก ยีนกลุ่ม B ควบคุมวงกลีบดอก และเกสรเพศผู้ ส่วนยีนกลุ่ม C ควบคุมวงเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย การทำงานของยีนอาจทำงานเพียงกลุ่มเดียว หรือเป็นคู่ แต่ยีนกลุ่ม A และ C ไม่ทำงานร่วมกัน การศึกษาใน *Arabidopsis* พบว่า ยีนกลุ่ม A ประกอบด้วย *APETALA1* (*AP1*) *APETALA2* (*AP2*) และ *LEUNIG* (*LUG*) ยีนกลุ่ม B ประกอบด้วย *APETALA3* (*AP3*) และ *PISTILLATA* (*PI*) และยีนกลุ่ม C คือ *AGAMOUS* (*AG*) ส่วนการศึกษาใน *Anthirrinum* พบยีน *SQUAMOSA* (*SQUA*) *DEF GLOBOSA* (*GLO*) และ *PLENA* (*PLE*) ซึ่งมีวิวัฒนาการ และหน้าที่คล้ายกับยีนใน *Arabidopsis* คือ ยีน *AP1 AP3 PI* และ *AG* ตามลำดับ (Ma, 1994; Ma and dePamphilis, 2000) ความผิดปกติของยีนเหล่านี้หากเกิดในพืชอาจทำให้มีเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดอกได้ เช่น การไม่ทำงานของยีน *PI* หรือ *AP3* ซึ่งเป็นยีนกลุ่ม B ใน *Arabidopsis* เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดอก คือ ส่วนของกลีบดอก และเกสรเพศผู้ ถูกแทนที่ด้วยส่วนของกลีบเลี้ยง และเกสรเพศเมียตามลำดับ (Bowman *et al*., 1989; Poupin *et al*., 2007) ส่วนการไม่ทำงานของยีน *AG* ทำให้ส่วนเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย ถูกแทนที่ด้วยส่วนของกลีบดอก และกลีบเลี้ยงตามลำดับ (Thomas, 2002) การศึกษาในพิทูเนียพบยีน *BLIND* (*BL*) เป็นยีนกลุ่ม A ทำให้ส่วนของกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่อ stigmatoid ส่วนของกลีบดอกเปลี่ยนเป็นโครงสร้าง antheroid ที่มีละอองเรณูปกติ ส่วนยีน *GREEN PETAL* (*GP*) ทำให้ส่วนของกลีบดอกเปลี่ยนเป็นกลีบเลี้ยง แต่ส่วนของกลีบเลี้ยง เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียปกติ (de Vlaming *et al*., 1984; Tsuchimoto *et al*., 2000) Double mutant ของยีน *BL* และ *GP* พบว่ากลีบเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่อ stigmatoid กลีบดอกเปลี่ยนเป็นโครงสร้าง antheroid ที่มี stigmatoid ตรงปลายกลีบดอก ส่วนเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียปกติ (Tsuchimoto *et al*., 2000) นอกจากนั้นยังพบยีน *FBP1* มีการแสดงออกในส่วนกลีบดอกโดยเปลี่ยนเป็น sepaloid petals และส่วนเกสรเพศผู้เปลี่ยนเป็นเกสรเพศเมีย ยีน *FBP1* ของพิทูเนียคล้ายกับยีน *GLO* ที่เป็นยีนกลุ่ม B ของ *Anthirrinum* อย่างมาก (Angenent *et al*., 1992; Angenent *et al*., 1993; Tsuchimoto *et al*., 2000) การศึกษาในเยอร์บีร่าพบยีน *GAGA1* และ *GAGA2* ที่มีการแสดงออกเหมือนยีนกลุ่ม C ของ *Arabidopsis* และ *Anthirrinum* (*GLO* และ *PLE* ตามลำดับ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้ส่วนกลีบดอกเปลี่ยนเป็นโครงสร้างคล้ายเกสรเพศผู้ และถ้ารุนแรงมากทำให้เกสรเพศผู้เปลี่ยนเป็นกลีบดอก และเกสรเพศเมียถูกแทนที่ด้วยกลีบดอกที่มีลักษณะคล้ายเส้นผม ส่วนยีน *GGLO1* และ *GDEF2* ทำให้กลีบดอกเปลี่ยนเป็นโครงสร้างเส้นขนของกลีบเลี้ยง (sepal (pappus hair) -like) และส่วนเกสรเพศผู้เปลี่ยนเป็นส่วนที่คล้ายเกสรเพศเมีย (carpel-like) ซึ่งยีนทั้ง 2 นี้เปรียบเหมือนยีนกลุ่ม B ในเยอร์บีร่า (Yu *et al*., 1999; Teeri *et al*., 2006) เมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า มียีนบางส่วนที่ไม่เป็นไปตามกฎของ ABC model ทั้งหมด เช่นยีน *FBP2* ของพิทูเนีย ที่มีการแสดงออกโดยทำให้ชั้นกลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียไม่ปรากฏ แต่พบโครงสร้างลักษณะคล้ายชั้นกลีบเลี้ยงซ้อนกัน แสดงว่ายีน *FBP2* ควบคุมเอกลักษณ์ของ ชั้นกลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย (Angnent *et al*., 1994; Eckardt, 2003) ส่วนใน *Arabidopsis* พบยีน *SEPALLATA1/2/3* (*SEP1/2/3*) ทำหน้าที่ควบคุมเอกลักษณ์ชั้นกลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย (Pelaz *et al*., 2000; Ma, 2005) ต่อมา Theissen (2001) ได้เสนอข้อมูลใหม่เกี่ยวกับ quartet model ที่ควบคุมเอกลักษณ์ของแต่ละวงดอก โดยจัดยีนที่ไม่เป็นไปตามกฎ ABC model เป็นยีนกลุ่มใหม่ คือ ยีนกลุ่ม E ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมเอกลักษณ์ของชั้นกลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย การเปลี่ยนแปลงของยีนภายใน ABC model หากเกิดกับยีนที่ควบคุมเอกลักษณ์ของส่วนเกสรเพศผู้ (ยีนกลุ่ม B และ C) อาจทำให้ส่วนของเกสรเพศผู้มีโครงสร้างผิดปกติ ไม่สามารถทำงานได้ปกติ หรือทำให้ส่วนเกสรเพศผู้ไม่ปรากฏ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันในพืชได้

ไม้ดอกในตระกูล Asteraceae (Compositae) เช่น ดาวเรือง ทานตะวัน เบญจมาศ เยอร์บีร่า เป็นต้น ไม้ดอกตระกูลนี้มีลักษณะพิเศษที่เป็นเอกลักษณ์ คือ ช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย 2 ชนิด คือ ดอกย่อยชั้นนอกที่เป็นดอกเพศเมีย และดอกย่อยชั้นในที่เป็นดอกสมบูรณ์เพศ จึงมีการศึกษาเรื่องการแสดงออกของ MADS box gene ที่เป็นเครื่องหมายระหว่างการพัฒนาของดอกย่อยแต่ละชนิดในเยอร์บีร่า โดย Laitinen *et al*. (2006) ซึ่งพบว่าการศึกษาโดยใช้กล้อง SEM (scanning electron microscope) และการย้อมสีโครงสร้างทางกายวิภาค สามารถแบ่งระยะการพัฒนาของดอกย่อยตอนต้นได้ 6 ระยะ คือ ระยะที่ 1 จุดกำเนิดดอก (flower primordial) มีขนาดเล็ก และยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ระยะที่ 2 เริ่มมีการสร้างจุดกำเนิดกลีบดอก (petal primordial) รูปวงแหวน ระยะที่ 3 สังเกตเห็นจุดกำเนิดของ pappus (วงที่ 1) กลีบดอก (วงที่ 2) และเกสรเพศผู้ (วงที่ 3) ระยะที่ 4 กลีบดอกเริ่มยืดยาว และมีการพัฒนาของจุดกำเนิดเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย การพัฒนาของดอกย่อยชั้นนอก และดอกย่อยชั้นในภายในช่อดอกเริ่มพบความแตกต่างในระยะที่ 5 โดยการพัฒนาของส่วนเกสรเพศผู้ของดอกย่อยชั้นนอกช้า และล้าหลังกว่าดอกย่อยชั้นใน ระยะที่ 6 เกิดการขยายตัว และยืดยาวของกลีบดอกย่อยชั้นนอก ส่วนของเกสรเพศผู้พัฒนาช้า การทำ Microarray analysis เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนในระหว่างการพัฒนาของดอกย่อยชั้นนอก และดอกย่อยชั้นใน โดยทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระยะที่ 3 5 และ 6 พบว่าในระยะที่ 3 5 และ 6 มีการแสดงออกของยีนต่างกัน 29 227 และ 2264 ยีนตามลำดับ โดยยีนที่แตกต่างกันอาจเป็นรหัสของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ MADS box gene ของเยอร์บีร่า เช่น ยีน *GAGA1* ซึ่งเป็นยีนกลุ่ม C ของเยอร์บีร่า มีการแสดงออกมากที่ดอกย่อยชั้นในเมื่อเปรียบเทียบกับดอกย่อยชั้นนอก ในระยะที่ 5 และ 6 ส่วนที่ดอกย่อยชั้นนอกมีการแสดงออกของยีน *GRCD1* มากกว่าดอกย่อยชั้นในตั้งแต่ระยะที่ 3-6 ยีน *GRCD1* อาจเป็นสาเหตุยับยั้งการพัฒนาเกสรเพศผู้ของดอกย่อยชั้นนอก และพบยีน *GRCD2* ที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาวงเกสรเพศเมียในดอกย่อยทั้งสองชนิด ความแตกต่างของยีนต่างๆ ระหว่างการพัฒนาดอกย่อยทั้งสองชนิด อาจเป็นสาเหตุให้ดอกย่อยชั้นนอก และดอกย่อยชั้นในต่างกัน

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะของพืชแต่ละพันธุ์ หรือพืชแต่ละต้นนั้น เป็นผลเนื่องมาจากที่พืชมีสารพันธุกรรม หรือ ยีน (บุญหงส์, 2548) เป็นตัวนำลักษณะจากพ่อแม่ไปสู่ลูกหลาน และควบคุมลักษณะต่างๆ ของพืช และสัตว์ (เทิด, 2517) ลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูกหลาน อาจแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ซึ่งความแปรปรวนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะนั้น ลักษณะที่ปรากฏแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ลักษณะทางคุณภาพ (qualitative character) ที่ควบคุมด้วยยีนหลัก (major genes) น้อยคู่ เพียง 1-3 คู่เท่านั้น (เทิด, 2517) อิทธิพลของยีนแต่ละคู่มีมาก การกระจายตัว (segregation) ของยีนในรุ่นลูกสามารถแยกกลุ่มได้ชัดเจน สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะต่างๆ น้อย ลักษณะชนิดนี้ได้แก่ ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสี รูปร่าง เช่น สีของดอก สีของเมล็ด ความต้านทานโรค ส่วนลักษณะที่ 2 คือ ลักษณะทางปริมาณ (quantitative character) ที่ถูกควบคุมด้วยยีนมากคู่ (polygenes or minor genes or multiple factors) แต่ละยีนสามารถแสดงลักษณะได้น้อย และลักษณะต่างๆ เปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ความแตกต่างของลักษณะมีน้อยมาก ไม่สามารถแยกเห็นได้ชัดเจน ต้องใช้การชั่ง ตวง วัด ช่วยในการจัดกลุ่ม ลักษณะชนิดนี้ได้แก่ ความสูง ผลผลิต ความแข็งแรง (บุญหงส์, 2548)

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เรียกว่า พันธุศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษากลไกควบคุมลักษณะ และกรรมวิธีที่กลไกเหล่านั้นถูกส่งข้ามจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง (ไพศาล, 2535) ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีการปรับปรุงพันธุ์มานาน แต่รายงานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีอยู่น้อยมาก พูลทรัพย์ (2534) ได้ศึกษาลักษณะ และประเมินดาวเรือง 51 ประชากรที่รวบรวมจาก 12 จังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสมจากต่างประเทศ พบว่าประชากรดาวเรืองที่รวบรวมได้มีความหลากหลายทางพันธุกรรม สามารถจำแนกด้วยลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีดอก และรูปทรงช่อดอก ได้ทั้งหมด 170 สายพันธุ์ ต่อมาสิริกัญญา (2548) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะดอกดาวเรือง โดยใช้ดาวเรืองที่คัดเลือกจากการรวบรวมไว้โดย พูลทรัพย์ (2534) ณ ศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ โดยทำการผสมข้าม และผสมสลับกลับพ่อแม่ จำนวนทั้งหมด 42 คู่ผสม พบว่าการถ่ายทอดลักษณะสีของกลีบดอกดาวเรือง มียีนที่ควบคุมมากกว่า 1 คู่ อาจมีจำนวน 3 คู่ โดยยีนแต่ละคู่แสดงอาการข่มไม่สมบูรณ์ ทำปฏิกิริยาแบบบวก (additive) ส่วนการถ่ายทอดลักษณะดอกแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ดอกย่อยชั้นนอก และดอกย่อยชั้นใน ยีนควบคุมลักษณะดอกย่อยชั้นนอกอาจมี 1 คู่ แสดงการข่มแบบสมบูรณ์ ส่วนยีนควบคุมลักษณะดอกย่อยชั้นใน อาจมีได้ 1 คู่ แสดงผลแบบบวกสะสม โดยที่แต่ละลักษณะที่ศึกษาเป็นอิสระต่อกัน การศึกษาจำนวนโครโมโซมปลายรากพบว่า ดาวเรืองทุกพันธุ์ที่ศึกษามีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน คือ 2n = 24 และเท่ากับลูกผสมของทุกคู่ผสม

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันในทานตะวัน พบว่าลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน มีการควบคุม 2 แบบ คือ ควบคุมโดยยีนด้อยในนิวเคลียส 1 คู่ (Gundaev, 1965; Kuptsov, 1935; Leclercq, 1966; Putt and Heiser, 1966; Vilichko, 1989; Vranceanu, 1967; Vranceanu, 1998) และควบคุมโดยยีนในไซโทพลาซึม ซึ่งมีการค้นพบครั้งแรกระหว่างการผสมพันธุ์ของ *Helianthus petiolaris* × *H. annuus* (Leclercq, 1966 ; Vranceanu, 1998) ต่อมามีการใช้ *H. petiolaris* เป็นแหล่งให้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากให้ลักษณะเป็นหมันที่สม่ำเสมอ และมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทานตะวันลูกผสม (Vranceanu, 1998) Jan *et al*. (2002) ศึกษาลักษณะ fertility restoration ของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาซึมของ *H. pauciflorus* (rigidus) Nutt. ที่ได้มาจาก 2 แหล่ง พบว่าการกลับคืนของลักษณะสมบูรณ์เพศในทานตะวันที่เป็นหมัน อาจถูกควบคุมด้วย ยีน 2 คู่ แสดงการข่มอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้น Echeverria *et al*. (2003) ศึกษาลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาซึมแหล่งใหม่จาก *H. resinosus* ร่วมกับทานตะวันพันธุ์แท้ 3 พันธุ์ คือ HA89 RHA271 และ RHA801 พบว่าการผสมกลับ 6-8 ครั้ง ลูกผสมที่ได้มีลักษณะเป็นหมันอย่างสมบูรณ์แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ส่วนการศึกษาทางเซลล์วิทยา (cytology) พบการพัฒนาเกสรเพศผู้เป็นปกติจนกระทั่งระยะเตทแตรด (tetrad) แสดงว่าการขาดเรณูเกิดจากความผิดปกติหลังระยะไมโอซิส ส่วนการศึกษาใน พิทูเนีย ของ Maureen Hanson *et al*. ที่ มหาวิทยาลัย Cornell ได้ทำการ clone ยีนในไมโทคอนเดรียที่ควบคุมลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน พบว่ายีนเป็นรหัสของโปรตีนที่ผิดปกติรบกวนการทำงานของไมโทคอนเดรีย และมียีนในนิวเคลียส Restorer fertility gene หรือ Rf gene ที่มีปฏิกิริยากับยีนในไมโทคอนเดรีย โดยลดการแสดงออก และซ่อมแซมลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันให้ปกติ (Gerats and Vandenbussche, 2005) ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันนอกจากเป็นผลจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การควบคุมของยีนแล้ว ปัจจัยภายนอกยังมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน ซึ่งปัจจัยภายนอกได้แก่ อุณหภูมิ และความยาววัน มีการรายงานผลการตอบสนองต่ออุณหภูมิของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันใน หอมหัวใหญ่ (Barham and Munger, 1950) rapeseed (Thompson, 1972) พิทูเนีย (Izhar, 1977) และข้าว (Viraktamath and Virmani, 2001) มีการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อความสมบูรณ์ของเกสรเพศผู้ และการพัฒนาของดอก และผลของพริกไทย *Capsicum annuum* พบว่าอุณหภูมิต่ำ (18/15 °ซ) มีผลกระทบต่อดอก และผลของพริกไทยมากกว่าอุณหภูมิปานกลาง (23/18 °ซ) และอุณหภูมิสูง (28/23 °ซ) โดยอุณหภูมิต่ำเป็นสาเหตุทำให้การสร้างกลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียที่ผิดปกติ เกสรเพศผู้ มีรูปร่างผิดสัดส่วน และการผลิตเรณูผิดปกติ เรณูไม่มีชีวิต เป็นสาเหตุของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน (Polowick and Sawhney, 1985) ส่วนการรายงานของ He *et al.* (2006) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน และ fertility restoration ของข้าวพันธุ์ Pingxiang ที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมัน พบว่าลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันควบคุมด้วยยีนเด่นในนิวเคลียส 2 ยีน คือ dominant sterile gene และ restoration gene โดยแสดงลักษณะเป็นหมันเมื่อมี dominant sterile gene เพียงอย่างเดียว แสดงลักษณะสมบูรณ์เพศ เมื่อมี restoration gene เพียงอย่างเดียว หรือเมื่อมียีนทั้ง 2 อยู่ร่วมกัน นอกจากนั้นยังพบว่าความสมบูรณ์ของเกสรเพศผู้ เป็นผลจากอุณหภูมิ และความยาววัน โดยเฉพาะอุณหภูมิมีความสำคัญมาก อุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) ที่ชักนำให้เกิดความสมบูรณ์เพศ คือ 27-28 °ซ ซึ่งที่อุณหภูมินี้ยังพบความเป็นหมันคงอยู่บ้าง และถ้าต้องการรักษาสภาพสมบูรณ์เพศให้คงอยู่ ต้องปลูกข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง (> 30 °ซ) อย่างต่อเนื่อง ต่อมา Mamum *et al*. (2006) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำต่อการพัฒนาส่วนสืบพันธุ์เพศผู้ของข้าวพันธุ์ Doongara พบว่าการได้รับอุณหภูมิต่ำ (22/12 °ซ) นาน 4 วัน ทำให้เซลล์ภายในอับเรณูไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ มีการสร้างผนังเรณูลดลง การเกิดแวคิวโอล (vacuolation) ผิดปกติ เกิดการขยายตัวผิดปกติ (hypertrophy) ของเนื้อเยื่อทาพีตัม (tapetum) ทำให้ผนังเซลล์แตก และผิดสัดส่วน นอกจากนั้นยังพบว่าที่ระยะไดแอด (dyad) และเตทแตรด(tetrad) แคลโรส (callose) ที่สะสมระหว่างเซลล์มีการลดลงอย่างมากต่างจากการศึกษาของเขา และคณะก่อนหน้านี้ที่พบว่า ในตอนต้นของระยะไมโอซิส (early meiosis) เซลล์กำเนิดสปอร์ถูกล้อมรอบด้วยชั้นแคลโรสบางๆ และมีแคลโรสเป็นแผ่น (plate callose) ระหว่างเซลล์ไดแอด และเตทแตรด จำนวนมาก หลังจากนั้นแต่ละเซลล์จึงแยกเป็นอิสระโดยผนังแคลโรส (callose wall) (Mamum *et al*., 2005) นอกจากนี้แล้วยังพบว่า อุณหภูมิต่ำยับยั้งการแสดงออกของยีน OsMST8 ที่ชั้นอับเรณู (anther layer) และมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) สอดคล้องกับการศึกษาของ Oliver *et al*. (2005) ที่พบยีน OSINV4 ในข้าวที่มีความเฉพาะเจาะจงกับเซลล์ทาพีตัม และมีการทำงานลดลงเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ ทำให้ขัดขวางการสร้างน้ำตาล hexose และการสร้างแป้งที่ละอองเรณู การทำงานที่ลดลงของยีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

OSINV4 และ OsMST8 ขัดขวางการส่งน้ำตาลไปยังทาพีตัม และละอองเรณูที่ระยะสำคัญต่อการพัฒนาเรณู และมีการสะสมแป้งที่พลาสทิด (plastid) ของผนังเรณู จึงทำให้เกสรเพศผู้เป็นหมัน (Mamum *et al*., 2006) นอกจากนี้แล้ว Sato and Miyoshi (2006) ได้ศึกษาการตอบสนองต่ออุณหภูมิของการซ่อมแซมเกสรเพศผู้ และการแสดงออกที่แตกต่างในการสร้างก้านชูเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียของลิลลี่เอเชียลูกผสมที่เกสรเพศผู้เป็นหมัน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ Akita Petit Lemon (APL) Akita Petit Gold (APG) และ Akita Petit Cream (APC) โดยทำการปลูกลิลลี่ทั้งสามพันธุ์ในสภาพอุณหภูมิแตกต่างกัน คือ อุณหภูมิสูง (32/25 °ซ) อุณหภูมิปานกลาง (25/18 °ซ) อุณหภูมิต่ำ (18/11 °ซ) พบว่าการซ่อมแซมเกสรเพศผู้มีความสำเร็จทุกพันธุ์ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง ส่วนภายใต้สภาพอุณหภูมิปานกลาง และอุณหภูมิต่ำมีการซ่อมแซมไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นยังพบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดอก โดยมีการเปลี่ยนรูปของก้านชูเกสรเพศผู้ไปเป็นกลีบดอก (petaloid stamens) ในพันธุ์ APL และ APC แต่ไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างการเปลี่ยนรูปของก้านชูเกสรเพศผู้ และอุณหภูมิ การศึกษาลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก (male sterile apetalous) ได้มีการศึกษาโดย Cowen and Ewart (1990) ที่ทำการศึกษาในบานชื่น โดยคัดเลือก และผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์เกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ MS_1 MS_2 MS_3 และ MS_4 และสายพันธุ์เกสรเพศผู้ปกติ 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ MF_1 MF_2 และ MF_3 ได้คู่ผสมทั้งหมด 12 คู่ผสม หลังจากนั้นทำการผสมกลับกับสายพันธุ์เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก และสายพันธุ์เกสรปกติ เพื่อศึกษาการกระจายตัวของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก พบว่าการผสมกลับกับสายพันธุ์เกสรเพศผู้ปกติ ได้รุ่นลูกที่มีลักษณะเกสรปกติทั้งหมด ส่วนการผสมกลับกับลักษณะเป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก พบรุ่นลูกมีทั้ง 2 ลักษณะ การประเมินอัตราส่วนของลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอก และลักษณะเกสรเพศผู้ปกติ ด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอกควบคุมโดยยีนด้อย 3 คู่ คือ $ms_1ms_1ms_2ms_2ms_3ms_3$ และการใช้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันที่ไม่มีกลีบดอกเพื่อผลิตบานชื่นลูกผสม พบว่าลูกผสมที่ได้มีลักษณะสม่ำเสมอ มีกลีบดอกจำนวนมาก และมีเกสรเพศผู้ปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved