

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250310

การพัฒนาเครื่องหมายโมเดลด้านวินัยการปรับปรุงพันธุ์
ให้ข้าวมีเมล็ดดำน้อย

ดวงใจ กิ่งโพธิ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2554



การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์
ให้ข้าวมีเมล็ดต่อรวงมาก



ดวงใจ กิ่งโพธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ชื่อเรื่อง
การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์
ให้ข้าวมีเมล็ดต่อรวงมาก

โดย
ดวงใจ กิ่งโพธิ์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง)

วันที่ 20 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ประวิตร พูพานนท์)

วันที่ 21 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลา ดิษฐพงษ์พิชญ์)

วันที่ 20 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

(อาจารย์ ดร.มยุรา ศรีกลัยานกุล)

วันที่ 21 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 21 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

ชื่อเรื่อง

การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ให้ข้าวมีเมล็ดต่อรวงมาก

ชื่อผู้เขียน

นางสาวดวงใจ กิ่งโพธิ์

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง

บทคัดย่อ

250310

จำนวนเมล็ดต่อรวงเป็นลักษณะสำคัญในองค์ประกอบผลผลิตซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าว จากการรวบรวมเชื้อพันธุ์กรรมข้าวพบว่าพันธุ์ข้าวไทยที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์มีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวพื้นเมืองบางพันธุ์ หากต้องการเพิ่มผลผลิตของพันธุ์ข้าวไทยสามารถทำได้โดยปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มมากขึ้น โดยใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากเป็นพันธุ์ให้ ดังนั้นจำเป็นต้องหาเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีนที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวงเพื่อช่วยในการคัดเลือก ได้แก่ ยีน *Gn1a* (grain number per panicle) ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง ยีน *SPPI* (spikelet number per panicle) ควบคุมลักษณะจำนวนดอกต่อรวง ยีน *Ghd7* ควบคุมลักษณะปริมาณผลผลิต (yield) และล่าสุดมีรายงานการศึกษา ยีน *WFP* (wealthy farmer's panicle) ซึ่งควบคุมลักษณะการพัฒนาของระแงหรือแขนงที่สองของรวงข้าว จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI*, *Ghd7* และ *WFP* กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_2 และ BC₂F₂-1988-4181 ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับ กข 6 กับแปดริ้วที่เป็นพันธุ์ให้ยีนจำนวนเมล็ดต่อรวงมาก พบว่าเครื่องหมาย RM10318, RM10395, RM21335 และ RM23428 เป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI*, *Ghd7* และ *WFP* ที่ระยะ 86,553 10,202 76,610 และ 68,830 เบส ตามลำดับ แสดงความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์รับ กข 6 กับพันธุ์ให้แปดริ้ว เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน *Gn1a* *SPPI* และ *Ghd7* กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_2 ด้วยวิธี single regression พบว่าเครื่องหมาย RM10318, RM10395 และ RM21335 มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวง มีค่า R-square เท่ากับ 0.0829 0.0953 และ 0.0830 มีค่าระดับนัยสำคัญ (P-value) เท่ากับ 0.015 0.0077 และ 0.0149 ตามลำดับ จากนั้นจึงวิเคราะห์สมการถดถอยหลายตำแหน่ง (multiple-locus regression) ของเครื่องหมายโมเลกุลที่แสดงความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่าเครื่องหมาย RM10395 ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน *SPPI* ที่ระยะ

