บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ผักกาดเขียวปลีหรือที่เรียกกันว่า ผักกาดดอง เป็นผักที่ปลูกกันมานานแล้วอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica juncea* เป็นผักที่นิยมนำมาดอง ไม่นิยมบริโภคสด เพราะมีรสขม แม้แต่ต้มสุกแล้วก็ยังไม่หายขม แต่จะมีคุณภาพดีหลังจากดองเค็มแล้วเพราะจะกรอบ เปราะ ไม่ยุ่ยเปื่อย ในระยะแรกนิยมนำมาทำผักกาดดองในระดับครอบครัว ต่อมาได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะความต้องการของต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่ออุตสาหกรรมการทำผักกาดดองขยายตัวขึ้น ความต้องการวัตถุดิบก็ย่อมมากขึ้น นับเป็นผักที่ทวีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผักกาดเขียวปลีมีลักษณะและรูปร่างต้นหลายแบบ ตั้งแต่ไม่เข้าปลีมีแต่เพียงใบเรียงตัวแบบหลวมๆ พวกเข้าปลีกลมแน่น และพวกที่มีส่วนลำต้นพองหนา(สุนทร,2540)

อนุกรมวิธานของผักกาดเขียวปลี

ชื่อสามัญ ผักกาดเขียวปลี ผักกาดเขียว ผักกาดแม้ว ผักกาดดอง mustard, leaf mustard

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica juncea*

Plant Kingdom

Division Embryophyta

Subdivision Angiospermae

Class Dicotyledoneae

Order Rhoeadales

Family Cruciferae,Brassicaceae

Genus *Brassica*

Species *juncea*

ผักกาดเขียวปลีจัดอยู่ใน วงศ์ Rhoeadales (ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์,2528)

ลักษณะวงศ์ นี้ ส่วนใหญ่ เป็นไม้ล้มลุกเนื้ออ่อน ดอกสมบูรณ์เพศ ส่วนของดอกเรียงตัวเป็นวงกลม (cyclic) รังไข่ติดเหนือส่วนอื่นของดอก (superior) มีตั้งแต่ 2 carpel ขึ้นไป และติดกัน ไข่ติดผนังของรังไข่ (parietal)

วงศ์ นี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ตระกูล ดังนี้

Papaveraceae

Capparidaceae

Cruciferae

Tovariacae

Resedaceae

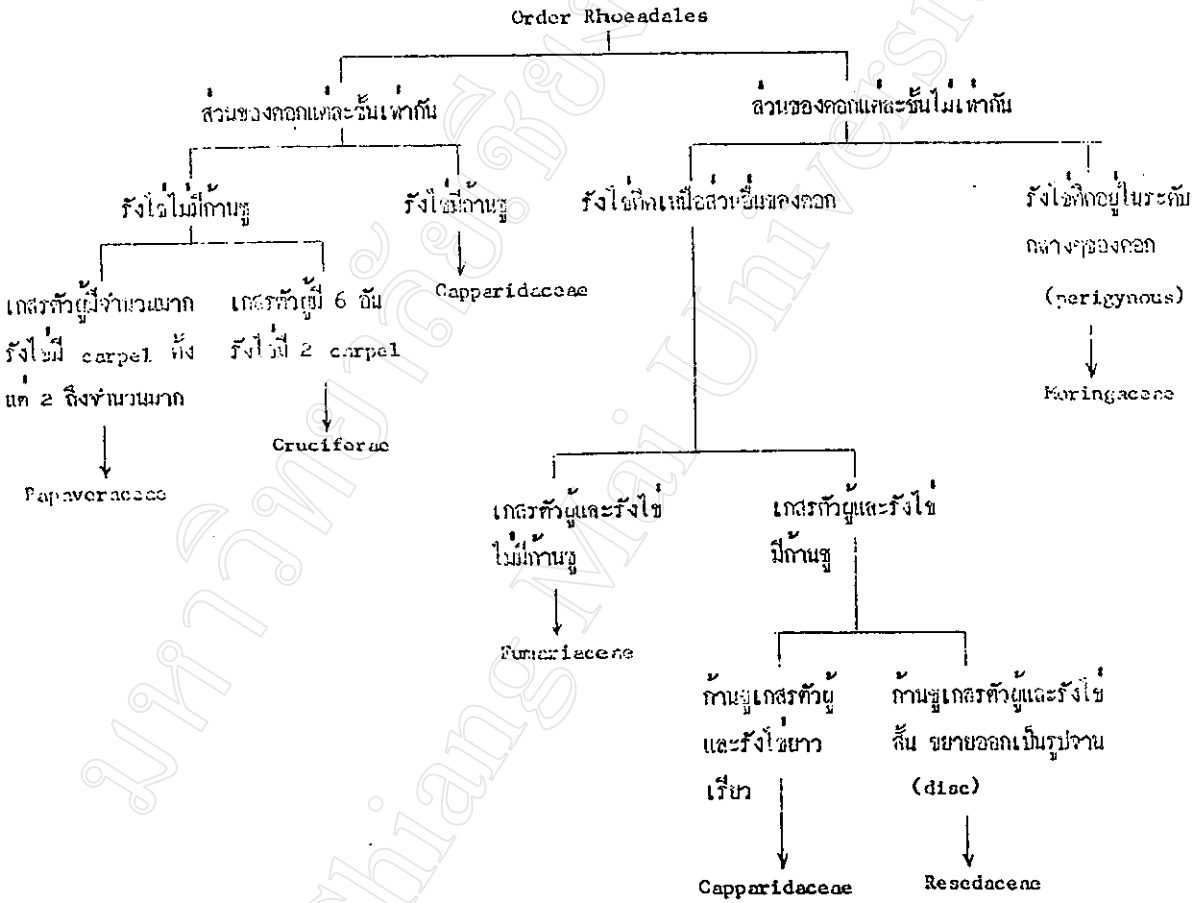
Moringaceae

Bretcshneideraceae

Norris ได้รวมตระกูล Fumariaceae ไว้ใน วงศ์ นี้ด้วย ซึ่งทางยุโรป ถือว่าเป็นตระกูลย่อย (subfamily) ของตระกูล Papaveraceae (ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์,2528)

ในกลุ่มนี้ มีตระกูล Moringaceae , Cruciferae และ Capparidaceae ที่มีไข่ติดแกนกลางของรังไข่ (axile) ส่วนตระกูล Tovariacae , Resedaceae และ Bretcshneideraceae ไม่มีรายงานว่ามีพืชตระกูลนี้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพืชทางอเมริกาและจีน

วงศ์ Rhoeadales แบ่งออกเป็นตระกูลต่างๆ ตาม ภาพที่ 1



ภาพที่ 1. การ แบ่งวงศ์ Rhoeadales ออกเป็นตระกูลต่างๆ

ลักษณะโดยทั่วไปของพืชในตระกูล Cruciferae, Brassicaceae

Jafri, 1973 ได้อธิบายลักษณะของพืชในตระกูลนี้ว่า เป็นพืชล้มลุก มีอายุหนึ่งปีหรือสองปี และเป็นไม้พุ่ม มีหนามหรือขนเล็ก ๆ มีบางครั้งที่เป็นขนเส้นเล็ก ๆ รากมีลักษณะเรียวแหลมหรือเป็นหัวแบบ tuberous ใบเรียงแบบสลับ ดอกเป็นแบบ raceme สั้น ๆ และเป็นแบบ corymb ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ส่วนใหญ่มีสีเหลือง มีก้านดอกซึ่งจะเพิ่มความยาวขึ้นตามขนาดของผล มีลักษณะหนาและกว้าง กลีบเลี้ยง sub. equal ภายนอกเป็นแบบ oblong หรือ obtuse ด้านในเป็นแบบ ovate หรือ sub.obtuse มีรอยหยัก บริเวณฐาน มีเกสรตัวผู้ 6 อัน ก้านชูเกสรตัวผู้เป็นเส้นตรง ต่อมน้ำหวานมีสีเขียว รังไข่มีลักษณะคล้ายทรงกระบอก มีไข่ 5-45 ฟอง ผลเป็นแบบ silique ตรงหรือโค้ง มีลักษณะเป็นทรงกระบอก beak เป็นรูปกรวย บางชนิดมี beak แบบทรงกระบอกหรือคล้ายขนมีเมล็ด 0-3 เมล็ด มีรอยตะเข็บตามแนวตรงกลางผล style มีส่วนหัว แบ่งเป็น 2 พู เห็นชัดเจน stigma มีผนังสมบูรณ์ หรือบางครั้งมีผนังกั้นหนาระหว่างเมล็ด เมล็ดเป็นเมล็ดเดี่ยวเรียงกันอย่างมีระเบียบ กลมหรือมีบ้างที่มีลักษณะคล้ายวงรี มีสีน้ำตาล ใบเลี้ยงจะม้วนตามแนวยาว

ลักษณะสำคัญของพืชใน genus นี้ ส่วนใหญ่จะเป็นผักและพืชที่ให้น้ำมัน การจัดจำแนกทำได้ยากเนื่องจากมีหลายลักษณะที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันในสายพันธุ์

