บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ความสัมพันธ์และแตกต่างระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก

ประเทศไทยพบว่ามีการแพร่กระจายตัวของข้าวป่าสามัญ (*O. rufipogon* หรือ *O. perenis*) อยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย (Oka, 1988) ซึ่งพบได้ตามบริเวณที่ชื้นแฉะจนถึงบริเวณน้ำลึกทั่วไปในสภาพธรรมชาติ (Chitakron, 1995) สำหรับข้าวปลูก *(O. sativa*) ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ปลูกในปัจจุบันเป็นที่เป็นที่ต้องการของตลาด เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หรือพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ (High-yielding variety) ที่มีผลผลิตสูง ต้านทานโรคและแมลง เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 1 ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 เป็นต้น ซึ่งได้รับการคัดเลือกและส่งเสริมจากทางราชการให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย

ข้าวทั้งสองชนิดมีความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรมกันอย่างใกล้ชิด โดยข้าวป่าสามัญ (common wild rice) ได้รับการยืนยันว่าเป็นบรรพบุรุษของข้าวปลูกเอเชีย มีจำนวนชุดโครโมโซม 2n=24 และ genomic constitution เป็น AA เหมือนกัน (Vaughan, 1994) ทำให้สามารถผสมข้ามกัน (Interspecsific hybridization) และให้ลูกผสมที่สามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วข้าวป่าสามัญและข้าวปลูกจะมีลักษณะทางสัณฐานและการเจริญเติบโตที่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน (Oka, 1988) ได้แก่

<u>การตอบสนองต่อช่วงแสง</u> (photoperiodic response) แสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทต่อการเจริญทางการแพร่พันธุ์ (Reproductive growth) ซึ่งจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของความยาววัน (daylength หรือ photoperiod) โดยข้าวป่าจะมีการตอบสนองต่อการเจริญทางการแพร่พันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงสั้น ส่วนข้าวปลูกพันธุ์ปรับปรุงส่วนใหญ่จะไม่ไวต่อช่วงแสงแต่จะขึ้นกับอายุการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของพันธุ์ข้าวนั้น ยกเว้นข้าวพันธุ์พื้นเมืองหรือที่คัดเลือกปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองโดยวิธี Pure line selection จึงยังคงมีการตอบสนองที่ไวต่อช่วงแสงที่เหมือนกับข้าวป่า ซึ่งพบได้ในข้าวนาสวนบางพันธุ์ที่ เช่น ขาวมะลิ105 เหนียวสันป่าตอง และเหมยนอง 62 เอ็ม เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร 2546)

<u>การผสมพันธุ์</u> (hybridization) ข้าวปลูกส่วนใหญ่เป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollination) และได้รับการคัดเลือกที่มีพื้นฐานมาจากวิธีการ Pure line selection ทำให้ข้าวปลูกพันธุ์สมัยใหม่มีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุกรรมที่แคบลง ซึ่งแตกต่างจากข้าวป่าที่มีการผสมพันธุ์แบบข้าม (out-crossing) จึงทำให้มีความแปรปรวนอยู่ในประชากร (heterozygous population) ในเอเชียข้าวป่า *O .rufipogon* มีอัตราการผสมข้ามตั้งแต่ 7-56 เปอร์เซ็นต์ และแนวโน้มอัตราส่วนของการผสมข้ามในข้าวป่าชนิด perennial สูงกว่าข้าวป่าชนิด annual และหากเกิดการผสมตัวเองขึ้นจะทำให้เกิดการเป็นหมันลูกผสมในข้าวป่าชนิด perennial ซึ่งเป็นสาเหตุจาก inbreeding depression นอกจากนั้นยังพบว่าในบางครั้งข้าวปลูกก็มีโอกาสในการผสมข้ามได้เช่นกันจึงมีโอกาสเกิดการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกได้

ลักษณะร่วงและการพักตัวของเมล็ด ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะเด่นที่สำคัญของข้าวป่า เมื่อระยะสุกแก่เมล็ดข้าวป่าจะเริ่มมีการพักตัวและร่วงหล่นของเมล็ดทั้งหมด และแพร่กระจายฝังตัวลงในดินจะงอกโผล่พ้นดินขึ้นมาต่อเมื่อพ้นช่วงเวลาพักตัวแล้ว ข้าวป่าจะมีการพักตัวของเมล็ดที่ยาวนานและมีความแปรปรวนของการพักตัวในแต่ละเมล็ดถึงแม้ในรวงเดียวกันก็ตาม ทำให้ระยะเวลาการงอกของข้าวป่าแต่ละเมล็ดจะไม่เท่ากัน (Oka, 1988) ซึ่งจะแตกต่างจากข้าวปลูกที่พบการร่วงหล่นของเมล็ดเพียงเล็กน้อยและมีการงอกสม่ำเสมอพร้อมกันมากกว่าข้าวป่า (Morishima *et al*., 1984)

ลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น การขยายพันธุ์ สียอดเกสร การมีหางที่ปลายยอดดอก ขนาดของเกสรตัวผู้และตัวเมีย สีเกสรตัวเมีย ลักษณะผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความแตกต่างของลักษณะป่าและปลูกอย่างเห็นได้ชัดเจน ข้าวปลูกที่ผ่านการปรับปรุงส่วนใหญ่จะมีลักษณะต้นเตี้ย ทรงกอตั้งตรง ต้นและใบมีสีเขียว เมื่อสุกแก่เมล็ดมีสีฟางส่วนใหญ่ไม่มีหาง เยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดสูงและไม่ร่วงเมื่อสุกแก่ทำให้ได้ผลผลิตต่อต้นสูง และยังสามารถต้านทานโรคและแมลงศัตรูที่สำคัญได้ดี ส่วนข้าวป่านั้นจะมีลำต้นใหญ่และสูงมากกว่า 1 เมตร ทรงกอกอแผ่ถึงเลื้อย ส่วนใหญ่จะปรากฏสี anthocyanin บนส่วนต่างๆ ของลำต้นและส่วนขยายพันธุ์ แผ่นใบยาว เกสรตัวผู้และตัวเมียมีขนาดใหญ่ รวงใหญ่แต่มีเปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดน้อย เมล็ดมีหางยาว เมื่อสุกแก่เปลือกเมล็ดจะมีสีดำและเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ขยายพันธุ์ได้ทั้งเมล็ดและข้อ และพบว่าข้าวป่ามีลักษณะความแข็งแรงและเป็นแหล่งยีนต้านทานโรคและแมลงที่สำคัญ ข้าวป่าจึงเป็นแหล่งพันธุกรรมที่ดีแหล่งหนึ่งที่จะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไปในอนาคต

2.2 การผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก

พืชปลูกและพืชป่าที่เป็นบรรพบุรุษของมันจะมีพันธุกรรมใกล้ชิดกันและสามารถผสมข้ามกันได้ (Harlan, 1992) ในสภาพธรรมชาติทั่วไป จากการผสมข้ามของข้าวทั้งสองชนิดทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการจากข้าวป่ามาเป็นข้าวปลูกหรือกระบวนการ Domestication ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกันกับการจัดการและการคัดเลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(selection) ของมนุษย์