10,202 เบส มีค่า partial R-square เท่ากับ 0.0949 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.0018 เป็นเครื่องหมายที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่าเครื่องหมาย RM10318 กับ RM21335 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a* และ ยีน *Ghd7* สำหรับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC₂F₂-1988-4181 ซึ่งได้จากการคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI* และ *Ghd7* มีจีโนมไทป์แบบเฮเทอโรไซกัสนั้น มีความสัมพันธ์กับเครื่องหมาย RM23428 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *WFP* ที่ระยะ 97,813 เบส เพียงเครื่องหมายเดียว มีค่า partial R-square เท่ากับ 0.0363 ค่า P-value เท่ากับ 0.0356 นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีนที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_{3,4} และ BC₁F₂-4100 ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับชยันต 1 กับเมืองไพรที่เป็นพันธุ์ให้ยีนจำนวนเมล็ดต่อรวงมาก พบว่าเครื่องหมาย RM10316, RM10402, RM23310 และ RM23433 เป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI*, *Ghd7* และ *WFP* ที่ระยะ 11,819 62,830 294,497 และ 97,813 เบส ตามลำดับ แสดงความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์รับชยันต 1 กับพันธุ์ให้เมืองไพร เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI*, *Ghd7* และ *WFP* ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_{3,4} ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทั้งวิธี single regression และ multiple-locus regression สำหรับประชากร BC₁F₂-4100 ซึ่งได้จากการผสมตัวเองของต้น BC₁F₁-4100 ที่คัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI* และ *Ghd7* นั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี single regression แล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี multiple-locus regression พบว่าเครื่องหมาย RM10316 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a* ที่ระยะ 11,819 เบส มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวง มีค่า partial R-square เท่ากับ 0.0403 มีค่า P-value เท่ากับ 0.0453 ดังนั้นกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับชยันต 1 กับพันธุ์ให้เมืองไพร พบเครื่องหมาย RM10316 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a* มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC₁F₂-4100 สำหรับกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับ กช 6 กับพันธุ์ให้แปดริ้ว พบเครื่องหมาย RM10318, RM10395 และ RM21335 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *Gn1a*, *SPPI* และ *Ghd7* ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F₂ ในขณะที่เครื่องหมาย RM23428 ที่อยู่ใกล้หรือยืดยึดติดกับยีน *WFP* มีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC₂F₂-1988-4181

Title	Development of DNA Markers for Grain Number in Rice Improvement
Author	Miss Duangjai Kingpho
Degree of	Master of Science in Biotechnology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Varaporn Sangtong

ABSTRACT**250310**

Grain number per panicle is an important trait of rice yield component with some parts of Thai rice cultivars having small grain number per panicle as compared to Thai local rice cultivars. To improve Thai rice cultivars in having high grain number per panicle would lead to an increase in rice yield, therefore, identifying the molecular markers linked to a QTL in relation to increased grain productivity for assisted selection, would enhance and aid rice improvement program. Interesting genes including grain number per panicle (*Gn1a*), spikelet number per panicle (*SPP1*), *Ghd7* which regulates rice yield and recently, wealthy farmer's panicle (*WFP*) gene which relates to branching, were reported. Correlation between linked markers and the trait (grain per panicle) was studied by using F_2 and BC_2F_2 -1988-4181 progenies which were derived from a cross between RD 6 and Paet Rio. SSR markers linked to the genes *Gn1a*, *SPP1*, *Ghd7* and *WFP*, were identified as RM10318, RM10395 RM21335 and RM23428 with distance from each gene as 86,553; 10,202; 76,610 and 68,830 base, respectively, and which were shown to be polymorphic between recurrent parent and donor parent. For F_2 population, QTL analysis by using single regression established that three markers which tightly linked to each gene (*Gn1a*, *SPP1* and *Ghd7*), were correlated to the trait at R-square of RM10318, RM10395 and RM21335 as 0.0829, 0.0953 and 0.0830 (P -value = 0.015, 0.0077 and 0.0149, respectively). Data were later analyzed with multiple-locus regression, which as a result, RM10395 was represented as a link to *SPP1* gene and correlated to grain number per panicle trait at partial R-square 0.0949 and P -value equal 0.0018. Meanwhile, RM23428 that was linked to *WFP* gene at 97,813 base, showed significantly phenotypic trait of BC_2F_2 -1988-4181 progeny at P -value 0.0356 and partial R-square at 0.0363. On the other hand, $F_{3,4}$ and BC_1F_2 -4100 progenies were found to be derived from a cross between Chai Nat 1 and Mueang Sai cultivars. Four

markers were identified as closely linked to *Gn1a*, *SPPI*, *Ghd7* and *WFP* genes including RM10316, RM10402, RM21330 and RM23433 at a distance of 11,819; 62,830; 294,497 and 97,813 base, respectively, and which were presented as polymorphic between Chai Nat 1 and Mueang Sai. In the case of $F_{3,4}$, both single regression and multi-locus regression were represented as non-significant while BC_1F_2 -4100, which was used in all three linked markers for assisted selection, was presented significantly between RM10316 as linked to *Gn1a* gene and grain number per panicle trait at P-value 0.0453 and partial R-square as equal 0.0403 via multiple-locus regressions method. Consequently, RM10316 which was linked to *Gn1a* gene, was represented and correlated to grain number per panicle trait for BC_1F_2 -4100 of Chai Nat 1 and Mueang Sai. For the population derived from a cross between RD 6 and Paet Rio, it was found that RM10318, RM10395 and RM21335, which were tightly linked to *Gn1a*, *SPPI* and *Ghd7* genes, were found to be correlated to grain number per panicle trait of F_2 progeny. Meanwhile, RM23428 that was linked to *WFP* gene, was found to be related to grain number per panicle trait of BC_2F_2 .

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง ที่ได้รับเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษา และได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ แนวความคิด ตลอดจนช่วยสนับสนุน วัสดุ อุปกรณ์ ห้องทดลองในการดำเนินงานทดลองทั้งหมด จนกระทั่งงานทดลองเสร็จสมบูรณ์ และได้กรุณาอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำทั้งในทางด้านวิชาการ และการดำเนินชีวิต รวมทั้งยังกรุณาช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ประวิตร พุฒานนท์ และ ดร.วัลลา ติฐิพงษ์พิชญ์ กรรมการที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้อย่างมาก ตลอดจนช่วยแนะนำ และตรวจสอบแก้ไข จนสำเร็จลุล่วงเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

และขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกทุกคนในครอบครัวกิ่งโพธิ์ ที่คอยสนับสนุน และเป็นกำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณ คุณลุง คุณป้า คุณน้า คุณอา ที่คอยช่วยเหลือด้านแรงงาน และให้ความรู้ซึ่งเป็นประสบการณ์ตรงจากเกษตรกร และน้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือในงานทดลองตลอดระยะเวลาที่ได้ร่วมแรงร่วมใจกันทำงาน ได้แก่ น้องปลา น้องโย น้องอ้อม น้องเจิว น้องแอม น้องบอล น้องพิม น้องก๊วย และน้องๆ แม่ใจอีกหลายคน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครู อาจารย์ทุกท่านจากทุกสถาบันการศึกษาที่ข้าพเจ้าเคยศึกษามารวมทั้งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ข้าพเจ้าได้มีวิชาความรู้ และความสามารถเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสังคม และประเทศชาติต่อไป

ดวงใจ กิ่งโพธิ์

ตุลาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(12)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
ประวัติ และความเป็นมาของข้าว	5
พฤกษศาสตร์ทั่วไปของข้าว	6
ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว	8
ชนิดของพันธุ์ข้าว และลักษณะประจำพันธุ์	9
องค์ประกอบผลผลิตของข้าว (rice yield component)	11
การศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ	14
ยีนควบคุมลักษณะปริมาณผลผลิตของข้าว	16
ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวที่ใช้ในการวิจัย	30
การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีผสมกลับแบบดั้งเดิม (conventional backcrossing)	32
การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก (marker assisted selection, MAS)	35
การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ช่วยในการคัดเลือก (marker assisted backcrossing, MAB)	36
เครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker)	37
เครื่องหมายโมเลกุลชนิดเอสเอสอาร์ (Simple Sequence Repeats; SSR marker)	39