ต่อมาในปี 1984 Backer ได้กล่าวถึงพืชในตระกูล Cruciferae ว่ามีช่อดอกเป็นแบบ raceme กลีบเลี้ยงตั้งตรง กลีบดอกเท่ากันและตั้งตรง มีหยักและมีกลีบกว้าง ส่วนใหญ่มีสีเหลือง เกสรตัวผู้มี 6 อัน เป็นแบบ tetradynamous ก้านชูเกสรตัวผู้เรียบ มีต่อมคล้ายจานอยู่ 4 ต่อม อันหนึ่งอยู่ด้านข้างของ stamen อันที่สั้นที่สุด อีกอันอยู่ข้างหลังของแต่ละคู่ของเกสรตัวผู้อันที่ยาว รังไข่เป็นแบบ stipulateมีไข่ 3 ฟองขึ้นไป style เป็นแบบ obvious stigma capitate ฝักยาว ตอนปลายแหลมเรียกว่า beak มี 2 ส่วน beak มีเมล็ด 0-2 เมล็ด ฝักแต่ละฝักแยกออกเป็น 2 ส่วนตามแนวตะเข็บ มีเมล็ด 1 เมล็ด อยู่เรียงกันอย่างเป็นลำดับในฝัก มีบ้างที่มี 2 เมล็ดใน 1 ส่วนของฝัก ใบเป็นแบบ dentate ใบล่างมี lobe แบบขนนก ใบในตอนปลายมีก้านใบสั้นหรือเป็นแบบ sessile หรือไม่มีก้านใบ มีอายุหนึ่งปีหรือสองปี และเป็นไม้พุ่มเล็ก ๆ มีขนเล็กบางครั้งพบว่ามีรากแบบ tuberous

<u>ลักษณะสำคัญของตระกูล Cruciferae</u> (Mustard Family) (ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์,2528)

ลักษณะต้น เป็นไม้ล้มลุก มีอายุหนึ่งปี หรือหลายปี หรือเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีน้ำยางใส มีขนเป็นเซลล์เดียว รูปส้อม หรือรูปดาว

ใบ เรียงตัวสลับกัน (alternate) หรือมีบางชนิดเรียงตัวเกือบตรงข้าม เป็นใบเดี่ยว ไม่มีหูใบ รูปใบตรงโคนล่าง มักหยักคอคล้ายหู (auriculate, lyrate)

ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ส่วนของดอกแต่ละชั้นเท่ากัน (regular) ช่อดอกเป็น receme มักมีใบรองดอก (bract) อยู่ด้วย กลีบดอกมี 3 ชั้น กลีบดอกชั้นนอกมี 4 กลีบ เรียงเป็น 2 ชั้นไม่ติดกัน ส่วนกลีบดอกชั้นในมี 4 กลีบ ไม่ติดกัน แต่ละกลีบมีโคนเรียว และปลายบานออก (claw) การเรียงตัวของกลีบ จะตรงข้ามเป็นคู่เหมือนกากบาท (cruciform)เกสรตัวผู้มี 6 อัน เรียงตัวเป็น 2 ชั้น คือมีชั้นนอก 2 อัน มีก้านเกสรขนาดสั้น และชั้นใน 4 อัน มีก้านเกสรยาวกว่า (tetradynamous) ซึ่งก้านของเกสรชั้นใน อาจติดกันเป็นคู่ อับเกสร (anther) มี 2 เซลล์แตกเป็นช่องตามยาวรังไข่มี 1 อัน ติดเหนือส่วนอื่นของดอก (superior) ภายในมี 2 ช่อง (locule) ช่องเกิดจากผนังยื่นเข้าไปกั้นภายหลัง (false complete septum) มี 2 หรือ 4 carpel ไข่ติดผนังด้านนอกของรังไข่ (parietal)

ผล เป็นฝักยาว แตกตามยาวเป็น 2 ซีก (silicle หรือ siliqua) หรือเป็นผลเปลือกแข็ง ไม่แตก (nut) ต้นอ่อนในเมล็ด (embryo) ใหญ่และเนื้อในเมล็ด (endosperm) มีน้อย หรือไม่มี ตัวอย่าง เช่น ผักคะน้า ผักกาดขาว เทียนแดง กะหล่ำปลี ผักกาดนก มัสตาร์ด

ผักกาดเขียวปลีจัดอยู่ในตระกูล Cruciferae หรือ Brassicaceae ซึ่งสามารถจัดจำแนกได้ดังต่อไปนี้(Backer,1984)

การจัดจำแนกพืชใน BRASSICACEAE

1A	ผลเป็นแบบ silique ความยาวน้อยกว่า 3 เท่าของความกว้าง กลีบดอกสีขาว ม่วงหรือไม่มีสี	2
B	ผลเป็นแบบ silique ฝักยาวเป็น 3 เท่าของความกว้าง	6
2A	กลีบดอก (ส่วนใหญ่จะปรากฏให้เห็น) ในดอกเดียวกันจะมีขนาดที่แตกต่างกัน กลีบดอกด้านนอก 2 อันจะใหญ่กว่าอีกอันหนึ่งที่เหลืออยู่ ซึ่งจะมีความยาว 4-9 มิลลิเมตร ฝักมีลักษณะแบนมีส่วนฐานกลม มีความยาว 5-9 มิลลิเมตร ในแต่ละข้อมี 1 เมล็ดต่อ 1 cell ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ	*Iberis*

B	กลีบดอกส่วนใหญ่จะมีขนาดเท่ากันในดอกเดียวกัน หรือมีขนาดใกล้เคียงกัน	3
3A	ลำต้นอยู่เหนือดิน ใบมีขนกระจายบริเวณฐาน เป็นแบบ dentate หรือมีรอยหยักลึก มีขนปกคลุม ฝักมีลักษณะแบน แต่ละข้อยาว 6-8 มิลลิเมตร มีเมล็ดมากกว่า 5 เมล็ดใน 1 cell กลีบดอกมีสีขาว ขึ้นได้ในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1500 เมตร	*Capsella*
B	ลำต้นอยู่เหนือดิน ใบมีฐานแคบ มีขนขึ้นปกคลุม	4
4A	กลีบดอกยาว 5-7 มิลลิเมตร มีสีขาว ฝักค่อนข้างกลม มีเมล็ดมากกว่า 1 เมล็ดต่อ 1 เซลล์ ใบล่างเป็นแบบ crenate-serrate-lobed มีลำต้นตั้งตรง มีรากหนา ส่วนใหญ่นิยมปลูกบนภูเขา	*Armoracia*
B	กลีบดอกมีความยาวน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ฝักมีเมล็ดมากกว่า 1 เมล็ดต่อ 1 เซลล์ ใบด้านล่างมีขนหรือมีขนทั้ง 2 ด้าน	5
5A	ฝักแบน มีปีกด้านล่าง ใบตอนสุดท้ายจะเหลือเฉพาะใบกลาง หรือใบล่างที่เป็นแบบ serrate lobe หรือมีรอยหยักลึก มีขนขึ้น ลำต้นตั้งตรง ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ป่า ไม่ใช้เป็นไม้ประดับ	*Lepidium*
B	ฝักมีลักษณะบวมพอง ใบทั้งหมดมีขนขึ้นปกคลุม ลำต้นตั้งตรง นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ	*Lobularia*
6A	รังไข่และฝักมีสีขาวเข้ม มี stigma 2 อัน ตั้งตรงและติดกัน กลีบดอกมีรอยเว้ายาว 2-3 เซนติเมตร ใบเป็นแบบ Oblong lanceolate หมดทั้งต้น ส่วนที่มีสีเขียวที่ต่อจากกิ่งจะมีขนสีเขียวออกมา เป็นไม้ประดับที่พบบนภูเขา	*Matthiola*
B	รังไข่และฝักมีขนปกคลุม จำนวน stigma เห็นไม่ชัด มี concave lamellae	7
7A	กลีบดอก (มักจะปรากฏให้เห็น) มีสีขาว ม่วง สีเขียวอมขาว หรือสีเหลืองอมขาว	8
B	กลีบดอก (บางครั้ง) มักจะมีสีเหลือง	10
8A	กลีบดอกมีรอยหยัก มีความยาวมากกว่า 1 เซนติเมตร มีสีม่วงหรือสีขาว ก้านดอกยาว 3/4 ถึง 2 เซนติเมตร ฝักหนามากมี beak ยาว เมล็ดแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ส่วนละ 1 เมล็ดด้วยผนังที่	

	หนาและมีสีขาว	*Raphanus*
B	กลีบดอกมีรอยหยัก มีความยาวน้อยกว่า 1 เซนติเมตร มีสีขาว สีเขียวอมขาว หรือสีขาวออกเหลือง ฝักไม่มีผนังสีขาวหนา มากั้น	9
9A	ใบเป็นแบบ palmate หรือ 3-trifoliate หรือ pinnate ฝักในช่วงสุดท้ายยาว 1.5-3.25 เซนติเมตร หนา 0.2-1.25 มิลลิเมตร ฝักมีเมล็ดเพียงแถวเดียว	*Cardamine*
B	ใบเดี่ยว (และจะขยายใหญ่เป็นแบบ lyrate-pinnatifid) หรือ pinnate ฝักในระยะสุดท้ายยาว 1-2 เซนติเมตร หนา 2.5-3.0 มิลลิเมตร มีเมล็ด 2 แถวใน 1 ฝัก	*Nasturtium*
10A	กลีบดอก (มักจะปรากฏให้เห็น) มีความยาวมากกว่า 0.5 เซนติเมตร (มีรอยหยัก) ฝักมี beak ยาว มี disk gland จำนวน 4 อัน	*Brassica*
B	กลีบดอกไม่มีหรือมีขนาดน้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร ฝักไม่มี beak มี disk gland จำนวน 6 อัน	*Rorippa*