โดยปกติการผสมข้ามเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากข้าวปลูกเป็นพืชที่ลักษณะการผสมเป็นแบบพืชผสมตัวเอง ส่วนข้าวป่าเป็นแบบพืชผสมข้ามแต่ก็สามารถพบได้ในสภาพธรรมชาติที่มีข้าวทั้งสองชนิดขึ้นอยู่ด้วยกัน (coexistence) ในสภาพธรรมชาติอัตราการผสมข้ามในธรรมชาติของข้าวปลูก (*O. sativa*) อยู่ในช่วง 0-6.8% และในข้าวป่า (*O. rufipogon* และ spontanea type) อยู่ในช่วง 30-40% (Oka and Chang, 1961) และการถ่ายทอดยีนจากข้าวปลูกไปสู่ข้าวป่าซึ่งการเคลื่อนย้ายยีนผ่านทางละอองเรณูจะเกิดได้เพียงทางเดียวเท่านั้นคือจากข้าวปลูกไปสู่ข้าวป่า โดยละอองเรณูจากเกสรตัวผู้ของข้าวปลูกจะไปตกอยู่บนยอดเกสรตัวเมียของข้าวป่าเท่านั้น (Morishima *et al*.,1980) แมลง ทิศทางของลม และระยะทางการกระจายของละอองเกสรตัวผู้ก็มีผลต่ออัตราการผสมข้ามเช่นกัน เมื่อระยะทางมากขึ้นความถี่ของการเคลื่อนย้ายยีนจะลดลง ระยะทางที่ไกลที่สุดที่สามารถถ่ายทอดยีนได้คือ 43.2 เมตร (Song et al., 2002) และมีการถ่ายทอดยีนจากข้าวปลูกไปสู่ข้าวป่าที่ขึ้นอยู่ใกล้กับแปลงข้าวประมาณ 1.21 และ 2.19% (Chen, 2004) จากการผสมข้ามระหว่างข้าวทั้งสองชนิดทำให้ได้ข้าวลูกผสมระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูกชนิดที่เกิดเองตามธรรมชาติ (*Oryza sativa* f. spontanea) ที่สามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ

แต่ในธรรมชาติของพืชก็มีกลไกการกีดขวาง (barrier) ที่ป้องกันไม่ให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนหรือการผสมข้ามเกิดขึ้นทั้งปัจจัยภายใน (internal barrier) และภายนอก (internal barrier) การผสมข้ามจะเกิดได้ยากเมื่อ ชุดโครโมโซมของข้าวทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน (Morishima *et al*.,1980) ปัจจัยหลายชนิดในลูกผสมที่ทำให้การผสมข้ามไม่ประสบความสำเร็จ เช่น ลูกผสมไม่งอก (F_1 inviability) โดยทั่วไปพบว่าเกิด zygote ของลูกผสมไม่พัฒนาซึ่งเกิดจากการที่ไม่มีการสร้าง endosperm ลูกผสมงอกแต่ไม่แข็งแรง (F_1 weakness) ลูกผสมเป็นหมัน (F_1 sterility) เกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ของลูกผสมไม่พัฒนาพบมากในการผสมข้ามระหว่าง species เช่น ลูกผสมระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก ลูกผสมเป็นปกติแต่ลูกในรุ่นต่อไปไม่งอกหรืออ่อนแอ (F_2 weakness) เนื่องจากในชั่วแรกที่ปกติเพราะมียีนที่ข่มลักณะอ่อนแอไว้ เมื่อถึงระยะ F_2 เกิดการกระจายตัวของยีนด้อย เมื่อยีนลักษณะด้อยอยู่ร่วมกัน (recessive homozygous) จะทำให้แสดงลักษณะอ่อนแอ และลูกผสมเป็นปกติแต่ลูกในรุ่นต่อไปบางส่วนแสดงอาการเป็นหมัน (F_2 sterility) (Okuno, 1986 และ Oka, 1988) อย่างไรก็ตามยังมีรายงานความสำเร็จของการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวป่าสามัญและข้าวปลูก โดยใช้วิธีการ Artificial hybridization ใช้ข้าวป่า (*O. rufipogon*) เป็นพันธุ์พ่อและข้าวปลูก (*O. sativa*) เป็นพันธุ์แม่ พบว่าข้าวป่าสามารถผสมกับข้าวปลูกจากทุกนิเวศน์และติดเมล็ดได้ตามปกติ แม้ว่าจะมีอัตราการผสมติดที่แตกต่างกันในระหว่างพันธุ์ข้าวปลูก และได้ลูกผสมที่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับในสภาพธรรมชาติทั่วไป (ธีรศักดิ์ 2547 และวิไลลักษณ์ 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ข้าวลูกผสมระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูกที่เกิดเองตามธรรมชาติ (*Oryza sativa* f. spontanea)

เป็นข้าวชนิดที่พบตามธรรมชาติ เกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูก ทำให้ได้ลูกผสมที่อยู่ในรูป spontanea forms หรือ weedy form ของข้าวปลูก มีการกระจายตัวเป็นหลายลักษณะในรุ่นหลังๆ (Chitrakorn,1995) ในรูปกึ่งระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก เนื่องจากข้าวชนิด spontanea forms นี้มีการกระจายตัวหรือแปรปรวนสูง ทำให้ไม่สามารถจัดเป็นอีกชนิดหนึ่งได้

ข้าวชนิด spontanea forms สามารถพบทั้งในพื้นที่ๆ มีข้าวป่าขึ้นอาศัยใกล้บริเวณนั้นและพื้นที่ๆ ไม่มีข้าวป่าขึ้นอาศัยอยู่ พบมากบริเวณริมหรือในแปลงข้าวปลูกที่เกษตรกรทำนาแบบหว่านและพบได้มากในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีลักษณะโดยทั่วไปคือ กอตั้งตรง แข็งแรง แตกกอมาก เมล็ดสีดำหรือฟาง มีหางสั้นถึงยาว ร่วงง่ายถึงปานกลาง และขยายพันธุ์ทางเมล็ด (Chitrakon, 1995) ข้าวชนิดนี้เมื่อผ่านการคัดเลือกทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ อาจกลายเป็นวัชพืชที่ระบาดในแปลงปลูกข้าวได้ จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าววัชพืช 24 สายพันธุ์ที่มาจากอินเดีย ไทย จีน เนปาล ญี่ปุ่น บราซิล และเกาหลี พบว่าทั้งหมดจะมีลักษณะกึ่งกึ่งระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเด่นของข้าวป่าคือ มีอัตราการร่วงของเมล็ดสูง เมล็ดมีการพักตัว เปลือกสีดำ มีเมล็ดเบา และมีเยื่อหุ้มสีแดง (Tang และ Morishima, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโดยทั่วไปของข้าวชนิด spontanea forms แต่ข้าวลูกผสมที่หลากหลายเหล่านี้อาจใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในอนาคตได้

2.4 การใช้ประโยชน์จากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว

นักปรับปรุงพันธุ์จำเป็นต้องหาแหล่งพันธุกรรมพืชที่มีลักษณะที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งบางครั้งไม่พบในพืชชนิดเดียวกันหรือหาได้ยาก เนื่องจากมีความแปรปรวนของลักษณะน้อย ดังนั้นจึงต้องหาแหล่งพันธุกรรมใหม่ที่มีความแปรปรวนสูง เพื่อเพิ่มโอกาสในการพบลักษณะที่ต้องการ วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อนำยีนที่มีลักษณะที่ต้องการคือการผสมข้ามระหว่างพืชปลูกที่เราต้องการจะปรับปรุงกับพืชที่เป็นแหล่งของยีนที่เราต้องการซึ่งส่วนมากจะเป็นพืชที่มีความใกล้ชิดกัน คือ มีชุดโครโมโซมใกล้กัน อยู่ใน species เดียวกัน หรือเป็นบรรพบุรุษของพืชปลูก เพื่อให้สามารถผสมข้ามกันได้และได้พืชชนิดใหม่หรือมีลักษณะใหม่ที่เราต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากข้าวป่ายังมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงจึงเป็นแหล่งของยีนที่สำคัญ Xiao *et al*. (1996) พบยีนในข้าวป่า (*Oryza rufipogon*) ที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตแก่ข้าวปลูก โดยผลผลิตของเมล็ดเพิ่มขึ้น 17-18% ต่อต้น ลักษณะที่ต้านทานต่อ bacterail leaf blight (BB) ที่มีสาเหตุจาก *Xanthomonas oryzae* ในข้าวที่มีความสำคัญมากในประเทศอินเดีย (Srinivasan *et al*., 2005) ข้าวป่า

O. rufipogon สามารถถ่ายทอดยีนที่ต้านทานต่อ brown plant hopper 3 biotype ที่ระบาดมากในข้าวปลูกเอเชีย (Rongbai *et al*., 2001) เป็นต้น นอกจากแหล่งยีนที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์จะสามารถพบในข้าวป่าชนิด *O. rufipogon* แล้วยังพบได้ในข้าวป่าชนิดอื่นด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 2.1)

ดังนั้นการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เพื่อพัฒนาลักษณะที่ต้องการให้ทนหรือต้านทานต่อโรคและแมลงที่สำคัญ ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าว ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่สูญเสียค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเทียบกับการตัดต่อยีน นอกจากนี้การผสมข้ามของข้าวทั้งสองชนิดยังสามารถช่วยในการศึกษาการเคลื่อนย้ายยีนและวิวัฒนาการของข้าวอีกด้วย

2.5 ข้าววัชพืช (weedy rice)

ข้าวลูกผสมที่อยู่ในรูป spontanea form หรือ weedy form ของข้าวปลูกที่มีการกระจายตัวเป็นหลายลักษณะในรุ่นหลังๆ (Chitrakorn, 1995) เมื่อผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ และถูกคัดเลือกอย่างรุนแรงเมื่อข้าวลูกผสมเหล่านั้นขึ้นร่วมในนาข้าวผ่านระบบการจัดการแปลงของมนุษย์ ทำให้ข้าวลูกผสมเหล่านั้นบางส่วนจะพัฒนากลายเป็นวัชพืชในที่สุด จะเรียกข้าวชนิดนี้ว่า ข้าววัชพืช (weedy rice) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีลักษณะที่เกษตรกรไม่ต้องการ เช่น เปลือกเมล็ดมีสีดำหรือลายน้ำตาลแดง การมีเยื่อหุ้มสีแดง การมีหาง การหลุดร่วงของเมล็ดเมื่อสุกแก่ และลักษณะอื่นๆ ซึ่งจะไม่สามารถจำแนกจากข้าวปลูกได้ก่อนถึงระยะการบานของดอก (heading stage) เมื่อแพร่ระบาดในแปลงปลูกจะทำความเสียหายแก่ผลผลิตข้าวทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ ซึ่งข้าววัชพืชสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่กลุ่มแรกจะมีลักษณะหมือนข้าวป่าและปลูก กลุ่มที่สองจะมีลักษณะเหมือนข้าวปลูกเพียงอย่างเดียว ซึ่งกลุ่มแรกจะพบในประเทศไทย อินเดีย และประเทศในเขตร้อนที่มีการปลูกข้าว (Oka และ Morishima, 1997) ปัจจุบันข้าววัชพืชนี้ได้กลายเป็นปัญหาวัชพืชร้ายแรงในนาข้าว ซึ่งได้มีรายงานการระบาดไว้ทั่วโลก เช่น ในทวีปอเมริกาพบการระบาดในประเทศอเมริกา และบราซิล ในทวีปยุโรปพบการระบาดในประเทศอิตาลี โปรตุเกส และสเปน ส่วนในทวีปเอเชียพบการระบาดในประเทศศรีลังกา จีน เกาหลี เวียดนาม ลาว พม่า และมาเลเซีย (IRRI, 2000 และ Gealy *et al*., 2003) ซึ่งในประเทศไทยนั้นมีรายงานการระบาดของข้าววัชพืชเริ่มพบการระบาดของข้าววัชพืชตั้งแต่ปี 2544 (Maneechote *et al*., 2004) ปัจจุบันพบการระบาดแพร่กระจายในพื้นที่ปลูกข้าวเขตภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคเหนือตอนล่าง และเริ่มมีการระบาดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวส่งออกที่สำคัญอย่างข้าวหอมมะลิ (จรรยา, 2548 และ Phaokrueng *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 จำนวนโครโมโซม ลัญลักษณ์จีโนม แหล่งที่แพร่กระจายของข้าวชนิด Oryza และลักษณะที่เป็นประโยชน์