	หน้า
การใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลพันธุกรรมข้าว	40
กรอบแนวความคิด	42
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	43
อุปกรณ์ และสารเคมีในการวิจัย	44
การทดลองที่ 1 การคัดเลือกข้าวพันธุ์ให้ (donor parent) ที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวง มาก เพื่อใช้สร้างกลุ่มประชากรตัวอย่างสำหรับศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง เครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร ตัวอย่างที่สร้างขึ้น	47
การทดลองที่ 2 การหา และคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้ตรวจสอบความ แตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์รับ และพันธุ์ให้ ซึ่งเป็นเครื่องหมายชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง	48
การทดลองที่ 3 การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้ หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวน เมล็ดต่อรวง และคัดเลือกเครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ รับพันธุ์ กข 6 และชัชนาท 1 กับพันธุ์ให้พันธุ์แปดริ้ว และเมืองไพร	61
การทดลองที่ 4 สร้างประชากรตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวง ได้แก่ ประชากร F_2 และ BC_2F_2 ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับ กข 6 กับพันธุ์ให้แปดริ้ว ประชากร $F_{3,4}$ และ BC_1F_2 ของกลุ่มผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับชัชนาท 1 กับพันธุ์ให้เมืองไพร	64
การทดลองที่ 5 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่คัดเลือกได้ กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_2 และ BC_2F_2 ของกลุ่มผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับพันธุ์ กข 6 กับข้าวพันธุ์ให้ที่คัดเลือกได้ คือ พันธุ์แปดริ้ว	76

การทดลองที่ 6 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่คัดเลือกได้ กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร $F_{3:4}$ และ BC_1F_2 ของกลุ่มผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับพันธุ์ชยันนาท 1 กับข้าวพันธุ์ให้ที่คัดเลือกได้ คือ พันธุ์เมืองไพร สถานที่ และระยะเวลาในการทดลอง	78 80
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์	81
ผลการทดลองที่ 1 การคัดเลือกข้าวพันธุ์ให้ (donor parent) ที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวง มาก เพื่อใช้สร้างกลุ่มประชากรตัวอย่างสำหรับศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง เครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร ตัวอย่างที่สร้างขึ้น	82
ผลการทดลองที่ 2 การหา และคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้ตรวจสอบความ แตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์รับ และพันธุ์ให้ ซึ่งเป็นเครื่องหมายชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง	85
ผลการทดลองที่ 3 การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR marker ที่อยู่ใกล้ หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ด ต่อรวง และคัดเลือกเครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์รับ พันธุ์ กข 6 และชยันนาท 1 กับพันธุ์ให้พันธุ์แปดริ้ว และเมืองไพร	92
ผลการทดลองที่ 4 สร้างประชากรตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวง ได้แก่ ประชากร F_2 และ BC_2F_2 ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับ กข 6 กับพันธุ์ให้แปดริ้ว ประชากร $F_{3:4}$ และ BC_1F_2 ของกลุ่มผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับชยันนาท 1 กับพันธุ์ให้เมืองไพร	104
ผลการทดลองที่ 5 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่ อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่คัดเลือกได้กับ จำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_2 และ BC_2F_2 ของกลุ่มผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับพันธุ์ กข 6 กับข้าวพันธุ์ให้ที่คัดเลือกได้ คือ พันธุ์แปดริ้ว	119

หน้า

ผลการทดลองที่ 6 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล ที่อยู่ใกล้หรือยึดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่คัดเลือกได้ กับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร $F_{3:4}$ และ BC_1F_2 ของคู่ผสมระหว่าง ข้าวพันธุ์รับพันธุ์ชยันนาท 1 กับข้าวพันธุ์ให้ที่คัดเลือกได้ คือ พันธุ์เมืองไพร	132
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	147
ข้อเสนอแนะ	151
บรรณานุกรม	152
ภาคผนวก	161
ภาคผนวก ก ข้อมูลจำนวนเมล็ดต่อรวง และจีโนไทป์	162
ภาคผนวก ข การตรวจสอบจีโนไทป์	203
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 8	207
ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	239

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลลักษณะความสูง อายุออกดอก และจำนวนเมล็ดทั้งหมดของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวไทยที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ พันธุ์ต่างๆ ทั้งหมด 43 พันธุ์	82
2 ตารางแสดงลักษณะของข้าวพันธุ์รับ และพันธุ์ให้ที่ใช้ในการวิจัย	84
3 เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 12 เครื่องหมาย ซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งของยีน <i>Gn1a</i> ที่คัดเลือกได้จากตาราง supplementary table 18	87
4 เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 10 เครื่องหมาย ซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งของยีน <i>SPPI</i> ที่คัดเลือกได้จากตาราง supplementary table 18	88
5 เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 10 เครื่องหมาย ซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งของยีน <i>Ghd7</i> ที่คัดเลือกได้จากตาราง supplementary table 18	90
6 เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 15 เครื่องหมาย ซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งของยีน <i>WFP</i> ที่คัดเลือกได้จากตาราง supplementary table 18	91
7 ตารางสรุปผลการคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยึดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว	97
8 ตารางสรุปผลการคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยึดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 กับเมืองไพร	103
9 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์รับ กข 6 พันธุ์ให้แปดริ้ว และประชากร F_2 ของกลุ่มสมระหว่าง กข 6 กับแปดริ้ว	121
10 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยึดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> และ <i>Ghd7</i> แต่ละเครื่องหมายกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F_2 ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว จำนวน 100 ต้น	123
11 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์รับ กข 6 พันธุ์ให้แปดริ้ว และประชากร BC_2F_2 ของกลุ่มสมระหว่าง กข 6 กับแปดริ้ว	126
12 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยึดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> แต่ละเครื่องหมายกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC_2F_2 ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว จำนวน 122 ต้น	129

ตาราง	หน้า
13 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์รับชัณนาท 1 พันธุ์ให้เมืองไพร และประชากร $F_{3:4}$ ของกลุ่มผสมระหว่างชัณนาท 1 กับเมืองไพร	134
14 การวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> แต่ละเครื่องหมายกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร $F_{3:4}$ ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับชัณนาท 1 กับเมืองไพร จำนวน 87 ต้น	137
15 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์รับชัณนาท 1 พันธุ์ให้เมืองไพร และประชากร BC_1F_2 ของกลุ่มผสมระหว่างชัณนาท 1 กับเมืองไพร	141
16 การวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SSR marker ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPPI</i> และ <i>Ghd7</i> แต่ละเครื่องหมายกับจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC_1F_2 ของกลุ่มผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับชัณนาท 1 กับเมืองไพร จำนวน 100 ต้น	144

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงส่วนต่างๆ ของดอก หรือรวงข้าว	7
2 แสดงการกระจายตัวปกติเป็นรูปประฆังคว่ำ	15
3 แสดงส่วนต่างๆ ของยีน <i>OsCKX2</i> หรือยีน <i>Gn1a</i> ในข้าวพันธุ์ Habataki	18
4 แสดงตำแหน่งของยีน <i>SPP1</i> , <i>Gn1a</i> , <i>Gn1b</i> เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR และเครื่องหมายที่จำเพาะ (InDel marker) ซึ่งอยู่ใกล้กับยีน <i>SPP1</i> ที่ขนาด 107 Kb	26
5 แสดงส่วนต่างๆ ของยีน <i>WFP</i> ซึ่งมี SNPs จำนวน 5 ตำแหน่ง และยีน <i>OsSPL14</i> ซึ่งประกอบด้วย 3 exon และมีบริเวณที่มีลำดับเบส OsmiR156-targeted site	28
6 แผนผังแสดงการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีผสมกลับแบบดั้งเดิมในกรณีทีถัลักษณะที่ต้องการถ่ายทอดเป็นลักษณะเด่น	34
7 แผนผังแสดงการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีผสมกลับแบบดั้งเดิมในกรณีทีถัลักษณะที่ต้องการถ่ายทอดเป็นลักษณะด้อย	35
8 เครื่องหมายโมเลกุลชนิดเอสเอสอาร์	40
9 แสดงแผนผังการสร้างประชากร F_2 และ BC_2F_2 ของคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับพันธุ์ กข 6 กับพันธุ์ไห้แปดริ้ว เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยัดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวง	65
10 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์เมื่อใช้ Glu23 เป็นไพรเมอร์	67
11 แสดงแผนผังการสร้างประชากร $F_{3,4}$ และ BC_1F_2 ของคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับพันธุ์ ชัยนาท 1 กับพันธุ์ไห้เมืองไพร เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้หรือยัดติดกับยีน <i>Gn1a</i> , <i>SPP1</i> , <i>Ghd7</i> และ <i>WFP</i> ที่ควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงกับจำนวนเมล็ดต่อรวง	71
12 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์เมื่อใช้ Rd6Sd1VS3F+Sd1MW3F+Sd1MW3R เป็นไพรเมอร์	73
13 แสดงแผนภาพการเก็บตัวอย่างต้นข้าวที่มีอัตราการแข่งขันเท่ากัน	77
14 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์เมื่อใช้เครื่องหมาย RM10318 ที่อยู่ใกล้กับยีน <i>Gn1a</i> เป็นไพรเมอร์	93

ภาพ	หน้า
27 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์เมื่อใช้เครื่องหมาย Rd6Sd1VS3F+Sd1MW3F+Sd1MW3R เป็นไพรเมอร์	112
28 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ในการคัดเลือกลำต้น BC ₁ F ₁ เมื่อใช้เครื่องหมาย RM10316 ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Gn1a</i> เป็นไพรเมอร์	114
29 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ในการคัดเลือกลำต้น BC ₁ F ₁ เมื่อใช้เครื่องหมาย RM10402 ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>SPPI</i> เป็นไพรเมอร์	115
30 ภาพอะกาโรสเจลแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ในการคัดเลือกลำต้น BC ₁ F ₁ เมื่อใช้เครื่องหมาย RM21330 ที่อยู่ใกล้หรือยืติดกับยีน <i>Ghd7</i> เป็นไพรเมอร์	116
31 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F ₂ ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว ในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2552	121
32 แสดงฟีโนไทป์ของประชากร BC ₂ F ₂ ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์รับ กข 6 กับข้าวพันธุ์ให้แปดริ้ว	126
33 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC ₂ F ₂ ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว ในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	127
34 การหักล้มของต้นข้าวประชากร BC ₂ F ₂ ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ กข 6 กับแปดริ้ว ในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	130
35 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร F _{3:4} ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กับเมืองไพรในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	134
36 แสดงการกระจายตัวของลักษณะความสูงของต้นข้าวในประชากร F _{3:4} แต่ละสายพันธุ์ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กับเมืองไพรในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	139
37 แสดงการกระจายตัวของลักษณะอายุออกดอกของต้นข้าวในประชากร F _{3:4} แต่ละสายพันธุ์ของกลุ่มสมระหว่างข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กับเมืองไพรในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	139

ภาพ	หน้า
38 แสดงฟิโนไทป์ของประชากร BC_1F_2 ของคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์รับขนาท 1 กับข้าวพันธุ์ไหเมืองไทร	141
39 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากร BC_1F_2 ของคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์ขนาท 1 กับเมืองไทรในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	142
40 แสดงลักษณะความสูง และอายุออกดอกของต้นข้าวในประชากร BC_1F_2 ของคู่ผสมระหว่างขนาท 1 กับเมืองไทร ในฤดูนาปี (กรกฎาคม – ธันวาคม) พ.ศ. 2553	146