ลักษณะโดยทั่วไปของผักกาดเขียวปลี

ส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่มีอายุปีเดียว มีความสูง 30-90 เซนติเมตร อาจสูงถึง 200 เซนติเมตร กิ่งมีขนบางๆด้านล่าง ส่วนด้านบนมีขนขนาดเล็กปกคลุม ใบด้านล่างมีก้านเห็นชัดเจนคล้ายขนนก ขอบใบหยัก ใบกลางเป็นใบเดี่ยวขอบใบหยัก ใบด้านบนเรียวยาวคล้ายเส้นตรงปลายใบทู่ ฐานใบแคบต่อกับก้านใบสั้น ๆ เกลี้ยงหรือเกือบเกลี้ยง ช่อดอกแบบ raceme มีดอก 20-40 ดอก มีความยาว 30 เซนติเมตรในช่วงติดผล ดอกติดตามขวางยาว 7 มิลลิเมตร สีเหลืองทอง ก้านดอกยาว 4-6 มิลลิเมตร และจะเพิ่มขึ้นถึง 15 มิลลิเมตรในช่วงที่ติดผล กลีบเลี้ยงยาว 4-6 มิลลิเมตร กว้าง 1-1.5 มิลลิเมตรมีลักษณะปลายแหลมมีสีเหลืองและขนปกคลุม กลีบดอกยาว 6-9 มิลลิเมตร กว้าง 2.5-3 มิลลิเมตรส่วนปลายกลม เกสรตัวผู้ยาว 4.6-5.8 มิลลิเมตร ส่วนของเกสรตัวเมียยาว 2 มิลลิเมตร ส่วนปลายโค้ง ผลเป็นแบบ silique ยาว 25-50 มิลลิเมตร กว้าง 2-3 มิลลิเมตร เป็นเส้นตรง แบ่งออกเป็น 4 ช่อง ตั้งตรง ส่วนปลายแคบไม่มีเมล็ด มีจงอยยาว 5-10 มิลลิเมตร มีขน มีตะเข็บบริเวณตรงกลางของผล มีเมล็ด สีเหลือง ก้านชูเกสรตัวเมียยาว 1.5-2.5

มิลลิเมตร และมีก้านชูเกสรตัวผู้สั้น มีผนังเป็นเยื่อบาง ๆ สีขาว มีเมล็ด 10-20 เมล็ด ในแต่ละช่องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร มีเมล็ดกลม มีสีแดงออกสีน้ำตาล (Jafri., 1973)

จากลักษณะดังกล่าวสามารถแบ่งผักกาดเขียวปลีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

- *Brassica juncea* var. *capitata* (head mustard) เป็นกลุ่มของผักกาดเขียวปลีที่มีการห่อหัว

- *Brassica juncea* var. *oleifera* (oil seed mustard) เป็นกลุ่มของผักกาดเขียวปลีที่ใช้เมล็ดในการบริโภคเนื่องจากในเมล็ดมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสูง

- *Brassica juncea* var. *rogusa* (leaf mustard) เป็นกลุ่มของผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในการบริโภค (ภาพที่ 2)

นอกจากนี้แล้วยังสามารถแบ่งพันธุ์ตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ได้ 3 พวกใหญ่ๆ คือ (เมืองทอง และ สุรีรัตน์,2525)

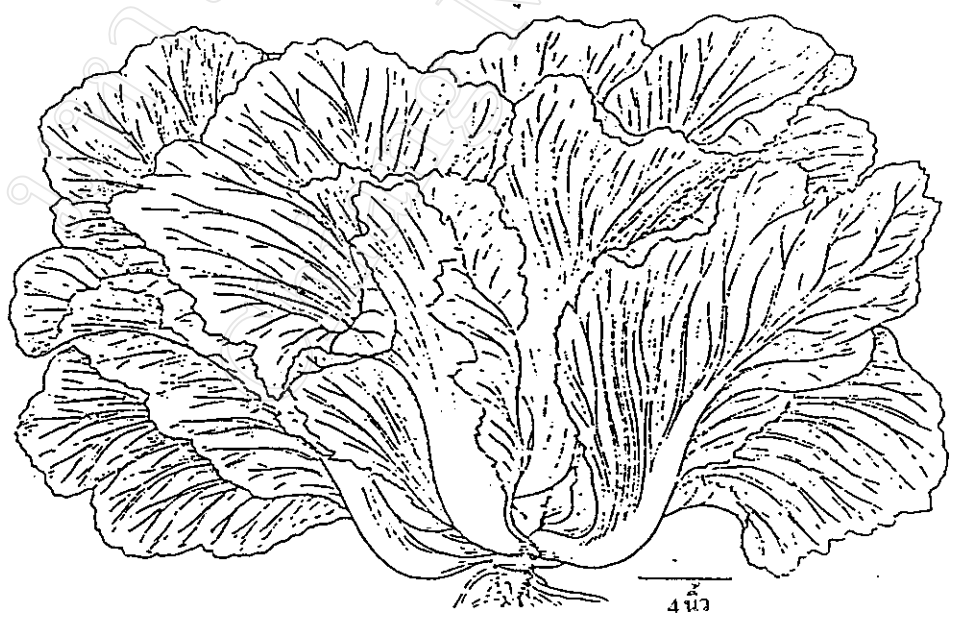
1.พวกเข้าปลี

1.1 พันธุ์ปลีกลม (swatow mustard) ให้ผลผลิตต่อไร่สูง (ภาพที่ 3)

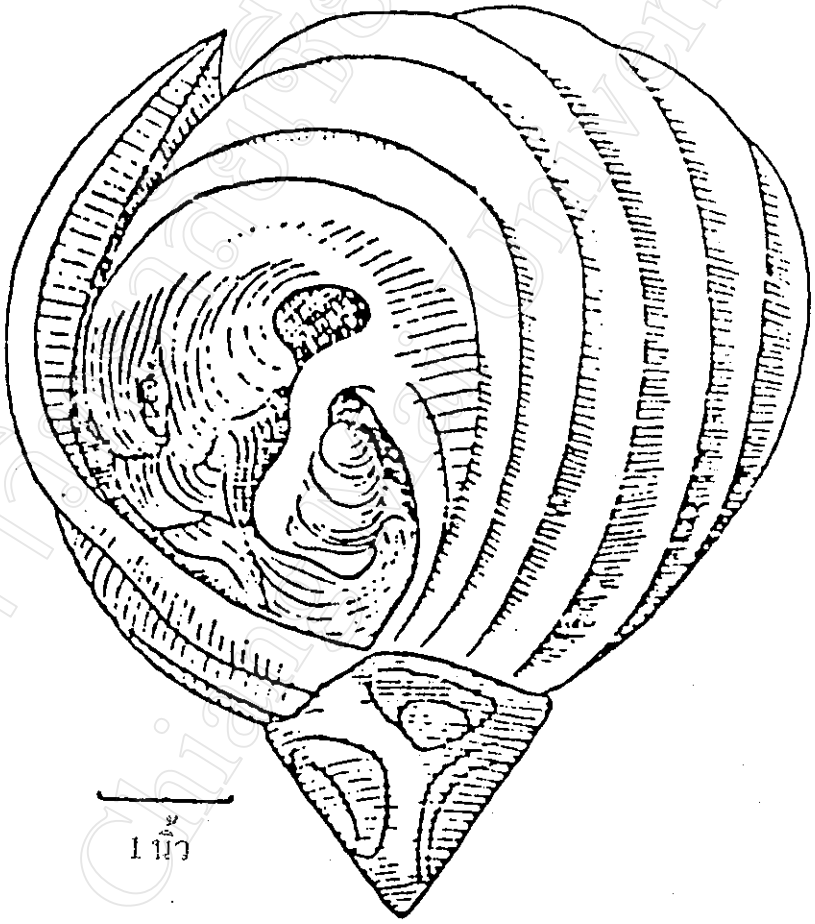
1.2 พันธุ์ปลีแหลม (wrapped heart mustard) ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่า (ภาพที่ 4)

2. พวกลำต้นพองหนา (big stem mustard) ส่วนของลำต้นจะพองหนาขึ้นก่อนการออกดอก (ภาพที่ 5)

3. พวกไม่เข้าปลี (bamboo mustard) มักมีรสขมน้อยกว่าพันธุ์เข้าปลี (ภาพที่ 6)

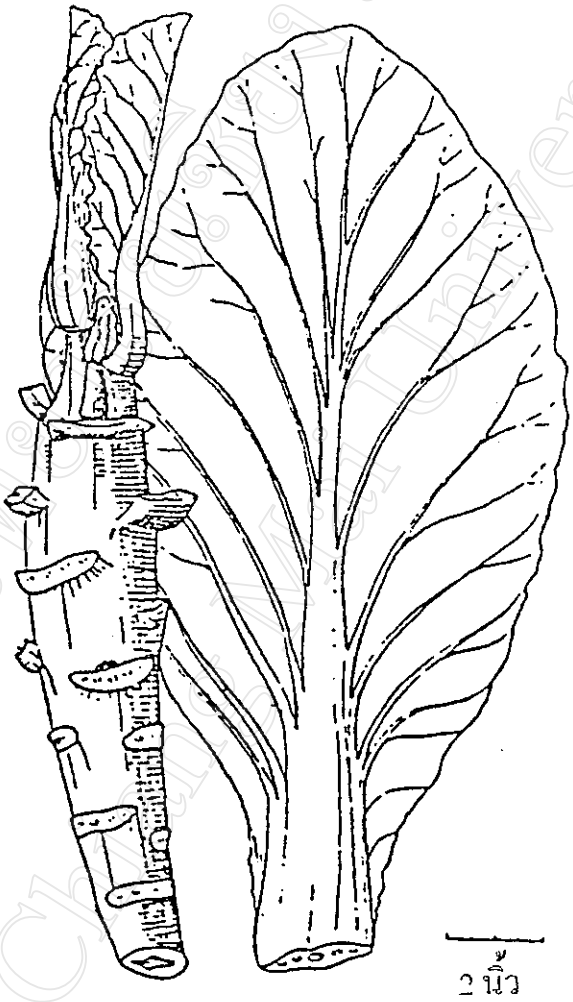


ภาพที่ 2. ลักษณะของผักกาดเขียวปลี *Brassica juncea* var. *rogusa* ทั้งต้น



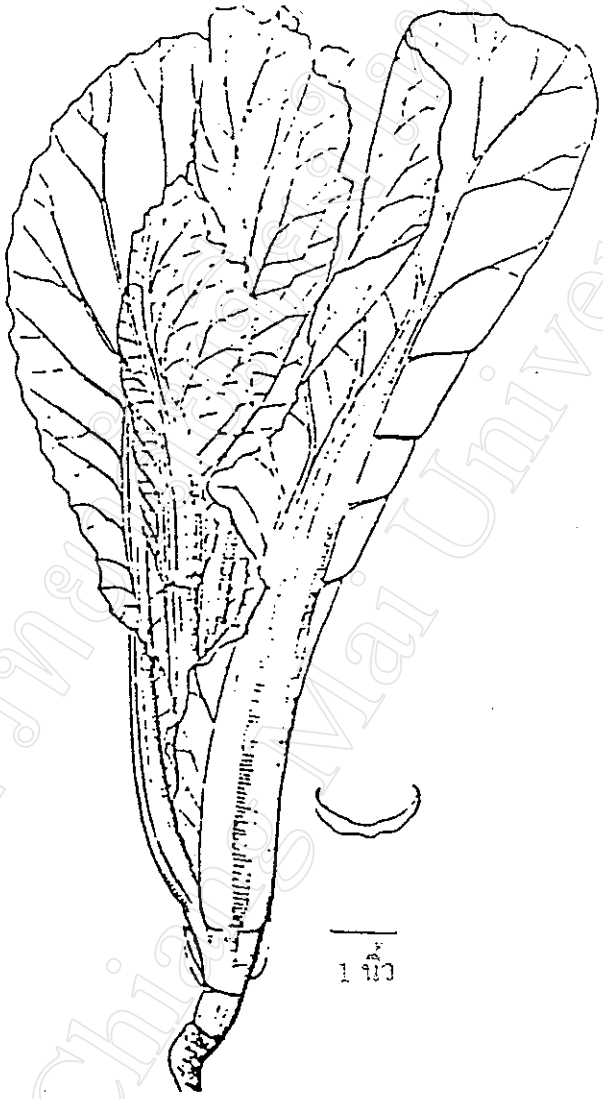
ภาพที่ 3 ลักษณะของผักกาดเขียวปลี (swatow mustard)

ภาพที่ 4 ลักษณะของผักกาดเขียวปลี (wrapped heart mustard)



ภาพที่ 5 ลักษณะของผักกาดเขียวปลี (big stem mustard)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



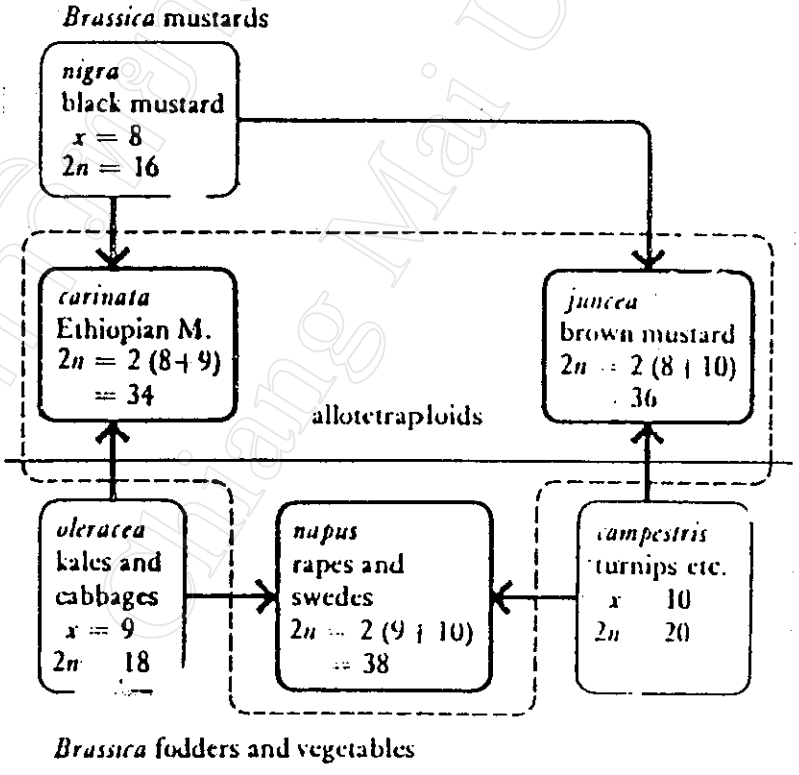
ภาพที่ 6 ลักษณะของผักกาดเขียวปลี (bamboo mustard)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มตามจำนวนของโครโมโซมซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ได้ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 7)

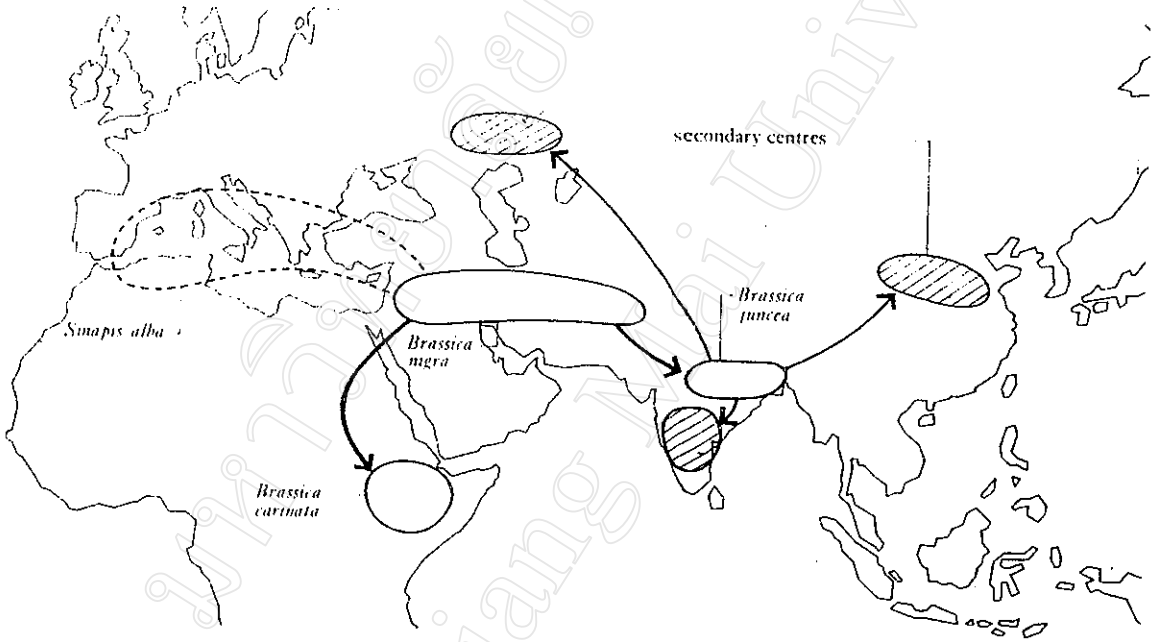
พืชตระกูลกะหล่ำ จำแนกกลุ่มตามจำนวน โครโมโซมซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

Brassica campestris	n = 10
Brassica nigra	n = 8
Brassica oleracea	*n = 9*
Brassica carinata	n = 17
Brassica juncea	n = 18
Brassica napus	n = 19



ภาพที่ 7 พืชตระกูลกะหล่ำจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ของจำนวนโครโมโซม

จากประวัติทางพันธุกรรมของพืชตระกูลกะหล่ำ Vaughan *et.al.* (1963) ได้ศึกษาทางเคมีและโครงสร้างของผักกาดเขียวปลีเชื่อว่า *B. nigra* และ *B. campestris* เป็นพ่อแม่ของผักกาดเขียวปลี ซึ่งมีถิ่นกำเนิดแห่งแรกอยู่ที่เอเชียกลาง-หิมาลายา แล้วกระจายไปสู่แหล่งที่ 2 อีก 3 แห่ง ได้แก่ อินเดีย จีน และคาร์ยูคาซัส (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แหล่งกำเนิด และ การกระจายตัวของผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncea*)

โครงสร้างและการพัฒนาของดอก

ผักกาดเขียวปลีมีดอกออกเป็นช่อมีชื่อเรียกว่า raceme (ภาพที่ 9) ส่วนของช่อดอกเกิดจากบริเวณปลายสุดของลำต้นหรือกิ่งแขนง ซึ่งมีประมาณ 15-20 ช่อดอกต่อต้น แต่ละช่อมีดอกย่อยประมาณ 30 ดอกขึ้นไป ส่วนปลายของช่อดอกมีดอกอ่อนอยู่รวมกันเป็นกระจุก ดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบเลี้ยง สีเขียวสี่กลีบ กลีบดอกมีจำนวนสี่กลีบมีสีขาวเหลืองหรือขาวอมม่วง เกสรตัวผู้มี 6 อัน ออกแบบ tetradynamous มีเกสรทั้งสิ้นจำนวน 2 อัน และยาว 4 อัน ส่วนของเกสรตัวเมียมีก้านชูเกสร 1 อัน รังไข่มีอยู่ 2 ห้อง

การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวปลี แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นการเจริญเติบโตของรากลำต้น และใบอ่อน ส่วนระยะที่ 2 นั้นต้องการอุณหภูมิต่ำ (15-20°ซ) เป็นตัวกระตุ้นการออกดอก ซึ่งในบางครั้งต้องช่วยผ่าหัว และแกะกาบใบออกให้เหลือแต่ส่วนยอดเท่านั้น จึงจะทำให้เกิดการแทงของช่อดอกง่ายและเร็วขึ้น การออกดอกเป็นแบบต่อเนื่องดอกบานจากโคนช่อไปหาส่วนปลายเริ่มบานในตอนเช้า 8.00 - 9.00 น. ช่วงเวลาที่เกสรตัวเมียยอมรับการผสมคือช่วงก่อนและหลังดอกบาน 2-3 วัน หลังจากที่ได้รับการถ่ายละอองเกสรและเกิดการปฏิสนธิแล้ว กลีบดอก และ กลีบเลี้ยงจะร่วงภายใน 2 วัน ต่อมาฝักจะเจริญต่อ โดยมีการเพิ่มขนาดทั้งความกว้างและความยาว มีรอยคอดเป็นแห่ง ๆ ตลอดตามความยาวตรงรอยโป่งจะมีเมล็ดอยู่ภายใน นอกจากนี้ยังมีรอยตะเข็บตามยาวทั้ง 2 ข้าง ส่วนปลายสุดของฝักเป็นจงอยแข็ง เมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล โดยเริ่มจากฝักด้านล่างขึ้นไปสู่ด้านบน เมื่อแก่เต็มที่ฝักจะแยกออกจากกันตามแนวตะเข็บ แต่ละฝักจะมีจำนวนเมล็ด 1-10 เมล็ด (ยงยุทธ, 2535)

จากการศึกษาพบว่าผักกาดเขียวปลีเป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติอาจเกิดการผสมข้ามได้บ้างเพียงเล็กน้อย Downey *et al.* (1970)

ภาพที่ 9 ลักษณะช่อดอกของผักกาดเขียวปลี

การปฏิสนธิตามธรรมชาติของพืชสามารถเกิดขึ้นได้ โดยอาศัยพาหะช่วยในการผสมเกสร เพื่อช่วยให้เกิดการถ่ายละอองเรณู สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. <u>ชีวะพาหะ</u> (biotic pollination) หมายถึง พาหะที่มีชีวิตทั้งหลายที่นำละอองเรณูไปตกบนยอดเกสรตัวเมีย ได้แก่ แมลงปีกแข็ง ผึ้ง ผีเสื้อ แมลงวัน นก ค้างคาว ฯลฯ ดอกไม้ที่มีชีวะพาหะในการปฏิสนธิ ส่วนใหญ่จะมีสิ่งจูงใจพาหะให้มาเกาะที่ดอก เช่น เป็นแหล่งอาหาร (food supply) คือ เรณูและ น้ำหวาน มีสิ่งล่อใจ (attraction) เช่น สี กลิ่น รูปทรงของดอกแปลกและพิสดาร เป็นต้น

2. พาหะที่ไม่มีชีวิต (abiotic pollination) ได้แก่

2.1 น้ำ (hydrophily) เป็นพาหะในการถ่ายละอองเรณูของพืชน้ำต่าง ๆ แต่พืชน้ำหลาย ๆ ชนิด อาจจะมีพาหะเป็นอย่างอื่น เช่น แมลงเป็นพาหะของดอกผักตบชวา (*Eichornia crassipes* Solms) ผักตบไทย (*Monochoria hastata* Solms) ดอกบัว (*Nelumbo* spp. และ *Nymophaea* spp.) เป็นต้น ตัวอย่างพืชที่อาศัยน้ำในการช่วยถ่ายละอองเรณู ได้แก่พืชสกุล *Vallisneria* และ *Zostera* เป็นต้น

2.2 ลม (anemophily) พืชที่อาศัยลมเป็นพาหะ มักมีดอกออกเป็นช่อ (catkin) ไม่มีน้ำหวาน ดอกเล็กมักเป็นดอกแยกเพศมีละอองเรณูมาก และสามารถฟุ้งกระจายไปในอากาศได้มาก พืชประเภทนี้ ลม

สามารถผ่านยอดได้ เช่น ตัวอย่างพืชในสกุล *Betula, Carpinus, Fraxines* และ *Casuarina* (สนทะเล) ตัวอย่างพืชล้มลุกที่อาศัยลมเป็นพาหะ ได้แก่ พืชตระกูลหญ้า ส่วนใหญ่พืชในตระกูลนี้จะมียอดเกสรตัวเมีย (stigma) เป็นแบบขนนก สามารถดักติดละอองเรณูที่แกว่ง (versatile) ได้ดี จึงทำให้เกิดการผสมและปฏิสนธิได้ (ลาวัลย์,2534)

เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของดอกผักกาดเขียวปลี พบว่าพาหะที่ช่วยในการถ่ายละอองเรณู มีทั้งพาหะไม่มีชีวิต ได้แก่ ลม และชีวะพาหะได้แก่ คน สัตว์ และแมลงต่างๆ ช่วยในการถ่ายละอองเรณู โดยมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ผึ้งในการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลีว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการผลิตโดยไม่ใช้ผึ้ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ(Free and Spencer, 1963) ต่อมา Pritsch (1965) พบว่าการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลี ในกรงที่มีผึ้งเป็นพาหะในการถ่ายละอองเกสรให้ผลผลิตดีกว่ากรงที่ไม่มีผึ้งช่วยในการถ่ายละอองเกสร

การปรับปรุงพันธุ์

Allard (1960) ได้กล่าวถึงวิธีการคัดเลือกที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเองไว้ดังนี้

- การปรับปรุงพันธุ์แท้ และการคัดเลือกรวม (pure-line breeding and mass selection)
- การปรับปรุงพันธุ์แบบจดประวัติ (pedigree method of plant selection)
- การปรับปรุงพันธุ์แบบเก็บรวม (bulk-population method)
- การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการผสมกลับ (backcrossing)

Grubben (1977) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงผักกาดเขียวปลีว่า ควรเริ่มจากการศึกษารวบรวมพันธุ์และประเมินพันธุ์ แล้วจึงปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดนี้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อมนุษย์ มีรายงานจาก Hemingway (1963) ว่า การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีนั้นได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ ค.ศ. 1940 ซึ่งเป็นการสร้างสายพันธุ์แท้ (pure line) ในพืชน้ำมัน (oil seed) โดยมี รายงานจากประเทศอินเดีย ซึ่งได้สร้างสายพันธุ์ RT-11 และ RL-9 เช่นเดียวกับที่ประเทศญี่ปุ่นและจีน Aoba (1972) ได้เริ่มอธิบายถึงการถ่ายทอดลักษณะของต้นและเมล็ดของผักกาดเขียวปลี ส่วนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงนั้นได้เริ่มขึ้นในช่วง ค.ศ.1960 ซึ่งมีรายงานจากหลายประเทศ เช่น การสร้างพันธุ์ Primus ของเยอรมันและพันธุ์ Lethbridge22A ของประเทศคานาดา ส่วนในประเทศไทยนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ใช้อยู่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศจีนและไต้หวัน ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิดทั้งหมด (Wivutvongvana *et al.*, 1987)

กิตติพงษ์ (2524) ได้กล่าวถึงการเปรียบเทียบพันธุ์ผักกาดเขียวปลีในฤดูฝน 12 สายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์ร้านค้าตราเครื่องบิน ปลาทองเบอร์2 เจดีย์ ผักกาด คาว ปลาวาฬ ช้างคู่เพชร น้ำเต้า ช่อฟ้า และ

ตราเพชร พบว่า พันธุ์ปลาทองเบอร์ 2 ได้ผลผลิตสูงสุด 5,546.67 กก./ไร่ ต่อมาในปี 2527 วัฒนา ได้รายงานผลการเปรียบเทียบพันธุ์ผักกาดเขียวปลี 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ร้านค้าตรา ผักกาด ช้างคู่ เครื่องบิน ปลาวาพ และตราสิงห์โต พบว่าน้ำหนักก่อนและหลังการตัดแต่งของทั้ง 5 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Na-Lumpang *et al.* (1987) ได้ทดสอบสายพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่ได้จากการคัดพันธุ์และสายพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าในฤดูกาลต่าง ๆ พบว่าในฤดูหนาวจะให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การห่อหัวดีกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การห่อหัวดีได้แก่พันธุ์ 4-2 และ 2-0 ต่อมาในปี 1988 Na-Lampang *et al.* ได้ทดสอบพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่ได้ปรับปรุงขึ้นมากับสายพันธุ์ที่มีอยู่ให้องตลาด พบว่าพันธุ์ 2R , 2M7R และ 6111R ให้ผลผลิตดีกว่าสายพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า

เริงชัยและคณะ (2533) ได้ทดสอบพันธุ์ผักกาดเขียวปลีพันธุ์มูเซอ ซึ่งได้จากการคัดเลือกแบบ mass selection เปรียบเทียบกับพันธุ์ร้านค้า ตราปลาทอง ลูกบอล และตราลูกโลก โดยปลูกทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งแรกพบว่าพันธุ์มูเซอให้ผลผลิต 8,762 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างสถิติกับพันธุ์ลูกบอลที่ให้ผลผลิต 8,726 กก./ไร่ แต่แตกต่างกับพันธุ์ลูกโลก และพันธุ์ปลาทองซึ่งให้ผลผลิตสูงคือ 10,966 กก./ไร่ และ 10,439 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า พันธุ์มูเซอให้ผลผลิต 10,882 กก./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์ลูกบอลที่ให้ผลผลิต 10,467 กก./ไร่ แต่น้อยกว่าพันธุ์ปลาทองและตราลูกโลกที่ให้ผลผลิต 11,485 กก./ไร่ และ 12,500 กก./ไร่ ตามลำดับ กาญจนา (2535) ได้รายงานการเปรียบเทียบพันธุ์ผักกาดเขียวปลีในฤดูฝน 6 พันธุ์ ที่สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ คือพันธุ์ กังฟู ตะกร้อ 60 มรกต 18 มรกต 90 พันธุ์ร้านค้าตราปลาทอง และพันธุ์ร้านค้าผึ้ง พบว่า พันธุ์กังฟูมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดรวมถึงขนาดปลี (กว้างXยาว) สูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์อื่น ๆ

สำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมในพืชผสมตัวเองนั้นมีมานานแล้ว โดยเฉพาะในมะเขือเทศและข้าวฟ่าง ซึ่งมีมาตั้งแต่ ปี ค.ศ.1930 สำหรับพืชผสมตัวเองแล้ว ลักษณะการผสมพันธุ์ไม่เอื้ออำนวยสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม เพราะเกสรตัวผู้นั้น อยู่ติดกับส่วนปลายของเกสรตัวเมีย ทำให้ละอองเรณูเข้าผสมได้ง่าย และเป็นการยากต่อการตอนดอก และการผสมเกสรโดยการผสมด้วยมือใช้ได้ดีก็เฉพาะพืชที่ผสมครั้งเดียวแต่ได้หลาย ๆ เมล็ด เช่น มะเขือเทศ หรือ ผักอื่น ๆ ส่วนการวัดการแสดงออกของลูกผสมชั่วที่ 1 แสดงความสามารถที่เหนือกว่าความสามารถของพ่อแม่ที่แสดงออกในลักษณะดังกล่าว เมื่อปลูกในสภาพที่สามารถเปรียบเทียบกันได้นั้นสามารถใช้ heterotic effect ที่มีอยู่ 3 มาตรการ เป็นตัวตรวจวัดได้ คือ

1. เปรียบเทียบ F_1-mean กับค่า mid-parent value (ค่าเฉลี่ยระหว่างค่าของพ่อและแม่)

ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเนื่องจาก heterosis $= \frac{\overline{F_1} - MP}{MP} \times 100\%$

2. เปรียบเทียบ F_1-mean กับค่า mean ของพ่อหรือแม่ที่สูงกว่า (Higher parent)

ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเนื่องจาก heterosis $= \frac{\overline{F_1} - \overline{HP}}{\overline{HP}} \times 100\%$

3. เปรียบเทียบ F_1-mean กับค่า mean ของ F_2 ที่มาจากพ่อแม่เดียวกันกับ F_1 นั้นๆ

ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเนื่องจาก heterosis $= \frac{\overline{F_1} - \overline{F_2}}{\overline{F_2}} \times 100\%$

ปรากฏการณ์ของ heterosis อาจแตกต่างกันไป หากใช้มาตรการตรวจวัดต่างกัน แต่สำหรับนักปรับปรุงพันธุ์พืชแล้วมาตรการที่ยอมรับให้ประเมิน heterotic effects คือมาตรการที่ 2 และ 3 (ดำเนิน,2541)

สำหรับผักกาดเขียวปลีนั้น มีรายงานการเปรียบเทียบพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสมกับพันธุ์การค้า โดยโชคชัยและคณะในปี 2540 ซึ่งทำการทดลองในฤดูหนาว ปี 2538 พบว่า พันธุ์ลูกผสม 2R-1 X 64-4, 2M7R-2 X 67, 4OR-2 X 25-4-6, 6I13 X 25-4-6 และ 15-H X 67 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน และมีลักษณะทางพืชสวนเช่น เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและกาบใบดีกว่าพันธุ์มาตรฐาน

ในปัจจุบันพบว่าในพืชตระกูลกะหล่ำ นิยมผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมมากขึ้น เนื่องจากพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตและคุณภาพสูง สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมหลายแบบ ทนโรค และตรงตามพันธุ์ เนื่องจากพืชตระกูลกะหล่ำมีดอกจำนวนมากจึงเป็นไปได้ยาก ถ้าใช้การผสมเกสรด้วยมือ ดังนั้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจึงอาศัยลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม คือ

1. ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility)

หมายถึงการที่ละอองเกสรตัวผู้ไม่สามารถเข้าผสมกับไข่ในดอกเดียวกัน หรือต้นที่มีจีโนไทป์เหมือนกัน เนื่องจากเกสรตัวผู้ไม่เจริญ ไม่สามารถส่งท่อละอองเกสรผ่านยอดเกสรตัวเมีย หรือก้านชูเกสรตัวเมียลงไปได้ กลไกนี้เป็นการป้องกันการถดถอยทางพันธุกรรม และทำให้พืชต้องมีการผสมข้าม ทำให้ยีนมีการจัดกลุ่มตลอดเวลา จากการสำรวจพืช 180 ชนิด ในวงศ์กะหล่ำ พบว่า 80 ชนิดเป็นพวกผสมตัวเองไม่ติด ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของพันธุ์พืชเกิดจากการควบคุมของยีน 1 ตำแหน่ง และหลายอัลลิล (Bateman, 1952; 1955)

การผสมตัวเองไม่ติดเป็นปฏิกิริยาระหว่าง papila cell ของยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งเป็นแบบ dry stigma มีการสร้างของเหลวขึ้นที่ยอดเกสรตัวเมียน้อยหรือไม่มีเลย ในขณะที่ไข่พร้อมรับการผสมเกสร

ผิวนอกของยอดเกสรตัวเมียเป็นตุ่มยื่นขึ้นมาจากผิวยอดเกสรตัวเมียเรียงตัวกันแน่น และผนังประกอบด้วย pectin-cellulose อยู่ชั้นใน และ cuticle อยู่ชั้นนอก เมื่อมีการถ่ายละอองเกสร การทำงานของยีน S-จะมีบทบาทต่อการที่เกสรตัวเมียยอมให้เกสรตัวผู้งอกผ่าน ถ้าจีโนไทป์ของยีน S ในเกสรทั้งสองเหมือนกัน จะเกิดการยับยั้งการเข้าผสมของเซลล์สืบพันธุ์ จากการสำรวจพืช 42 สกุล พบว่าพืชที่มีการผสมตัวเองแบบสปอโรไฟติก เมื่อมีการถ่ายละอองเกสรตัวผู้ มี 3 นิวเคลียส (trinucleate) และปฏิกิริยายับยั้งการ ผสมเกิดขึ้นขณะที่ท่อละอองเกสรตัวผู้เริ่มงอกที่บริเวณยอดเกสรตัวเมีย สาเหตุที่ทำให้ละอองเกสรตัวผู้ไม่สามารถงอกผ่านยอดเกสรตัวเมีย หลังจากที่มีการผสมเกสรในพืชตระกูลกะหล่ำ พบว่าเกี่ยวข้องกับเกสรตัวเมียเป็นส่วนใหญ่ เช่น การทำงานของยีน S อายุของดอก การยับยั้งการงอกของท่อละอองเกสร ตัวผู้เกิดสูงสุดในระยะดอกบาน ส่วนในระยะดอกตูมก่อนดอกบาน 2-3 วัน และหลังดอกบาน ละอองเกสรตัวผู้สามารถงอกผ่านและทำให้เกิดการปฏิสนธิได้ (Nettancourt, 1977)

2. ลักษณะดอกเพศผู้เป็นหมัน

หมายถึงการที่ดอกเพศผู้ไม่สามารถทำการผสมเกสรได้ ซึ่งอาจเกิดจากละอองเกสรตัวผู้ไม่ปกติ หรือไม่มีการผลิตละอองเกสรเลย หรืออับละอองเกสรตัวผู้ไม่แตก ทั้งนี้มีสาเหตุหลายประการคือ การผิดปกติของโครโมโซม การควบคุมโดยยีนและการควบคุมโดยไซโทพลาสซึม(จานุลักษณ์ ,2535)

ลักษณะดอกเพศผู้เป็นหมันสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.1 การเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีน (genic male sterility)

ควบคุมโดยยีนด้อย ms พืชที่มียีนสภาพข่ม (Ms) จะผลิตละอองเกสรตัวผู้ปกติ การรักษาพันธุ์เป็นหมันต้องใช้ละอองเกสรจากต้นปกติ (Ms ms)

ต้นแม่		ต้นพ่อ
ลักษณะเป็นหมัน		ลักษณะปกติ
(msms)	x	(Msms)
ลักษณะปกติ	↓	ลักษณะเป็นหมัน
(Msms)	1 : 1	(msms)

ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม จะปลูกต้นแม่ซึ่งมีลักษณะเป็นหมัน และต้นพ่อที่มีลักษณะปกติ (MsMs) ในเชิงปฏิบัติจะสังเกตุว่า ต้นแม่มีลักษณะเป็นหมันหรือปกติก่อนการผสมเกสร และต้องตัดต้นที่ปกติทิ้ง มิฉะนั้นจะมีการผสมตัวเองและเกิดการปะปนพันธุ์ ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการปฏิบัติ ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมพืชตระกูลกะหล่ำ จึงไม่นิยม เพราะยุ่งยาก และการรักษาสายพันธุ์ เป็นหมัน ซึ่งมียีนด้อยควบคุมปฏิบัติได้ยาก

2.2 การเป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterility)

ลักษณะการเป็นหมันควบคุมโดยหน่วยในไซโทพลาสซึม เรียกหน่วยนี้ว่า S (sterile) ส่วนไซโทพลาสซึมปกติเรียกว่า F (fertile)

การผสมระหว่างพวกเป็นหมันและไม่เป็นหมันจะได้ลูกผสมชั่วที่ 1 เป็นหมันเสมอ ทั้งนี้เป็นเพราะ ละอองเกสรไม่มีไซโทพลาสซึม จึงไม่สามารถนำหน่วย F ติดไปได้

ต้นแม่		ต้นพ่อ
ลักษณะเป็นหมัน		ลักษณะปกติ
S(N)	x	F(N)
↓		
ลักษณะเป็นหมัน		
S(N)		

การรักษาสายพันธุ์เป็นหมันทำได้โดยผสมข้ามระหว่างต้นแม่ที่มีเพศผู้เป็นหมัน กับต้นพ่อที่มีเพศผู้ปกติ

2.3 การเป็นหมันที่มียีนและไซโทพลาสซึมควบคุม (cytoplasmic-genic male sterility)

ลักษณะการเป็นหมันเกิดจากปฏิกิริยาของยีนในนิวเคลียสกับไซโทพลาสซึม ยีนซึ่งควบคุมการเป็นหมัน เรียกว่า restorer gene ซึ่งอาจเป็นยีนคู่เดียวใช้สัญลักษณ์ Rf. ถ้ายีนอยู่ในสภาพข่มจะทำให้พืชที่มีลักษณะไซโทพลาสซึม S(N) มีละอองเกสรปกติ

ถ้า Rf และ rf แทน restorer gene และยีน Rf ข่ม rf

Rf = ยีนข่มในนิวเคลียสทำให้ S เป็นปกติ

rf = ยีนแฝงในนิวเคลียส

F = ไซโทพลาสซึมปกติ (fertile cytoplasm)

S = ไซโทพลาสซึมเป็นหมัน (sterile cytoplasm)

แสดงการเป็นหมันตามลักษณะพันธุกรรมได้ดังนี้

1. พืชที่มีเพศผู้ปกติ (male fertile) ได้แก่ พืชที่มีจีโนไทป์ ดังนี้

S(RfRf) S(Rfrf)

F(RfRf) F(Rfrf) F(rFrf)

2. พืชที่มีเพศผู้เป็นหมัน (male sterile) ได้แก่ พืชที่มีจีโนไทป์ ดังนี้

S(rfrf)

การรักษาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน ทำได้โดยผสมกับสายพันธุ์เพศผู้ปกติที่ดี ซึ่งมีจีโนไทป์ rfrf ร่วมกับไซโทพลาสซึม F

ต้นแม่ ต้นพ่อ

S(rfrf) x F(rfrf)

↓

ลักษณะเป็นหมัน

S(rfrf)

ลักษณะการเป็นหมันซึ่งควบคุมโดยยีน และไซโทพลาสซึม สามารถถ่ายทอดพันธุกรรม โดยผ่านทางเพศแม่(maternal inherited triat) โดยการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม จะมีหน่วย S ในไซโทพลาสซึมเสมอ และการที่ลูกผสมจะแสดงลักษณะการเป็นหมันหรือไม่ ขึ้นอยู่กับมีหรือไม่มียีน Rf เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น

ต้นแม่ ต้นพ่อ

S(rfrf) x F(RfRf) → S(Rfrf) พืชที่มีเพศผู้ปกติ

S(rfrf) x F(rfrf) → S(rfrf) พืชที่มีเพศผู้เป็นหมัน

S(rfrf) x F(Rfrf) → 1/2 S(Rfrf) พืชที่มีเพศผู้ปกติ

→ 1/2 S(rfrf) พืชที่มีเพศผู้เป็นหมัน

การใช้ประโยชน์จากลักษณะทางพันธุกรรมของพืชตระกูลกะหล่ำในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม เริ่มจาก Kakizaki (1930)ได้ศึกษาลักษณะพันธุกรรมและสรีรวิทยาของการผสมตัวเองไม่ติดในกะหล่ำปลี และสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมได้สำเร็จโดยไม่ต้องช่วยผสมเกสรด้วยมือในต้นสมบูรณ์เพศ หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1936 มีรายงานจาก Jone and Emsweller ว่า สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมหอมหัวใหญ่ โดยใช้การเป็นหมันของละอองเกสรตัวผู้ (male sterility) ต่อมาในปี ค.ศ. 1962 Thomson ได้รายงานการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมของแครอท โดยอาศัยลักษณะการเป็นหมันในต้นแม่ทำในปี ค.ศ.1950 และ 1960 มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมของหอมหัวใหญ่และแครอท ออกจำหน่ายเป็นครั้งแรกในสหรัฐอเมริกา ทำให้การใช้ลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันในต้นแม่ได้รับความนิยมอย่างสูงในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเนื่องจากไม่จำเป็นต้องผสมตัวเองหลายชั่ว ไม่เสี่ยงต่อการถดถอยทางพันธุกรรม มีฐานทางพันธุกรรมกว้าง และใช้เวลาในการปรับปรุงพันธุ์น้อยกว่าการใช้ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด

สำหรับในผักกาดเขียวปลีนั้นมีรายงานการค้นพบลักษณะการเป็นหมันที่มียีนและไซโทพลาสซึมเป็นครั้งแรก โดย Brar *et al.* (1980)

Shi *et al.* (1991)ได้รายงานผลการศึกษาความดีเด่นของลูกผสมผักกาดเขียวปลี ที่มี ลักษณะเป็นหมัน คือ พันธุ์ European-Xinping A ซึ่งมีสายพันธุ์ European-Xinping B เป็น maintainer และ restorer line คือพันธุ์ 7424-6 มาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ที่มีลักษณะเป็นหมันของผักกาดเขียวปลี พบว่าสายพันธุ์เป็น male sterile มีเสถียรภาพดี และในระยะต้นกล้าของลูกผสมชั่วที่ 1 มีความดีเด่นสูง รวมถึง ผลผลิตของเมล็ด และปริมาณน้ำมันซึ่งลูกผสมที่ได้ให้ผลผลิต และปริมาณน้ำมันสูงกว่าพันธุ์ Kumming Goake 19.2-34.8% และ 6.58-8.23% ตามลำดับ ต่อมา Ram and Yadaya (1993) ได้ทำการศึกษาพบว่า ความมันของใบผักกาดเขียวปลีถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 คู่ และสีของดอกถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ และพบว่าลักษณะดอกสีขาวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ในปีเดียวกัน Chen *et al.* ได้ศึกษาความผันแปรทางสัณฐานวิทยาและพันธุกรรมของดอกที่มีเกสรตัวผู้เป็นหมัน cytoplasmic male sterile(cms) ในผักกาดเขียวปลีพันธุ์ Tumida ซึ่งเป็นลูกผสมชั่วที่ 1 จากการผสมกลับครั้งที่ 4 ของ *Brassica juncea* x *B. campestris* subsp. *pekinensis* มีลักษณะเป็นหมันทุกรุ่น โดยพบว่าส่วนของเกสรตัวผู้มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย หรือเปลี่ยน ไปเป็นกลีบดอก มีละอองเกสรตัวผู้ที่ผิดปกติ ซึ่งลูกผสมชั่วที่ 1 ที่เกิดขึ้นนี้มีข้อเสีย เช่น ใบเหลือง ไม่มีต่อมน้ำหวาน และมีการยอมรับการถ่ายละอองเกสรน้อย หากได้รับการปรับปรุงต่อไปก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงพันธุ์

มีรายงานการค้นพบลักษณะเพศผู้เป็นหมันในลูกผสมที่เกิดจาก *B. juncea* x *B. napus* ในประเทศพม่า โดย Poplowska (1993) ต่อมา Rao *et al.* (1994) ได้รายงานการค้นพบระบบยีนตัวผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโทพลาสซึมที่เกิดจากการผสมระหว่าง *Diplotaxis siifolia* x *B. juncea* แล้วนำลูกผสมที่ได้ไปผสมกลับกับ *B. juncea* ได้ cytoplasmic male sterile line ที่มีมีสัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโตเหมือนกับ *B. juncea* โดยต้นที่ได้มีกลีบดอกและกลีบเลี้ยงแคบ ก้านชูเกสรตัวผู้สั้นลง และละอองเกสรตัวผู้ไม่แตกออก ในสายพันธุ์แม่ของ cytoplasmic male sterile line มีลักษณะที่ดีเหมือนพันธุ์เดิม

Kirti *et al.* (1995) รายงานว่าการถ่ายทอด Ogu. cytoplasmic male sterile จาก *Raphanus sativus* ไปสู่ *B. juncea* โดยอาศัยการผสมกลับและทำการคัดเลือกปรับปรุงคุณลักษณะของ cytoplasmic male sterile โดยอาศัยการทำ somatic cell fusion และ Kirti *et al.*(1995) ได้พัฒนา cytoplasmic male sterile lines ของผักกาดเขียวปลีที่ได้จากการผสมกลับระหว่าง *Trachystoma ballii* + *B. juncea* โดยอาศัยนิวเคลียสของ *B. juncea* cv. Pusa Bold. พบว่าต้นตัวผู้ที่เป็นหมันแสดงลักษณะคล้ายกับต้นปกติ แต่มีการออกดอกช้ากว่าปกติส่วนของเกสรตัวผู้เปลี่ยนรูปไปเป็นกลีบดอกไม่สามารถสร้างเกสรได้ ในต้นแม่ของสายพันธุ์ที่เป็นหมันมีลักษณะปกติ

Banga and Amandeep (1995) ทำการประเมินระบบ cytoplasmic male sterile ของ *siifolia* ในผักกาดเขียวปลี พบว่า ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ขนาดของดอกอัตราส่วนระหว่างเกสรตัวผู้กับก้านชูเกสร (ASR) ในสายพันธุ์เหล่านี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่สายพันธุ์ CSR5, CSR98, DIR251, PRG948, PNMB21, RE11, RLM514 และ IS102 ให้ขนาดดอกใหญ่ และส่วนของ ASR ที่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิล และการเก็บสะสมอาหารของเมล็ดดีตามไปด้วย ต่อมาได้ทำการระบุลักษณะของผักกาดเขียวปลีลักษณะที่เป็นสายพันธุ์ที่รักษาความสมบูรณ์เพศของ *siifolia* cytoplasmic male sterile ที่ได้จาก 381 สายพันธุ์ ในพืชตระกูลกะหล่ำที่นำมาผสมกับ cytoplasmic male sterile ของผักกาดเขียวปลีที่ได้รับมาจากไซโทพลาสซึมของ *Diplotaxis siifolia* พบว่ามีเพียง 10 คู่ผสมที่ได้รับการถ่ายทอดยีนรักษาความสมบรูณ์เพศเป็นบางส่วนและทำการศึกษาในลูกผสม 2 คู่ คือ cytoplasmic male sterile x VFR 245-28 และ cytoplasmic male sterile x CNSR10 พบว่าลักษณะของสายพันธุ์ที่รักษาความสมบรูณ์เพศ ถูกควบคุมโดยยีนเด่น 1 คู่ในสายพันธุ์ VFR245-28 ในขณะที่พันธุ์ CNSR10 ใช้ในการศึกษาการข่มกันของยีน 2 คู่ เพื่อหาระดับของสายพันธุ์ที่รักษาความสมบรูณ์เพศในทุกคู่ผสมพบว่ายังไม่เพียงพอสำหรับการผลิตในเชิงการค้าได้ (Amandeep and Banga 1995)

การใช้เทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซิส ในการจำแนกพันธุ์พืช

การจำแนกพันธุ์พืชด้วยเทคนิคทางชีวเคมีต่างๆ นับได้ว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัยทางด้านพืชศาสตร์ที่สามารถชี้ให้เห็นความแตกต่างของพันธุ์พืชหรือสายพันธุ์พืชได้ มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จำแนกพันธุ์พืชในระดับชนิดได้ โดยดัดแปลงเทคนิคต่าง ๆ ทางเคมี และชีวเคมีเพื่อจำแนกและบ่งลักษณะของสายพันธุ์พืช พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่พืชแสดงออกมาปรากฏในธรรมชาติ ที่มีความแตกต่างในระหว่างสายพันธุ์นั้น จะมีความแตกต่างทางชีวเคมี แต่ความแตกต่างทางชีวเคมี ทั้งหมดนั้นไม่ได้แสดงว่าพืชนั้นมีความแตกต่างกันทางสัณฐานวิทยาในทุกกรณี แสดงว่าความแตกต่างทางเคมีและชีวเคมีจะมีมากกว่าความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยา ซึ่งต้องมีการหาความแตกต่างทางชีวเคมีเพื่อประเมินความแตกต่างทางสายพันธุ์ (เพิ่มพงษ์,2531)

มีสารประกอบหลายชนิดที่สามารถบ่งบอกพันธุ์พืชได้ โดยที่สารดังกล่าวนั้น แม้เป็นเพียง secondary metabolism และมีในปริมาณน้อย ซึ่งสารนั้นบางทีก็ซับซ้อนมากยากที่จะแยกและวินิจฉัย จึงมีการนำเอาวิธีการที่ทันสมัยและมีความไวในการตรวจจับ พบว่าการใช้เทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซีส สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบลักษณะ และจำแนกความแตกต่างของสายพันธุ์พืชได้

ชนิดของอิเล็กโทรโฟรีซีส ที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกพันธุ์พืชด้วยวิธีทางชีวเคมี มีอยู่ 4 ชนิดคือ

1. Agar gel electrophoresis
2. Starch gel electrophoresis
3. Polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE)
4. Isoelectric focusing gel (IEF)

ชนิดของสารชีวโมโลกุล

1. โปรตีน (protein)
2. ไอโซไซม์ (isozyme)

<u>หลักการ</u>

ในการจำแนกพันธุ์พืช หรือสายพันธุ์พืชด้วยวิธีการทางชีวเคมี โดยการใช้เทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซิสที่มีประสิทธิภาพในการแยกและวิเคราะห์สารชีวโมเลกุล เช่น โปรตีนและเอ็นไซม์มีหลักการที่สำคัญคือ โปรตีนถือได้ว่าเป็น primary product ที่เกิดขึ้นจากการแสดงกิจกรรมของยีนซึ่งเป็น

สารพันธุกรรมที่อยู่ในพืช โดยเฉพาะพวกยีนที่เป็นโครงสร้าง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกิดขึ้นที่ลำดับการเรียงตัวในนิวคลีโอไทด์ของยีน หรือลำดับการเรียงตัวของเบส ย่อมมีผลต่อการสร้างโปรตีนหรือโพลีเป็บไทด์ที่มีโครงสร้างทางโมเลกุลของกรดอะมิโนที่เรียงลำดับแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์โปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนต่างๆ กันย่อมมีประจุไฟฟ้ารวม ขนาด และรูปร่างของโมเลกุลที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเมื่อนำมาแยกในตัวกลางที่เหมาะสมทางอิเล็กโทรโฟรีซิส โมเลกุลต่าง ๆ ก็จะเคลื่อนที่ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาย้อมสีก็จะเกิดเป็นแถบของโปรตีนที่เรียกว่า Zymogram ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์พืชหรือสายพันธุ์พืชนั้นได้

Alam and Sanda (1969) ได้ใช้ disc gel electrophoresis ในการเปรียบเทียบเอ็นไซม์ peroxidase, oxidase และโปรตีนในสายพันธุ์ของ sudan glass, *Sorghum bulgare* var *sudanense.* (Piper) ระหว่างสายพันธุ์ที่ตัวผู้เป็นหมัน (male-sterile) กับสายพันธุ์ปกติ พบว่า ในสายพันธุ์ที่มีตัวผู้เป็นหมันมีจำนวน ไอโซไซม์ หรือจำนวนแถบโปรตีนของเอ็นไซม์ทั้ง 2 ชนิดน้อยกว่าต้นที่ไม่เป็นหมัน

Hilty and Schmitthenner (1966) ได้แยกโปรตีนจากใบถั่วเหลือง โดยวิธีการทาง electrophoresis พบว่าการตรวจสอบโปรตีนด้วย polyacrylamide gel electrophoresis ได้จำนวนแถบของโปรตีนมากกว่า และได้ผลดีกว่าการตรวจสอบด้วย starch gel electrophoresis

Wilkinson *et al.*(1985)ได้จำแนกสายพันธุ์ยาสูบ โดยใช้ polyacrylamide gel electrophoresis โดยศึกษาการแยกเอ็นไซม์ esterase, catalase, malatedelydrogenase และ peroxidase พบว่าแถบของ เอ็นไซม์ใน esterase ไม่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ และการใช้ peroxidase และ catalase สามารถแสดงความแตกต่างของสายพันธุ์ได้

Sarka and Base (1987) ศึกษาโปรตีน albumin และ glubolin ใน endosperm ของข้าวโดยอาศัยเทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบ polyacrylamide disc gel electrophoresis (cationic system) สามารถใช้ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวลูกผสมชนิดต่าง ๆ ได้

ต่อมาพบว่าสามารถใช้เทคนิคทาง electrophoresis ในการจำแนกพันธุ์พืชได้หลายชนิด เช่น ท้อ (Mowrey and Warner, 1990), kiwifruit (Messina *et al.*, 1991), แอบเปิ้ล (Samimy and Cummins, 1992), ลิ้นจี่ (Degani *et al.*, 1995), มะม่วง (ปุณฑริกา , 2534) และ มันฝรั่ง (ศศิธร , 2535) ซึ่งพบว่าการใช้ polyacrylamide gel electrophoresisในการจำแนกสายพันธุ์พืชเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและให้ผลในเวลาอันรวดเร็ว