บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
(Review of Literature)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

สัณฐานวิทยาของข้าว

ข้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. มีลักษณะทางพฤษศาสตร์เป็นพืชตระกูลหญ้า ลำต้นเป็นโพรงตรงกลาง และแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ใบแคบประกอบด้วยกาบใบและแผ่นใบ รากเป็นแบบรากฝอยแตกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน ห่อหุ้มเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ในดอกเดียวกันไว้ภายใน ข้าวมีช่อดอกแบบ inflorescence เกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว โดยเรียกระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธงว่า คอรวง เมื่อข้าวผสมตัวเอง (self-cross) จะเกิดเมล็ดซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เราบริโภค คัพภะ (embryo) เป็นส่วนมีชีวิต และงอกเป็นต้นข้าวเพื่อขยายพันธุ์ได้ต่อไป (ประภาส, 2526)

อนุกรมวิธานข้าว

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Graminales

Family : Poaceae (Gramenae)

Sub-family : Pooideae

Tribe : *Oryzeae*

Genus : *Oryza*

Species : *O. sativa*

O. glaberrima

ลักษณะทางพันธุศาสตร์

ข้าวเป็นพืชล้มลุกที่มีอัตราการผสมตัวเองสูง โดยข้าวเป็นพืชที่มีโครโมโซมสองชุด ที่เรียกว่า ดิพลอย (Diploid) ที่มีโครโมซม 2n = 2x = 24 โดย x = 12 ข้าวที่ปลูกในปัจจุบันแบ่งออกเป็นข้าวแอฟริกา และข้าวเอเชีย โดยข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) แพร่กระจายอยู่เฉพาะบริเวณเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น สันนิษฐานว่าข้าวแอฟริกาอาจเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อประมาณ 1,500 ปีก่อนคริสตศักราช และข้าวเอเชีย เป็นข้าวลูกผสม เกิดจาก *Oryza sativa* กับข้าวป่า มีถิ่นกำเนิดบริเวณประเทศอินเดีย บังคลาเทศ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปลูกกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อินเดีย ตอนเหนือของบังคลาเทศ บริเวณดินแดนสามเหลี่ยมระหว่างพม่า ไทย ลาว เวียดนาม และจีนตอนใต้ (Crawford, 1998)

การผลิตข้าวลูกผสม

ข้าวลูกผสมเป็นข้าวที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้ (inbred line) จากการใช้สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรม ซึ่งส่งผลให้ลูกผสมมีลักษณะผสมระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ (Heterosis) ข้าวลูกผสมที่ดีจะมีผลผลิตสูงกว่าข้าวสายพันธุ์แท้ 15-20% รวมถึงความสามารถในการปรับตัวเข้าสภาพแวดล้อมได้ดี โดยข้าวลูกผสมจะให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวสายพันธุ์แท้ แม้ในสภาวะขาดน้ำ หรือสภาวะที่ดินมีความเค็ม เป็นต้น (Virmani *et al.,* 2003) ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาข้าวลูกผสมให้มีลักษณะต่าง ๆ ตามความต้องการ เช่น การพัฒนาคุณภาพและปริมาณผลผลิต ลักษณะการต้านทานโรคและแมลง เป็นต้น

เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีอัตราการผสมตัวเองสูง ในการผลิตลูกผสมจึงจำเป็นต้องทำการกำจัดเกสรตัวผู้ภายในดอกเพื่อป้องกันการผสมตัวเองของข้าว และใช้ข้าวที่ไม่มีเกสรตัวผู้เป็นสายพันธุ์แม่ในการสร้างลูกผสม ในระยะเริ่มแรกของการผลิตลูกผสมใช้วิธีการทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมัน โดยใช้สารเคมี เช่น สารประกอบ ethylene, สารประกอบ arenic (Chen *et al.,* 1986) และฮอร์โมน (Atsuma *et al.,* 1992) เพื่อเหนี่ยวนำให้เกสรตัวผู้เป็นหมัน ซึ่งจัดเป็นระบบที่ทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมันโดยไม่ใช้ปัจจัยทางพันธุกรรม (Non-genetic male sterility system) แต่วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นอันตรายกับสุขภาพของมนุษย์

ในช่วงปี 1980 มีการใช้ระบบเกสรตัวผู้เป็นหมันจากปัจจัยทางพันธุกรรม (Genetic male sterility system) ในการผลิตข้าวลูกผสมอย่างแพร่หลาย ซึ่งลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันของระบบเป็นหมันจากปัจจัยทางพันธุกรรม คือ สภาวะที่เกสรตัวผู้ (pollen) มีความผิดปกติไม่สามารถแตกละออง

ระบบเกสรตัวผู้เป็นหมันจากปัจจัยทางพันธุกรรมในไซโตพลาสซึมเป็นระบบการผลิตลูกผสมที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อผลิตข้าวลูกผสม โดยอาศัยปัจจัยทางพันธุกรรมที่อยู่ไซโตพลาสซึมควบคุมให้เกิดลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน ซึ่งการสร้างลูกผสมด้วยระบบนี้ จำเป็นต้องอาศัยข้าวสามสายพันธุ์ในการสร้างข้าวลูกผสม จึงเรียกระบบนี้ว่า Three-line breeding ซึ่งใช้สายพันธุ์ CMS (A line) สายพันธุ์ Maintainer และสายพันธุ์ Restorer โดยสายพันธุ์ CMS (A line) เป็นสายพันธุ์ที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน เนื่องจากมียีนใน mitochondrial genome ซึ่งอยู่ภายในไซโตพลาสซึมทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมัน (sterile) สายพันธุ์ Restorer (R line) มียีน *Rf* ทำหน้าที่ในการยับยั้งลักษณะการเป็นหมันอยู่ภายในนิวเคลียส ใช้สำหรับเป็นสายพันธุ์พ่อในการสร้างลูกผสมทำให้ลูกผสมที่เกิดจากคู่ผสมระหว่าง CMS line กับ R line สามารถติดเมล็ดสำหรับเป็นผลผลิตข้าวจากต้นลูกผสมได้ และเนื่องจากสายพันธุ์ CMS หรือ A line ไม่สามารถผสมตัวเองติดเป็นเมล็ดพันธุ์ได้ จึงต้องใช้สายพันธุ์ Maintainer (B line) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ในไซโตพลาสซึมมีปัจจัยทางพันธุกรรมที่ทำให้เกสรตัวผู้เป็นปกติและในนิวเคลียสมียีน *rf* เช่นเดียวกับสายพันธุ์ CMS ดังนั้น การใช้สายพันธุ์ Maintainer เป็นสายพันธุ์พ่อจะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ของสายพันธุ์ CMS ที่จะใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมได้ต่อไป โดยยังคงลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันไว้เช่นเดิม (Komori *et al.,* 2004; Akagi *et al.,* 2004)

การสร้างลูกผสมด้วยระบบเกสรตัวผู้เป็นหมันจากปัจจัยทางพันธุกรรมในไซโตพลาสซึมจะต้องใช้ข้าวถึงสามสายพันธุ์การผลิตลูกผสม คือ ใช้สายพันธุ์ CMS เป็นสายพันธุ์แม่เพื่อทำการผสมกับสายพันธุ์ Restorer ในการสร้าง F_1 ให้มีเกสรตัวผู้ที่เป็นปกติสามารถผสมตัวเองติดเมล็ดได้ และใช้สายพันธุ์ Maintainer เป็นสายพันธุ์พ่อในการเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ของข้าวที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน จากขั้นตอนในการผลิตข้างต้นจะเห็นได้ว่าระบบ CMS หรือระบบ Three-line breeding มีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ขั้นตอนที่ซับซ้อนยุ่งยากในการผสมเพื่อสร้างลูกผสม รวมถึงข้อจำกัดของสายพันธุ์ CMS ที่มีจำนวนจำกัด และจำเป็นต้องคัดเลือกสายพันธุ์ Restorer ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสร้างลูกผสม ทำให้การพัฒนาลูกผสมโดยวิธีการนี้มีขีดจำกัดมาก

ระบบที่ยีนในนิวเคลียสทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมันจากการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Genetic-sensitive male sterility, EGMS) เป็นระบบที่ใช้การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermo-sensitive genic male sterile system, TGMS), ระบบที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาในการรับแสง (Photoperiod-sensitive genic male sterile system, PGMS) และ/หรือ ระบบที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงของทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการรับแสง (Thermo-photoperiod sterile system, P&TGMS) ทำให้เกิดลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน โดยระบบการสร้างลูกผสมนี้จะใช้ข้าวสายพันธุ์ที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน/ไม่เป็นหมันจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (EGMS lines) สำหรับเป็นสายพันธุ์แม่โดยตรงในการสร้างลูกผสม และข้าวสายพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมนี้ยังสามารถผสมตัวเองติดเมล็ดเพื่อเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ได้เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และระยะเวลารับแสงที่เหมาะสม ในการเหนี่ยวนำเกสรตัวผู้ให้เป็นปกติในระยะการเจริญที่เหมาะสม (critical stages) ดังนั้น ระบบ EGMS จึงสามารถสร้างลูกผสมได้โดยใช้ข้าวเพียงสองสายพันธุ์ หรือเรียกว่าเป็นระบบการสร้างลูกผสมแบบสองสายพันธุ์ (Two-line breeding) ซึ่งในปัจจุบันระบบการสร้างลูกผสมแบบสองทางกำลังเป็นวิธีที่มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เพื่อนำมาทดแทนวิธีการสร้างข้าวลูกผสมแบบสามสายพันธุ์ (CMS system) (Yuan, 1987; Virmani *et al.,* 2003) จากข้อดีของระบบที่สามารถแก้ไขข้อจำกัด และปัญหาของวิธีการสร้างลูกผสมแบบสามทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเลือกใช้สายพ่อได้อย่างไม่มีข้อจำกัด ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการคัดเลือกสายพันธุ์ Restorer และสายพันธุ์ Maintainer ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาลูกผสมจากสายพันธุ์พ่อที่หลากหลายยิ่งขึ้น (Virmani *et al.,* 2003)

ระบบการเป็นหมันของเกสรตัวผู้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ระบบการเป็นหมันของเกสรตัวผู้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermo-sensitive genic male sterile system, TGMS) เป็นระบบการผลิตลูกผสมที่เหมาะสมกับการสร้างข้าวลูกผสมในประเทศเขตอบอุ่น และประเทศเขตร้อนในแถบเส้นศูนย์สูตร เช่น จีน อินเดีย เวียดนาม พม่า และไทย โดยเรียกข้าวที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิว่าข้าวสายพันธุ์ TGMS (TGMS lines) โดยระยะเริ่มต้นของการพัฒนาช่อดอก (Viraktamath and Virmani, 2001) เป็นช่วงสำคัญในการเกิดลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน/ไม่เป็นหมัน โดยเมื่อข้าวได้รับอุณหภูมิสูงเกสรตัวผู้จะเป็นหมัน และเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำข้าวสายพันธุ์ดังกล่าวจะสามารถผสมตัวเองติดเมล็ดได้ ดังนั้น ระบบการเป็นหมันของเกสรตัวผู้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (TGMS system) จะสามารถใช้

เทคนิค Single Strand Conformation Polymorphism

เทคนิค Single Strand Conformation Polymorphism (SSCP) เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานทางด้านการแพทย์ซึ่งต้องใช้ความละเอียดสูง ทั้งนี้รวมไปถึงงานทางด้านการวิเคราะห์ทาง phylogenetic (Sunnucks *et al.,* 2000) และเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้ในการวิเคราะห์ยีนในส่วนของการกลายพันธุ์และจำแนกความแตกต่างของดีเอ็นเอได้อย่างรวดเร็ว เครื่องหมาย SSCP สามารถตรวจสอบสภาพ heterozygous ของชิ้นดีเอ็นเอซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน และสามารถตรวจการเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์เพียงเล็กน้อยหรือเพียงลำดับเบสเดียว โดยอาศัยหลักการการเคลื่อนที่ภายในเจลที่แตกต่างกันของดีเอ็นเอสายเดี่ยวซึ่งเปลี่ยนรูปร่างแตกต่างกันขึ้นกับลำดับเบสภายในสายดีเอ็นเอนั้น โดยทั่วไปจะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีอิเล็กโตรฟรีซีสในเจลโพลีอะคริลาไมด์

การสร้างเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับข้าวสายพันธุ์ TGMS

เครื่องหมายโมเลกุล หรือเครื่องหมายดีเอ็นเอ คือ เครื่องหมายทางพันธุศาสตร์ชนิดหนึ่งซึ่งใช้ความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในทุกระยะการเจริญเติบโตเพื่อช่วยเป็นเครื่องหมายในการตรวจสอบติดตาม โดยเครื่องหมายโมเลกุลจัดเป็นเครื่องมือที่ง่ายในการตรวจสอบ มีกระจายอยู่ทั่วทั้งจีโนม และไม่ได้รับผลกระทบใดๆ จากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องหมายพันธุกรรมชนิดอื่นๆ เครื่องหมายโมเลกุลถูกประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน ได้แก่ การจำแนก germplasm การวินิจฉัยทางพันธุกรรม การวิเคราะห์ทาง phylogenic และใช้ในการคัดเลือกในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (Marker-Assisted Selection: MAS) เครื่องหมายโมเลกุลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดเลือกในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตหลายชนิด เนื่องจากสามารถใช้คัดเลือกสิ่งมีชีวิตได้ในระยะที่อ่อนวัย ทำให้สามารถประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงพันธุ์ได้อย่างมาก

ที่ผ่านมาในหลายประเทศได้มีการค้นพบข้าวที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Reddy *et al.,* 2000; Dong *et al.,* 2000; Latha *et al.,* 2004; Sun *et al.,* 2002) โดยส่วนใหญ่ความเป็นหมันของเกสรตัวผู้เป็นลักษณะด้อยที่ควบคุมโดยยีนเพียงยีนเดียว

ตารางที่ 2.1
ข้าว TGMS ที่มีการศึกษาเครื่องหมายโมเลกุล

ชื่อตำแหน่งของยีน	สายพันธุ์ TGMS	โครโมโซม	Reference
tms1	5460S	8	Wang *et al*., 1995
tms2	NorinPL12	7	Yamakuchi *et al*., 1997
tms3	IR32364	6	Subudhi *et al*., 1997
tms4	SA-2	9	Reddy *et al*., 2000
tms5	AnnongS-1	2	Yang *et al*., 2007
tms6	Sokcho-MS	5	Lee *et al*., 2005

ข้าว ID24

ข้าว ID24 เป็นข้าวที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามธรรมชาติจากประเทศอินเดีย และมีการศึกษาพบว่า ข้าว ID24 เป็นข้าวสายพันธ์ TGMS ที่ติดเมล็ดเมื่อได้รับอุณหภูมิ 20-26 °C และเป็นหมันอย่างสมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 28 °C ในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนในประเทศอินเดีย นอกจากนี้ พบว่ายีน *tgms* จากข้าว ID24 ไม่เป็น allelic กับข้าวที่มียีน *tms1* และ *tms3* แต่เป็น allelic กับยีน *tms2* ด้วยวิธีผสมทดสอบ (test cross) กับข้าว IR68945 ซึ่งมียีน *tms2* จากข้าว Norin PL12 ในสภาพเฮคเตอโรไซกัส (heterozygous) (Reddy *et al.,* 2000) แต่เนื่องจากข้าวสายพันธุ์ TGMS ที่มียีน *tgms* จากข้าว ID24 ดังกล่าว มีความแตกต่างกับข้าวที่มียีน *tms2* มาก เช่น ความคงที่ในการเป็นหมันของเกสรตัวผู้ และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดภาวะเป็นหมัน รวมถึงเปอร์เซนต์การติดเมล็ดภายใต้สภาวะเดียวกัน (Viraktamath and Virmani, 2001) โดยพบว่า ข้าว ID24 มีความคงที่ในการเป็นหมันต่างกับข้าว Norin PL12 คือ ข้าว ID24 ยังคงความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ แม้ถูกรบกวนด้วยอุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลาถึง 10 ชั่วโมง และมีช่วงอุณหภูมิในการติดเมล็ดต่ำ แต่ข้าวสายพันธุ์ NorinPL12 มีความเป็นหมันไม่คงที่โดยข้าวที่มียีน *tms2* จาก

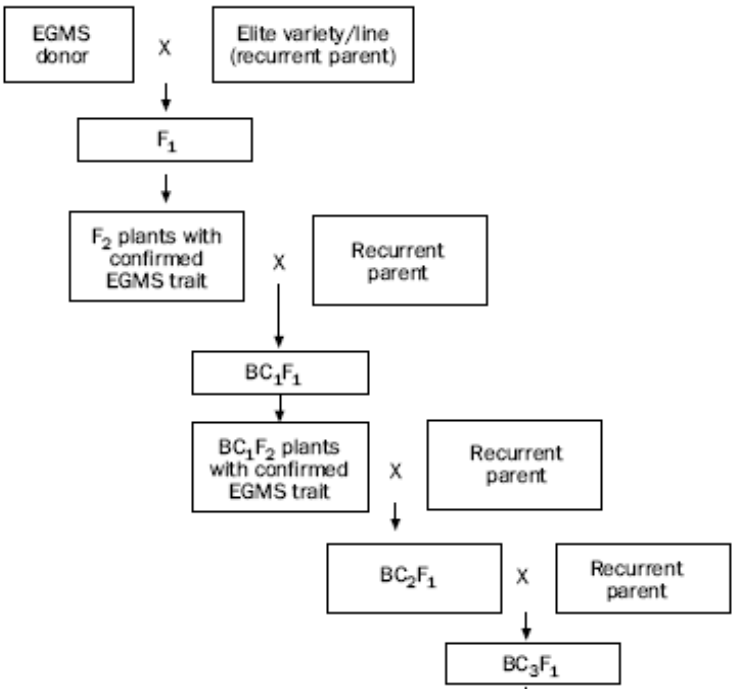
ในการศึกษานี้ ทำการศึกษาข้าวสายพันธุ์ TGMS ที่มีลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยยีน *tgms* จากข้าว ID24 ที่มีความเป็นหมันคงที่ และมีอุณหภูมิในการติดเมล็ดต่ำ จึงเป็นสายพันธุ์ที่น่าจะมีศักยภาพสำหรับการพัฒนาและผลิตลูกผสม อีกทั้งได้รับการพัฒนาพันธุ์ที่หลากหลายเพื่อให้สามารถใช้ได้ในหลายประเทศ โดยยังไม่มีการรายงานถึงตำแหน่งที่แน่ชัดของยีนที่ควบคุมลักษณะการเป็นหมันของเกสรตัวผู้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยข้าว TGMS ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเกสรตัวผู้สมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิต่ำทำให้สามารถผสมตัวเองเพื่อการเพิ่มจำนวนได้ และเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงจะแสดงลักษณะเกสรตัวผู้เป็นหมัน ทำให้สามารถใช้ผลิตเมล็ดลูกผสมในระบบการสร้างลูกผสมแบบสองสายพันธุ์ได้ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง และเพิ่มจำนวนเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ TGMS ได้ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำอย่างในช่วงฤดูหนาว ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการที่ยุ่งยาก เนื่องจากสามารถทำให้ข้าวเป็นหมันหรือติดเมล็ดได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาวะอุณหภูมิ ทำให้การผลิตข้าวลูกผสมทำได้โดยง่าย

<u>การถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการด้วยวิธีการผสมกลับ</u>

การผสมกลับ (Backcross) คือ การนำลูกผสมกลับไปผสมกับพ่อหรือแม่ สามารถทำได้ทั้งในพืชผสมตัวเอง และพืชผสมข้าม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มลักษณะที่ดีให้แก่สายพันธุ์รับ (recurrent line) เป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่เป็นที่รู้จัก และใช้ในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์มานาน โดยต้องมีตัวรับ (recurrent parent) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ดีอยู่แล้ว แต่ต้องการเพิ่มลักษณะบางประการจากตัวให้ (donor parent) ที่มีลักษณะที่ต้องการให้มีในสายพันธุ์รับ (recurrent parent) ลักษณะที่ทำการผสมเพื่อถ่ายทอดไปยังสายพันธุ์รับ อาจเป็นยีนหรือชิ้นส่วนของโครโมโซม โดยในการปรับปรุงพันธุ์จะทำการคัดเลือกรุ่นลูกที่มีลักษณะตามที่ต้องการจากสายพันธุ์ให้โดยยังคงมีลักษณะที่ดีของสายพันธุ์รับอยู่ ซึ่งในการผสมกลับของรุ่นลูกแต่ละรุ่นจะทำให้ส่วนอื่น ๆ ภายใน genome ของสายพันธุ์ให้น้อยลงในอัตราส่วนรุ่นละ 50% การปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการผสมกลับนี้เป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการจากสายพันธุ์ให้เข้าสู่สายพันธุ์รับ ทำให้มีส่วนของสายพันธุ์ให้เฉพาะส่วนที่ควบคุมลักษณะที่สนใจเท่านั้น และเพื่อให้ลูกที่ได้มี พันธุกรรม ของสายพันธุ์รับมากยิ่งขึ้นในแต่ละชั่วรุ่นของลูกที่ได้รับการคัดเลือกจากการผสมกลับ (Hanson,1959; Stam and

ภาพที่ 2.1

ขั้นตอนการพัฒนาข้าวสายพันธุ์ EGMS ด้วยวิธีการผสมกลับ



ที่มา: Virmani, 2003, p. 26