species	2n	Genome	Distribution	Useful or potentially useful traits
O. sativa complex				
O. sativa L.	24	*AA*	World wide	Cultigen
O. glaberrima Steud.	24	A^gA^g	West Africa	Cultigen, tolerance to drought and iron Toxicity, resistance to RYMV, Africa gall Midge, nematodes and weed competitiveness
O. nivara Sharma et Shastry	24	*AA*	Tropical and subtropical Asia	Resistance to grassy stunt virus
O. rufipogon Griff.	24	*AA*	Tropical and subtropical Asia, tropical Austraria	Resistance to BB, tungro virus, tolerance to aluminum and soil acidity, source of CMS
O. breviligulata A. Chev. et Roehr. (O.bath)	24	A^gA^g	Africa	Resistance to GLH, BB, drought avoidance
O. longistaminata A. Cheav. et Roehr.	24	A^lA^l	Africa	Resistance to BB, nematodes, grought avoidance
O. meridionalis Ng	24	A^mA^m	Tropical Austraria	Elongation ability, drought avoidance
O. glumaepatula Steud.	24	$A^{gp}A^{gp}$	South and Central America	Elongation ability, source of CMS
O. officinalis complex				
O. punctata Kotschy ex Steud.	24, 48	*BB, BBCC*	Africa	Resistance to BPH, Zigzag leafhopper
O. minuta J.S. Presl ex C.B. Presl	48	*BBCC*	Philippines and Pupua New Guinea	Resistance to BB, blast, BPH, GLH, tolerance to SHb
O. officinalis Wall ex Watt	24	*CC*	Tropical and subtropical Asia, tropical Austraria	Resistance to thrips, BPH, GLH,WBPH, BB, stem rot
O. rhizomatis Vaughan	24	*CC*	Sri Lanka	Drought avoidance, rhizomatous
O. eichingeri A. poster	24	*CC*	South Asia and East Africa	Resistance to BPH,WBPH, GLH
O. latifolia Desv.	48	*CCDD*	South and Central America	Resistance to BPH, high biomass production
O. alta Swallen	48	*CCDD*	South and Central America	Resistance to striped stemborer, high biomass production
O.grandiglumis (Doell) Prod.	48	*CCDD*	South and Central America	High biomass production
O.australiensis Domin.	24	*EE*	Tropical Austraria	Resistance to BPH, BB, drought avoidance
O.meyeriane complex				
O. granulate Nees et Arn. Ex Watt	24	*GG*	South Asia and South-East Asia	Shade tolerance, adaptation to arobic soil
O. meyeriana (Zoll. et (Mor. Ex Steud) Baill.	24	*GG*	South-East Asia	Shade tolerance, adaptation to arobic soil
O. ridleyi complex				
O. longiglumis Jansen	48	*HHJJ*	Irian Jaya, Indonesia and Papua New Guinea	Resistance to blast, BB
O. ridleyi Hook F.	48	*HHJJ*	South Asia	Resistance to BB, blast, stemborer, whorl maggot
Unclasified				
O. brachyantha A. Chev. Et Roehr.	24	*FF*	Africa	Resistance to BB, yello stemborer, leaf-folder, whorl maggot, tolerance to laterite soil
O. schlechteri Pilger	48	*HHKK*	Papua New Guinea	Stoloniferouse
Related genera			-	-

BPH, brow plant hopper; GLH, green leafhopper; WBPH, WBPH, white-backed planthopper; BB, bacterial blight; Shb, sheath blight; CMS, cytoplasmic male sterility; RYMV,rice yellow mottle virus. **ที่มา:** ดัดแปลงจาก Brar และ Khush (2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าววัชชพืชในประเทศไทยมีชื่อเรียกกันหลายๆ ชื่อว่า ข้าวเรื้อ ข้าวหาง ข้าวดีด ข้าวเด้ง ข้าวนก ข้าวลายหรือข้าวแดง (จรรยา, 2547) สามารถจำแนกตามความแตกต่างทางลักษณะภายนอกเป็น 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง ชนิดที่เป็นปัญหาร้ายแรงของชาวนาคือ ข้าวหางและข้าวดีด เพราะเป็นข้าววัชพืชชนิดร่วงก่อนเก็บเกี่ยว เจริญเติบได้รวดเร็วและสูงข่มข้าวปลูกในระยะแตกกอข้าวหางและข้าวดีดจะออกดอกและเมล็ดจะสุกแก่ก่อนข้าวปลูกประมาณ 2 สัปดาห์ ชาวนาไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้เพราะเมล็ดร่วงเกือบหมด ทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย ระดับความเสียหายนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้าวหาง และข้าวดีด ส่วนข้าวแดงนั้นเป็นข้าววัชพืชชนิดเมล็ดไม่ร่วง ชาวนาสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ผลผลิตจึงไม่เสียหาย แต่คุณภาพข้าวลดลงเพราะเมล็ดข้าวสารสีแดงที่ปนอยู่ทำให้ผลผลิต ถูกตัดราคา (จรรยา 2548) ในบางครั้งข้าววัชพืชที่พบมีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวปลูกมาก จนไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่าหรือทำได้ยากทำให้ลำบากต่อการกำจัดโดยวิธีทั่วไป แต่ยังคงลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและหลุดร่วงเมื่อถึงระยะสุกแก่ (รณชิต 2547) การหลุดร่วงของเมล็ดข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวลงไปในแปลงหรือในนาข้าว และยังมีผลทำให้มีการระบาดของข้าววัชพืชในฤดูถัดไปเพราะเมล็ดข้าววัชพืชที่หลุดร่วงและตกลงไปในนาข้าวก็จะไปฝังตัวอยู่ในดินแล้วงอกขึ้นมาอีกครั้งในฤดูปลูกถัดไป (Maneechote *et al*. 2004)

2.6 การหาตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกด้วยเครื่องหมายโมเลกุล

การใช้เทคนิคทางเครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) เป็นประโยชน์มากในการคัดเลือกและศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมพืช สามารถจัดทำพิมพ์ดีเอ็นเอทำให้แยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวไทย 62 สายพันธุ์ ได้อย่างแม่นยำ (ณัฐหทัย 2548) ศึกษาความหลากหลายในประชากรข้าวป่า (อดิเรก 2549) ข้าวพื้นเมือง (ทรายแก้ว 2547 และ พจนีย์ 2549) สามารถยืนยันความเป็นลูกผสมในลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างข้าวป่าและปลูก (ธีรศักดิ์ 2547) และตรวจสอบการปนเปื้อนของข้าววัชพืชในข้าวปลูกของเกษตรกร (รณชิต 2547) รวมถึงการศึกษาตำแหน่งยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่ต้องการศึกษาได้ เช่นการศึกษาตำแหน่งยีนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุเหล็กในข้าว (Stangoulis *et al*., 2007) การทนทานต่อความเป็นพิษของอลูมินัม (Ma *et al*., 2002)

การหาตำแหน่งยีนที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะ (QTLs) ที่เราต้องการศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำแผนที่บนโครโมโซม (gene mapping) ซึ่งประชากรกรที่ใช้ในการศึกษา (mapping population) สามารถทำได้ใน ประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 , recombinant inbred lines (RILs), backcross population, intogression lines และ doubled haploid lines (Schneider, 2005) โดยเทคนิคการใช้เครื่องหมายทางโมเลกุล (molecular markers) ที่ใช้ในการทำสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เทคนิค AFLP (amplified fragment length polymorphism), RAPD (random amplified polymorphic DNA), RFLP (restriction fragment length polymorphism) และ SSR (simple sequence repeats) หรือ microsatellite markers โดยมีหลักการเดียวกันคือสามารถให้ความแตกต่างทางพันธุกรรม (polymorphism) ของลักษณะความแตกต่างที่เราต้องการศึกษาได้ อีกทั้งการใช้เครื่องหมายโมเลกุลยังมีความแม่นยำมากกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในลักษณะที่จำแนกได้ยากด้วยตาเปล่าหรือกลุ่มลักษณะทางปริมาณ (Quantitative traits)

ประชากรลูกผสมที่ใช้ในการศึกษาต้องเป็นลูกผสมที่ได้จากพันธุ์พ่อแม่ ที่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในลักษณะที่เราต้องการศึกษาซึ่งอาจเป็นพันธุ์แท้ (pure lines) ที่ได้จากธรรมชาติหรือจากการปรับปรุงพันธุ์ ความแตกต่างระหว่างพันธุ์หรือลักษณะที่เราต้องการศึกษามักปรากฏในพืชต่างพันธุ์หรือต่างชนิด (species) ในข้าวพบว่าข้าวป่า (*O. rufipogon*) และข้าวปลูก (*O.sativa*) เป็นข้าวต่างชนิดกันที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในหลายลักษณะ แต่สามารถผสมข้ามกันได้ในสภาพธรรมชาติและสภาพนอกธรรมชาติแล้วให้ลูกผสมที่เป็นปกติ ทำให้สามารถหาตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะ(QTLs) ความแตกต่างของข้าวทั้งสองชนิดและสร้างแผนที่ยีน

ลักษณะความแตกต่างระหว่างป่าและปลูกที่ศึกษาในงานเริ่มต้นในการหาตำแหน่งยีนหรือทำแผนที่ยีนจะเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อกระบวนการ domestication เช่น พวกลักษณะทางคุณภาพ (Qualitative traits)หรือเป็นลักษณะเด่น เช่น ลักษณะร่วงและการพักตัวของเมล็ด ซึ่งในปี 2000 Cai และ Morishima ได้ใช้เครื่องหมายโมเลกุลจำนวน 147 markers ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เทคนิค RFLPs ทีกรจายตัวอยู่บนโครโมโซมทั้ง 12 แท่ง เพื่อศึกษา QTLs ที่เกี่ยวข้องกับการร่วงและการพักตัวของเมล็ดข้าวจาก 125 RILs ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 6 และ 7 ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าชนิดข้ามปี W1944 จากประเทศจีนและข้าวปลูกพันธุ์ Pei-Kuh จากประเทศไต้หวัน พบ 4 QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะการร่วงของเมล็ดบนโครโมโซมแท่ง 1, 4, 8 และ 11 ส่วนลักษณะการพักตัวของเมล็ดมีวิธีการทดสอบอัตราการพักตัวของเมล็ดทั้งหมด 4 วิธีพบ QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะนี้ทั้งหมด 27 QTLs กระจายอยู่บนโครโมโซมแท่ง 2, 3, 5,6,8,9 และ 11 จากนั้นในปี 2002 Cai และ Morishima ได้ศึกษา QTLs ของลักษณะความแตกต่างระหว่างป่าและปลูกในลักษณะอื่นๆเพิ่มโดยใช้ประชากรที่ใช้ในการศึกษาประชากรเดิมที่ใช้ศึกษา ในปี 2000 รวมถึงเทคนิคและจำนวน markers ที่ใช้ด้วยทำให้พบ 24 QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับ 37 ลักษณะทางคุณภาพและปริมาณที่กระจายอยู่ทั่วทั้งโครโมโซม 12 แท่ง ทำให้สามารถสร้างแผนที่ยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวป่าและปลูกได้ นอกจากนี้จากประชากรที่ใช้ศึกษาเดียวกันนี้เอง Uga และคณะ (2003) ได้นำไปศึกษาต่อในลักษณะเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของดอก (floral traits) ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อระบบการสืบพันธุ์ของข้าวพบ 7 QTLs, 4 QTLs, 14 QTLs และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6 QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเกสรตัวเมีย เกสรตัวผู้ ขนาดและรูปร่างของเมล็ดตามลำดับ กระจายตัวอยู่บนโครโมโซมแท่ง 2, 4, 5, 6 และ 10 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 โดย Xiong *et al*.,(1999) ได้ใช้เทคนิค RFLP และ AFLP จำนวน 348 markers (313 RFLPs, 12 SSRs และ 23 AFLP) ที่มีการกระจายตัวอยู่บนโครโมโซมทั้ง 12 แท่งสร้างแผนที่ยีนของลูกชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวปลูกพันธุ์ Nante และข้าวป่า P16 จำนวน 172 ต้นเพื่อหา QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับ 7 ลักษณะทางคุณภาพและ 12 ลักษณะทางปริมาณโดยพบ QTLs ทั้งหมด 44 QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเหล่านี้ที่กระจายตัวอยู่บนโครโมโซมทั้ง 10 แท่ง 29- และ Li *et al*.,(2006) ได้ศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวปลูกพันธุ์ C16 จากจีนที่ใช้เป็นพันธุ์แม่และข้าวป่าชนิดฤดูเดียว (*O. nivara*) พันธุ์ IRGC 80470 จากอินเดียที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อจำนวน 304 ต้น โดยใช้เทคนิค SSR จำนวน115 markers พบ QTLs ที่มีความสัมพันธ์กับ 12 ลักษณะกระจายตัวอยู่บนโครโมโซม 12 แท่งทั้งหมด 42 QTLs

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved