บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการอาหารที่ดีและมีคุณภาพเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพสม่ำเสมอจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อที่จะช่วยให้มีปริมาณอาหารเพียงพอกับความต้องการบริโภคที่เพิ่มมากขึ้น

การนำพันธุกรรมที่เป็นหมันของเกสรเพศผู้มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ทำได้สะดวกและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่ต้องทำหมันเกสรเพศผู้ก่อนการผสม ผักกาดเขียวปลีมีดอกขนาดเล็ก และการกำจัดละอองเกสรเพศผู้ไม่อาจทำได้โดยง่าย การใช้พันธุกรรมที่เป็นหมันของเกสรเพศผู้เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมได้

อนุกรมวิธานของผักกาดเขียวปลี

ชื่อสามัญ ผักกาดเขียวปลี ผักกาดเขียว ผักโสภณ ผักกาดดอง mustard leaf mustard

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica juncea* L.

Plant Kingdom

Division Embryophyta

Subdivition Angiospermae

Class Dicotyledonae

Order Rhoeadales

Family Cruciferae, Brassicaceae

Genus Brassica

Species juncea

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักกาดเขียวปลีมีอัตราการผสมตัวเองสูงถึง 90% มีลักษณะดังนี้

ชนิดพืช ผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncea* L. var. rugosa) มีชื่อเรียกว่า Indian musard leaf mustard หรือ Chinese mustard จัดอยู่ในกลุ่ม Rapiferous (IBPGR, 1981) หรือ Takana (Tsunoda *et. al*, 1980)

ประเภท พืชล้มลุก ใบเลี้ยงคู่ วงศ์ Cruciferae

ลำต้น เป็นแกนสั้น หรือพ้นระดับดินขึ้นมาเล็กน้อย

ราก รากแก้ว

ใบ ใบไม่มีขน เส้นกลางใบกว้าง แบนและอวบน้ำ กรอบ สีเขียวและเขียวเข้ม มีทั้งขอบใบเรียบ และเว้า ใบห่อกันเป็นปลี ใบมีสาร glucoside sinigrin การเรียงตัวของใบแบบ alternate และ เป็นใบเดี่ยว

ช่อดอก ช่อดอกเป็นแบบ raceme เกิดตรงปลายสุดของลำต้นและกิ่งแขนง สีเหลืองอ่อน ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรเพศผู้และเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน รังไข่เป็นแบบ hypogynous เกสรเพศผู้มี 6 อัน (สั้น 4 อัน ยาว 2 อัน) กลีบดอกมี 4 กลีบ กลีบเลี้ยงมี 4 กลีบ

เกสรเพศผู้ มี 6 อัน เป็นแบบ tetradynamous ก้านเกสรแยกกันที่โคนเกสรอันยาวมักมีต่อมน้ำหวานปรากฏอยู่

เกสรเพศเมีย รังไข่แบบ superior มี 2 ห้องเชื่อมรวมกัน และมีเม็ดไข่มาก เมื่อเวลาผลแตกเปลือกผลหลุดออก เหลือเมล็ดติดอยู่กับตะเข็บเท่านั้น

ผล เป็นแบบ silique ผลแตกเมื่อแก่ และแตกจากด้านล่างสู่ด้านบนฝัก

เมล็ด ขนาดเล็กไม่มีอาหารสะสม เมล็ดมีสีน้ำตาล

พืชผักจำพวก *B. juncea* สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ (ไฉน, 2542) คือ

1. Indian mustard หรือ Brown mustard เป็นพืชผักพวกมีสาร 3-Buteyl isothiocyanate สูง (Narian, 1974) มีปลูกมากในประเทศจีน อินเดีย เนปาล และบังคลาเทศ ต่อมาเนื่องจากสถานที่ปลูกมีความแตกต่างกัน ทางสภาพแวดล้อมทำให้พืชผักชนิดนี้เปลี่ยนแปลงไปเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 Oleiferous (oil seed type) เป็นพวกที่ปลูกเพื่อสกัดเอาน้ำมันจากเมล็ดเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 Semi-oleiferous (dual purpose type) เป็นพวก Semi-succulent ปลูกเพื่อใช้สกัดน้ำมัน และเป็นอาหารของคนและสัตว์เลี้ยง

1.3 Rapiferous (leafy type) ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์เลี้ยง

พืชผักพวกที่ปลูกเพื่อต้องการสกัดเอาน้ำมันจากเมล็ด มีปลูกทั่วไปในเขตทวีปอินเดีย ในขณะที่พวกที่ใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์เลี้ยง มีปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย เนปาล จีน และประเทศต่างๆทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย

2. Chinese mustard เป็นพืชผักที่ปลูกกันมาเป็นระยะเวลานาน ในประเทศจีน Nishi(1980) ได้แบ่ง Chinese mustard ออกเป็นหลายชนิด คือ

2.1 *B. juncea* var. rugosa (Roxb) Kitam ลักษณะใบเป็นแบบ Entire อวบน้ำ มีทั้งพวกห่อปลี และไม่ห่อปลี

2.2 *B. juncea* var. bulbifolia Mass เป็นพวกใช้ต้นเป็นอาหาร (Tsa-Tssai pickle) ไม่ใช่เป็นพวกใช้ใบ

2.3 *B. juncea* var. napiformis Bailey เป็นพวกที่ใช้รากเป็นประโยชน์ คล้ายผักเทอร์นิพ

2.4 *B. juncea* var. floliosa Bailey ลักษณะใบเป็นพวก Bi-pinnate หรือ Dissect สีเขียวเข้ม รสฉุน

2.5 *B. juncea* var. crispifolia Bailey ลักษณะใบหงิกงอซึ่งมีชื่อสามัญว่า Curly leaf mustard ใช้ใบทำผักสลัดเช่นเดียวกับ Curly kale

2.6 *B. juncea* var. integrifolia (Stoke) Kitam ใบเป็นพวก Dissect หรือ Entire ผิวใบ Glabrous หรือ Crisp ใบมีสีเขียวหรือเขียวเข้ม

2.7 *B. juncea* var. japonica Bailey ลักษณะคล้ายชนิด Floloisa (var. floloisa) ใบอ่อนมีสีเขียวเข้ม รสเผ็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักกาดเขียวปลีที่พบในประเทศไทย (ไฉน, 2542) และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจมากน้อยเรียงตามลำดับ คือ

1. ผักกาดเขียวปลี (Leaf mustard หรือ Swatow mustard)

2. ผักกาดชุนฉ่าย (var. multiceps)

3. ผักกาดเขียวใหญ่ (ผักกาดเขียวเบ๊เต็ง) ไม่ห่อปลี เคยพบถูกทำผักกาดดองทางภาคใต้ตลอดจนประเทศมาเลเซีย

ความสำคัญของผักกาดเขียวปลี

1. ความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผักกาดเขียวปลีเป็นผักพื้นบ้านที่คนไทยนิยมบริโภคทุกครัวเรือน รูปแบบที่นิยมใช้บริโภคได้แก่ การแปรรูปผักกาดดองหวาน ดองเค็ม และดองเปรี้ยว

ผักกาดเขียวปลีดอง นอกจากจะใช้ดองบริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกจำหน่ายต่างประเทศอีก ซึ่งจะพบว่าปริมาณความต้องการของตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น

2. ความสำคัญทางคุณค่าสารอาหาร ผักกาดเขียวปลีหลังจากดองแล้ว จะมีคาร์โบไฮเดรท แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในปริมาณสูง

การจำแนกพันธุ์ผักกาดเขียวปลี

ผักกาดเขียวปลีไม่มีชื่อพันธุ์ที่แน่นอน พันธุ์ที่จำหน่ายในตลาดส่วนมากเป็นชื่อพันธุ์การค้า เช่นพันธุ์ตราช้าง พันธุ์ตราเครื่องบิน พันธุ์ตราปลาทอง พันธุ์ตราสิงโต แต่อย่างไรก็ดี พันธุ์ต่างๆ ดังกล่าว สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ผักกาดเขียวปลีธรรมดา เป็นผักกาดเขียวปลีชนิดไม่ห่อปลี มีอายุสั้น 55 – 65 วัน เหมาะต่อการปลูกในฤดูฝน ใช้ทำผักกาดดองจำหน่ายในตลาดท้องถิ่น

2. ผักกาดเขียวปลีชนิดห่อปลี แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.1 ชนิดปลีกลม มีลักษณะใบนอกแผ่ออกนอก กาบใบหนา และกว้าง ผลผลิตต่อไร่สูง แต่มีข้อเสีย คือ ปลีมักจะแตก แต่ก็เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก

2.1 ชนิดปลีแหลม มีลักษณะปลีแหลม ปลีไม่ค่อยแตก แต่ผลผลิตต่ำกว่าชนิดปลีกลม ไม่ค่อยนิยมปลูก

เนื่องจากผักกาดเขียวปลี ยังไม่มีชื่อพันธุ์เฉพาะดังกล่าวมาแล้ว ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยต่างๆ กำลังร่วมมือกันคัดและปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ และได้กำหนดมาตรฐานพันธุ์ผักกาดเขียวปลีพันธุ์ดีไว้ดังนี้ (ไฉน, 2542)

1. มีจำนวนใบไม่ห่อปลีน้อย
2. ห่อปลีแน่นมีขนาดใหญ่ ปลีไม่แตก ปลีกลม
3. ไม่ออกดอกก่อนห่อปลี
4. ทนทานต่อโรคใบด่างเหลือง และอื่นๆ
5. เจริญเติบโตเร็ว อายุสั้น
6. ผลผลิตต่อไร่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะดอกเพศผู้เป็นหมัน (male sterility)

ลักษณะดอกเพศผู้เป็นหมัน หรือเกสรเพศผู้เป็นหมัน คือ สภาวะที่การพัฒนาของละอองเรณูผิดปกติ จนไม่สามารถทำหน้าที่ได้ โดยสามารถพบได้ในธรรมชาติ และเกิดได้หลายรูปแบบ เช่น ชนิดที่ไม่สร้างละอองเรณู หรือสร้างละอองเรณูที่มีลักษณะผิดปกติจนไม่สามารถทำงานได้ หรือชนิดที่เกสรเพศผู้ไม่พัฒนา และชนิดที่มีละอองเรณูปกติ แต่อับละอองเกสรไม่แตก อย่างไรก็ตาม สาเหตุการเป็นหมันของละอองเรณูเหล่านี้ ล้วนเกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรม หรือการผ่าเหล่าของยีน ซึ่งอาจเป็นยีนในนิวเคลียส หรือยีนในไมโทคอนเดรียก็ได้ (Ivanov and Dymshits, 2007)

การเป็นหมันของเกสรเพศผู้เกิดจากพันธุกรรม ใน 3 กรณี คือ

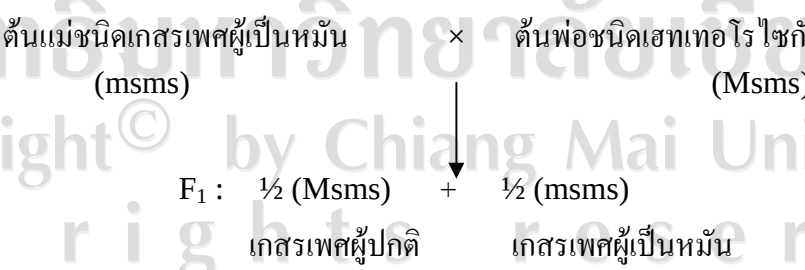
1. การเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีน (genic male sterility) ลักษณะเพศผู้ที่เป็นหมันเนื่องจากถูกควบคุมโดยยีนด้อยเพียงคู่เดียว (ภาพที่ 1) พบในพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าว มันฝรั่ง มะเขือเทศ เป็นต้น

สมมุติให้พวกที่มีลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันมีจีโนไทป์เป็น msms

ดังนั้นพวกที่มีละอองเกสรเพศผู้เป็นปกติ จะมีจีโนไทป์เป็น MsMs หรือ Msms

ในการที่จะรักษาลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันไว้ใช้ประโยชน์ต่อไปในการสร้างพันธุ์ลูกผสม จำเป็นที่จะต้องขยายพันธุ์ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันนี้ โดยการผสมพันธุ์ระหว่างต้นแม่ที่เกสรเพศผู้เป็นหมันกับต้นพ่อที่มีละอองเกสรปกติโดยมีจีโนไทป์เป็นพันธุ์ทาง (homozygous) หรือ เฮทเทอโรไซโกท (heterozygote) ตามแผนภาพด้านล่าง (บุญหงส์, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

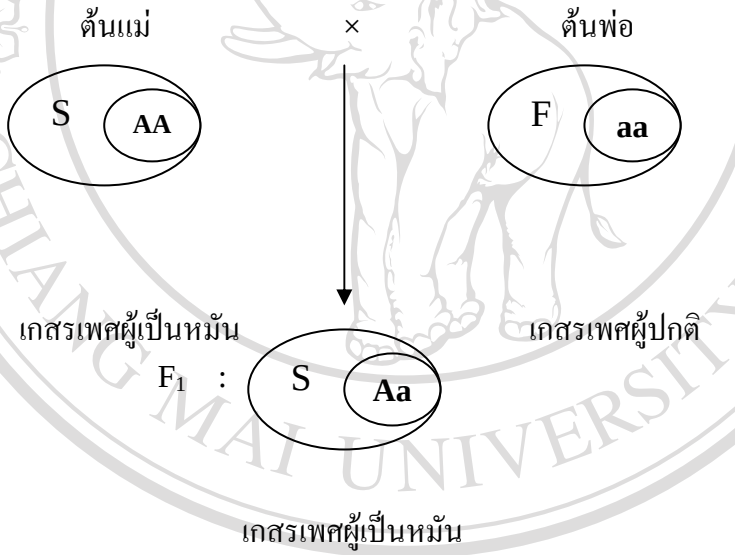


ภาพที่ 1 การเป็นหมันของเกสรเพศผู้ที่ควบคุมโดยยีน

2. การเป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterility) พบในพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าวสาลี ข้างฟ่าง ผักกาด พันธุกรรมที่ควบคุมการเป็นหมันจะอยู่ในไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ S และF โดยที่ S แสดงลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน และF แสดงลักษณะเกสรเพศผู้ปกติ (ภาพที่ 2) เมื่อนำพันธุ์ที่มีความเป็นหมันแบบนี้ไปผสมกับพันธุ์ใดๆ จะได้ลูกผสมที่เป็นหมันเหมือนพันธุ์แม่ด้วย ความเป็นหมันแบบนี้นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตลูกผสมเฉพาะพืชที่ขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เมล็ดและไม่ใช้ผลผลิตเมล็ด (นพพร, 2543)

ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีเกสรเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากการถ่ายทอด Anand cytoplasm และ Okura cytoplasm เข้าไปในพันธุ์ผักกาดเขียวปลีเกสรเพศผู้ปกติโดยวิธีการผสมกลับหลายชั่วอายุ

ในการขยายพันธุ์พืชพวกที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมันไว้ใช้ประโยชน์ต่อไปในการสร้างพันธุ์ลูกผสมสามารถกระทำได้ดังนี้



ภาพที่ 2 การเป็นหมันของเกสรเพศผู้ที่ควบคุมโดยไซโทพลาสซึม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. cytoplasmic – genic male sterility คือ ลักษณะเพศผู้เป็นหมันอันเนื่องมาจากยีนในไซโทพลาสซึม และยีนที่อยู่ภายในนิวเคลียส (ภาพที่ 3)

ถ้ากำหนดให้

F แทนไซโทพลาสซึมที่ไม่เป็นหมัน (fertile cytoplasm)

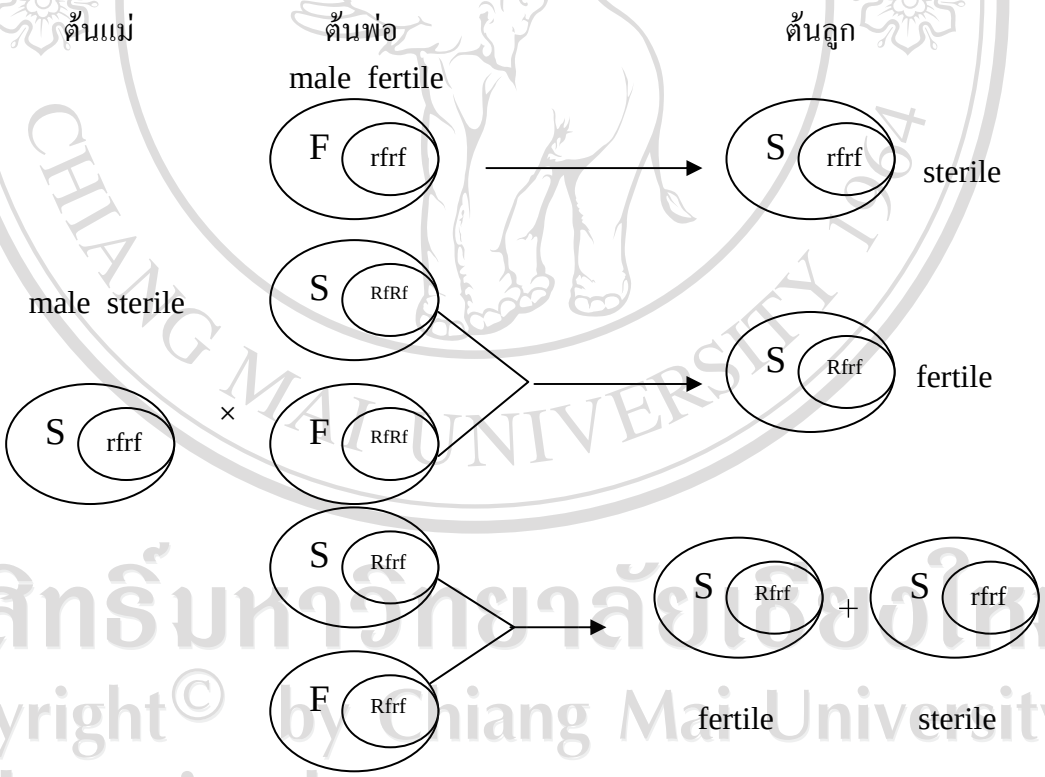
S แทนไซโทพลาสซึมเป็นหมัน (sterile cytoplasm)

Rf แทนยีนข่มที่แก้ความเป็นหมันในนิวเคลียส (restorer gene for fertility)

Rf แทนยีนที่แสดงความเป็นหมันในนิวเคลียส

- วงกลมนอกแทนไซโทพลาสซึม และวงกลมในแทนนิวเคลียส
- ต้นที่เกสรเพศผู้เป็นหมัน จะมีจีโนไทป์ S(rfrf)
- ต้นที่เกสรเพศผู้ปกติ จะมีจีโนไทป์ S(RfRf), F(RfRf), S(Rfrf), F(Rfrf) หรือ F(rfrf)

ความเป็นหมันแบบนี้มีประโยชน์มากในการในการผสมเพื่อคัดเลือกพันธุ์ใหม่ และมีผู้นำมาใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเป็นการค้าอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะความเป็นหมันของเกสรเพศผู้ช่วยในการประหยัดแรงงานในการเด็ดช่อตัวผู้ของต้นแม่ทิ้ง จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตลูกผสมต่ำลงเป็นอย่างมาก ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ข้าวโพด พืชตระกูลแตง ตระกูลกะหล่ำ พริก (บุญหงส์, 2548)



ภาพที่ 3 การเป็นหมันของเกสรเพศผู้ที่ควบคุมโดยยีน และไซโทพลาสซึม

ลักษณะการเป็นหมันซึ่งควบคุมโดยยีน และไซโทพลาสซึม สามารถถ่ายทอดพันธุกรรมโดยผ่านทางสายแม่ (maternally inherited trait) โดยการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีหน่วย S

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในไซโทพลาสซึมเสมอ และการที่ลูกผสมแสดงการเป็นหมันหรือไม่ ขึ้นอยู่กับมีหรือไม่มียีน Rf เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

มีรายงานการพบลักษณะเป็นหมัน ซึ่งควบคุมโดยยีนและไซโทพลาสซึมในตระกูลกะหล่ำหลายชนิด และ Brar *et al.* (1980) ได้ค้นพบลักษณะการเป็นหมันซึ่งควบคุมโดยยีน และไซโทพลาสซึมในผักกาดเขียวปลี

เนื่องจากธรรมชาติของผักกาดเขียวปลีเป็นพืชผสมตัวเอง ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์อาจทำได้เช่นเดียวกับวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่ผสมตัวเอง เช่น มะเขือเทศ หรือพริก เป็นต้น (มณีฉัตร, 2545) วิธีการดังกล่าวได้แก่

ก. วิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ (pedigree method)

ข. วิธีการคัดเลือกแบบเมล็ดเดี่ยว (single seed descent)

ค. วิธีผสมผสานของการคัดเลือกสายพันธุ์ (pedigree method) และการคัดเลือกแบบเมล็ดเดี่ยว (single seed descent)

ง. วิธีการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection)

จ. วิธีการคัดเลือกแบบผสมกลับ (backcross)

ฉ. วิธีการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสม (F_1 hybrid)

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีผสมกลับ (back cross)

วิธีการผสมกลับเป็นการนำลูกผสมผสมกลับไปหาพ่อหรือแม่พันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีผสมกลับนี้ สามารถทำได้ทั้งในพืชผสมตัวเอง และพืชผสมข้าม แต่นิยมใช้ในพืชผสมตัวเองมากกว่า นักปรับปรุงพันธุ์จะทำการผสมกลับเมื่อต้องการเสริมลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือไม่กี่ลักษณะเข้าไปในพันธุ์พืชที่มีลักษณะต่างๆที่ดีอยู่แล้ว การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีผสมกลับจะต้องมีตัวรับ (recurrent parent) และตัวให้ (donor parent)

ตัวรับ (recurrent parent) คือ พ่อหรือแม่พันธุ์ ที่นำลูกผสมผสมกลับเข้ามาเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะดีเกือบทั้งหมด ให้ผลผลิตสูง ปรับตัวได้ดีในบริเวณที่ปลูก แต่ยังมีลักษณะที่ต้องการปรับปรุง

ตัวให้ (donor parent) คือ พันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการซึ่งไม่มีในตัวรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลี

ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีเกสรเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากการถ่ายทอด Anand cytoplasm และ Okura cytoplasm เข้าไปในพันธุ์ผักกาดเขียวปลีเกสรเพศผู้ปกติ ผักกาดเขียวปลีเป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติแต่อาจเกิดการผสมข้ามได้ Downey *et al.* (1970) การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีมีความสำคัญในการพัฒนาพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในตลาด (มณีฉัตร, 2545) เนื่องจากผักกาดเขียวปลีเป็นผักที่มีการผสมตัวเองสูง การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีจึงนำเอาพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่มียีนเกสรเพศผู้เป็นหมัน (cytoplasmic male sterility) มาใช้โดยการถ่ายทอดยีนให้แก่สายพันธุ์ที่คัดมาโดยวิธีผสมกลับ (backcross) เพื่อให้ได้พันธุ์แท้ที่มียีนเกสรเพศผู้เป็นหมัน โดยถ่ายทอดยีนที่ควบคุมการเป็นหมันของเกสรเพศผู้จากแม่พันธุ์ จะได้ลูกผสมที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมัน ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่ได้จะใช้เป็นแม่พันธุ์ผสมกับพ่อพันธุ์ที่ดีหลายๆรุ่น เพื่อให้ได้ลักษณะที่ดีจากพ่อ และนำไปผลิตลูกผสมต่อไป Rao *et al.* (1994) ได้ค้นพบระบบการเป็นหมันในไซโทพลาสซึมที่เกิดจากการผสมกลับระหว่าง *Diplotaxis siifolia* กับ *B. juncea* แล้วนำลูกผสมที่ได้ไปผสมกลับกับ *B. juncea* ได้สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันในไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterile line) ที่มีสัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโตเหมือนกับ *B. juncea* โดยต้นที่ได้มีกลีบดอกและกลีบเลี้ยงแคบ ก้านชูดอกเพศผู้สั้นลง และละอองเกสรเพศผู้ไม่แตกออก ในสายพันธุ์แม่ของสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันในไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterile line) มีลักษณะที่ดีเหมือนพันธุ์เดิม และในปี 1995 Kirti *et al.* รายงานว่าลักษณะการเป็นหมันในเพศผู้ที่ควบคุมโดยไซโทพลาสซึมในผักกาดเขียวปลี พัฒนามาจากการรวมตัวของไซโทพลาสซึมได้จากการรวมตัวของเซลล์ ระหว่าง *T. ballii* กับ *B. juncea* และนิวเคลียสจาก *B. juncea* สายพันธุ์ Pusa Bold โดยใช้วิธีผสมกลับได้ลูกผสมที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมัน แสดงลักษณะทั่วไปคล้าย *B. juncea* แต่ออกดอกช้า (delay flowering) 5 – 7 วัน เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ Pusa Bold ปกติ ส่วนเกสรเพศผู้ที่เป็นหมันมีลักษณะเปลี่ยนไปคล้ายกลีบดอก ไม่มีละอองเรณู แต่ยังมีเกสรเพศเมียปกติ

Terachi *et al.* (1994) ได้รวบรวมพันธุ์ผักกาดที่เป็นพันธุ์การค้าและพันธุ์พื้นเมืองจากหลายๆสถานที่ในญี่ปุ่น เพื่อศึกษาความเป็นหมันในไซโทพลาสซึม ที่มี *atp6* gene ใน mitochondrial(mt) DNA เป็น molecular marker โดยการใช้วิธี PCR พบว่า *trnfm atp6*.PCRs เป็นตัวยับยั้งและฟื้นฟู mt DNA ส่วน ORF105 และ*atp6*.PCRs จะเปลี่ยนแปลงเป็น ogura-type mt DNA ซึ่งมีพันธุ์พื้นเมือง 24 ชนิด จะสามารถจำแนกได้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับการแสดงออกของ ogura-type mt DNA โดยทั้งหมดจะไม่ขึ้นกับการจำกัดทางสภาพภูมิศาสตร์ และไม่มีการกระจายตัวของพืช จากการทดลองพบว่าพันธุ์พื้นเมืองเป็นต้นกำเนิดของ ogura-type male-sterile cytoplasm ต่อมา Christina *et al.* (2000) ได้ทำการวิเคราะห์สารประกอบโปรตีนจากไมโทคอนเดรียในต้นเพศผู้ไม่เป็นหมันและต้นปกติซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใกล้เคียงกัน(isogenic lines) โดยการใช้วิธี BN-PAGE สามารถอธิบายได้ว่าโปรตีนรวมจากเกสรเพศผู้ และไมโทคอนเดรียของต้นกล้าที่เป็นหมันและไม่เป็นหมันจะมีความแตกต่างกันในแถบโปรตีน

Yang *et al.* (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทาง phenotype ทั้งในด้านกิ่งก้าน และดอก ที่ถูกควบคุมโดยลักษณะของการเป็นหมันในเกสรเพศผู้ ซึ่งพบว่าทำได้โดยวิธีการผสมกลับ (backcross) จะพบว่าในลูกผสมชั่วที่ 3 ดอกจะแสดงอาการผิดปกติ

Palmer (1988) และ Carlsson *et al.* (2007) พบว่าการพัฒนาของดอกจะถูกควบคุมโดยหน่วยพันธุกรรมในไมโทคอนเดรีย และหน่วยพันธุกรรมในนิวเคลียส โดยจะเป็นการแสดงปฏิกิริยาร่วมกันในดีเอ็นเอของคลอโรพลาสของพันธุ์ที่เป็นหมันกับพันธุ์ปกติจะไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่ยีนในไมโทคอนเดรียจะเป็นตัวกำหนดความเป็นหมันในเกสรเพศผู้ ส่วนยีนในนิวเคลียสจะเป็นตัวยับยั้งลักษณะทาง phenotype ของการเป็นหมันในเกสรเพศผู้ในการขยายพันธุ์ โดย Pathania *et al.* (2003) ได้ศึกษาและจำแนกยีนรักษาเพศผู้เป็นหมัน (fertility restorer gene) ของผักกาดเขียวปลีที่ได้จากการผสมพันธุ์ พบว่าในต้นที่เป็นหมันดอกจะแสดงลักษณะต่อมน้ำหวานเล็ก (smaller nectarines) และอับละอองเกสรเปลี่ยนเป็นกลีบดอก (anther are convert into petal) หรือเป็นท่อ (tubular structures) โดยลักษณะที่เพศเมียผิดปกติ (gynoecium) เป็นลักษณะของ style ที่งอและมี trilocular ovary ต้นที่ไม่เป็นหมันจะไม่พบลักษณะที่เพศเมียผิดปกติ ซึ่งสรุปได้ว่าลักษณะที่เป็นหมันเหล่านี้มีผลมาจากการแสดงปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างนิวเคลียส และไมโทคอนเดรียยีน

Tina *et al.* (2003) ได้ทำการถ่ายทอดลักษณะความเป็นหมันในไซโทพลาสซึมของพืชน้ำมันจากสายพันธุ์ฤดูใบไม้ผลิไปสู่สายพันธุ์ฤดูหนาวโดยวิธีการรวมโปรโตพลาส (protoplase fusion) พบว่าวิธีการนี้จะใช้เวลาในการทำน้อยกว่าวิธีผสมกลับ (backcross) และจากการทดลองของ Arumugam *et al.* (1995) พบว่าการถ่ายทอดลักษณะการเป็นหมันในเกสรเพศผู้ที่ถูกควบคุมโดยไซโทพลาสซึมที่ควบคุมโดยโครโมโซม 3 คู่ ไปสู่ผักชนิดอื่นๆในตระกูล Brassica พบว่าสามารถถ่ายทอดได้ดีโดยวิธีผสมกลับ

Paulo *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของลูกผสมที่เกิดจากการเป็นหมันในไซโทพลาสซึม เปรียบเทียบกับพันธุ์ปกติในบราซิล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านลักษณะของผลผลิตรวมถึงความแน่นของหัวกะหล่ำ (head compactness) โดยพันธุ์ที่เกสรตัวเพศเป็นหมันจะเหมาะแก่การผลิตลูกผสมเพื่อศึกษา และปรับปรุงพันธุ์ได้ดีกว่าพันธุ์ที่ไม่เป็นหมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved