



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

สาขา

พืชไร่นา

ภาควิชา

เรื่อง ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของการผลิตข้าวลูกผสม
ระบบสามสายพันธุ์

Heterosis of Yield and Yield Components of Three-Line Hybrid Rice System

นามผู้วิจัย นายจักรกฤษณ์ ศรีแสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย, วท.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตร, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิด๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของการผลิต

ข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์

Heterosis of Yield and Yield Components of Three-Line Hybrid Rice System

โดย

นายจักรกฤษณ์ ศรีแสง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จักรกฤษณ์ ศรีแสง 2556:ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของการ
ผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่
ภาควิชาพืชไร่ ภาาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย,
วท.ด.101หน้า

การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์
นั้น การจำแนกพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวเพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อหรือสายพันธุ์แม่มีความเป็นหมัน มี
ความจำเป็นมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ จากการ
จำแนกข้าวจำนวน 20 พันธุ์/สายพันธุ์ โดยการผสมทดสอบกับสายพันธุ์แม่ 2 สายพันธุ์ พบว่า
สามารถจำแนกข้าวออกเป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันได้
จำนวน 10 และ 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ตามลำดับ และจากการประเมินความดีเด่นของลูกผสม
จำนวน 12 คู่ผสม พบว่า ลูกผสมที่มีค่าความดีเด่นในลักษณะผลผลิตเหนือกว่าสายพันธุ์พ่อหรือ
แม่ที่ดีที่สุดและเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 คู่ผสม คือ IR80151A/CH1
(HB2) และ IR80151A/CH4 (HB8) โดยลูกผสมทั้งสองมีผลผลิตเท่ากับ 1,268 และ 1,087
กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จากการประเมินค่าสมรรถนะการผสมของข้าวจำนวน 8 พันธุ์/สาย
พันธุ์ ทำให้สามารถคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีแนวโน้มให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงจำนวน 4
พันธุ์/สายพันธุ์ได้แก่พันธุ์ CH1 ชัยนาท 1 กข31 และสายพันธุ์ IR80151A จากการประเมินอัตรา
การถ่ายทอดทางพันธุกรรม ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมและเส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะ
ทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม ทำให้สามารถคัดเลือกข้าว
ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง โดยพิจารณาจากลักษณะจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวงและดัชนี
เก็บเกี่ยว จากการศึกษาพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ใน
คู่ผสมที่ให้ผลผลิตลูกผสมสูงจำนวน 2 คู่ผสม พบว่า การกระจายตัวของลักษณะละอองเกสร
ปกติและเป็นหมันมีอัตราส่วนเป็น 15:1 แสดงว่า สายพันธุ์แม่ (IR80151A) มียีนด้อยควบคุม
ลักษณะละอองเกสรเป็นหมัน จำนวน 2 ตำแหน่งและมีการแสดงออกทางพันธุกรรมแบบ
sporophytic abortive ส่วนลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของต้นที่มี
ละอองเกสรปกติในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของทั้งสองคู่ผสมมีการกระจายตัวของทุกลักษณะเกิน
ขอบเขตของสายพันธุ์พ่อแม่ ดังนั้น เกษตรกรไม่ควรนำเมล็ดจากต้นลูกผสมชั่วที่ 1 ไปปลูกต่อ
เนื่องจากจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำและยากต่อการจัดการ

ลายมือนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

JakkritSeesang2013: Heterosis of Yield and Yield Components of Three-Line Hybrid Rice System. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Assistant Professor TaneeSreewongchai, Ph.D.
101 pages.

Three-line hybrid rice's technology is an effective approach to greatly increasing rice yield per unit area. The identification of maintainer and restorer lines of rice lines/cultivars is an essential for three-line hybrid rice production. The 20 genotypes of rice lines/cultivars were identified by testcrossing with 2 male sterile lines. The results showed that 10 and 6 genotypes of rice lines/cultivars were identified to be maintainers and restorers, respectively. The estimation of heterosis of 12 F_1 hybrids rice revealed that there were 2 F_1 hybrids including HB2 (cross IR80151A/CH1) and HB8 (cross IR80151A/CH4), which gave the highest heterosis in both heterobeltiosis and standard heterosis. They yielded 1,268 and 1,087 kg/rai, respectively. Among the 8 parental lines/cultivars tested for combining ability, the 3 lines/cultivars involving CH1, CNT1, RD31 and IR80151A showed good general combining ability for grain yield they could be used as parental lines for producing F_1 hybrid with high yielding. The estimation of broad-sense heritability, genetic advance and path analysis of F_1 hybrids rice revealed that number of panicles per plant, number of seeds per panicle and harvest index could be used as criteria for selection of superior hybrid genotypes. The inheritance of pollen sterility was done in the F_2 progenies of the crosses IR80151A/CH1 and IR80151A/CH4. The segregation ratio of male fertile and sterile was 15: 1 which indicated that the male sterility system of IR80151A line was controlled by 2 recessive genes and the expression belonged to sporophytic abortion. The distribution of agronomic trait, yield and yield components of fertile plants in both crosses of F_2 progenies showed transgressive segregation in all traits. It's suggested that the farmer should not use the seeds collected from F_1 plants for planting, because they might give low yield and difficult to manage.

Student' signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ประธานกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาณี ศรีวงศ์ชัย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงที่ กรุณาอบรม สั่งสอน เสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำทางด้านความรู้วิชาการ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่างๆ ในการดำเนินการวิจัยและการดำเนินชีวิต ให้คำชี้แนะสนับสนุน ใน การทำวิทยานิพนธ์ในทุกๆ ด้าน ตลอดจนแก้ไขปรับปรุง จัดเกลา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประภา ศรีพิจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านการเรียน ความรู้วิชาการ การดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร ที่ให้คำปรึกษา ประสิทธิ์ ประสาทวิชาการต่างๆ แนะนำแนวทางในการทำงานและการดำรงชีวิตและขอกราบขอบพระคุณ ดร. สุภาพร จันทน์บัวทอง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ที่ให้เกียรติเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการ สอบ รวมถึงขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รังสฤษดิ์ กาวิตะ ห้วหน้าภาควิชาพืชไร่นา ที่ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ คุณพ่อพรมมา คุณแม่บุญมี ศรีแสง คุณพี่ แก้วตา ศรีแสง และน้องสาวสุวรรณา ศรีแสง ที่ให้ความรักและเสียสละในการสนับสนุนทั้งกำลังใจ ภาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาจนถึงระดับปริญญาโท อดทนรอจนกระทั่ง สำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะพึงเกิดประโยชน์แก่ ท่านผู้ที่สนใจไม่มากนักน้อย หากมีความดีหรือประโยชน์ประการใด ขอมอบให้แด่ทุกท่านที่มี พระคุณ คณาจารย์ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คุณบิดามารดา ผู้อยู่ เบื้องหลังความสำเร็จทั้งหมดและหากมีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้

จักรกฤษณ์ ศรีแสง

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์ผล	27
สรุป	87
ข้อเสนอแนะ	88
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	90
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	101

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ระดับความเป็นหมันของละอองเกสร	21
2 การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันในพันธุ์/ สายพันธุ์ข้าวที่ทดสอบ	29
3 ลักษณะทางการเกษตรผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสมในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์	34
4 ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์/สายพันธุ์พ่อ และพันธุ์เปรียบเทียบ	35
5 ความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม	39
6 ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	43
7 ความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตใน ประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสมที่มีผลผลิตสูง	45
8 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้างและความก้าวหน้าทาง พันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตระหว่างข้าว ลูกผสมและสายพันธุ์แท้	47
9 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและ องค์ประกอบผลผลิตระหว่างข้าวลูกผสมและสายพันธุ์แท้	51
10 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (เส้นทแยงมุม) อิทธิพลทางตรง (ด้านบนเส้นทแยงมุม) และอิทธิพลทางอ้อม (ด้านล่างเส้นทแยงมุม) ของลักษณะทาง การเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตระหว่างลูกผสมและสายพันธุ์แท้	52
11 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะ อายุวันออกดอกของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	53
12 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะ ดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	54
13 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะ ความสูงต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	55

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
14 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะความยาวใบธงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	56
15 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะความยาวรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	56
16 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะจำนวนหน่อต่อนต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	57
17 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะจำนวนรวงต่อนต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	58
18 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	59
19 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	60
20 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	60
21 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) ในลักษณะผลผลิตต่อนต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม	61
22 อัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันและอัตราการติดเมล็ดของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	64
23 อัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันและอัตราการติดเมล็ดของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวในประเทศจีนระหว่างปี ค.ศ. 1950 ถึงปี ค.ศ. 2008	7
2 ลักษณะของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโตพลาสซึมแบบต่างๆ	11
3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการติดเมล็ดและคามมีชีวิตของละอองเกสรของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	65
4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการติดเมล็ดและคามมีชีวิตของละอองเกสรของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	65
5 การกระจายตัวของลักษณะวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	67
6 การกระจายตัวของลักษณะวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	67
7 การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	68
8 การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	69
9 การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	70
10 การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	70
11 การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	72
12 การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	72
13 การกระจายตัวของลักษณะความยาวรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
14 การกระจายตัวของลักษณะความยาวรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	74
15 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	75
16 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	76
17 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	77
18 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	78
19 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	80
20 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	80
21 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	81
22 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	81
23 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	82
24 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	83
25 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1	84
26 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อน้ำในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4	85

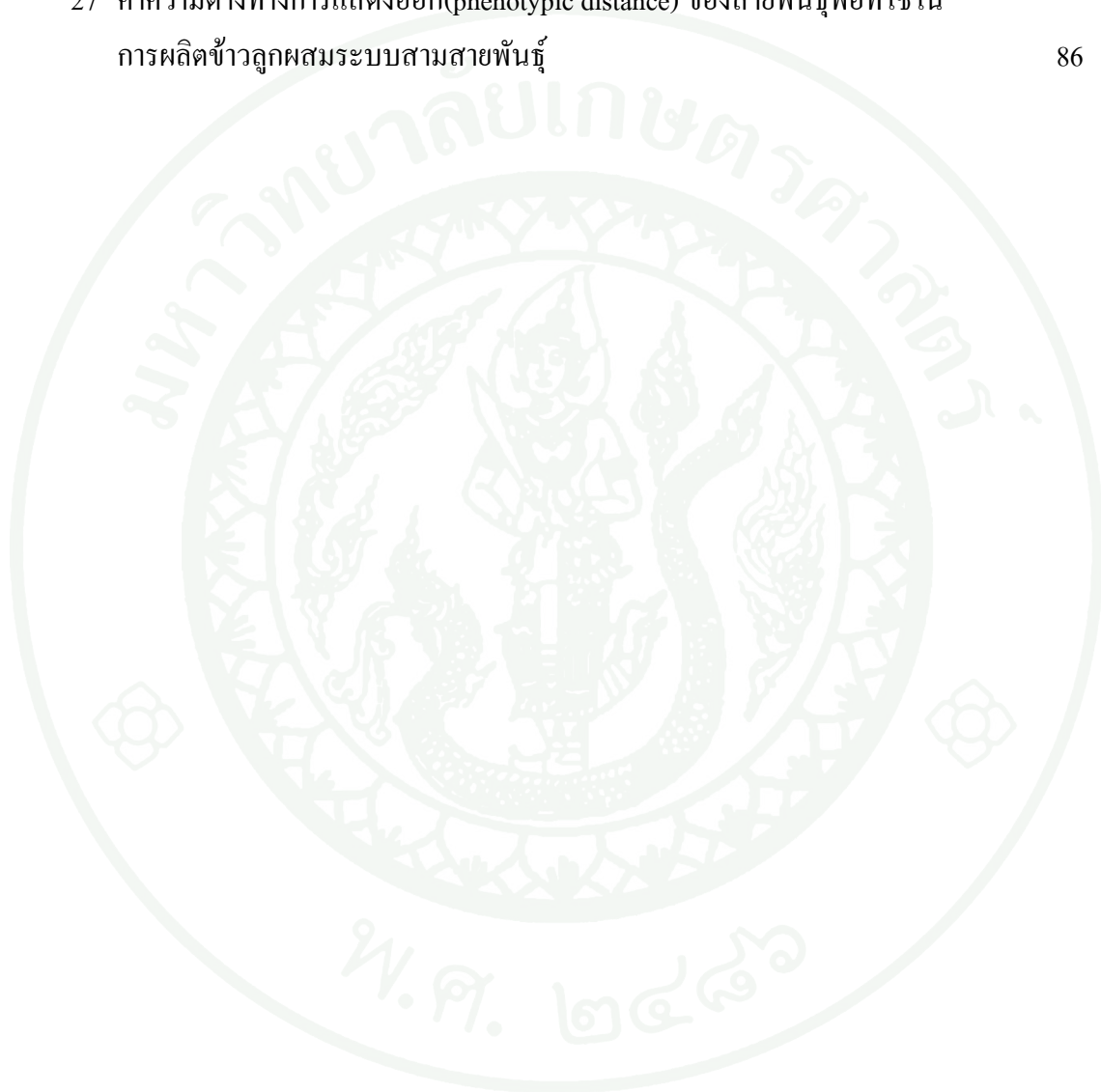
สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 27 ค่าความต่างทางการแสดงออก(phenotypic distance) ของสายพันธุ์พ่อที่ใช้ใน
การผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์

86



ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของการผลิต ข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์

Heterosis of Yield and Yield Components of Three-Line Hybrid Rice System

คำนำ

จากสถานการณ์การผลิตข้าวของประเทศไทย ในปี 2552 พบว่า มีผลผลิตข้าวเฉลี่ยประมาณ 430 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ประเทศคู่แข่งทางการค้ามีผลผลิตมากกว่าอาทิ จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และอินเดีย มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 1,000-1,787 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าผลผลิตข้าวของประเทศไทยเฉลี่ยต่ำกว่าประเทศคู่แข่งทางการค้าอยู่มาก ดังนั้น ประเทศไทยควรให้ความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว เพื่อความเป็นอยู่ของเกษตรกรที่ดีขึ้นและความมั่นคงทางธุรกิจการค้าข้าวในตลาดโลก

ข้าวลูกผสม (hybrid rice) เป็นหนึ่งในความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีการผลิตข้าวเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของพลเมืองโลก ที่ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกให้ความสำคัญ จากความสำเร็จของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมในประเทศจีน ที่สามารถผลิตข้าวลูกผสมเชิงการค้าได้เป็นผลสำเร็จ โดยในปี ค.ศ. 1999 ข้าวลูกผสมของกลุ่มผสม P64S/E32 มีผลผลิตเฉลี่ย 17.1 ตัน/เฮกเตอร์เมื่อปลูกในแปลงทดลองขนาด 720 ตารางเมตร และในปี ค.ศ. 2000 ข้าวลูกผสมของกลุ่มผสม P64S/9311 ซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัทไพโอเนีย (pioneer company) มีผลผลิตเฉลี่ย 9.6 ตัน/เฮกเตอร์ (ข้อมูลจากพื้นที่ 240,000 เฮกเตอร์) และ 9.2 ตัน/เฮกเตอร์ที่ปลูกในปี ค.ศ. 2001 (ข้อมูลจากพื้นที่ 1.2 ล้านเฮกเตอร์) (Yuan, 2012) การศึกษาด้านเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสม เป็นสิ่งที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ภายในประเทศได้ โดยในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ มีสายพันธุ์ที่เกี่ยวข้อง 3 สายพันธุ์ คือ 1) สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน (male sterile line) ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าวลูกผสม 2) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line) ใช้ผลิตเมล็ดสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน และ 3) สายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer line) ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม โดยข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีความสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ ดังนั้น การจำแนกสายพันธุ์ เป็นสิ่งที่จำเป็นสิ่งแรกในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ (Akhteret *al.*, 2008; Sabar and Akhter, 2003;

Akhteret *al.*, 2007) โดยอิทธิพลของยีนและความสามารถในการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มีความสำคัญต่อการแสดงออกของควมดีเด่นเหนือพ่อแม่ทั้งสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะ แต่อย่างไรก็ตาม สมรรถนะการผสมเฉพาะเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาตัดสินใจในการคัดเลือกกลุ่มผสมเพื่อผลิตข้าวลูกผสมที่มีผลผลิตสูง (Saidaiabet *al.*, 2010)

ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม การพิจารณาลักษณะผลผลิตเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันด้วย (Raju *et al.*, 2003; Babuet *al.*, 2012) ทั้งนี้ลักษณะดังกล่าวมักมีความสัมพันธ์กัน และอาจมีความสัมพันธ์ต่อผลผลิต วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีผลต่อผลผลิตเหล่านี้ ทำได้หลายวิธี เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์รีเกรสชัน การวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้สามารถบอกอิทธิพลโดยรวม (totaleffect) ของแต่ละลักษณะว่ามีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อย แต่ไม่สามารถบอกถึงอิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ที่เป็นอิทธิพลร่วมจากลักษณะอื่นๆ การใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (pathanalysis) (Wright, 1921) ที่ประยุกต์ใช้โดย Dewey and Lu (1959) เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ โดยการจำแนกทิศทางหรือเส้นทางของแต่ละความสัมพันธ์ว่ามีอิทธิพลทางตรงหรือทางอ้อมอย่างไร ซึ่งสามารถช่วยให้ทราบถึงอิทธิพลของลักษณะต่างๆ ที่มีผลทำให้ความสัมพันธ์เปลี่ยนไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันของละอองเกสร ในข้าวไทยบางพันธุ์/สายพันธุ์ และศึกษาการถ่ายทอดยีนควบคุมลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 (F_2)
2. เพื่อประเมินความดีเด่นของข้าวลูกผสม การเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมกับสายพันธุ์แท้ และประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่คัดเลือกได้
3. เพื่อศึกษาการกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตรผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรลูกชั่วที่ 2 ในกลุ่มผสมที่มีผลผลิตลูกผสมสูงสุด จำนวน 2 กลุ่มผสม

การตรวจเอกสาร

ข้าวลูกผสม

ข้าวลูกผสม(hybrid rice)หมายถึงต้นข้าวที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 seed) ที่ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ (cross pollination) ระหว่างข้าวสายพันธุ์แท้ (pure lines) 2 สายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน โดยแสดงความดีเด่น (hybrid vigor) เหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ (Shull, 1908) ประเทศจีนผลิตข้าวลูกผสมเชิงการค้าเป็นประเทศแรก โดยเริ่มงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวลูกผสมในปี ค.ศ. 1964 และสามารถผลิตพันธุ์ข้าวลูกผสมตลอดจนแนะนำพันธุ์ให้เกษตรกรปลูกในปี ค.ศ. 1976 โดยมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์การค้าที่ให้ผลผลิตสูงในขณะนั้น ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากนั้นผลผลิตข้าวลูกผสมของจีนก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีงานวิจัยและส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมเพิ่มมากขึ้นในหลายประเทศ เช่น อินเดีย อินโดนีเซีย เกาหลี ญี่ปุ่น อเมริกา บราซิล เม็กซิโก และ เวียดนาม เป็นต้น โดยมีบริษัทเอกชนหลายแห่งที่นำข้าวลูกผสมจากประเทศจีนมาทดสอบผลผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ เช่น บริษัท Ring Around Products ในอเมริกา และ บริษัท Cargill Seeds ในฟิลิปปินส์ เป็นต้น ส่วนสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) เริ่มให้ความสนใจเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมในปี ค.ศ. 1979 โดยนำเข้าข้าวลูกผสม (พันธุ์ Shan You 6, WeiYou 6 และ Shen You 2) จากจีนมาปลูกทดสอบผลผลิต แต่ยังให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ คือ IR36 และ IR42 ซึ่งอาจเป็นผลจากการไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมการผลิตในเขตร้อน (tropical zone) และการอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูเขตร้อน จึงทำให้ผลผลิตไม่สูงเหมือนในประเทศจีน (Virmani and Kumar, 2004)

การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมในประเทศจีน

ในปี ค.ศ. 1960 ประเทศจีนเริ่มปลูกข้าวต้นเตี้ย (semi-dwarf) ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยจาก 2 ตัน/เฮกเตอร์ เป็น 3.5 ตัน/เฮกเตอร์ ในปี ค.ศ. 1983 สามารถผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ โดยในปี ค.ศ. 1995 มีผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 5 ตัน/เฮกเตอร์ และมีผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 6 ตัน/เฮกเตอร์ในปี ค.ศ. 2008 (ภาพที่1) ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวลูกผสม คิดเป็น 63.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศ หรือประมาณ 18.6 ล้านเฮกเตอร์ โดยผลผลิตข้าวลูกผสมสูงกว่าพันธุ์บริสุทธิ์ ประมาณ 17-53.2 เปอร์เซ็นต์ หรือเฉลี่ยประมาณ 30.8 เปอร์เซ็นต์ (Liet *et al.*, 2009)

ช่วงเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีข้าวลูกผสมของจีนแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ คือ 1) ระยะเริ่มพัฒนา (ปี ค.ศ. 1964-1976) โดยใช้แหล่งพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันแบบ cytoplasmic-genetic male sterile (cms) โดยมีสายพันธุ์ที่เกี่ยวข้อง 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน (A line) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (B line) และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (R line) และมีลักษณะละอองเกสรเป็นหมันแบบ WA-cms (Li, 1977) ข้าวลูกผสมพันธุ์แรกของจีน คือ พันธุ์ Nan-You 2 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แท้ ประมาณ 23-30 เปอร์เซ็นต์ (Lin and Yuan, 1980) 2) ระยะการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมเชิงการค้า (ปี ค.ศ. 1977-1985) การผลิตข้าวลูกผสมมีปัญหาอยู่มาก เช่น ข้าวลูกผสมอ่อนแอต่อโรคและแมลง ใช้แหล่งพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันเพียงชนิดเดียว ช่วงเวลาการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ และมีผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ดังนั้น จึงมีการพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมให้มีผลผลิตสูงขึ้น ด้านทานต่อโรคสำคัญๆ เช่น พันธุ์ Wei-You 64 เป็นต้น (Yuan and Virmani, 1988) โดยในช่วงนี้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันได้ 60 แบบ ประมาณ 600 สายพันธุ์ (Li and Zhu, 1988) โดยในช่วงกลางทศวรรษที่ 1980 สามารถผลิตสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันที่มีคุณภาพเมล็ดดี เช่น เปอร์เซ็นต์ต้นขาว (head rice) สูง ท้องไข่ (chalkiness) น้อย ปริมาณอะมิโลสต่ำ (low-amylose content) และมีอัตราการติดเมล็ดของการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมสูงกว่าพันธุ์เดิม 30-50 เปอร์เซ็นต์ 3) ระยะการพัฒนาข้าวลูกผสมระบบสองสายพันธุ์ (ปี ค.ศ. 1986-1995) จากที่นักวิจัยสามารถจำแนกลักษณะละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียสได้ในมะเขือเทศ ในปี ค.ศ. 1948 Shi Mingsong พบลักษณะดังกล่าวในข้าวพันธุ์ Nong-ken58s (Shi, 1981) ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 เทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมระบบสองสายพันธุ์ สามารถผลิตข้าวลูกผสมเป็นการค้าได้สำเร็จ 4) ระยะการเพิ่มความดีเด่นของข้าวลูกผสม (ปี ค.ศ. 1995-ปัจจุบัน) เป็นการผลิตลูกผสมที่มีความดีเด่นสูง (superior heterosis) โดยการผสมระหว่างข้าวอินดิกากับข้าวจาโปนิกา โดยอาศัยทฤษฎีความดีเด่นของการผสมข้ามชนิดย่อย (inter-subspecific heterosis) ที่มากกว่าความดีเด่นจากการผสมระหว่างพันธุ์ (intervarieties hybridization) อย่างไรก็ตามลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาโปนิกา มีระยะการเจริญเติบโตยาวนาน อัตราการติดเมล็ดต่ำ (10-30 เปอร์เซ็นต์) ช่วงเวลาการออกดอกไม่สม่ำเสมอ (asynchronization) และมีการกระจายตัวของลักษณะคุณภาพเมล็ด (Li and Yuan, 2000)

อย่างไรก็ตาม มีการค้นพบยีน S-5^h หรือ WC (wild compatibility gene) ที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของการผสมข้ามชนิดย่อยได้ (Ikehashi and Araki, 1986) โดยประเทศจีนสามารถใช้ยีน WC ในการเพิ่มอัตราการติดเมล็ดของข้าวลูกผสมจากการผสมข้ามชนิดย่อยของข้าวได้ (Yuan, 1994) และมีการใช้ข้าวชนิดย่อยจาวานิกา ที่เป็นชนิดย่อย

ที่มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับทั้งข้าวอินดิกาและจาโปนิกา โดยใช้ข้าวอินดิกาหรือจาโปนิกาเป็นสายพันธุ์พ่อหรือแม่สายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง ผสมกับข้าวจาวานิกาเพื่อใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมที่มีอัตราการติดเมล็ดสูง(Xiao *et al.*, 2006)นอกจากนี้ Yuan (1998b)รายงานว่า รูปแบบทรงต้นที่มีผลต่อลักษณะผลผลิตสูงของข้าวลูกผสม เช่น ใบแคบยาวตั้งตรง รูปร่างใบเป็นแบบตัวอักษร V ขนาดใบใหญ่ ตำแหน่งรวงต่ำ รวงขนาดใหญ่ จำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่า 250 เมล็ด โดยใช้ลักษณะเหล่านี้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกทรงต้นของข้าวลูกผสม เพื่อให้มีผลผลิตสูง

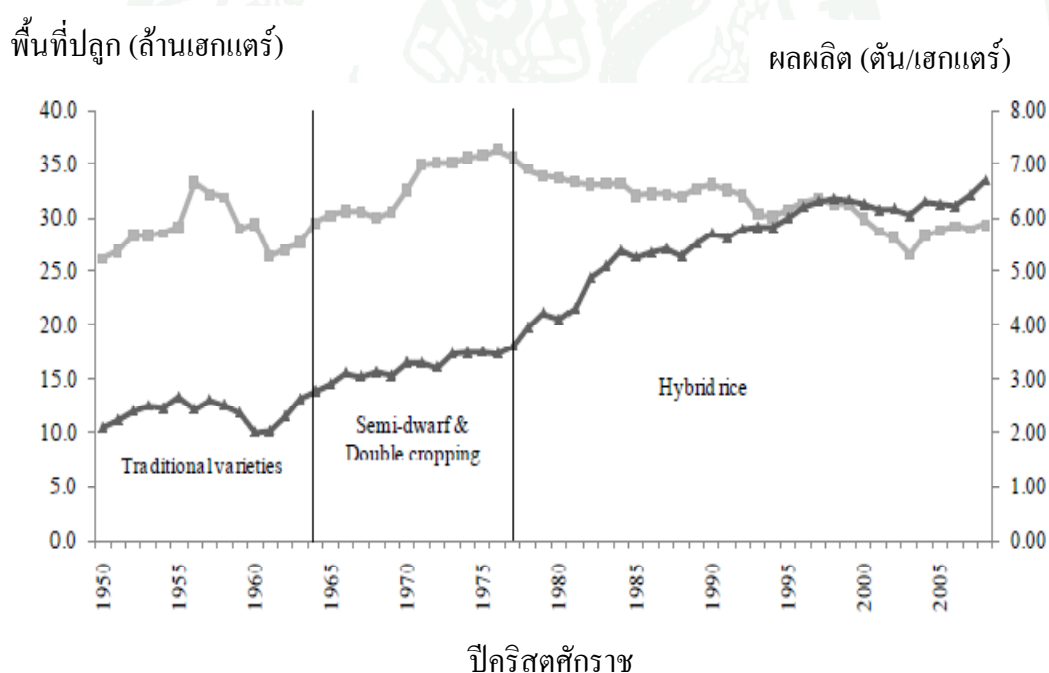
การพัฒนาข้าวลูกผสมในประเทศไทย

กรมการข้าวเริ่มงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมในปี พ.ศ. 2522 ที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรีในระยะแรกมีการทดสอบผลผลิตข้าวลูกผสมที่นำเข้าจาก IRRI และจีนที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรีในปี พ.ศ. 2534 เพื่อทดสอบการปรับตัวของข้าวลูกผสมพบว่า ข้าวลูกผสมมีอายุวันเก็บเกี่ยวสั้น (early-maturing) และผลผลิตต่ำหรือใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวไทย การพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันโดยใช้สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cmsถ่ายทอดลักษณะละอองเกสรเป็นหมันสู่ข้าวไทยหลายพันธุ์ สามารถผลิตสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันได้ เช่น RD21A, RD25A, IR17492A, BS4A, KDML105A, SPRLR76102-21-1-1A และ SPRLR75001-68-2-2A เป็นต้น การจำแนกสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน พบว่า มีสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่ดี 4 สายพันธุ์ คือ SPRLR83136-14-2-2-1-1, SPRLR836260-143-1-1, SPRLR82216-26-1-1 และ SPRLR82216-26-1-3พัฒนาศักดิ์ และคณะ (2552)พัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันและสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันได้ 4 สายพันธุ์ คือ PAT1-2-1A"/B, PAT7-3-2A"/B, PAT6-1-6A"/B และ PAT4-3-11A"/B ที่ให้ผลผลิตลูกผสมtopcross สูง อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงลักษณะคุณภาพเมล็ดมีความสำคัญมากสำหรับมาตรฐานข้าวไทย เนื่องจากสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่ใช้ มีคุณภาพเมล็ดต่ำ เพราะฉะนั้นการพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่มีลักษณะคุณภาพเมล็ดดี ทั้งคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพทางกายภาพ มีความจำเป็นอย่างยิ่ง (Chitrakonnet *et al.*, 1986)

ข้าวเจ้าลูกผสมพันธุ์แรกของประเทศ คือพันธุ์ซีพี304(CP304)เป็นข้าวเจ้าลูกผสมไม่ไวต่อช่วงแสงปรับปรุงพันธุ์โดยบริษัทเจริญโภคภัณฑ์เมล็ดพันธุ์จำกัดอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 103-104 วันมีลักษณะเด่น คือให้ผลผลิตเฉลี่ย 938 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งสูงกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (817 กก./ไร่), ชัยนาท 1 (749 กก./ไร่) และพิษณุโลก 2 (725 กก./ไร่) คิดเป็นผลผลิตมากกว่า 15 ,

25 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและในปี พ.ศ. 2554 กรมการข้าวแนะนำพันธุ์ข้าวลูกผสม กขพ1 เป็นข้าวลูกผสมที่ผลิตในระบบ 3 สายพันธุ์โดยมีสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันคือสายพันธุ์ IR79156A ของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติและสายพันธุ์ IR79156B เป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันส่วนพันธุ์สายพันธุ์แก้ความเป็นหมันคือสายพันธุ์ JN29-PTT-43-1-5-5-1-3-1R ที่มีลักษณะเด่นคือ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,006 กิโลกรัม/ไร่สูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 (666 กิโลกรัม/ไร่) และ สุพรรณบุรี 1 (817 กิโลกรัม/ไร่) คิดเป็น 51 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(สำนักวิจัยและพัฒนา, 2555)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมในประเทศไทย ยังมีผลผลิตไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตข้าวลูกผสมอื่น ๆ ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมและการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อผลิตลูกผสมที่ดี จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมและเทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมต่อไป



ภาพที่ 1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวในประเทศจีนระหว่างปี ค.ศ. 1950 ถึงปี ค.ศ. 2008 (หน่วยวัด: พื้นที่ (ล้านเฮกเตอร์), ผลผลิต (ตันต่อเฮกเตอร์))

ที่มา: China MOA and IRRI rice statistics; อ้างโดย Liet *al.* (2009)

ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันและยีนแก้ความเป็นหมัน

ลักษณะละอองเกสรเป็นหมัน(male sterility)หมายถึง การที่พืชไม่สามารถผลิตหรือสร้างละอองเกสรที่สามารถทำงานได้ปกติ โดยลักษณะละอองเกสรเป็นหมัน มีรายงานพบในหลายพืช เช่น ข้าวโพด ฝ้าย ทานตะวัน แครอท ถั่วเหลือง และข้าว เป็นต้น โดยแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส (genetic male sterility) ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโตพลาสซึม(cytoplasmic genetic male sterility) (Virmani, 2003) ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในข้าว พบครั้งแรก โดย ศาสตราจารย์ Yuan Longping ในปี 1964 ได้จากแปลงผลิตข้าวอินดิกา เป็นลักษณะละอองเกสรเป็นหมันโดยธรรมชาติ แต่ยังไม่พบสายพันธุ์ที่จะใช้แก้ความเป็นหมัน และต่อมาในปี 1970 Li ค้นพบ ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในข้าวป่า (*Oryza rufipogon*) และสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันได้(Yuan, 1977)

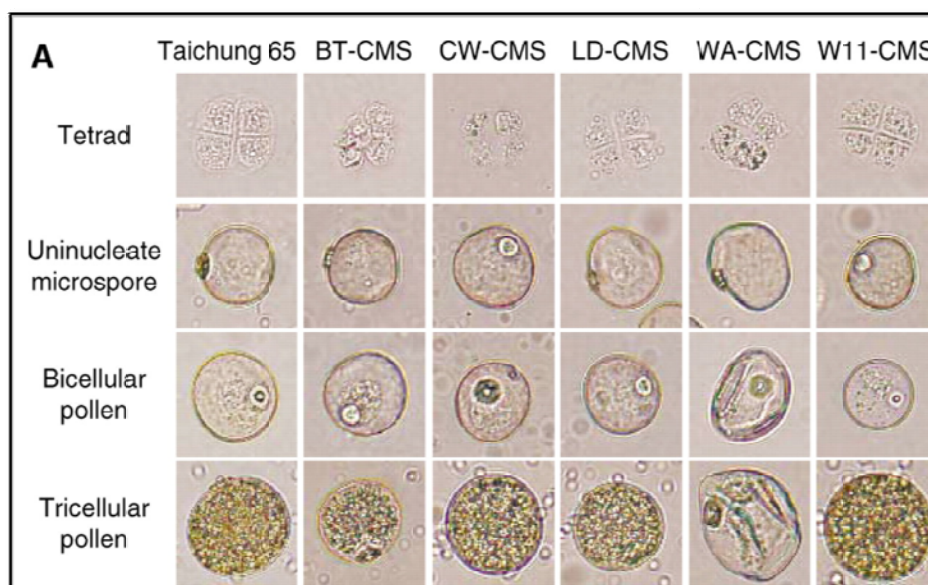
ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโตพลาสซึม(CMS) มีสาเหตุมาจากพันธุกรรมในไมโทคอนเดรียที่ไม่สามารถควบคุมการผลิตละอองเกสรที่ทำหน้าที่ได้ แต่สามารถแก้ความเป็นหมันได้ด้วยยีนในนิวเคลียส (restored nuclear genes) ของสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน โดยระบบ CMS ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ชนิด wild abortive (WA-cms) (Yao *et al.*, 1997) ชนิดของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในระบบสามสายพันธุ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบหลัก คือ WildAbortive (WA-cms), ChinsurahBoroII(BT-cms) และ Hong-Lian (HL-cms) โดย WA-cmsมีการถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันแบบ sporophytic abortive กล่าวคือ ความผิดปกติในการผลิตละอองเกสร เนื่องจากละอองเกสรมีรูปร่างผิดปกติและไม่สมบูรณ์ (pollen abortive) โดยระบบ sporophytic abortive พบว่าความสามารถในการผสมติดเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 1 เป็นผลจากพันธุกรรมของต้นลูกผสมเอง (sporophyte) และมีการกระจายตัวของลักษณะต้นที่เป็นหมันในประชากรชั่วที่ 2 แต่ BT-cms และ HL-cms มีการถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันแบบ gametophytic abortive กล่าวคือ ความสามารถในการผสมติดเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 1 หรือประชากรลูกชั่วที่ 2 เกิดจากการเข้าผสมของละอองเกสรที่มียีนแก้ความเป็นหมัน (Rf gamete) และไม่มีการกระจายตัวของต้นที่เป็นหมันในประชากรชั่วที่ 2 (Fujii *et al.*, 2008) โดยที่ Sattari *et al.* (2008) กล่าวว่า ความสามารถในการผลิตข้าวลูกผสม มีความแตกต่างกันของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันที่มีระบบรักษาความเป็นหมันและการแก้ความเป็นหมันที่ต่างกัน

Kamori *et al.* (2003) รายงานว่า ลักษณะละอองเกสรชนิด BT-cms มียีนแก้ความเป็นหมัน 1 ตำแหน่ง (Rf_1) อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 10 และมีรายงานที่ HL-cms มียีนแก้ความเป็นหมันควบคุม 1 ตำแหน่ง (Rf_5) อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 10 เช่นกัน (Huang *et al.*, 2000) ส่วนการถ่ายทอดลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cms รายงานโดย Yao *et al.* (1997) พบว่า มียีนแก้ความเป็นหมันควบคุม 2 ตำแหน่ง บนโครโมโซมคู่ที่ 1 (Rf_3) และโครโมโซมคู่ที่ 10 (Rf_4)

การตรวจสอบการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะของยีนแก้ความเป็นหมัน Nematzadeh and Kiani (2010) พบว่าการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน ในกลุ่มผสม Neda A/DN-33-18 ซึ่งมีอัตราส่วน เป็น 15:1 แสดงว่ามียีนแก้ความเป็นหมันควบคุม 2 ตำแหน่งโดยสายพันธุ์ Neda A มีลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cms ซึ่งยืนยันด้วยเครื่องหมายโมเลกุลที่ใกล้กับยีน Rf_3 (RM3148) บนโครโมโซมคู่ที่ 1 และเครื่องหมายโมเลกุลที่ใกล้กับยีน Rf_4 (RM258-RM171) บนโครโมโซมคู่ที่ 10 สอดคล้องกับรายงานของ Yao *et al.* (1997) ที่ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะของยีนแก้ความเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม Zhenshan 97A/Minghui 63 พบว่า การกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน มีอัตราส่วน เป็น 15:1 แสดงว่ามียีนเด่น (dominant genes) 2 ตำแหน่งควบคุมลักษณะแก้ความเป็นหมันในข้าว Li *et al.* (2008) ศึกษาการถ่ายทอดของยีนแก้ความเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม Zhong 9A/R68 โดยสายพันธุ์ Zhong 9A มีพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด ID-cms (Indonesian paddy type) และเป็นสายพันธุ์ที่พัฒนาจาก WA-cms พบว่า มีอัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน เป็น 15:1 แสดงว่ามียีน 2 ตำแหน่งควบคุมลักษณะของยีนแก้ความเป็นหมันในระบบ WA-cms และจากการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ทั้งสองกลุ่มผสม แสดงว่า ยีนแก้ความเป็นหมันทั้ง 2 ตำแหน่งสามารถถ่ายทอดไปสู่สายพันธุ์ข้าวอื่นได้ อย่างไรก็ตาม Hossain *et al.* (2010) ได้ผสมระหว่างข้าวสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cms (Pusa 3A, Pusa 5A และ Pusa 6A) กับสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่คัดเลือกจากกลุ่มผสมระหว่างข้าวอินดิกาและข้าวจาโปนิกา (P1277-100, P1266-89 และ P1266-8) พบว่า มียีนแก้ความเป็นหมันจำนวน 2-3 ยีน โดยขึ้นอยู่กับแต่ละกลุ่มผสมทั้งนี้การแก้ความเป็นหมันในระบบ WA-cms มียีนหนึ่งตัวที่มีอิทธิพลมากกว่าในการควบคุมลักษณะ

ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด HL-cms พบว่า มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวลูกผสม โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันชนิด HL-cms ที่มีคุณภาพเมล็ด

ดี ให้ผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว โดยHuang *et al.* (2000) ศึกษาขึ้นแก่ความเป็นหมันในระบบนี้ ในประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1)ของกลุ่มผสม Congguang41N/Miyang 23/Congguang 41Bพบว่า มีการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน อัตราส่วน 1:1 แสดงว่ามียีนควบคุมลักษณะการแก่ความเป็นหมันของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันชนิด HL-cmsจำนวน 1 ตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมคู่ที่10 ใกล้กับเครื่องหมายโมเลกุล RM258 อย่างไรก็ตาม Liu *et al.* (2004)พบว่า ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด HL-cms ของต้นลูกผสมชั่วที่ 1 มีละอองเกสรติดสีประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการกระจายตัวของต้นที่เป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ซึ่งแสดงว่า มียีนแก่ความเป็นหมันแบบ gametophytic systemโดยการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน ในประชากรลูกผสมกลับในกลุ่มผสม CG-41A/(CG-41B/MY23), YT-A/(YT-B/MY23) และกลุ่มผสม YT-A/(YT-B/93-11) พบว่า มีอัตราส่วนเป็น 1:1 แสดงว่ามียีนควบคุมลักษณะการแก่ความเป็นหมัน จำนวน 1 ตำแหน่ง อย่างไรก็ตามในลูกผสมทดสอบ (testcross) ของกลุ่มผสม YT-A/(MY23/93-11) พบว่า มีการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรปกติและละอองเกสรเป็นหมัน ในอัตราส่วน 3:1แสดงว่ามียีนควบคุมลักษณะการแก่ความเป็นหมัน จำนวน 2 ตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันจากสายพันธุ์ MY23 และสายพันธุ์ 93-11 สายพันธุ์ละ 1 ตำแหน่ง โดยมีอัตราการเกิด generecombination เท่ากับ 8.57เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้ลักษณะของละอองเกสรที่เป็นหมันมีความแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน ซึ่งลักษณะละอองเกสรเป็นหมันของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cmsมีละอองเกสรที่มีรูปร่างผิดปกติ (ภาพที่ 2) (Fujiet *al.*, 2010)



ภาพที่ 2 ลักษณะของละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโทพลาสซึมแบบต่างๆ

ที่มา: Fujii *et al.* (2010)

ความดีเด่นของลูกผสม

ลักษณะความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis หรือ Hybrid vigor) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีฐานทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันหรือไม่มีความสัมพันธ์กันทางสายเลือดแสดงความดีเด่นเหนือกว่าสายพันธุ์พ่อแม่หรือสายพันธุ์เปรียบเทียบ ในลักษณะที่สนใจ เช่น ความแข็งแรงของการเจริญเติบโต ความสามารถในการให้ผลผลิต คุณภาพเมล็ด ความต้านทานโรคและแมลง ความต้านทานต่อสภาพวิกฤติ (stress resistance) การปรับตัว (adaptability) และลักษณะอื่นๆ (Beal, 1880) ความแข็งแรงหรือความดีเด่นของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 มีรายงานครั้งแรกโดย Jones ในปี ค.ศ. 1926 หลังจากนั้นมีการศึกษาลักษณะความแข็งแรงของข้าวลูกผสมกันอย่างมาก (Davis and Rutger, 1976; Virmaniet *al.*, 1981; Virmani and Edwards, 1983) โดย Shull (1952) ได้แบ่งวิธีการประเมินค่าความดีเด่นของลูกผสม เป็น 3 แบบ คือ 1) ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parents heterosis) 2) ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อแม่หรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) และ 3) ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นสายพันธุ์ที่ดีในขณะนั้น (standard heterosis) Virmaniet *al.* (1981) รายงานว่า มีความแปรปรวนของค่า standard heterosis และ heterobeltiosis ในลักษณะผลผลิต

และองค์ประกอบผลผลิต โดยค่า heterobeltiosis ในลักษณะผลผลิตมีค่าตั้งแต่ -91 ถึง 369 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงมีค่าตั้งแต่ -70 ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะน้ำหนักเมล็ดมีค่าตั้งแต่ -31 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ และในลักษณะจำนวนรวงต่อต้นมีค่าตั้งแต่ -45 ถึง 505 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะความต้านทานต่อโรคและแมลงของข้าวนั้น Gaoet al. (2009) รายงานว่า ข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์พ่อ (สายพันธุ์ Bt5198) ที่มียืนต้านทานการเข้าทำลายของหนอนกอข้าวชนิด striped stem borer (SSB) และ yellow stem borer (YSB) กับสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน จำนวน 4 สายพันธุ์ พบว่า มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของ SSB และ YSB ได้ดีกว่าสายพันธุ์พ่อแม่

สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสม

เนื่องจากการแสดงออกของสายพันธุ์พ่อแม่อาจไม่สามารถบอกให้ทราบลักษณะของลูกผสมที่ได้ว่าจะมีลักษณะที่ดีหรือเลว เพราะฉะนั้น การทดสอบสมรรถนะการผสม (combining ability) ของสายพันธุ์พ่อแม่จึงมีความสำคัญต่อการสร้างลูกผสมมาก การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่โดยการผสมทดสอบ ทำให้เพิ่มโอกาสที่จะคัดเลือกกลุ่มผสมที่สามารถให้ลูกผสมที่ดี การทดสอบสมรรถนะการผสม เป็นวิธีหนึ่งในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งสมรรถนะการผสมเป็นค่าที่บอกคุณสมบัติของสายพันธุ์ในการผลิตลูกผสม (Sprague and Tatum, 1942) การประเมินสมรรถนะการผสม แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability; GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability; SCA) Saidaihet al. (2010) ศึกษาสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์แม่ APMS 6A, PUSA5A และ CRMS 32A กับพันธุ์/สายพันธุ์พ่อ 1096, 1005, IBL-57 และ SC59-3 เป็นสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปที่ดีในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ และสามารถคัดเลือกลูกผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะที่ดี คือ กลุ่มผสม APMS 6A/SC59-3, APMS 6A/1005 และ APMS 6A/GQ 25 ทั้งนี้ Jelodar (2010) พบว่า สายพันธุ์แม่ IR62829A และสายพันธุ์พ่อ IR50 และ POYA มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดีในทุกลักษณะ และมีกลุ่มผสม จำนวน 4 คู่ที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง คือ กลุ่มผสม IR62829A/Mosatarom, IR62829A/POYA, IR58025A/IR50 และ IR58025A/POYA โดยมีค่าความดีเด่นสูงสุดเท่ากับ 106.60 ในกลุ่มผสม IR62829A/POYA

ในประเทศไทยสุภาพร และ สุทัศน์ (2548) ศึกษาสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในโครงการข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2546 พบว่า

สายพันธุ์แม่ที่ให้สมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ได้แก่ สายพันธุ์ RD21A-23 และ IR62829A สายพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ได้แก่ พันธุ์ กข11 กข7 และสายพันธุ์ IR58110-144-2-2-2R อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะในลักษณะผลผลิตของลูกผสมไม่แตกต่างทางสถิติ

ความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว

การศึกษาความสัมพันธ์ (correlation) ของลักษณะต่างๆ เป็นสิ่งที่น่าสนใจของนักปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ที่สนใจ และยังทำให้สามารถคัดเลือกลักษณะที่ต้องการผ่านทางลักษณะอื่นที่มีความสัมพันธ์กันสูง โดยเฉพาะเมื่อลักษณะนั้น ๆ มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (heritability) สูง (Falconer, 1988) โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ 1) ระดับของการแสดงออก (phenotypic level หรือ phenotypic correlation) ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมและสามารถใช้ค่าความสัมพันธ์นี้คัดเลือกลักษณะที่สนใจในการทดลองได้โดยตรง (Hallauer and Miranda, 1989) 2) ระดับของพันธุกรรม (genotypic level หรือ genotypic correlation) เป็นผลจากอิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรง โดยทั้งค่า phenotypic correlation และ genotypic correlation สามารถประเมินได้จากค่าองค์ประกอบของความแปรปรวน (components of variance) (Sughrue and Hallauer, 1997)

จากการวิเคราะห์ค่า phenotypic correlation พบว่า ผลผลิตข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวก (positive correlation) กับลักษณะความสูงต้น ความยาวรวงและน้ำหนักรวง (Samonte *et al.*, 1998; Reddy *et al.*, 1997) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด (Samonte *et al.*, 1998; Gectha *et al.*, 1994) จำนวนวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนวันเก็บเกี่ยว (Gectha *et al.*, 1994) อย่างไรก็ตาม Bansal *et al.* (2000) และ Dhanraj and Jagadish (1987) รายงานว่า ผลผลิตต่อต้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1000 เมล็ด Feil (1992) และ Prasad *et al.* (1988) พบว่า จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตต่อต้น Ramakrishnan *et al.* (2006) และ Baier *et al.* (1992) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผลผลิตข้าวกับลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและจำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อรวง Surek *et al.* (1998) รายงานว่า ผลผลิตต่อต้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้นและน้ำหนัก 1000 เมล็ด Venkateswarlu *et al.* (1986) ศึกษาผลของความหนาแน่นของเมล็ดต่อรวง (high seed density) ต่อ

การให้ผลผลิต และแนะนำว่าการเพิ่มความหนาแน่นของเมล็ดสามารถเพิ่มผลผลิตประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ Gravois and Mcnew (1993) แนะนำว่า การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยการคัดเลือก น้ำหนักรวงหรือจำนวนรวงอย่างเดียวไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามดัชนีของการ คัดเลือกลักษณะน้ำหนักรวงและจำนวนรวง สามารถประเมินประสิทธิภาพการคัดเลือกได้สูงถึง 91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Kato (1990) รายงานว่า การคัดเลือกลักษณะขนาดเมล็ดสามารถคัดเลือกใน ประชากรชั่วแรก ๆ และค่อยคัดเลือกผลผลิตในชั่วหลังๆ Feil (1992) พบว่า ลักษณะจำนวนเมล็ด ต่อรวงในธัญพืช น่าจะเป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงได้ดี Morales (1986) แนะนำว่า ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1000 เมล็ด เป็นองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ ที่สุด ในทำนองเดียวกัน Ibrahim *et al.* (1990) พบว่า ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงเป็นลักษณะที่ดี ในการคัดเลือกพันธุ์ผลผลิตสูง นอกจากนี้ Mehetreet *et al.* (1994) รายงานว่า ลักษณะจำนวนเมล็ดดี ต่อรวงมีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิต

สำหรับลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 ในระบบ 3 สายพันธุ์ นั้น Rajuet *al.* (2003) พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับผลผลิต คือ ลักษณะจำนวน รวงต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความยาวรวง ค่า crop growth rate ก่อนระยะดอกบาน ค่าดัชนีพื้นที่ ใบ (LAI) ที่ระยะออกดอก และดัชนีเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถคัดเลือกลักษณะเหล่านี้ในโครงการ ปรับปรุงผลผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ได้

จากข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นได้ว่าลักษณะที่จำเป็นในการพิจารณาคัดเลือก เพื่อปรับปรุง ผลผลิตของข้าว นั้น มีความหลากหลายของลักษณะที่จะคัดเลือกและแปรปรวนตามชนิดของสาย พันธุ์ข้าวที่ใช้ทดลองและสภาพแวดล้อมที่ทดลอง รวมถึงวิธีการเก็บข้อมูลและการเลือกลักษณะที่ ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาความสัมพันธ์และพิจารณาคัดเลือก ลักษณะในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อเพิ่มผลผลิต

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตเป็นลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถวิเคราะห์หาค่า สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้โดยวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) อย่างไร ก็ตามการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวไม่สามารถจำแนกความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นได้ โดย ไม่สามารถทราบได้ว่าลักษณะที่ปรากฏเป็นผลจากอิทธิพลของลักษณะนั้น โดยตรง หรือเป็นผล จากอิทธิพลทางอ้อมของลักษณะอื่น ๆ (Gravois and Helms, 1992) ด้วยเหตุผลดังกล่าว Dewey

and Lu (1959) จึงพัฒนาวิธีการที่สามารถจำแนกเส้นทางการความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะได้ วิธีการนี้ เรียกว่า PathAnalysis และแสดงวิธีการวิเคราะห์โดย Kozaket al. (2007)

Zahidet al. (2006) รายงานว่าลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีค่าอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อผลผลิตข้าว ซึ่งสอดคล้องกับ SurekandBeser (2003) และ YolandaandDas(1995) ที่พบว่า ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดมีค่าอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตข้าว ส่วนZahidet al. (2006) และ Prasadetal. (2001) พบว่า ลักษณะจำนวนรวงต่อต้นและความสูงต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงลบกับผลผลิต อย่างไรก็ตาม Ramakrishnayaet al. (1991) พบว่า ความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงกับผลผลิตข้าว และ Reuben and Katuli (1989) ก็พบว่า ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงกับผลผลิตข้าว เช่นเดียวกัน โดย Babuet al. (2012) รายงาน จำนวนรวงต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อผลผลิตและสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ลักษณะความสูงต้น การให้ผลผลิตต่อวัน (productivity day⁻¹) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และความสูงรวง (panicle height) มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับการให้ผลผลิตของข้าว (Bhadruet al., 2011) ในข้าวลูกผสมระหว่างคู่ผสมjaponica/indica,tropical japonica/japonica,indica/indicaและ indica/japonica พบว่า จำนวนรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นลักษณะสำคัญที่มีความสัมพันธ์ต่อการให้ผลผลิตของข้าว (Gunasekaranet al., 2010) ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมจึงมีความจำเป็น สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมต่อไป

การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน

ขั้นตอนแรกในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมระบบ3 สายพันธุ์ เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและมีผลผลิตสูงนั้น จำเป็นต้องมีการจำแนกสายพันธุ์ที่จะใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมนั้น ๆ สำหรับการจำแนกสายพันธุ์ด้วยวิธีการผสมทดสอบ (testcross) โดยผสมกับสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน และเนื่องจากความสามารถในการแก้ความเป็นหมันของสายพันธุ์พ่อที่จะใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมมีความเฉพาะเจาะจงกับแต่ละชนิดของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมัน (Sattariet al., 2008) ดังนั้น โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ จำเป็นต้องมีการจำแนกสายพันธุ์ก่อน เพื่อใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมหรือการพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันใหม่ต่อไป โดยสามารถจำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน(restorer line; R) สายพันธุ์แก้ความเป็น

หมั่นบางส่วน (partial restorer line; PR) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่นบางส่วน (partial maintainer line; PM) และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่น (maintainer line; M) โดยประเมินจาก ความมีชีวิตของละอองเกสรของลูกผสมทดสอบที่เชื่อมด้วยสารละลายไอโอดีน (2% I₂KI) หรือคา ลามัค เป็นต้น โดย Ingaleet *al.* (2008) สามารถแบ่งสายพันธุ์พ่อที่เข้าทดสอบ เป็น 4 กลุ่ม จำแนกจากความมีชีวิตของละอองเกสร คือ สายพันธุ์แก่ความเป็นหมั่น (> 80% spikelet fertility) สายพันธุ์แก่ความเป็นหมั่นบางส่วน (20-70% spikelet fertility) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่น บางส่วน (10-19% spikelet fertility) และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่น (< 10% spikelet fertility) ซึ่งสามารถจำแนกสายพันธุ์แก่ความเป็นหมั่นได้ จำนวน 40 สายพันธุ์ และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่นจำนวน 77 สายพันธุ์ สอดคล้องกับ Akhteret *al.* (2008) ที่สามารถจำแนกสายพันธุ์แก่ ความเป็นหมั่นได้ จำนวน 12 สายพันธุ์และจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมั่นได้ จำนวน 16 สายพันธุ์ จากจำนวนสายพันธุ์ทดสอบทั้งหมด 239 สายพันธุ์ด้วยวิธีการผสมทดสอบ

การจัดกลุ่มสายพันธุ์ข้าวจากข้อมูลทางสัณฐานวิทยา

วิธี cluster Analysis เป็นเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่งกลุ่ม หรือแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป สิ่งสำคัญที่สุดของการจัดกลุ่ม คือ ตัวแปรที่ใช้ หากผู้วิจัยไม่ได้เก็บ ข้อมูลของตัวแปรที่สำคัญ ๆ ผลที่ได้ก็จะไม่ดีหรือทำให้ไขว้เขวได้ ทั้งนี้เพราะตัวแปรที่เลือกไว้ ตั้งแต่แรกจะเป็นสิ่งที่กำหนดคุณสมบัติของสิ่งที่ระบุความเป็นกลุ่มย่อย วิธีการวัดความต่าง (distance) สามารถวัดได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นิยมวัดกันมากก็คือ ระยะห่างเชิงยูคลิดคกกำลังสอง (squared euclidean distance) คือผลรวมของผลต่างยกกำลังสองของทุกตัวแปรที่เก็บข้อมูล

จากความหลากหลายของสายพันธุ์ข้าวซึ่งแตกต่างกันในแต่ละสภาพพื้นที่ปลูกโครงการปรับปรุงพันธุ์ หรือสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ เป็นต้น ทำให้มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม การแสดงออกและการให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษาความหลากหลาย (diversity) ของสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยอาจศึกษาจากข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological traits) หรือใช้ข้อมูลเครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) ต่าง ๆ เช่น SSR, AFLP, RAPD เป็นต้น เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน โดยชนพรและคณะ (2012) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี โดยวิเคราะห์ค่าความต่าง euclidean โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา จำนวน 5 ลักษณะพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มข้าวพื้นเมืองได้ 3 กลุ่มและแนะนำว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถนำมาใช้

ในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่เพื่อใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่ต่อไป สอดคล้องกับ Hogue and Rahman (2007) และ Caldoet *et al.* (1996) พบว่า การศึกษาความต่างทางการแสดงออกของข้าว โดยการประเมินค่าความต่าง euclidean สามารถใช้ในการจัดกลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวและธัญพืชอื่นๆ ได้



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์/สายพันธุ์ข้าว

1.1 สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากอิทธิพลระหว่างยีนในนิวเคลียสและไซโตพลาสซึมที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ได้แก่สายพันธุ์ CHA1 เป็นเชื้อพันธุ์กรรมจากประเทศจีน และสายพันธุ์ IR80151A ซึ่งเป็นเชื้อพันธุ์กรรมจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI)

1.2 สายพันธุ์ข้าวที่ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อ เป็นเชื้อพันธุ์กรรมจากประเทศจีนจำนวน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ CH1 พันธุ์ CH2 พันธุ์ พันธุ์ CH4 และสายพันธุ์ CT13432 เชื้อพันธุ์กรรมจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ จำนวน 4 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ IR64 สายพันธุ์ IR79156B สายพันธุ์ IR80151B และสายพันธุ์ IR80156B และเชื้อพันธุ์กรรมข้าวไทย จำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 1 เจ้าหอมนิล ปทุมธานี 1 กข29 กข31 สกลนคร 1 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 สุพรรณบุรี 60 และสุพรรณบุรี 80

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูก ดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวข้าว ได้แก่ กระถาง กระบะเพาะ ป้ายชื่อ ไม้ปักป้ายชื่อ ถุงกระดาษสีน้ำตาล เทียนกาวข้าว ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และสูตร 46-0-0 สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น สตาร์เกิลแอสเซนส์ และโอไมท์ เป็นต้น

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมข้าว ได้แก่ กรรไกร ขวดพลาสติกปากกว้าง ป้ายชื่อ ไม้ปักป้ายชื่อ และยางวง

4. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบันทึกลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต ได้แก่ ตลับเมตร เครื่องชั่ง เครื่องนวดและ เครื่องเป่าเมล็ด

5. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร คือ กล้องจุลทรรศน์ Hemacytometer กระบอกปิเปต ไลต์หลอดทดลองขนาดเล็ก (micro tube) และสารละลายไอโอดีน โพแทสเซียมไอโอไดน์ (2% I₂KI)

วิธีการ

1. การสร้างลูกผสมชั่วที่ 1 และการคัดเลือกในประชากรลูกชั่วที่ 2

ฤดูปลูกที่ 1 ปลูกข้าวพันธุ์/สายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ในกระถาง โดยแบ่งช่วงวันปลูกเป็น 3 ช่วง แต่ละช่วงห่างกันประมาณ 7-10 วัน เพื่อให้ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีระยะเวลาการออกดอกที่พร้อมกันในการผสมพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 โดยผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ที่มีละอองเกสรเป็นหมัน กับสายพันธุ์พ่อที่มีละอองเกสรปกติ

ฤดูปลูกที่ 2 เพาะเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 สายพันธุ์พ่อแม่และพันธุ์เปรียบเทียบในกระบะเพาะ เมื่อกล้าข้าวมีอายุ 20 วัน ปลูกในแปลงทดลอง ในแผนการทดลองแบบ augmented in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งปลูกจำนวน 16 ต้นต่อแปลงย่อย โดยแต่ละซ้ำประกอบด้วยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์/สายพันธุ์พ่อ และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ CH1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และสุพรรณบุรี 3

เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตอยู่ในระยะดอกบาน (flowering stage) ตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรของลูกผสมชั่วที่ 1 โดยเก็บตัวอย่างดอกที่พร้อมจะบานในวันถัดไป จำนวน 2 ดอกต่อต้น และ 2 ต้นต่อกลุ่มผสม นำข้อมูลความมีชีวิตของละอองเกสรเปรียบเทียบกับอัตราการติดเมล็ดที่ด้วยสายตา เพื่อจำแนกสายพันธุ์พ่อที่ใช้ในการผลิตลูกผสมนั้น ๆ โดยถ้าลูกผสมที่ได้มีลักษณะไม่ติดเมล็ดและละอองเกสรเป็นหมัน แสดงว่าสายพันธุ์พ่อนั้นเป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line) แต่ถ้าลูกผสมติดเมล็ดและละอองเกสรปกติแสดงว่าสายพันธุ์พ่อเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer line)

บันทึกลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมจากสายพันธุ์พ่อที่เป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน สายพันธุ์พ่อและพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 4 ต้นต่อแปลงย่อย นำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันตามวิธีการผสมแบบ North Carolina Design II (Comstock et al., 1949) วิเคราะห์ความต่างของสายพันธุ์พ่อแม่จากข้อมูลลักษณะการแสดงของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 phenotypes) และประเมินค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ของลูกผสมตามวิธีของ Shull (1952)

ฤดูปลูกที่ 3 นำเมล็ดลูกข้าวที่ 2 (F_2 seeds) ที่ได้จากลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดและมีค่าความดีเด่นของลูกผสมสูง จำนวน 2 คู่ผสมปลูกในแปลงทดสอบผลผลิต โดยใช้สายพันธุ์พ่อเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกประชากรลูกข้าวที่ 2 จำนวน ประมาณ 400 ต้นต่อคู่ผสม โดยใช้ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร

เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตอยู่ในระยะดอกบานตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรของข้าวแต่ละต้น และบันทึกข้อมูลอัตราการติดเมล็ดในระยะเก็บเกี่ยว (harvesting stage) คัดเลือกต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของต้นที่คัดเลือกได้

2. การผสมพันธุ์ข้าว

เมื่อต้นข้าวสายพันธุ์พ่ออยู่ในระยะออกดอก (heading stage) ถึงระยะดอกบาน ตัดส่วนปลายของดอกข้าวของสายพันธุ์แม่ออกหนึ่งในสามส่วนของดอก เพื่อเพิ่มอัตราการผสมข้าม และคลุมช่อดอกต้นแม่ด้วยขวดพลาสติกที่เจาะรูขนาดเล็ก ในวันรุ่งขึ้นนำช่อดอกต้นพ่อที่พร้อมผสมมาคลุมในขวดพลาสติกเดียวกันกับช่อดอกต้นแม่ เคาะละอองเกสรให้ร่วงหล่นลงบนยอดเกสรตัวเมียเพื่อเพิ่มอัตราการผสมข้ามในช่วงเวลาประมาณ 10.00 – 12.00 น. หลังจากการผสมเกสรประมาณ 4-5 สัปดาห์ เก็บเมล็ดที่ได้จากการผสมมาทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ แล้วนำเมล็ดที่ผสมได้ปลูกทดสอบต่อไป

3. การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร

บันทึกข้อมูลลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสร ของข้าวลูกผสมและประชากรข้าวที่ 2 ในระยะช่อดอกโผล่พ้นกาบใบธงถึงระยะดอกบาน โดยนำอับละอองเกสรจากแต่ละดอกที่สุ่มมาใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก ย้อมละอองเกสรด้วยสารละลายไอโอดีนโปแทสเซียมไอโอไดน์ 2 เปอร์เซ็นต์ (2% I_2KI) แล้วหยดสารละลายลงบน Hemacytometer และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นับจำนวนละอองเกสรที่ติดสีต่อละอองเกสรทั้งหมด จำนวน 3 ซ้ำ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ในข้าวลูกผสมข้าวที่ 1 สุ่มตัวอย่างดอกข้าวที่พร้อมบานในวันถัดไป จำนวน 2 ดอกต่อต้น คู่ผสมละ 2 ต้น เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่และในประชากรลูกข้าวที่ 2 สุ่มตัวอย่างดอกข้าว จำนวน 3 ดอกต่อต้น โดยมีประชากร จำนวน 377 และ 413 ต้น ของคู่ผสม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 ตามลำดับโดยมีเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นหมันของละอองเกสร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความเป็นหมันของละอองเกสร

ระดับความเป็นหมัน ของละอองเกสร	เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ของละอองเกสร
pollen free	no pollen grain
completely sterile	100% pollen sterile
sterile	91-99% pollen sterile
partial sterile	71-90% pollen sterile
partial fertile	31-70% pollen sterile
fertile	0-30% pollen sterile

ที่มา; Virmaniet al. (1997)

4. การบันทึกลักษณะทางการเกษตรองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าว

บันทึกลักษณะทางการเกษตรและลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมและประชากรลูกชั่วที่ 2 ดังนี้

4.1 อายุวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนวันตั้งแต่เพาะกล้าถึงวันที่ช่อดอกข้าวโผล่พ้นกาบใบธงและมีจำนวนต้นที่ดอกบานจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนต้นทั้งหมดของแต่ละแปลงย่อยส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 นับจำนวนวันตั้งแต่ตกกล้าถึงวันที่ช่อดอกข้าวโผล่พ้นกาบใบธงและมีดอกบานจำนวนครึ่งหนึ่งของช่อดอกของต้นหลัก (main culm) โดยมีประชากรจำนวน 413 และ 449 ต้นตามลำดับ

4.2 อายุวันเก็บเกี่ยวในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนวันตั้งแต่เพาะกล้าถึงวันที่เก็บเกี่ยวของแต่ละกลุ่มผสม ส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 นับจำนวนวันตั้งแต่เพาะกล้าถึงวันที่เก็บเกี่ยวของแต่ละต้น โดยมีประชากรจำนวน 413 และ 449 ต้นตามลำดับ

4.3 ดัชนีเก็บเกี่ยวในลูกผสมชั่วที่ 1 และประชากรลูกชั่วที่ 2 คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ดัชนีเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดคัดต่อต้น} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของต้นทั้งหมด}}$$

4.4 ความสูงต้น(ซม.) วัดจากระดับพื้นดินถึงปลายใบธงที่สูงที่สุดในลูกผสมชั่วที่ 1 วัดจำนวน 4 ต้นต่อกลุ่มส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 วัดความสูงต้นของต้นหลักของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.5 ความยาวใบธง(ซม.) วัดจากข้อใบธง (flag leaf collar) ถึงปลายใบธงในลูกผสมชั่วที่ 1 วัดจำนวน 4 ต้นต่อกลุ่มส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 วัดความยาวใบธงของต้นหลักของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.6 ความยาวรวง(ซม.) วัดจากข้อรวง (panicle node) ถึงปลายรวง ในลูกผสมชั่วที่ 1 วัดจำนวน 4 ต้นต่อกลุ่มส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 วัดความยาวรวงของต้นหลักของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.7 จำนวนหน่อต่อต้นในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนหน่อของข้าวแต่ละต้นจำนวน 4 ต้นต่อกลุ่มส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 นับจำนวนหน่อของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.8 จำนวนรวงต่อต้นในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนรวงของข้าวแต่ละต้นจำนวน 4 ต้นต่อกลุ่มส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 นับจำนวนรวงของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.9 จำนวนเมล็ดต่อรวง ในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนเมล็ดต่อรวง นับจำนวน 4 ต้นต่อ
 กลุ่มแต่ละต้น นับจำนวน 2 รวง ส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ
 IR80151A/CH4 นับจำนวนเมล็ดต่อรวงจำนวน 2 รวงต่อต้นของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมี
 อัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.10 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงในลูกผสมชั่วที่ 1 นับจำนวนเมล็ดดีต่อรวง นับจำนวน 4 ต้นต่อ
 กลุ่มแต่ละต้น นับจำนวน 2 รวง ส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ
 IR80151A/CH4 นับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงจำนวน 2 รวงต่อต้นของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมี
 อัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.11 น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม) ในลูกผสมชั่วที่ 1 สุ่มเมล็ดจำนวน 1000 เมล็ดต่อกลุ่ม
 แล้วชั่งน้ำหนัก ที่ความชื้น 14-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม
 IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 สุ่มเมล็ดจำนวน 1000 เมล็ดต่อต้นของต้นที่มีละอองเกสร
 ปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

4.12 ผลผลิตต่อต้น (กรัม) ในลูกผสมชั่วที่ 1 ชั่งน้ำหนักเมล็ดดีทั้งหมดในแต่ละต้น
 จำนวน 4 ต้นต่อกลุ่ม ส่วนในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่ม IR80151A/CH1 และ
 IR80151A/CH4 ชั่งน้ำหนักเมล็ดดีทั้งหมดในแต่ละต้นของต้นที่มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการ
 ติดเมล็ดสูง โดยมีประชากรจำนวน 166 และ 239 ต้นตามลำดับ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การประเมินค่าความดีเด่นของข้าวลูกผสมตามวิธีของ Shull(1952)

5.1.1 ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parentsheterosis)

$$\text{Heterosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1} - \text{ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่} \times 100}{\text{ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่}}$$

5.1.2 ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด(heterobeltiosis)

$$\text{Heterosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1} - \text{ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด}} \times 100$$

5.1.3 ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ(standard heterosis)

$$\text{Heterosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1} - \text{ค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ}} \times 100$$

5.2 อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้างและความก้าวหน้าทางพันธุกรรม

5.2.1 อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritabilities: h^2_B)

เสนอโดย Allard (1960)

$$\text{Broad sense heritability} = V_G/V_P$$

เมื่อ V_G = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรม
 V_P = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

5.2.2 ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม(genetic advance: G) เสนอโดย

Allard(1960)

$$\text{Genetic advance} = kV_P h^2_B$$

เมื่อ k = selection differential ซึ่งมีหน่วยเป็นส่วนเบี่ยงเบน (standard unit)

V_P = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

h^2_B = อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้าง

5.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) และเส้นทางความสัมพันธ์ (pathanalysis) (Wright, 1921; Dewey and Lu, 1959)

5.3.1 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation: r_g)

$$\text{Genotypic correlation} = \frac{\text{Cov}_{xy}}{\sqrt{V_x \times V_y}}$$

เมื่อ Cov_{xy} = ความแปรปรวนร่วมจากอิทธิพลทางพันธุกรรมของลักษณะ X และ Y

V_x = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรมของลักษณะ X

V_y = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรมของลักษณะ Y

5.3.2 เส้นทางความสัมพันธ์ (path coefficient: b_{xy})

$$\text{Path coefficient} = \frac{\left\{ \sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n} \right\}}{\left\{ \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right\}} = \frac{\text{Cov}_{xy}}{v_x}$$

เมื่อ Cov_{xy} = ความแปรปรวนร่วมจากอิทธิพลทางพันธุกรรมของลักษณะ X และ Y

V_x = ความแปรปรวนจากอิทธิพลทางพันธุกรรมของลักษณะ X

5.4 การวิเคราะห์สมรรถนะการผสม (combining ability) โดยประเมินค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) และสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) ตามวิธีการผสมพันธุ์แบบ North Carolina Design II (Comstock *et al.*, 1949)

5.5 การวิเคราะห์ความต่างของลักษณะการแสดงออก (phenotypic distance) วิเคราะห์ค่าความต่างจากข้อมูลการแสดงออกของสายพันธุ์พ่อแม่ ด้วยโปรแกรม PAST (Paleontological Statistics) Version 1.94b (Hemmer *et al.*, 2001)

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

สถานที่การทำวิจัย

1. โรงเรียนและแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ ภาควิชาเกษตรศาสตร์
(บางเขน) กรุงเทพมหานคร
2. ห้องปฏิบัติการคุณภาพข้าวภาควิชาพืชไร่ ภาควิชาเกษตรศาสตร์
(บางเขน) กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555

ผลและวิจารณ์ผล

1. การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน

การจำแนกสายพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ มีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีและการให้ผลผลิตของข้าวลูกผสม จากผลการทดลองจำแนกสายพันธุ์ข้าวไทยบางพันธุ์ ข้าวจากประเทศจีน และข้าวจากIRRI โดยการผสมทดสอบ (test cross) กับสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterile lines; CMS lines) 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ CHA1 จากประเทศจีน และสายพันธุ์ IR80151A จาก IRRI (ตารางที่ 2) พบว่า พันธุ์/สายพันธุ์พ่อที่ผสมกับสายพันธุ์ตรวจสอบ (สายพันธุ์แม่) ทั้งสองที่ให้ลูกผสมชั่วที่ 1 มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง ได้แก่ พันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 พันธุ์ กข31 พันธุ์ ชัยนาท1 พันธุ์ สุพรรณบุรี1 และพันธุ์ สุพรรณบุรี2 แสดงว่าพันธุ์/สายพันธุ์พ่อดังกล่าวเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ทั้งสอง และพันธุ์/สายพันธุ์พ่อที่ผสมกับสายพันธุ์ตรวจสอบ (สายพันธุ์แม่) ทั้งสองที่ให้ลูกผสมชั่วที่ 1 มีละอองเกสรเป็นหมันและมีอัตราการติดเมล็ดต่ำหรือไม่ติดเมล็ด ได้แก่ พันธุ์ CH3 สายพันธุ์ CT13432 สายพันธุ์ IR79156B สายพันธุ์ IR80151B สายพันธุ์ IR80156B พันธุ์เจ้าหอมนิลพันธุ์ สุพรรณบุรี 3 และพันธุ์ สุพรรณบุรี60 แสดงว่าพันธุ์/สายพันธุ์พ่อดังกล่าว เป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ทั้งสอง ส่วนลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ทั้งสอง กับพันธุ์พ่อ IR64 พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์ กข29 พบว่า มีลักษณะละอองเกสรติดสีบางส่วนและอัตราการติดเมล็ดต่ำ เนื่องจากใช้ข้อมูลของอัตราการติดเมล็ดเป็นหลักในการจำแนกลักษณะของต้นติดเมล็ดปกติหรือต้นที่เป็นหมันของลูกผสมชั่วที่ 1 จึงอาจสรุปได้เพียงว่า พันธุ์พ่อดังกล่าวไม่สามารถแก้ความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ได้อย่างสมบูรณ์ อาจเรียกพันธุ์พ่อเหล่านี้ว่า สายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วน (partial restorer line) หรือ สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันบางส่วน (partial maintainer line) โดยที่จะสามารถจำแนกได้ชัดเจนจากข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรของลูกผสมชั่วที่ 1 อย่างไรก็ตามสายพันธุ์พ่อที่จำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วนและสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันบางส่วนไม่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าวลูกผสมของสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันทั้งสอง

พันธุ์/สายพันธุ์ที่ผสมกับสายพันธุ์แม่เพียงสายพันธุ์เดียวและให้ลูกผสมทดสอบได้แก่ พันธุ์ CH2 ที่ผสมกับสายพันธุ์ IR80151A พบว่า ลูกผสมที่ได้ มีละอองเกสรปกติและมีอัตราการติดเมล็ดสูง แสดงว่า เป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันของสายพันธุ์ IR80151A ส่วนพันธุ์

สกลนคร1 ที่ผสมกับสายพันธุ์ CHA1 พบว่า ลูกผสมที่ได้มีละอองเกสรเป็นหมันและไม่ติดเมล็ด แสดงว่า เป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์ CHA1 และพันธุ์สุพรรณบุรี80 ที่ผสมกับสายพันธุ์ IR80151A พบว่า ลูกผสมที่ได้ มีละอองเกสรเป็นหมันและไม่ติดเมล็ด แสดงว่า เป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์ IR80151A

จากพันธุ์/สายพันธุ์ที่ทดสอบ สามารถจำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน จำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 พันธุ์กข31 พันธุ์ชัยนาท1 พันธุ์สุพรรณบุรี1 และพันธุ์สุพรรณบุรี2สามารถจำแนกพันธุ์/สายพันธุ์ที่ทดสอบเป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันได้จำนวน 10 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ พันธุ์ CH3 สายพันธุ์ CT13432 สายพันธุ์ IR79156B สายพันธุ์ IR80151B สายพันธุ์ IR80156B พันธุ์เจ้าหอมนิลพันธุ์สกลนคร 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 60 และพันธุ์สุพรรณบุรี 80 นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วนหรือสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันบางส่วน จำนวน 3 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์พ่อ IR64 พันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข29 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Akhteret *al.* (2008)ที่สามารถจำแนกสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันได้ จำนวน 12 สายพันธุ์ และจำแนกเป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันจำนวน 16 สายพันธุ์ จากจำนวนสายพันธุ์ที่ทดสอบทั้งหมด 239 สายพันธุ์ด้วยวิธีการผสมทดสอบ และ Ingaleet *al.* (2008)สามารถจำแนกสายพันธุ์ที่ทดสอบจากเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสร โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ สายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (> 80% spikelet fertility) สายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วน (20-70% spikelet fertility) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันบางส่วน (10-19% spikelet fertility) และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (< 10% spikelet fertility) พบว่า สามารถจำแนกสายพันธุ์ที่ทดสอบเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน จำนวน 40 สายพันธุ์และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันจำนวน 77 สายพันธุ์

ตารางที่ 2 การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันในพันธุ์
/สายพันธุ์ข้าวที่ทดสอบ

พันธุ์/สายพันธุ์พ่อ	สายพันธุ์แม่ CHA1	สายพันธุ์แม่ IR80151A
CH1	R	R
CH2	-	R
CH3	M	M
CH4	R	R
CT13432	M	M
ชัยนาท 1	R	R
IR64	PM or PR	
IR79156B	M	M
IR80151B	M	M
IR80156B	M	M
เจ้าหอมนิล	M	M
ปทุมธานี 1	PM or PR	
กข29	PM or PR	
กข31	R	R
สกลนคร 1	-	M
สุพรรณบุรี 1	R	R
สุพรรณบุรี 2	R	R
สุพรรณบุรี 3	M	M
สุพรรณบุรี 60	M	M
สุพรรณบุรี 80	M	-

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีข้อมูล

R คือ สายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน

PR คือ สายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วน

PM คือ สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันบางส่วน

M คือ สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน

2. ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม

จากการศึกษาลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ จำนวน 12 คู่ผสม(ตารางที่ 3) ลักษณะอายุวันออกดอก(day to 50% flowering) ของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ 2 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ CHA1 ที่มีอายุวันออกดอก ประมาณ 64 วัน และสายพันธุ์ IR80151A ที่มีอายุวันออกดอก ประมาณ 83 วัน ลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์ CHA1 พบว่ามีอายุวันออกดอกใกล้เคียงกับสายพันธุ์แม่ โดยมีช่วงอายุวันออกดอก ตั้งแต่ 60 วัน (CHA01/CNT1) ถึง 75 วัน (CHA1/RD31) โดยลูกผสมทุกคู่ผสมมีอายุวันออกดอก น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ สำหรับลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์แม่ IR80151A พบว่ามีอายุวันออกดอกใกล้เคียงกับสายพันธุ์แม่ โดยมีช่วงอายุวันออกดอก ตั้งแต่ 82 วัน (IR80151A/SPR2) ถึง 92 วัน (IR80151A/SPR1) โดยลูกผสมทุกคู่ผสมมีอายุวันออกดอกมากกว่าอายุวันออกดอกของสายพันธุ์แม่ ยกเว้นลูกผสม HB 12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ที่มีอายุวันออกดอกน้อยกว่าสายพันธุ์แม่ 1 วันและลูกผสมทุกคู่ที่ได้จากสายพันธุ์ IR80151Aมีอายุวันออกดอกมากกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ในการเก็บเกี่ยวข้าวลูกผสมจะเก็บเกี่ยวหลังจากวันออกดอก ประมาณ 30 วัน ดังนั้น ข้าวลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์ CHA1 จะมีอายุวันเก็บเกี่ยว (harvesting date) ใกล้เคียงกับสายพันธุ์แม่ (แต่เนื่องจากสายพันธุ์ CHA1 ไม่มีสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน จึงไม่สามารถทราบอายุวันเก็บเกี่ยวที่แน่นอน) และลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์ IR80151A มีอายุวันออกดอกมากกว่าสายพันธุ์แม่และค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ เพราะฉะนั้น อายุวันเก็บเกี่ยวของลูกผสมจึงมากกว่าสายพันธุ์แม่และค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ เช่นกัน

สายพันธุ์พ่อที่ใช้มีอายุวันออกดอกและอายุวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ย เท่ากับ 83.66 และ 113.66 วันตามลำดับ โดยสายพันธุ์พ่อที่มีอายุวันออกดอกและอายุวันเก็บเกี่ยวนานที่สุด คือพันธุ์ กข31 และสายพันธุ์พ่อที่มีอายุวันออกดอกและวันเก็บเกี่ยวสั้นที่สุดคือ พันธุ์ชัยนาท 1 โดยสายพันธุ์พ่อที่เป็นข้าวไทยจะมีต้นสีเหลืองทองเมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว แต่สายพันธุ์ข้าวจีน (CH1 และ CH4) ต้นยังมีสีเขียว เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว แต่เมล็ดสมบูรณ์พร้อมเก็บเกี่ยว โดยเรียกลักษณะดังกล่าวว่า stay greenซึ่งเป็นข้อดีของการให้ผลผลิตของข้าว(ตารางที่ 4)

ลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ของข้าวลูกผสม พบว่า ข้าวลูกผสมมีดัชนีเก็บเกี่ยวผันแปรอยู่ระหว่าง 0.03-0.51 โดยลูกผสม HB8 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุด 0.51 รองลงมา คือลูกผสม HB4, HB1 และ HB3 โดยมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.5 0.48 และ 0.48 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 ให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด เท่ากับ 0.53 โดยลูกผสมทุกคู่ผสมมีค่า

ดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 ซึ่งบางกลุ่มผสมมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำมากอาจเป็นผลมาจากมีอัตราการติดเมล็ดต่ำ แต่แตกกอมากและมีต้นขนาดใหญ่ เช่น ลูกผสม HB10 ที่มีจำนวนหน่อ 41 หน่อต่อต้น แต่มีรวงเพียง 17 รวงต่อต้น และมีจำนวนเมล็ดต่อรวงเพียง 18 เมล็ดต่อรวงเท่านั้น ลักษณะความสูงต้น (plants height) พบว่า ข้าวลูกผสมมีความสูงต้นผันแปรอยู่ระหว่าง 81.87-126.21 เซนติเมตร ของลูกผสม HB11 และ HB2 ตามลำดับ โดยพันธุ์เปรียบเทียบกับสุพรรณบุรี 1 มีความสูงต้นสูงสุด 110 เซนติเมตร ลูกผสมที่มีต้นสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับสุพรรณบุรี 1 ได้แก่ HB2, HB4 และ HB10 ซึ่งมีความสูงต้น เท่ากับ 126 123 และ 115 เซนติเมตร ตามลำดับ ลักษณะความยาวใบธง (flag leaf length) พบว่า ลูกผสมมีความยาวใบธงผันแปรอยู่ระหว่าง 31.85-51.87 เซนติเมตรของลูกผสม HB9 และ HB1 ตามลำดับ ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง 3 อันดับแรก มีความยาวใบธงเฉลี่ย เท่ากับ 50.93 46.25 และ 39.61 เซนติเมตรโดยพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 มีความยาวใบธงสูงที่สุด 69.29 เซนติเมตร ลูกผสมทุกกลุ่มมีความยาวใบธงน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 ลักษณะความยาวรวง (panicles length) พบว่า ลูกผสมมีความยาวรวงผันแปรอยู่ระหว่าง 23.2-27.63 เซนติเมตร ของลูกผสม HB9 และ HB4 ตามลำดับ โดยลูกผสมที่มีผลผลิตสูง 3 อันดับแรก มีความยาวรวง เท่ากับ 27.19 24.97 และ 24.78 เซนติเมตร โดยลูกผสมทุกกลุ่มมีความยาวรวงน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 ที่มีความยาวรวงสูงสุด เท่ากับ 33 เซนติเมตร

ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น (tillers per plant) พบว่า ลูกผสมมีจำนวนหน่อผันแปรอยู่ระหว่าง 9.88-41.38 หน่อต่อต้น โดยลูกผสม HB10 ให้จำนวนหน่อต่อต้นสูงสุด เท่ากับ 41.38 หน่อต่อต้น รองลงมา คือ ลูกผสม HB3 และ HB12 ซึ่งให้จำนวนหน่อ 37.17 และ 26.17 หน่อต่อต้น ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับชัยนาท 1 ให้จำนวนหน่อต่อต้นสูงสุด 15 หน่อต่อต้น และลูกผสมจำนวน 9 กลุ่มผสมจากทั้งหมด 12 กลุ่มผสมที่ให้จำนวนหน่อต่อต้นสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับชัยนาท 1 ลักษณะจำนวนรวงต่อต้น (panicles per plant) พบว่า ลูกผสมมีจำนวนรวงต่อต้นผันแปรอยู่ระหว่าง 9.6-27.26 รวงต่อต้น โดยลูกผสม HB3 ให้จำนวนรวงสูงสุด 27.26 รวงต่อต้น รองลงมาคือ ลูกผสม HB 12 และ HB10 ซึ่งให้จำนวนรวง 23.01 และ 17.1 รวงต่อต้น ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับชัยนาท 1 ให้จำนวนรวงต่อต้นสูงสุด 15 รวงต่อต้น โดยมีลูกผสม 5 กลุ่มผสมที่มีจำนวนรวงต่อต้นสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับชัยนาท 1

การศึกษาลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม จำนวน 12 กลุ่มผสม ในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง (seeds per panicle) พบว่าลูกผสมมีจำนวนเมล็ดต่อรวงผันแปรอยู่ระหว่าง 158.77-323.27 เมล็ดต่อรวง โดยลูกผสม HB2 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด 323.27 เมล็ดต่อรวง รองลงมา คือ ลูกผสม HB8 และ HB7 ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อรวง 284.28 และ 280.78 เมล็ด

ต่อรวง ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด 282 เมล็ดต่อรวง โดยมีลูกผสม 2 คู่ผสมที่มีจำนวนเมล็ดสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ CH1 ลักษณะเมล็ดดีต่อรวง (filled seeds per panicle) พบว่า ลูกผสมมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงผันแปรอยู่ระหว่าง 4-217.94 เมล็ดต่อรวงซึ่งลูกผสม HB8 มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด รองลงมา คือ ลูกผสม HB2 และ HB12 โดยมีจำนวนเมล็ดดี 198.81 และ 160 เมล็ดต่อรวง อย่างไรก็ตามถึงแม้ลูกผสมมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูง แต่อัตราการติดเมล็ดต่ำ โดยลูกผสมที่มีผลผลิตสูง 3 อันดับแรก พบว่า มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเท่ากับ 198.81 217.94 และ 83.5 ซึ่งมีอัตราการติดเมล็ดต่อรวงเพียง 61.5 76.6 และ 44.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งยังมีอัตราการติดเมล็ดที่ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบกับ อาจเป็นผลเนื่องจากการพันธุกรรมที่ต่างกันและ/หรือการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ และลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (1000-seeds weight) ที่ความชื้นเมล็ด 14-15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ลูกผสมมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดผันแปรอยู่ระหว่าง 14.62-23.69 กรัม ซึ่งลูกผสม HB3 มีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงสุด รองลงมา คือ ลูกผสม HB9 และ HB12 โดยมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดเท่ากับ 22.31 และ 22.01 กรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับสุพรรณบุรี 3 มีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงสุด 26.89 กรัม โดยลูกผสมทุกคู่ผสมมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับสุพรรณบุรี 3

สำหรับผลผลิตต่อไร่ของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม พบว่า มีผลผลิตผันแปรอยู่ระหว่าง 89-1,268 กิโลกรัมต่อไร่ โดยลูกผสม HB2 (IR80151A/CH1) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด 1,268 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม HB8 (IR80151A/CH4) และ HB3 (CHA1/CNT1) ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,087 และ 966 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับ ได้แก่ พันธุ์ CH1 พันธุ์ชัยนาท1 พันธุ์ปทุมธานี1 พันธุ์สุพรรณบุรี1 และพันธุ์สุพรรณบุรี3 ให้ผลผลิต เท่ากับ 804 972 925 972 และ 780 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยข้าวลูกผสมที่มีผลผลิตมากกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบกับ (890 กิโลกรัมต่อไร่) คือ HB2 HB3 HB4 และ HB8 นอกจากนี้ยัง พบว่า ลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์แม่ IR80151A ให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมจากสายพันธุ์แม่ CHA1 เมื่อผสมกับสายพันธุ์พ่อ CH1 CH4 และพันธุ์สุพรรณบุรี2 และลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์แม่ CHA1 ให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมจากสายพันธุ์แม่ IR80151A เมื่อผสมกับพันธุ์สุพรรณบุรี1

จากข้อมูลลักษณะทางการเกษตรผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมที่ทำให้ผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรก จะเห็นได้ว่าแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์กัน เช่น จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยว ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมอื่นที่มีผลผลิตต่ำกว่า ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมให้มีผลผลิตสูง

ควรเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการให้ลูกผสมที่มีลักษณะดังกล่าวสูง โดยอาจดูจาก
ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปที่เคยมีการศึกษามาแล้ว



ตารางที่ 3 ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมจำนวน 12 คู่ผสม ในระบบการผลิตข้าวลูกผสม ระบบสามสายพันธุ์

รหัส	คู่ผสม	วันออกดอก	วันเก็บเกี่ยว	ดัชนีเก็บเกี่ยว	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดต่อรวง	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (ก.)	ผลผลิต (กก./ไร่)
HB1	CHA1/CH1	64	94	0.48	101.98	51.75	25.94	14.39	10.98	270.02	120.06	19.37	572
HB2	IR80151A/CH1	89	119	0.46	126.21	50.93	27.19	19.39	15.73	323.27	198.81	17.79	1,268
HB3	CHA1/CNT1	60	90	0.48	94.95	39.61	24.78	37.17	27.26	188.4	83.5	23.69	966
HB4	IR80151A/CNT1	91	121	0.5	123.9	46.43	27.63	17.92	14.76	187.15	108.5	21.86	910
HB5	CHA1/RD31	75	105	0.43	90.96	40.15	24.49	22.39	14.23	207.02	119.06	21.8	717
HB6	IR80151A/RD31	84	114	0.45	103.08	42.18	25.19	18.14	14.73	158.77	85.81	20.24	753
HB7	CHA1/CH4	62	92	0.33	82.57	32.38	23.45	9.88	9.6	280.78	98.44	14.62	260
HB8	IR80151A/CH4	90	120	0.51	109.57	46.25	24.97	14.38	14.6	284.28	217.94	18.52	1,087
HB9	CHA1/SPR1	72	102	0.47	88.3	31.85	23.2	24.13	15.1	227.03	109.69	22.31	711
HB10	IR80151A/SPR1	92	122	0.03	115.9	43.25	23.92	41.38	17.1	179.03	18.94	20.63	89
HB11	CHA1/SPR2	62	92	0.27	81.87	32.33	24.03	15.67	11.76	187.65	4	16.83	200
HB12	IR80151A/SPR2	82	112	0.43	106.12	46.86	23.68	26.17	23.01	225.65	160	22.01	810
LSD _{0.05}		3.54	3.54	0.06	8.29	7.68	7.22	5.82	5.55	41.3	48.58	1.69	486.35

ตารางที่ 4 ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่และพันธุ์เปรียบเทียบ

พันธุ์/สายพันธุ์	วันออกดอก	วันเก็บเกี่ยว	ดัชนีเก็บเกี่ยว	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง(ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดต่อรวง	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (ก.)	ผลผลิต (กก./ไร่)
สายพันธุ์พ่อ												
CH 1	87	117	0.49	99.50	61.75	27.90	10	10	308	260	20.28	716
ชัยนาท 1 (CNT1)	83	113	0.53	97.20	51.00	28.60	19	19	153	147	25.44	972
กข 31 (RD31)	90	120	0.53	111.50	48.88	28.30	14	14	149	142	26.94	1194
CH 4	80	110	0.50	86.20	51.98	27.30	9	8	168	157	15.03	488
สุพรรณบุรี 1 (SPR1)	84	114	0.45	105.50	56.40	26.00	10	10	136	111	25.65	870
สุพรรณบุรี 2 (SRP2)	78	108	0.55	88.20	45.48	26.10	13	13	179	168	20.49	709
พันธุ์เปรียบเทียบ												
CH1	89	119	0.53	96.90	69.29	33.10	11	11	282	223	20.45	804
ชัยนาท 1	88	118	0.52	92.50	56.38	27.90	15	15	134	126	25.12	972
ปทุมธานี1	88	118	0.47	105.60	51.13	29.10	14	13	161	151	24.70	925
สุพรรณบุรี1	91	121	0.51	110.20	49.83	26.30	11	11	149	133	25.67	972
สุพรรณบุรี3	87	117	0.49	96.20	30.71	27.70	12	12	124	115	26.89	780
ค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ	89	119	0.50	100	51	29	13	12	170	150	25	891

3. ความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม

อายุวันออกดอก (day to 50% flowering)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะอายุวันออกดอกของข้าวลูกผสมซึ่งที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับอายุวันออกดอกของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นผันแปรตั้งแต่ -27.71 ถึง 12.50 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสม HB8 มีค่าความดีเด่นแบบ heterobeltiosis สูงสุด 12.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ลูกผสม HB4 และ HB10 ซึ่งให้ค่าความดีเด่น เท่ากับ 9.64 และ 9.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่นผันแปรตั้งแต่ -32.58 ถึง 3.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลูกผสม HB10 มีค่าความดีเด่นแบบ standard heterosis สูงสุด 3.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ลูกผสม HB4 และ HB8 ซึ่งให้ค่าความดีเด่น เท่ากับ 2.25 และ 1.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ตารางที่ 5)

ความสูงต้น (plantsheight)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะความสูงต้นของข้าวลูกผสมซึ่งที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงต้นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นผันแปรตั้งแต่ -76.62 เปอร์เซ็นต์ ถึง 10.9 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะความสูงต้นเชิงลบ ได้แก่ HB1, HB3, HB5, HB6, HB7, HB9, HB10, HB11 และ HB12 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะความสูงต้นเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB4 และ HB8 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -79.44 เปอร์เซ็นต์ ถึง 4.44 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB2 ส่วนลูกผสมที่มีค่า standard heterosis ของลักษณะความสูงต้นเชิงบวกมี 2 คู่ผสมคือ HB2 และ HB4 โดยลูกผสมที่มีค่าเชิงบวกทั้ง heterobeltiosis และ standard heterosis ของลักษณะความสูงต้นคือ HB2 และ HB4

ความยาวใบธง (flag leafs length)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะความยาวใบธงของข้าวลูกผสมซึ่งที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวใบธงของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่า

มีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -72.41เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ถึง -2.17 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB8 (คู่ผสม IR80151A/CH4) โดยลูกผสมทุกคู่ มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะความยาวใบธงเชิงลบ ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -82.1เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR 2) ถึง -21.79เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB1 (คู่ผสม CHA1/CH1) โดยลูกผสมทุกคู่มีค่า standard heterosis ของลักษณะความยาวใบธงเชิงลบ

ความยาวรวง (panicles length)

การเปรียบเทียบความดีเด่นในลักษณะความยาวรวงของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวรวงของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่า heterobeltiosis มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -77.01เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR 2) ถึง 2.88 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB10 (คู่ผสม IR80151A/SPR1) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะความยาวรวงเชิงลบ ได้แก่ HB1, HB3, HB4, HB5, HB6, HB7, HB11 และ HB12 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะความยาวรวงเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB8, HB9 และ HB10 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -77.78เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ถึง 5.56เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB2 (คู่ผสม IR80151A/CH1) โดยลูกผสมที่มีค่า standard heterosis ของลักษณะความยาวรวงเชิงบวก คือ HB2, HB4 และ HB8

จำนวนหน่อต่อต้น (tillers per plant)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนหน่อต่อต้นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่า มีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -57.69เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ถึง 310 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB10 (คู่ผสม IR80151A/SPR1) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นเชิงลบ ได้แก่ HB1, HB4, HB6, HB11 และ HB12 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB3, HB5, HB7, HB8, HB9 และ HB10 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -56.35 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ถึง 225.40เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB10 (คู่ผสม

IR80151A/SPR1) ลูกผสมที่มีค่า standardheterosisของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นเชิงบวกมี 8 คู่ผสมคือ HB2, HB3, HB4, HB5, HB6, HB8, HB9 และ HB10 และลูกผสมที่มีค่าเชิงบวกทั้ง heterobeltiosis และ standardheterosis คือ HB2, HB3, HB4, HB5, HB6, HB8, HB9 และ HB10

จำนวนรวงต่อต้น (panicles per plant)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะจำนวนรวงต่อต้นของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนรวงต่อต้นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -45 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR2) ถึง 162.5 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB3 (คู่ผสม CHA1/CNT1) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นเชิงลบ ได้แก่ HB1, HB7 และ HB12 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB3, HB4, HB5, HB6, HB8, HB9, HB10 และ HB11 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -54.92 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB12 (คู่ผสม IR80151A/SPR 2) ถึง 115.16 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB3 (คู่ผสม CHA1/CNT1) ส่วนลูกผสมที่มีค่า standardheterosisของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นเชิงบวกมี 7 คู่ผสมคือ HB2, HB3, HB4, HB6, HB8, HB9 และ HB10 โดยลูกผสมที่มีค่าเชิงบวกทั้ง heterobeltiosis และ standardheterosis ของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นคือ HB2, HB3, HB5, HB8, HB9 และ HB10

ตารางที่ 5 ความดีเด่นในลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม

รหัส	คู่ผสม	ลักษณะ											
		อายุวันออกดอก		ความสูงต้น		ความขาวใบธง		ความขาวรวง		จำนวนหน่อต่อต้น		จำนวนรวงต่อต้น	
		Hb ^{1/}	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis
HB1	CHA1/CH1	-26.44	-28.09	-17.29	-17.95	-11.21	-21.79 ^{1/}	-2.33	-5.38	-10	-28.57	-12.5	-28.28
HB2	IR80151A/CH1	2.30	0.00	5.28 ^{2/}	4.44 ^{1/}	-12.55	-22.97 ^{2/}	2.15 ^{2/}	5.56 ^{1/}	40	11.11	35	10.66
HB3	CHA1/CNT1	-27.71	-32.58	-17.62	-20.16	-15.78	-38.73	-12.24	-7.04	73.68 ^{2/}	161.9 ^{2/}	162.5 ^{1/}	115.16 ^{1/}
HB4	IR80151A /CNT1	9.64 ^{2/}	2.25 ^{2/}	4.09 ^{3/}	0.87 ^{2/}	-2.4 ^{2/}	-28.99	-2.27	3.52 ^{2/}	-27.63	9.13	37.5	12.7
HB5	CHA1/RD31	-16.67	-15.73	-26.03	-17.77	-11.57	-38.34	-8.83	-4.44	21.43	34.92	20	-1.64
HB6	IR80151A /RD31	-6.67	-5.62	-17.11	-7.85	-7.43 ^{3/}	-35.45	-6.36	-1.85	-8.93	1.19	25	2.46
HB7	CHA1/CH4	-22.50	-30.34	-9.19	-21.96	-28.87	-47.25	-3.75	-2.69	5.56	-24.6	-12.5	-28.28
HB8	IR80151A /CH4	12.50 ^{1/}	1.12 ^{3/}	10.9 ^{1/}	-4.69 ^{3/}	-2.17 ^{1/}	-27.46 ^{3/}	1.83 ^{3/}	2.96 ^{3/}	55.56 ^{3/}	11.11	37.5	12.7
HB9	CHA1/SPR1	-14.29	-19.10	-13.51	-9.02	-35.37	-48	0.1	-3.61	137.5 ^{1/}	88.49 ^{3/}	42.5 ^{3/}	16.8 ^{3/}
HB10	IR80151A /SPR1	9.52 ^{3/}	3.37 ^{1/}	-10.5	-5.86	-15.16	-31.74	2.88 ^{1/}	-0.93	310	225.4 ^{1/}	62.5 ^{2/}	33.2 ^{2/}
HB11	CHA1/SPR2	-20.51	-30.34	-20.12	-29.76	-21.56	-49.11	-6.7	-9.81	-11.54	-8.73	7.5	-11.89
HB12	IR80151A /SPR2	5.13	-7.87	-76.62	-79.44	-72.41	-82.1	-77.01	-77.78	-57.69	-56.35	-45	-54.92

หมายเหตุ: ^{n/}คือ ค่าความดีเด่นจัดเรียงตามลำดับ

^{1/}คือ ค่า heterobeltiosis

จำนวนเมล็ดต่อรวง (seeds per panicle)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเมล็ดต่อรวงของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -15.42เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB1 (คู่ผสม CHA1/CH1) ถึง 46.13 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB8 (คู่ผสม IR80151A/CH4) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงเชิงลบ ได้แก่ HB1 และ HB11ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB3, HB4, HB5, HB6, HB7, HB8, HB9, HB10 และ HB12 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -17.45 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB10 (คู่ผสม IR80151A/SPR1) ถึง 84.67เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB2 (คู่ผสมIR80151A/CH1) ส่วนลูกผสมที่มีค่า standardheterosisในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงเชิงบวกมี 7 คู่ผสมคือ HB1, HB2, HB5, HB7, HB8, HB9 และ HB12 โดยลูกผสมที่มีค่าเชิงบวกทั้ง heterobeltiosis และ standardheterosisในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงคือ HB2, HB5, HB7, HB8, HB9 และ HB12 (ตารางที่ 6)

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (filled seeds per panicle)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเมล็ดต่อรวงของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -87.50 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB11 (คู่ผสม CHA1/SPR2) ถึง 36.15 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB8 (คู่ผสม IR80151A/CH4) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเชิงลบ ได้แก่ HB1, HB3, HB4, HB6, HB7, HB9, HB10 และ HB11 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosisของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเชิงบวก ได้แก่ HB2, HB5, HB8, และ HB12 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -90.13 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB10 (คู่ผสม IR80151A/SPR1) ถึง 52.84 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB2 (คู่ผสม IR80151A/CH1) ลูกผสมที่มีค่า standardheterosisในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเชิงบวกมี 4 คู่ผสม คือ HB1, HB2, HB8 และ HB12 โดยลูกผสมที่มีค่าเชิงบวกทั้ง heterobeltiosis และ standardheterosisในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงคือ HB2, HB8 และ HB12

น้ำหนัก 1000 เมล็ด (1000-seeds weight)

การเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนัก 1000 เมล็ดของสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่ามีค่าความดีเด่นตั้งแต่ -15.32 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB6 (คู่ผสม IR80151A/RD31) ถึง 38.44 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB8 (คู่ผสม IR80151A/CH4) โดยลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดเชิงลบ ได้แก่ HB3, HB4, HB5, HB6, HB9, HB10 และ HB11 ลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis ของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดเชิงบวก ได้แก่ HB1, HB2, HB7, HB8 และ HB12 ส่วนค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า มีค่าความดีเด่น ตั้งแต่ -30.78 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB7 (คู่ผสม CHA1/CH4) ถึง -0.59 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสม HB5 (คู่ผสม CHA1/RD31) โดยไม่มีลูกผสมที่มีค่า heterobeltiosis และ standard heterosis ในลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดเชิงบวก

ผลผลิตต่อไร่ (yield per rai)

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นในลักษณะผลผลิตของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) พบว่า มีค่าความดีเด่นผันแปร ตั้งแต่ -90.87 เปอร์เซ็นต์ ถึง 122.69 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสม HB8 (IR80151A/CH4) มีค่าความดีเด่นแบบ heterobeltiosis สูงสุด 122.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ลูกผสม HB2 (IR80151A/CH1) และ HB12 (IR80151A/SPR2) ซึ่งให้ค่าความดีเด่นแบบ heterobeltiosis เป็น 57.69 และ 14.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าความดีเด่นในลักษณะผลผลิตของลูกผสมชั่วที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) พบว่า ลูกผสม HB2 (IR80151A/CH1) มีค่าความดีเด่นแบบ standard heterosis สูงสุด 42.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ลูกผสม HB8 (IR80151A/CH4) และ HB3 (CHA1/CNT1) ซึ่งให้ค่าความดีเด่นแบบ standard heterosis เป็น 22.1 และ 8.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Virmaniet al. (1981) พบว่า ข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่และสูงกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบโดยลูกผสมที่มีค่าความดีเด่นแบบ heterobeltiosis และ standard heterosis สูงสุด คือ HB2 และ HB8 ที่ได้จากคู่ผสม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 1,268 และ 1087 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับลูกผสมทั้งสองจะใช้ในการศึกษาการกระจายตัวทางพันธุกรรมของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสร และการกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรลูกชั่วที่ 2

ผลผลิตข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ CHA1 มีอัตราการติดเมล็ดต่ำกว่า ลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ IR80151A ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการปรับตัวของข้าวสายพันธุ์ IR80151A เป็นข้าวชนิดอินดิกาที่ปลูกในเขตร้อน (อินเดีย) ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จึงสามารถปรับตัวได้ดีกว่าสายพันธุ์ CHA1 ที่มีพื้นที่ปลูกในเขตหนาว ในประเทศจีน โดยผลผลิตของข้าวลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ CHA1 กับพันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 พันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 1 พันธุ์กข31 และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 มีผลผลิตเท่ากับ 572 260 717 966 711 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวลูกผสมที่ผสมระหว่างสายพันธุ์ IR80151A กับพันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 พันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 1 พันธุ์กข31 และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 มีผลผลิตเท่ากับ 1,268 1,087 910 89 753 และ 810 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

Shahidet *al.* (2012) ศึกษาความดีเด่นของข้าวลูกผสม autotetraploid พบว่า ลักษณะผลผลิต อัตราการติดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยพ่อแม่และค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดี Nuruzzamanet *al.* (2002) พบว่าลูกผสมที่ศึกษามีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ สายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดี และสายพันธุ์เปรียบเทียบกับทุกกลุ่มผสม โดยความดีเด่นของลูกผสมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมให้มีลักษณะที่ต้องการได้ โดยมีแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของยีนแบบบวก (additive genes) อิทธิพลของยีนแบบข่ม (dominance genes) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epitasis) ที่มีผลต่อค่าความดีเด่น (Pravez, 2006) โดย Tawariet *al.* (2011) รายงานว่า ค่าความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบกับมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะที่สูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าความดีเด่นของลูกผสมเป็นค่าที่เฉพาะกับแต่ละกลุ่มผสม สายพันธุ์พ่อแม่และพันธุ์เปรียบเทียบกับใช้ในการศึกษา รวมถึงลักษณะที่ศึกษาด้วย

ตารางที่ 6 ความดีเด่นในลักษณะผลิตและองค์ประกอบผลิตของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม

รหัส	คู่ผสม	ลักษณะ							
		จำนวนเมล็ดต่อรวง		จำนวนเมล็ดดีต่อรวง		น้ำหนัก 1000 เมล็ด		ผลิตต่อไร่	
		Hb ^{1/}	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis	Hb	Standard heterosis
HB1	CHA1/CH1	-15.42	53.33 ^{2/}	-27.31	0.17	7.92 ^{3/}	-11.03	-28.89	-35.76
HB2	IR80151A/CH1	1.87	84.67 ^{1/}	10.92 ^{2/}	52.84 ^{1/}	0.78	-16.92	57.69 ^{2/}	42.45 ^{1/}
HB3	CHA1/CNT1	10.78	-0.24	-31.63	-32.78	-8.28	-5.15 ^{3/}	-0.64	8.51 ^{3/}
HB4	IR80151A /CNT1	9.97	-0.97	-14.63	-16.05	-15.28	-12.38	-6.41	2.21
HB5	CHA1/ RD31	32.55	16.24	4.75	-0.5	-9.23	-0.59 ^{2/}	-39.95	-19.43
HB6	IR80151A /RD31	0.17	-12.15	-18.66	-22.74	-15.32	-7.26	-36.92	-15.37
HB7	CHA1/CH4	44.05 ^{2/}	42.44 ^{3/}	-39.97	-36.96	13.3 ^{2/}	-30.78	-46.64	-70.74
HB8	IR80151A /CH4	46.13 ^{1/}	44.5	36.15 ^{1/}	42.98 ^{2/}	38.44 ^{1/}	-15.42	122.69 ^{1/}	22.1 ^{2/}
HB9	CHA1/SPR1	38.42 ^{3/}	10.8	-4.95	-29.43	-4.29	-0.2 ^{1/}	-26.81	-20.07
HB10	IR80151A /SPR1	3.13	-17.45	-86.71	-90.13	-10.79	-6.99	-90.87	-90.03
HB11	CHA1/SPR2	-5.73	-0.68	-87.5	-85.95	-14.59	-28.86	-71.75	-77.49
HB12	IR80151A /SPR2	15.5	21.69	5.36 ^{3/}	18.39 ^{3/}	6.71	-11.12	14.32 ^{3/}	-8.93

หมายเหตุ: ^{n/} คือ ค่าความดีเด่นจัดเรียงตามลำดับ

^{1/} คือ ค่า heterobeltiosis

4. ความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ประชากรลูกชั่วที่ 2

การศึกษาค่าความดีเด่นของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 และกลุ่มผสม IR80151A/CH4 การประเมินความสามารถของสายพันธุ์พ่อแม่ในการให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรชั่วแรก ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงในการแสดงออกของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เพื่อใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี โดยพันธุ์พ่อ (CH1 และ CH4) เป็นพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีใกล้เคียงกับลักษณะของรูปแบบทรงต้นข้าวแบบใหม่ (new plant type) โดยมีลักษณะผลผลิตต่อต้นสูง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงประมาณ 250-350 เมล็ดต่อรวง ใบตรงตั้งตรง ใบเขียวเข้ม แตกกอน้อย เป็นต้น จากการประเมิน พบว่าประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 (ตารางที่ 7) มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) เจริญลงในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น ความยาวใบธง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด ความสูงต้นและผลผลิตต่อต้น ค่า heterobeltiosis เจริญบวกในลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว แสดงว่า กลุ่มผสมนี้ให้ค่าเฉลี่ยของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวที่สูงกว่าพันธุ์พ่อ (CH1) ส่วนอายุวันออกดอกมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของลักษณะอายุวันออกดอกเท่ากับสายพันธุ์พ่อ และค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parents heterosis) พบว่า มีค่าเชิงลบเกือบทุกลักษณะยกเว้น ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.7) แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของลักษณะนี้มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่

การศึกษาค่าความดีเด่นของประชากรชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 พบว่า มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) เจริญลงในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น ความยาวใบธง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวง ค่า heterobeltiosis เจริญบวกในลักษณะความยาวรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด ความสูงต้น ดัชนีเก็บเกี่ยว อายุวันออกดอกและผลผลิตต่อต้น แสดงว่า กลุ่มผสมนี้ให้ค่าเฉลี่ยประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่มีลักษณะทางการเกษตรหลายลักษณะที่ดีกว่าพันธุ์พ่อ (CH4) สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะเหล่านี้ที่สูงกว่าพันธุ์พ่อได้ และค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parents heterosis) พบว่า มีค่าเชิงลบในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น ความยาวใบธง ความยาวรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง มีค่า mid-parents heterosis เจริญบวกในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด ความสูงต้น ดัชนีเก็บเกี่ยว ผลผลิตต่อต้นและอายุวันออกดอก โดยสามารถ

ใช้ข้อมูลค่าความดีเด่นของประชากรลูกชั่วที่ 2 ร่วมกับข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของประชากรลูกชั่วที่ 2 ในการตัดสินใจเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงในชั่วหลัง ๆ ได้

ตารางที่ 7 ค่าความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตใน
ประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสมที่มีผลผลิตสูง

ลักษณะ	Heterobeltiosis		mid-parents heterosis	
	F ₂ (IR80151A/CH1)	F ₂ (IR80151A/CH4)	F ₂ (IR80151A/CH1)	F ₂ (IR80151A/CH4)
อายุวันออกดอก	0.00	-2.30	4.09	0.59
ดัชนีเก็บเกี่ยว	3.15	-5.77	7.36	3.29
ความสูงต้น	-9.38	-3.91	4.92	2.29
ความยาวใบธง	-17.34	-12.98	-0.61	-4.03
ความยาวรวง	-3.28	-11.87	0.97	-3.09
จำนวนหน่อต่อต้น	-30.52	-31.24	-16.63	-14.64
จำนวนรวงต่อต้น	-20.41	-19.04	-11.63	-6.19
จำนวนเมล็ดต่อรวง	-18.02	-4.50	-0.99	0.36
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	-33.21	-15.44	-12.62	-2.33
น้ำหนัก 1000 เมล็ด	-5.00	0.70	4.37	9.66
ผลผลิตต่อต้น	-15.19	-17.99	7.19	3.38

5. อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) และความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic advance) ของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากการประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) โดยการเปรียบเทียบระหว่างข้าวลูกผสมและสายพันธุ์แท้พบว่าข้าวลูกผสมมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้าง มีค่าตั้งแต่ปานกลางถึงสูง ในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น (0.82) จำนวนเมล็ดต่อรวง (0.75) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

(0.84) น้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.71) ความสูงต้น (0.72) ความยาวรวง (0.70) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.80) (ตารางที่ 8) ส่วนลักษณะที่มีค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างต่ำ ได้แก่ จำนวนรวงต่อต้น (0.57) ความยาวใบธง (0.53) และผลผลิตต่อต้น (0.59) แสดงว่าลักษณะเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมสูงกว่าลักษณะอื่นสำหรับสายพันธุ์แท้ (สายพันธุ์พ่อแม่และพันธุ์เปรียบเทียบ) พบว่า มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างตั้งแต่ปานกลางถึงสูง ในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น (0.64) จำนวนรวงต่อต้น (0.62) จำนวนเมล็ดต่อรวง (0.84) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.70) น้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.76) และความยาวใบธง (0.60) ส่วนลักษณะที่มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างต่ำ ได้แก่ ความสูงต้น (0.47) และผลผลิตต่อต้น (0.43) Seyoumet *et al.* (2012) รายงานว่า ลักษณะความสูงต้น วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 1000 เมล็ด วันเก็บเกี่ยว ความยาวรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวง มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างสูง Kumar *et al.* (2009) รายงานว่า น้ำหนัก 1000 เมล็ดและจำนวนเมล็ดต่อรวง มีค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างสูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวในประชากรข้าวข้าวแรกๆ และ Akinwale *et al.* (2011) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบกว้างของข้าวปานกลางถึงสูงในลักษณะวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว ความสูงต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักรวง ความยาวรวง จำนวนรวงต่อตารางเมตร และผลผลิต

การประเมินค่าความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูง พบว่า ข้าวลูกผสมมีค่าความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (82.59) จำนวนเมล็ดต่อรวง (60.19) และความสูงต้น (32.35) ส่วนสายพันธุ์แท้ พบว่า มีค่าความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง (70.57) และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (45.68) สอดคล้องกับ Akinwale *et al.* (2011) รายงานว่าลักษณะที่มีค่าความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงในลักษณะจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักรวง และผลผลิต โดย Bisneet *et al.* (2009) กล่าวว่า ลักษณะที่มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงเป็นผลจากการทำงานของยีนแบบบวก (additive gene) เป็นส่วนใหญ่โดยการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวมีโอกาสประสบผลสำเร็จสูงในโครงการปรับปรุงพันธุ์

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้างและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตระหว่างข้าวลูกผสมและสายพันธุ์แท้

ลักษณะ	อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบกว้าง		ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม*	
	ลูกผสม	สายพันธุ์แท้	ลูกผสม	สายพันธุ์แท้
จำนวนหน่อต่อต้น	0.82	0.64	12.92	3.02
จำนวนรวงต่อต้น	0.57	0.62	4.94	2.87
จำนวนเมล็ดต่อรวง	0.75	0.84	60.19	70.57
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	0.84	0.70	82.59	45.68
น้ำหนัก 1000 เมล็ด	0.71	0.76	2.88	3.90
ความยาวใบธง	0.53	0.60	10.65	9.52
ความสูงต้น	0.72	0.47	32.35	12.84
ความยาวรวง	0.70	NA	6.73	NA
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.80	NA	0.22	NA
ผลผลิต	0.59	0.43	13.49	7.26

หมายเหตุ; NA คือ ไม่สามารถประเมินได้

*หมายถึง มีค่าความเข้มข้นในการคัดเลือก 20 เปอร์เซนต์ ($i=1.4$)

6.สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม(genotypic correlation) ของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมและสายพันธุ์แท้

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) ของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม พบว่า ลักษณะผลผลิตของข้าวลูกผสมมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.67**) ความยาวใบธง (0.53**) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.86**) ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น (0.78**) ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.76**) ลักษณะความยาวใบธงมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิง

บวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความสูงต้น (0.96**) ความยาวรวง (0.92**) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.59**) ลักษณะความสูงต้นมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความยาวรวง (0.92**) และลักษณะความยาวรวงมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (0.56**) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Rajuet *et al.* (2003) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความยาวรวง ค่า crop growth rate ก่อนระยะดอกบาน ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ที่ระยะออกดอก และดัชนีเก็บเกี่ยว

ส่วนค่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสายพันธุ์แท้ (สายพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่เปรียบเทียบกับ) พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะผลผลิต คือ ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้นและน้ำหนัก 1000 เมล็ด โดยมีค่าความสัมพันธ์ (r_g) เท่ากับ 0.85**, 0.88** และ 0.93** ตามลำดับ ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.61**) และลักษณะความยาวใบธง (-0.62**) ลักษณะจำนวนรวงต่อต้น มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.68**) และลักษณะความยาวใบธง (-0.60**) ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.99**) ความยาวใบธง (0.88**) และความสูงต้น (0.47**) ลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะความยาวใบธง (0.76**) และลักษณะความยาวใบธง มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลักษณะความสูงต้น (0.91**) และดัชนีเก็บเกี่ยว (-0.98**) โดยมีรายงานว่า ผลผลิตข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวก (positive correlation) กับลักษณะความสูงต้น ความยาวรวงและน้ำหนักรวง (Samonte *et al.*, 1998; Reddy *et al.*, 1997) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด (Samonte *et al.*, 1998; Gectha *et al.*, 1994) จำนวนวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนวันเก็บเกี่ยว (Gectha *et al.*, 1994) อย่างไรก็ตาม Bansal *et al.* (2000) และ Dhanraj and Jagadish (1987) รายงานว่า ผลผลิตต่อต้นมีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1000 เมล็ด และ Feil (1992) และ Prasad *et al.* (1988) พบว่า จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตต่อต้น Ramakrishnan *et al.* (2006) และ Bai *et al.* (1992) พบสหสัมพันธ์ต่อการให้ผลผลิตของข้าวในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและจำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวง จากข้อมูลสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 และสายพันธุ์แท้ พบว่า ลักษณะที่มี

ความสัมพันธ์กับลักษณะผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้น การคัดเลือกข้าวลูกผสมที่มีผลผลิตสูงสามารถพิจารณาจากลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ความยาวใบธง และดัชนีเก็บเกี่ยว ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของข้าวลูกผสม

อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เป็นลักษณะทางปริมาณที่มีความสัมพันธ์กัน การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ ดังกล่าว ไม่สามารถจำแนกความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นได้โดยตรง ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าลักษณะที่ปรากฏเป็นผลจากอิทธิพลของลักษณะนั้นโดยตรง หรือเป็นผลจากอิทธิพลทางอ้อมจากลักษณะอื่นๆ (Gravois and Helms, 1992) ด้วยเหตุผลดังกล่าว Dewey and Lu (1959) พัฒนาวิธีการที่สามารถจำแนกความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะได้ โดยวิธีการนี้ เรียกว่า PathAnalysis โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อลักษณะผลผลิตต่อต้นของข้าวลูกผสม ได้แก่ ลักษณะจำนวนรวงต่อต้น (0.57) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (1.01) ความสูงต้น (3.99) และดัชนีเก็บเกี่ยว (2.36) สายพันธุ์บริสุทธิ์ พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อลักษณะผลผลิตต่อต้นของข้าวลูกผสม คือ ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น (0.89) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (3.41) น้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.39) และความยาวใบธง (0.32)

จากการพิจารณาเส้นทางความสัมพันธ์ลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการให้ผลผลิตของข้าวลูกผสม (ตารางที่ 10) พบว่า ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะจำนวนรวงต่อต้น (0.45) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.90) และความสูงต้น (1.36) ต่อการให้ผลผลิตต่อต้นของข้าวลูกผสม เช่นเดียวกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (0.41) ความสูงต้น (0.51) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.45) ลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.01) ความสูงต้น (0.53) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.90) ลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะความสูงต้น (0.06) ความยาวรวง (0.57) และดัชนีเก็บเกี่ยว (1.21) ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะความสูงต้น (0.47) ความยาวรวง (0.06) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.52) ลักษณะความยาวใบธงมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะความสูงต้น (3.82) และดัชนีเก็บเกี่ยว (1.40) ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (1.071) และลักษณะความยาวรวง มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (1.338) อย่างไรก็ตาม Zahidet al. (2006) รายงานว่าลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีค่าอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อการให้ผลผลิตของข้าว สอดคล้องกับ SurekandBeser (2003) และ YolandaandDas(1995) ที่พบว่า ลักษณะน้ำหนัก

1000 เมล็ดมีค่าอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตข้าว และ Zahidet *al.* (2006) และ Prasad *et al.* (2001) พบว่า ลักษณะจำนวนรวงต่อต้นและความสูงต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงลบกับผลผลิต แต่อย่างไรก็ตาม Ramakrishnayya *et al.* (1991) พบว่า ความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงกับผลผลิตข้าว และ Reuben and Katuli (1989) ก็พบว่า ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงกับผลผลิตข้าวเช่นกัน โดย Babuet *al.* (2012) รายงาน จำนวนรวงต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกสูงต่อผลผลิต สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงได้

จากการศึกษาเส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการให้ผลผลิตของข้าวสายพันธุ์แท้ (สายพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่) พบว่า ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะจำนวนรวงต่อต้น (0.90) น้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.55) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.39) ลักษณะจำนวนรวงต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (0.02) และดัชนีเก็บเกี่ยว (0.01) ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (3.40) ความยาวใบธง (3.01) และความสูงต้น (1.62) ลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด (1.65) ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะความสูงต้น (0.14) ลักษณะความยาวใบธงมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะความสูงต้น (0.29) ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกผ่านลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (0.14) ต่อการให้ผลผลิตของข้าวสายพันธุ์บริสุทธิ์

โดยอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางลักษณะอื่น ๆ ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตต่อการให้ผลผลิตของข้าวลูกผสม พบว่า ลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกสูงผ่านทางลักษณะความสูงต้น (1.78) และอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางลักษณะอื่น ๆ ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตต่อการให้ผลผลิตของข้าวสายพันธุ์บริสุทธิ์ พบว่า ลักษณะจำนวนรวงต่อต้น มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกสูงผ่านทางลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น (0.89) ลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกสูงผ่านทางลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง (3.40) ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกสูงผ่านทางลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง (1.53) และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (1.65)

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทางเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตระหว่างข้าวลูกผสมและสายพันธุ์แท้(อิทธิพลอื่นของลูกผสม = 0.135, $R^2 = 0.977$ และของสายพันธุ์แท้= 0.122, $R^2 = 0.971$)

ลักษณะ	ชนิดพันธุ์	จำนวน หน่อต่อ ต้น	จำนวนรวง ต่อต้น	จำนวน เมล็ดต่อ รวง	จำนวน เมล็ดดีต่อ รวง	น้ำหนัก 1000 เมล็ด	ความยาว ใบธง	ความสูง ต้น	ความยาว รวง	ดัชนีเก็บ เกี่ยว	ผลผลิตต่อ ต้น
จำนวนหน่อต่อต้น	ลูกผสม	1	0.78**	-0.52ns	-0.52ns	0.50ns	0.20ns	0.34ns	0.28ns	-0.29ns	-0.04ns
	สายพันธุ์แท้	1	1.00**	-0.36ns	-0.30ns	0.61**	-0.62**	-0.16ns	NA	0.43ns	0.85**
จำนวนรวงต่อต้น	ลูกผสม		1	-0.39ns	-0.24ns	0.43ns	0.32ns	0.13ns	0.32ns	0.19ns	0.48ns
	สายพันธุ์แท้		1	-0.32ns	-0.26ns	0.68**	-0.60**	-0.11ns	NA	0.39ns	0.88**
จำนวนเมล็ดต่อรวง	ลูกผสม			1	0.76**	-0.29ns	0.27ns	0.13ns	0.09ns	0.38ns	0.31ns
	สายพันธุ์แท้			1	0.99**	-0.44ns	0.88**	0.47*	NA	-0.06ns	-0.38ns
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	ลูกผสม				1	0.18ns	0.13ns	0.01ns	-0.14ns	0.51ns	0.67**
	สายพันธุ์แท้				1	-0.47ns	0.76**	0.38ns	NA	0.04ns	-0.37ns
น้ำหนัก 1000 เมล็ด	ลูกผสม					1	0.12ns	0.11ns	-0.01ns	0.22ns	0.42ns
	สายพันธุ์แท้					1	-0.24ns	0.37ns	NA	-0.25ns	0.93**
ความยาวใบธง	ลูกผสม						1	0.96**	0.93**	0.59*	0.53**
	สายพันธุ์แท้						1	0.91**	NA	-0.98**	-0.29ns
ความสูงต้น	ลูกผสม							1	0.92**	0.45ns	0.48ns
	สายพันธุ์แท้							1	NA	-0.68ns	0.29ns
ความยาวรวง	ลูกผสม								1	0.56*	0.44ns
	สายพันธุ์แท้								1	NA	NA
ดัชนีเก็บเกี่ยว	ลูกผสม									1	0.86**
	สายพันธุ์แท้									1	-0.12ns

หมายเหตุ; * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์;

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์; ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ; NA = ไม่สามารถประเมินได้

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (เส้นทแยงมุม) อิทธิพลทางตรง (ด้านบนเส้นทแยงมุม) และอิทธิพลทางอ้อม(ด้านล่างเส้นทแยงมุม) ของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตระหว่างลูกผสมและสายพันธุ์แท้ (หมายเหตุ:NA =ไม่สามารถประเมินได้)

ลักษณะ	ชนิดพันธุ์	จำนวน หน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อ ต้น	จำนวน เมล็ดต่อรวง	จำนวนเมล็ดดี ต่อรวง	น้ำหนัก 1000 เมล็ด	ความยาว ใบธง	ความสูง ต้น	ความยาว รวง	ดัชนีเก็บ เกี่ยว
จำนวนหน่อต่อต้น	ลูกผสม	-0.15	0.45	-0.52	0.90	-0.02	-0.23	1.36	-1.13	-0.69
	สายพันธุ์แท้	0.89	0.90	-0.32	-0.27	0.55	-0.55	-0.15	NA	0.39
จำนวนรวงต่อต้น	ลูกผสม	-0.12	0.57	-0.39	0.41	-0.02	-0.36	0.53	-1.33	0.45
	สายพันธุ์แท้	0.89	0.03	-0.01	-0.01	0.02	-0.02	-0.01	NA	0.01
จำนวนเมล็ดต่อรวง	ลูกผสม	0.08	-0.22	1.01	-1.32	0.01	-0.30	0.53	-0.37	0.90
	สายพันธุ์แท้	-0.01	-0.01	3.41	3.40	-1.51	3.01	1.62	NA	-0.21
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	ลูกผสม	0.08	-0.13	0.77	-1.74	-0.01	-0.15	0.06	0.57	1.21
	สายพันธุ์แท้	-1.02	-0.88	3.40	-3.47	1.65	-2.64	-1.32	NA	-0.15
น้ำหนัก 1000 เมล็ด	ลูกผสม	-0.08	0.24	-0.30	-0.31	-0.04	-0.13	0.47	0.06	0.52
	สายพันธุ์แท้	-2.14	-2.37	1.53	1.65	0.39	-0.09	0.14	NA	-0.10
ความยาวใบธง	ลูกผสม	-0.03	0.18	0.27	-0.23	-0.01	-1.12	3.82	-3.79	1.40
	สายพันธุ์แท้	-0.24	-0.24	0.34	0.30	-0.09	0.32	0.29	NA	-0.31
ความสูงต้น	ลูกผสม	-0.05	0.07	0.13	-0.03	-0.01	-1.08	3.99	-3.75	1.07
	สายพันธุ์แท้	-0.05	-0.03	0.15	0.12	0.12	0.29	-0.21	NA	0.14
ความยาวรวง	ลูกผสม	-0.04	0.18	0.09	0.24	0.001	-1.04	3.66	-4.05	1.33
	สายพันธุ์แท้	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ดัชนีเก็บเกี่ยว	ลูกผสม	0.04	0.10	0.38	-0.89	-0.01	-0.66	1.78	-2.29	2.36
	สายพันธุ์แท้	-0.09	-0.08	0.01	-0.01	0.05	0.21	0.14	NA	0.11

7. สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะอายุวันออกดอกพบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (11.083) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนวันออกดอกมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-11.083) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (5.083) และพันธุ์กข31 (2.583) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีลักษณะอายุวันออกดอกนาน โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ กลุ่มผสม IR80151A/CNT1 (26.583), IR80151A/CH4 (25.083), IR80151A/CH1 (23.583), IR80151A/SPR1 (21.083) และ IR80151A/SPR2 (21.083) ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนวันออกดอกของข้าวลูกผสม จำนวน 12 กลุ่มผสม

พันธุ์/ สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท1	กข31	สุพรรณบุรี1	สุพรรณบุรี2	GCA
CHA1	-23.583	-25.083	-26.583	-15.583	-21.083	-21.083	-11.083
IR80151A	23.583 ³ /	25.083 ^{2/}	26.583 ^{1/}	15.583	21.083 ^{4/}	21.083 ^{4/}	11.083
GCA	-0.417	-0.917	-1.417	2.583	5.083	-4.917	

หมายเหตุ: ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ CHA1 (0.008) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวมากกว่าสายพันธุ์แม่ IR80151A (-0.008) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (0.112) พันธุ์ชัยนาท1 (0.066) และพันธุ์กข31 (0.087) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าว มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ กลุ่มผสม CHA1/SPR1 (0.228),

IR80151A/CH4 (0.077), IR80151A/SPR2 (0.072) และ IR80151A/CH1 (0.019) ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	0.019 ^{4/}	-0.077	-0.002	-0.001	0.228 ^{1/}	-0.072	0.008
IR80151A	-0.019	0.077 ^{2/}	0.002	0.001	-0.228	0.072 ^{3/}	-0.008
GCA	0.112	-0.012	0.066	0.087	-0.181	-0.074	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะความสูงต้นพบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (12.013) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีความสูงต้นมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-12.013) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (12.729) พันธุ์ชัยนาท1(2.267) และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (4.267) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีลักษณะต้นสูงโดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/CNT1 (26.488), IR80151A/SPR1 (4.267), IR80151A/CH4 (25.513) และ IR80151A/SPR2 (24.138) ตามลำดับ(ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
ความสูงต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-24.125	-25.512	-26.487	-18.075	-25.812	-24.137	-12.012
IR80151A	24.125	25.513 ^{3/}	26.488 ^{1/}	18.075	25.813 ^{2/}	24.138 ^{4/}	12.013
GCA	12.729	-1.758	2.267	-4.346	4.267	-13.158	

หมายเหตุ: ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะความยาวใบธง พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (3.985) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีความยาวใบธงมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-3.985) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (8.744) และพันธุ์ชัยนาท 1 (0.694) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีลักษณะใบธงยาว โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/SPR2 (11.249), IR80151A/CH4 (10.924), IR80151A/SPR1 (9.686) และ IR80151A/CNT1 (7.399) ตามลำดับ(ตารางที่ 14)

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะความยาวรวง พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (0.558) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีความยาวรวงมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-0.558) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (1.517) พันธุ์ CH4(0.679) พันธุ์ชัยนาท 1 (0.167) และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (0.029) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีลักษณะรวงยาว โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/CNT1 (1.983), IR80151A/CH4 (1.321), IR80151A/CH1 (1.183) และ IR80151A/SPR1 (0.921) ตามลำดับ(ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
ความยาวใบธงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-3.573	-10.923	-7.398	-4.998	-9.685	-11.248	-3.985
IR80151A	3.574	10.924 ^{2/}	7.399 ^{4/}	4.999	9.686 ^{3/}	11.249 ^{1/}	3.985
GCA	8.744	-1.756	0.694	-1.431	-3.519	-2.731	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

ตารางที่ 15 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
ความยาวรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-1.183	-1.321	-1.983	-0.908	-0.921	-0.383	-0.558
IR80151A	1.183 ^{3/}	1.321 ^{2/}	1.983 ^{1/}	0.908	0.921 ^{4/}	0.383	0.558
GCA	1.517	0.679	0.167	-0.208	0.029	-2.183	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้น พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (1.146) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนหน่อต่อต้นมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-1.146) ส่วนพันธุ์พ่อทุกพันธุ์มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงลบ แสดงว่าพันธุ์พ่อทุกพันธุ์มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกที่มีจำนวนหน่อต่อต้นน้อยโดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสม

เฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/SPR1 (9.771), CHA1/CNT1 (8.479), IR80151A/SPR2 (6.396) และ IR80151A/CH1 (3.646) ตามลำดับ(ตารางที่ 16)

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนรวงต่อต้น พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (0.917) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนรวงต่อต้นมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-0.917) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ชัยนาท 1 (5.625) พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (0.875) และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 (2.00) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนรวงต่อต้นสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/SPR2 (6.542), CHA1/CNT1 (5.333), IR80151A/CH4 (3.417) และ IR80151A/CH1 (3.294) ตามลำดับ(ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-3.646	-3.396	8.479 ^{2/}	0.979	-9.771	-6.396	-1.146
IR80151A	3.646 ^{4/}	3.396	-8.479	-0.979	9.771 ^{1/}	6.396 ^{3/}	1.146
GCA	-14.792	-15.042	-26.917	-19.417	-8.667	-12.042	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

ตารางที่ 17 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
จำนวนรวงต่อต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-3.292	-3.417	5.333 ^{2/}	-1.167	-1.917	-6.542	-0.917
IR80151A	3.292 ^{4/}	3.417 ^{3/}	-5.333	1.167	1.917	6.542 ^{1/}	0.917
GCA	-3.250	-3.125	5.625	-2.125	0.875	2.000	

หมายเหตุ: ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ CHA1 (0.229) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่าสายพันธุ์แม่ IR80151A (-0.229) พันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (82.938) และพันธุ์ CH4 (39.563) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/CH1 (26.396), CHA1/RD31 (24.354), CHA1/SPR1 (24.229) และ IR80151A/SPR2 (18.771) ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (21.271) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-21.271) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (64.56) พันธุ์ CH4 (29.44) และพันธุ์ กข31 (7.56) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/SPR2 (99.070), IR80151A/CH4 (80.820), IR80151A/CH1 (60.445) และ IR80151A/CNT1 (33.570) ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-26.396	-1.521	0.854	24.354 ^{2/}	24.229 ^{3/}	-18.771	0.229
IR80151A	26.396 ^{1/}	1.521	-0.854	-24.354	-24.229	18.771 ^{4/}	-0.229
GCA	82.938	39.563	-35.313	-30.813	-39.938	-16.438	

หมายเหตุ: ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะน้ำหนักร้อยเมล็ด พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (0.203) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีน้ำหนักร้อยเมล็ดมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-0.203) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ชัยนาท 1 (1.013) พันธุ์กข 31 (2.106) และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (2.227) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีน้ำหนักร้อยเมล็ดสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/SPR2 (2.793), IR80151A/CH4 (2.157), CHA1/SPR1 (0.636) และ IR80151A/CH1 (0.585) ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะผลผลิตต่อต้นพบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ IR80151A (4.669) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีผลผลิตต่อต้นมากกว่าสายพันธุ์แม่ CHA1 (-4.669) ส่วนพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก คือ พันธุ์ CH1 (8.590) พันธุ์ชัยนาท 1 (9.29) และพันธุ์กข 31 (1.38) แสดงว่าพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่มีผลผลิตต่อต้นสูง โดยลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 4 อันดับแรก คือ คู่ผสม IR80151A/CH4 (20.807), IR80151A/CH1 (18.262), IR80151A/SPR2 (15.499) และ IR80151A/RD31 (5.375) ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 19 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-60.645	-81.020	-33.770	-4.645	24.105	-99.270	-21.271
IR80151A	60.645 ^{3/}	80.020 ^{2/}	33.770 ^{4/}	4.645	-24.105	99.270 ^{1/}	21.271
GCA	64.56	29.44	-11.56	7.56	-64.44	-25.56	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

ตารางที่ 20 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ
น้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวลูกผสม จำนวน 12 คู่ผสม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	กข31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	0.585 ^{4/}	-2.157	0.717	0.574	0.636 ^{3/}	-2.793	-0.203
IR80151A	-0.585	2.157 ^{2/}	-0.717	-0.574	-0.636	2.793 ^{1/}	0.203
GCA	-0.332	-2.672	1.013	2.106	2.227	-2.341	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

การประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตเพื่อใช้ในการคัดเลือกกลุ่มผสมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ซึ่งสอดคล้องกับ Saidaiahet *al.* (2010) ที่ประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ APMS 6A มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงในลักษณะผลผลิต ความกว้างใบธง จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง อัตราการติดเมล็ด และอัตราการให้ผลผลิตต่อวัน และสายพันธุ์ทดสอบ 1096 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป

สูงในลักษณะผลผลิต จำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง น้ำหนักรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และ อัตราการให้ผลผลิตต่อวัน และ Jelodar (2010) พบว่า สายพันธุ์แม่ IR62829A และสายพันธุ์พ่อ IR50 และสายพันธุ์ POYA มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดีในทุกลักษณะ โดยภาพรวมของการ ประเมินสมรรถนะการผสม พบว่า สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง มีแนวโน้ม ให้สมรรถนะการผสมเฉพาะสูงด้วย แต่เนื่องจากค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวน แสดงถึงความสำคัญของอินพลวก (GCA) และอินไม่ใช่พลวก (SCA) ต่อการ แสดงออกของกลุ่มผสมที่ดี

ตารางที่ 21 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะ ผลผลิตต่อต้นของข้าวลูกผสม จำนวน 12 กลุ่ม

พันธุ์/สายพันธุ์	CH1	CH4	ชัยนาท 1	ภ31	สุพรรณบุรี 1	สุพรรณบุรี 2	GCA
CHA1	-18.262	-20.807	-3.574	-5.375	7.492	-15.499	-4.669
IR80151A	18.262 ^{2/}	20.807 ^{1/}	3.574	5.375 ^{4/}	-7.492	15.499 ^{3/}	4.669
GCA	8.59	-1.03	9.29	1.38	-11.71	-6.51	

หมายเหตุ; ^{n/} คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) จัดเรียงตามลำดับ

8. การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันของประชากรลูกชั่วที่ 2

การศึกษาการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 ใน 2 กลุ่มผสม คือ กลุ่มผสม IR80151A/CH1 และกลุ่มผสม IR80151A/CH4 ในประชากรชั่วที่ 2 กลุ่มผสม IR80151A/CH1 โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งลักษณะตามวิธีของ (Chaudhary *et al.*, 1981) โดยแบ่ง ลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสร เป็น 4 ระดับ คือ ลักษณะละอองเกสรเป็นหมัน (100% pollen sterile) ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันบางส่วน (99-70% pollen sterile) ลักษณะละอองเกสรปกติ บางส่วน (30-69% pollen sterile) และลักษณะละอองเกสรปกติ (29-0% pollen sterile) และใช้ เกณฑ์การแบ่งลักษณะการติดเมล็ดคือ ลักษณะการติดเมล็ดปานกลางถึงสูง (5-95% seed setting rate) และลักษณะการติดเมล็ดน้อยถึงไม่ติดเมล็ด (0-2% seed setting rate) พบว่า มีการกระจายตัว ของต้นที่มีลักษณะละอองเกสรปกติต่อละอองเกสรเป็นหมัน จำนวน 330:26 โดยมีอัตราส่วนเป็น

15:1 ที่ทดสอบด้วยตัวทดสอบสถิติไคสแควร์(χ^2 -test) (ตารางที่ 16) สอดคล้องกับ Hossain *et al.* (2010) พบว่า ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cmsควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง อย่างไรก็ตาม Yao *et al.* (1997) กลุ่มผสม P1266-89/Pusa 5A มีอัตราส่วนการกระจายตัวในประชากรชั่วที่ 2 และประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1) เป็น 27:30:7 และ 1:2:1 แสดงว่า มียีนแก้ความเป็นหมันจำนวน 3 ตำแหน่ง โดยอาจเป็นผลจากการผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาโปนิกา อย่างไรก็ตาม ลักษณะอัตราการติดเมล็ด พบว่า มีการกระจายตัวของลักษณะการติดเมล็ดต่อการติดเม็ลน้อยหรือไม่ติดเมล็ด จำนวน 344:33 ที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความสัมพันธ์ของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรและอัตราการติดเมล็ด โดยสมการเส้นตรงและวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอย เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไปเพื่อทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ทิศทางความสัมพันธ์และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าที่ทราบจากตัวแปรหนึ่งเพื่อพยากรณ์ค่าของอีกตัวแปรหนึ่งว่ามีความแปรผันในสัดส่วนหรือระดับใด (ภาพที่ 3) พบว่า ลักษณะอัตราการติดเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความมีชีวิตของละอองเกสร มีค่า R^2 เท่ากับ 0.5773 แสดงว่า อัตราการติดเมล็ดเป็นผลจากอิทธิพลของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสร คิดเป็น 57.73 เปอร์เซ็นต์ และผลจากอิทธิพลอื่นๆ คิดเป็น 42.27 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า อัตราการติดเมล็ดของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีความแปรปรวนหรือได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูง อาจทำให้การแบ่งประเภทผิดพลาดได้

การศึกษการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรชั่วที่ 2 ในกลุ่มผสม IR80151A/CH4 พบว่า มีการกระจายตัวของต้นที่มีลักษณะละอองเกสรปกติต่อละอองเกสรเป็นหมัน จำนวน 385:29 โดยมีอัตราส่วนเป็น 15:1 ที่ทดสอบด้วยตัวทดสอบสถิติไคสแควร์(χ^2 -test) (ตารางที่ 17) และการศึกษาลักษณะอัตราการติดเมล็ด พบว่า มีการกระจายตัวของลักษณะการติดเมล็ดต่อการติดเม็ลน้อยหรือไม่ติดเมล็ด จำนวน 384:30 ซึ่งยอมรับสมมุติฐานหลัก มีอัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะอัตราการติดเมล็ด 15:1 การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรและอัตราการติดเมล็ด โดยสมการเส้นตรงและวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอย (ภาพที่ 4) พบว่า ลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะอัตราการติดเมล็ด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.6161 แสดงว่า อัตราการติดเมล็ดเป็นผลจากอิทธิพลของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรคิดเป็น 61.61 เปอร์เซ็นต์ และผลจากอิทธิพลอื่น ๆ คิดเป็น 39.39 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรชั่วที่ 2 ทั้ง 2 กลุ่มผสม สรุปว่า ลักษณะละอองเกสรเป็นหมันที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ IR80151A กับ

สายพันธุ์ CH1 และ CH4 มียีนควบคุมลักษณะ 2 ตำแหน่ง และจากข้อมูลการติดเมล็ดและความมีชีวิตของละอองเกสรของลูกผสมชั่วที่ 1 ของทั้งสองกลุ่มผสม แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะละอองเกสรเป็นหมันทั้งสองตำแหน่งมีการแสดงออกของยีนแบบ recessive genes ที่มียีนแก้ความเป็นหมัน 2 ตำแหน่ง (Hossainet *et al.*, 2010; Yao *et al.*, 1997; Liet *et al.*, 2008; Nematzadeh and Kiani, 2010) และจากข้อมูลความสัมพันธ์ของลักษณะอัตราการติดเมล็ดกับลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรของทั้งสองกลุ่มผสมแสดงให้เห็นว่าอัตราการติดเมล็ดยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น การศึกษาการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมัน โดยศึกษาลักษณะอัตราการติดเมล็ดเพียงอย่างเดียว อาจไม่สามารถใช้อธิบายผลได้โดยตรง เนื่องจากการศึกษาอัตราการติดเมล็ดครั้งนี้ เป็นการศึกษาจากรวงที่ไม่ได้ครอบถุง (non-bagging) อาจทำให้มีการผสมข้ามจากต้นที่มีละอองเกสรปกติได้

จากการกระจายตัวของต้นที่มีละอองเกสรเป็นหมันและไม่ติดเมล็ดในประชากรชั่วที่ 2 และความมีชีวิตของละอองเกสรและการติดเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 1 สามารถสรุปได้ว่า สายพันธุ์แม่ที่ใช้ (IR80151A) มีพันธุกรรมการแสดงออกของพันธุกรรมลักษณะละอองเกสรเป็นหมันแบบ sporophytic abortive ซึ่งเป็นลักษณะของความเป็นหมันของละอองเกสรเนื่องจากยีนในนิวเคลียสและยีนในไซโตพลาสซึม ชนิด WA-cms และมีรายงานว่า สายพันธุ์ IR80151A เป็นสายพันธุ์ที่มีละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cms (Virmani and Kumar, 2004) จากข้อมูลการกระจายตัวของต้นที่เป็นหมัน เกษตรกรไม่ควรนำเมล็ดชั่วที่ 2 ของข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ที่มีละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cms ไปปลูกต่อ เพราะจะทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่ลดลง จากสาเหตุที่มีต้นที่มีละอองเกสรเป็นหมันร่วมด้วยในประชากร

ตารางที่ 22 อัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันและอัตราการติด
เมล็ดของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1

ลักษณะ	รูปแบบ	ค่าสังเกต (Observe: O)	ค่าคาดหวัง (Expected: E)	การทดสอบ $\chi^2(15:1)$
ความมีชีวิตของ	ละอองเกสรปกติ	330	353.43	
ละอองเกสร	ละอองเกสรเป็นหมัน	26	23.56	1.81ns
อัตราการติด	ติดเมล็ด	344	353.43	
เมล็ด	ไม่ติดเมล็ด	33	23.562	4.03*

หมายเหตุ; $\chi^2_{(0.05, df=1)} = 3.84$, $\chi^2_{(0.01, df=1)} = 6.63$

* = ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

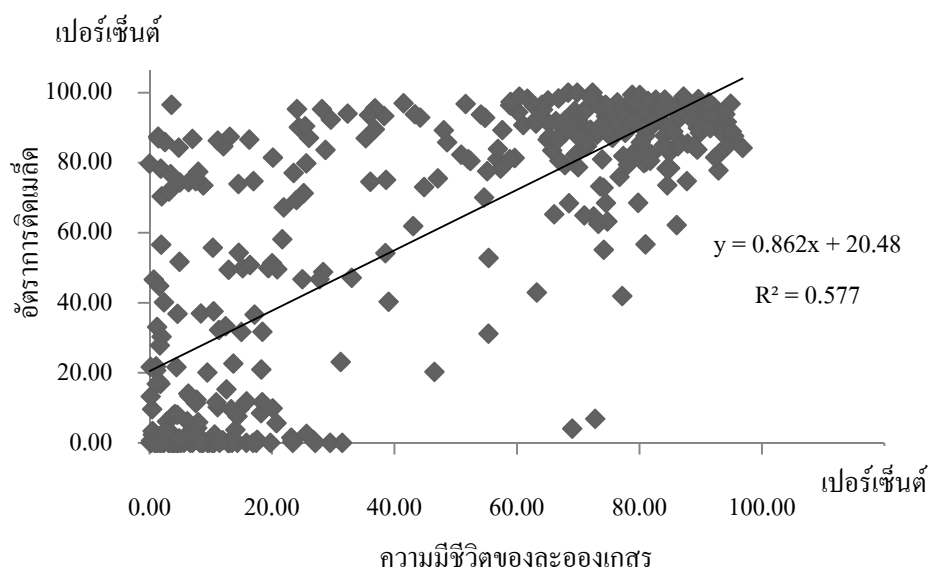
ns = ขอมรับสมมติฐานหลัก

ตารางที่ 23 อัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันและอัตราการติด
เมล็ดของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4

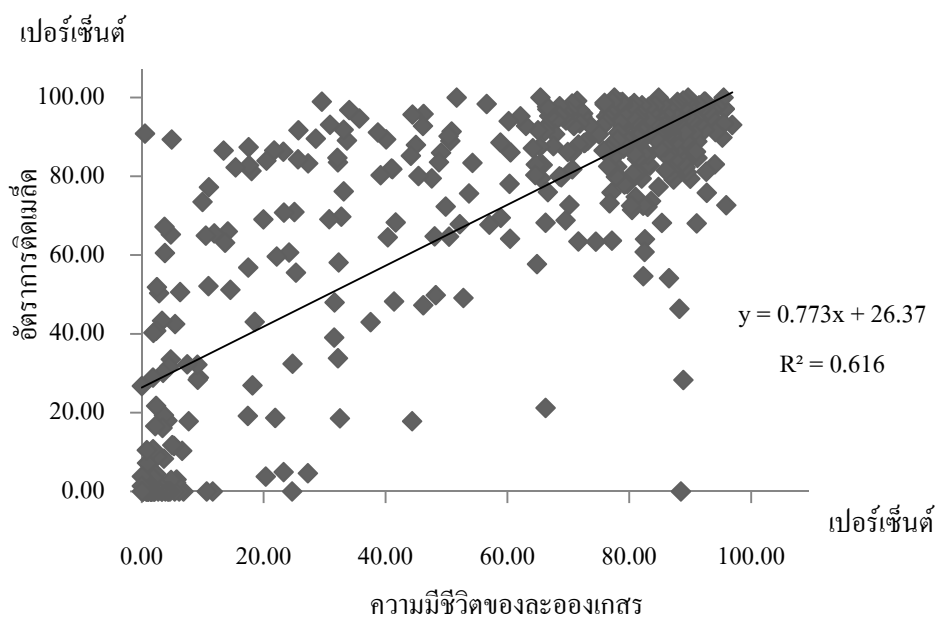
ลักษณะ	รูปแบบ	ค่าสังเกต (Observe: O)	ค่าคาดหวัง (Expected: E)	การทดสอบ $\chi^2(15:1)$
ความมีชีวิตของ	ละอองเกสรปกติ	385	388	
ละอองเกสร	ละอองเกสรเป็นหมัน	29	25.87	0.40ns
อัตราการติด	ติดเมล็ด	384	388	
เมล็ด	ไม่ติดเมล็ด	30	25.87	0.70ns

หมายเหตุ; $\chi^2_{(0.05, df=1)} = 3.84$, $\chi^2_{(0.01, df=1)} = 6.63$

ns = ขอมรับสมมติฐานหลัก



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการติดเมล็ดและความมีชีวิตของละอองเกสรของประชากร
ลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1



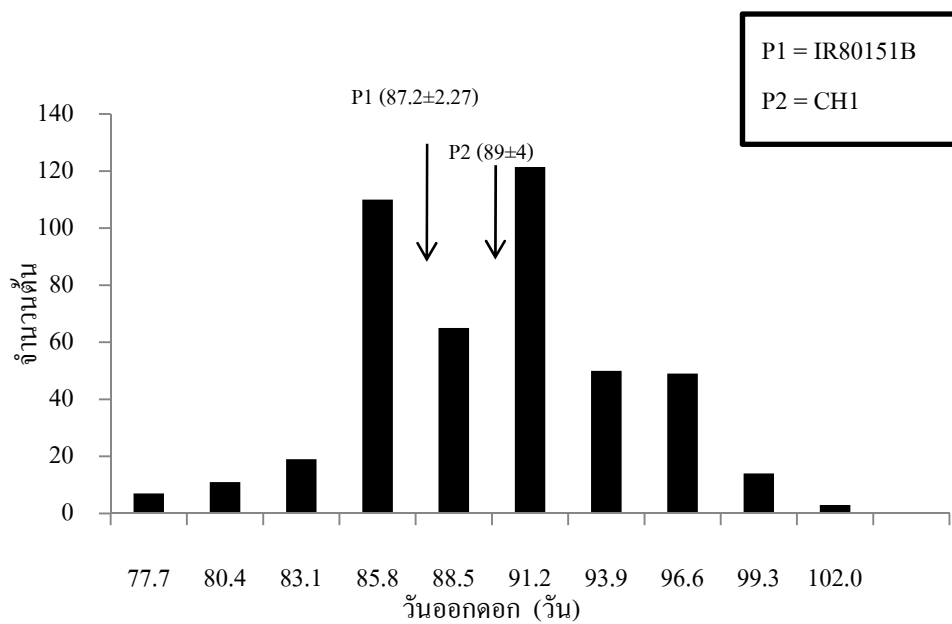
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการติดเมล็ดและความมีชีวิตของละอองเกสรของประชากร
ลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4

9. การกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของประชากร ลูกชั่วที่ 2

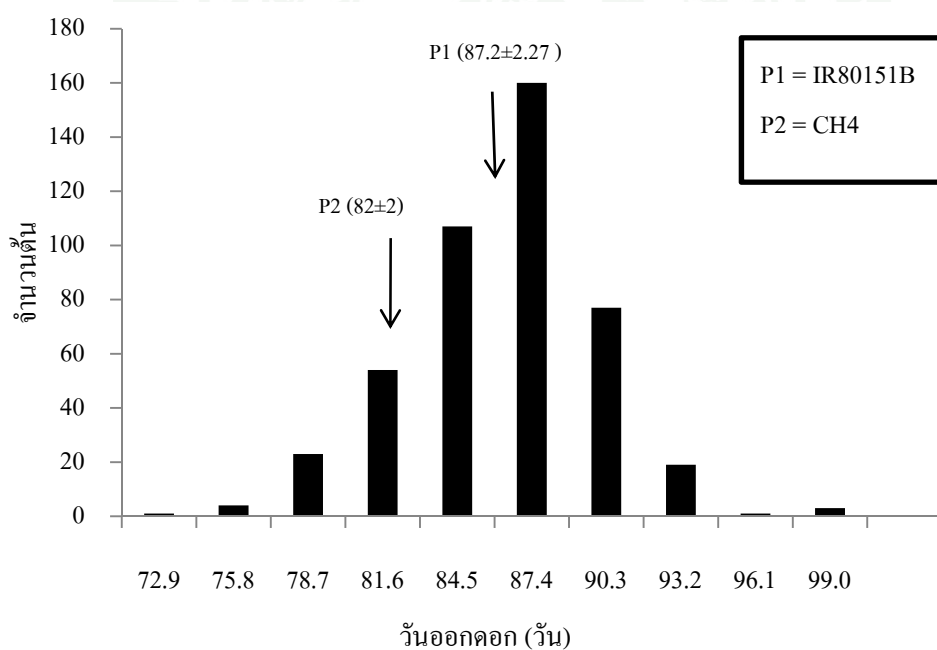
อายุวันออกดอก

การกระจายตัวของลักษณะอายุวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 413 ต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีอายุวันออกดอกประมาณ 89 วัน โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีอายุวันออกดอก 89 วัน มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ คือ สายพันธุ์ IR80151B ที่มีอายุวันออกดอก 87 วัน จำนวนต้นที่มีอายุวันออกดอกน้อยกว่า (negative transgressive segregation) สายพันธุ์ IR80151B จำนวน 164 ต้น คิดเป็น 39.71 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีอายุวันออกดอกมากกว่าพันธุ์ CH1 (positive transgressive segregation) จำนวน 166 ต้น คิดเป็น 40.19 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุวันออกดอกนานที่สุด 102 วัน และอายุวันออกดอกสั้นที่สุด 75 วัน (ภาพที่ 5) เนื่องจากเก็บเกี่ยวหลังจากวันออกดอกประมาณ 30 วัน เพราะฉะนั้นอายุวันเก็บเกี่ยวของประชากรจึงมีรูปแบบการกระจายตัวเหมือนกับลักษณะอายุวันออกดอก

การกระจายตัวของลักษณะอายุวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 449 ต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยประชากรมีอายุวันออกดอกประมาณ 85 วัน โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีอายุวันออกดอก 82 วัน น้อยกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีอายุวันออกดอกประมาณ 87 วัน จำนวนต้นที่มีอายุวันออกดอกน้อยกว่าพันธุ์ CH4 จำนวน 82 ต้น คิดเป็น 18.26 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีอายุวันออกดอกมากกว่าสายพันธุ์ IR80151B จำนวน 166 ต้น คิดเป็น 40.19 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุวันออกดอกนานที่สุด 85 วัน และอายุวันออกดอกสั้นที่สุด 70 วัน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 การกระจายตัวของลักษณะวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2
ของคู่ผสม IR80151A/CH1

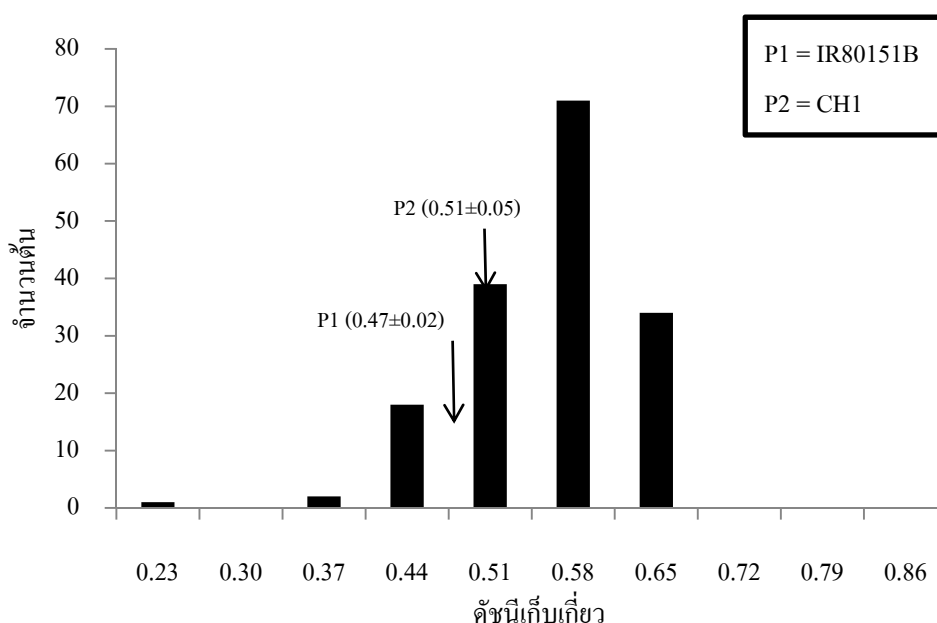


ภาพที่ 6 การกระจายตัวของลักษณะวันออกดอกของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2
ของคู่ผสม IR80151A/CH4

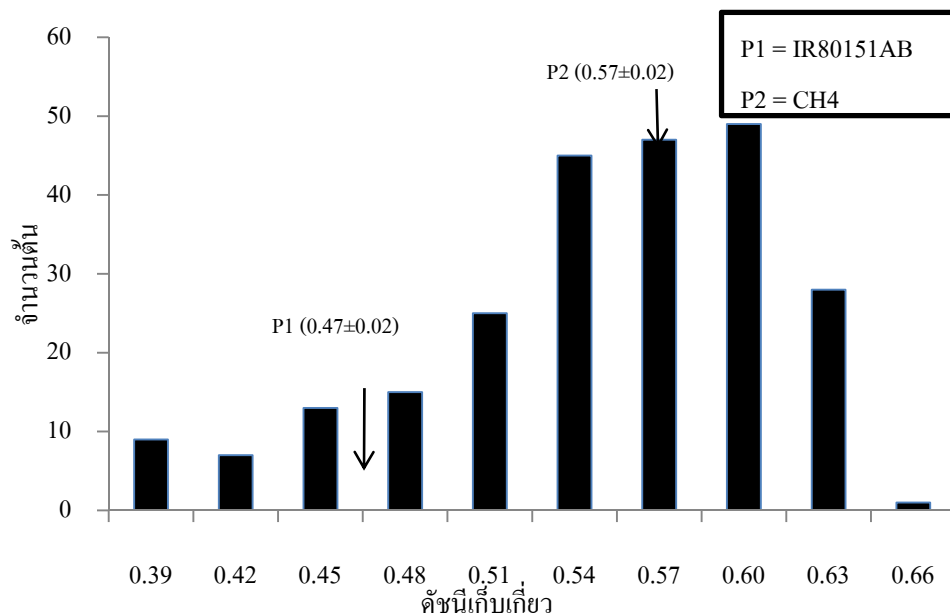
ดัชนีเก็บเกี่ยว

การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีดัชนีเก็บเกี่ยวประมาณ 0.53 โดยพันธุ์พ่อ (CH1) ดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.51 มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.47 จำนวนต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 102 ต้น คิดเป็น 61.45 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 34 ต้น คิดเป็น 24.48 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวมากที่สุดเท่ากับ 0.89 และต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยที่สุดเท่ากับ 0.16 (ภาพที่ 7)

การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีดัชนีเก็บเกี่ยวประมาณ 0.54 โดยพันธุ์พ่อ (CH4) ดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.57 มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.47 จำนวนต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวมากกว่าพันธุ์ CH4 มีจำนวน 76 ต้น คิดเป็น 31.8 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 32 ต้น คิดเป็น 13.39 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวมากที่สุดเท่ากับ 0.66 และต้นที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยที่สุดเท่ากับ 0.37 (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1



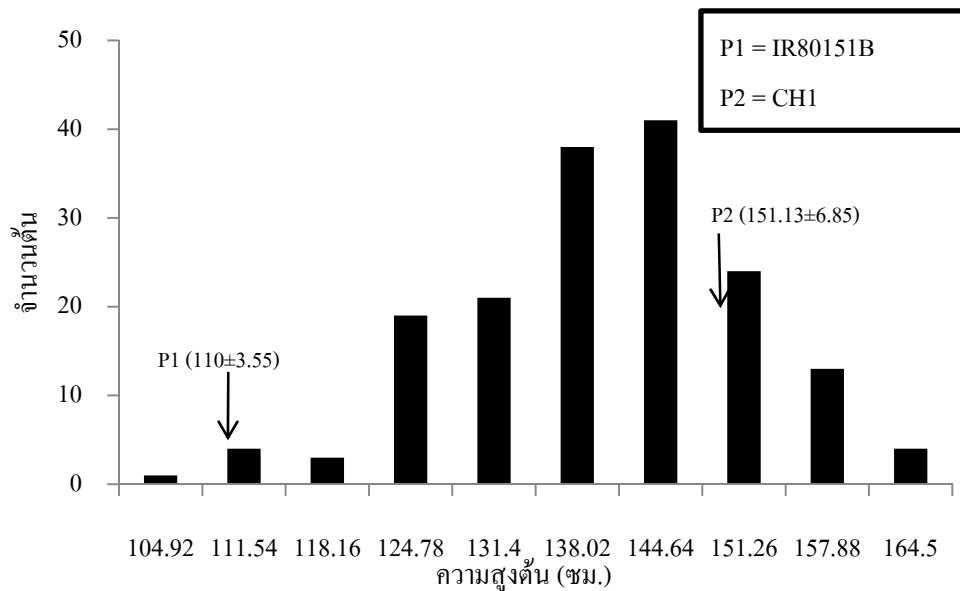
ภาพที่ 8 การกระจายตัวของลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4

ความสูงต้น

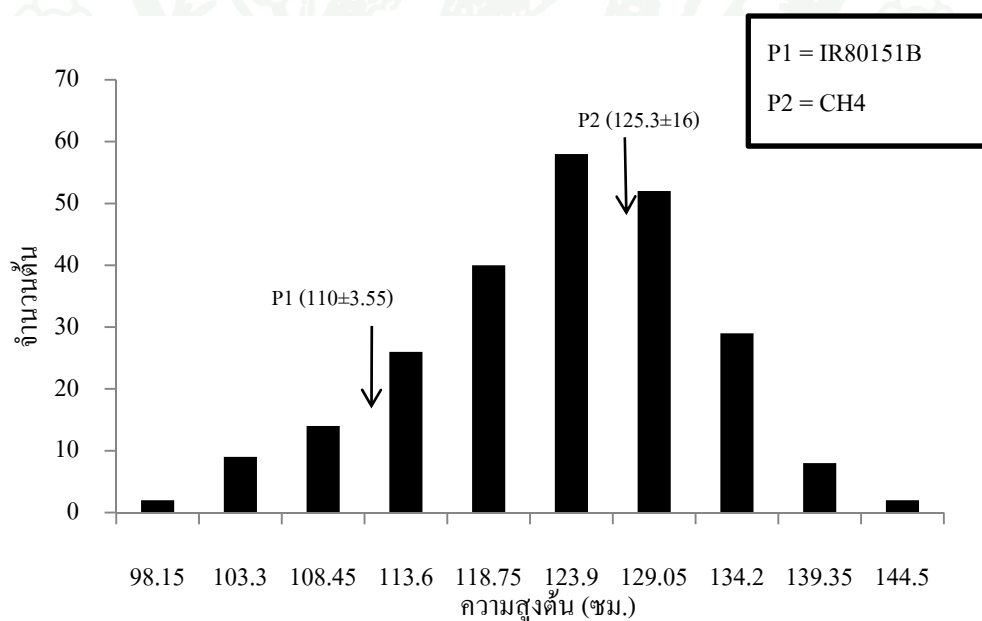
การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความสูงต้นประมาณ 136.85 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีความสูงต้นเฉลี่ย 151.13 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความสูงต้นเฉลี่ย 110 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 15 ต้น คิดเป็น 9.04 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีความสูงต้นน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 2 ต้น คิดเป็น 1.2 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความสูงต้นสูงที่สุด 164.5 เซนติเมตร และต้นที่มีความสูงต้นเตี้ยที่สุด 98.3 เซนติเมตร (ภาพที่ 9)

การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความสูงต้นประมาณ 120.39 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีความสูงต้นเฉลี่ย 125.3 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความสูงต้นเฉลี่ย 110 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์ CH4 มีจำนวน 141 ต้น คิดเป็น 59 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่

มีความสูงตื้นน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 2 ตัน คิดเป็น 0.84 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความสูงตื้น สูงที่สุด 144.5 เซนติเมตร และต้นที่มีความสูงตื้น เตี้ยที่สุด 93 เซนติเมตร(ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1

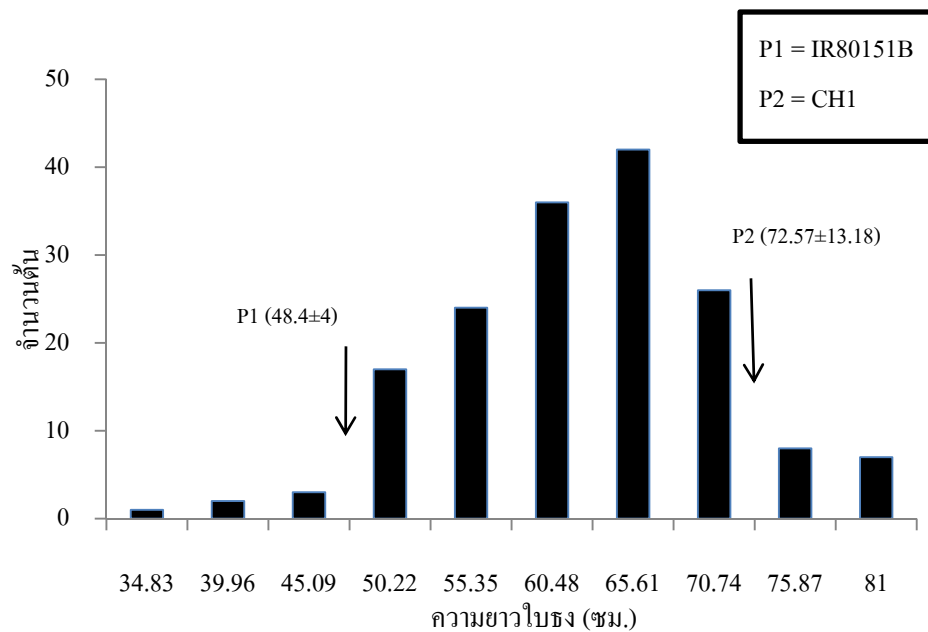


ภาพที่ 10 การกระจายตัวของลักษณะความสูงต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4

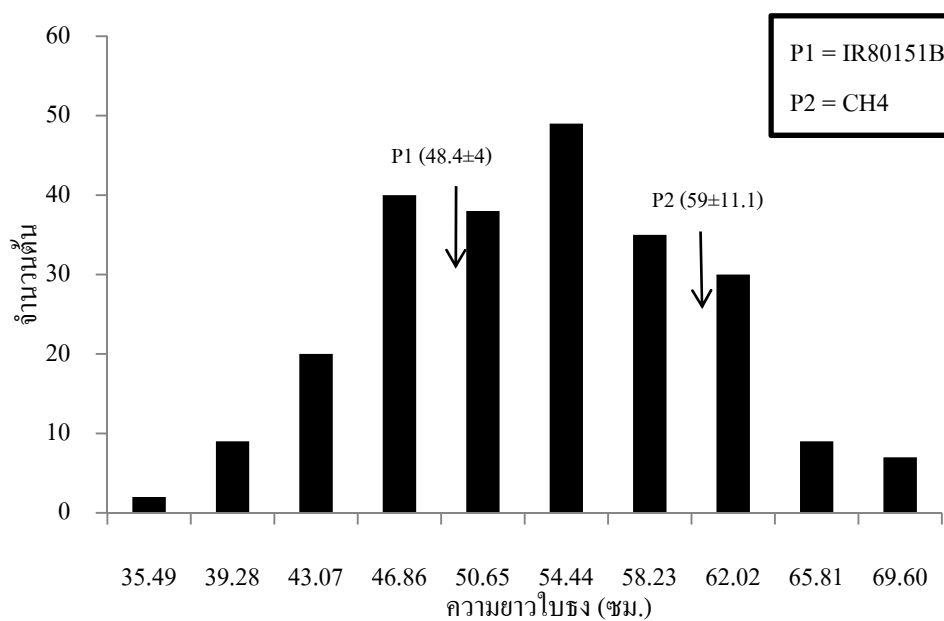
ความยาวใบธง

การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความยาวใบธงประมาณ 59.93 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีความยาวใบธงเฉลี่ย 72.57 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความยาวใบธงเฉลี่ย 48.4 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความยาวใบธงมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 10 ต้น คิดเป็น 6.02 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีความยาวใบธงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 16 ต้น คิดเป็น 9.64 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความยาวใบธงยาวที่สุดยาว 81 เซนติเมตร และต้นที่มีความยาวใบธงสั้นที่สุดยาว 29.7 เซนติเมตร (ภาพที่ 11)

การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความยาวใบธงประมาณ 51.34 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีความยาวใบธงเฉลี่ย 59.0 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความยาวใบธงเฉลี่ย 48.4 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความยาวใบธงมากกว่าสายพันธุ์ CH4 มีจำนวน 38 ต้น คิดเป็น 15.9 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีความยาวใบธงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 87 ต้น คิดเป็น 36.4 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความยาวใบธงยาวที่สุดยาว 69.6 เซนติเมตร และต้นที่มีความยาวใบธงสั้นที่สุดยาว 31.7 เซนติเมตร (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1

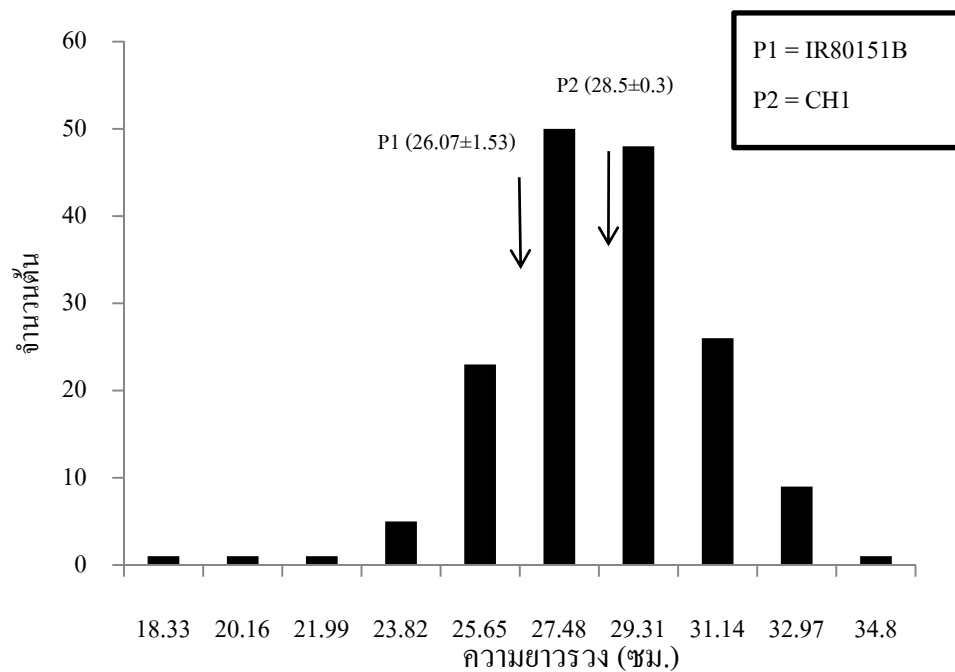


ภาพที่ 12 การกระจายตัวของลักษณะความยาวใบธงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4

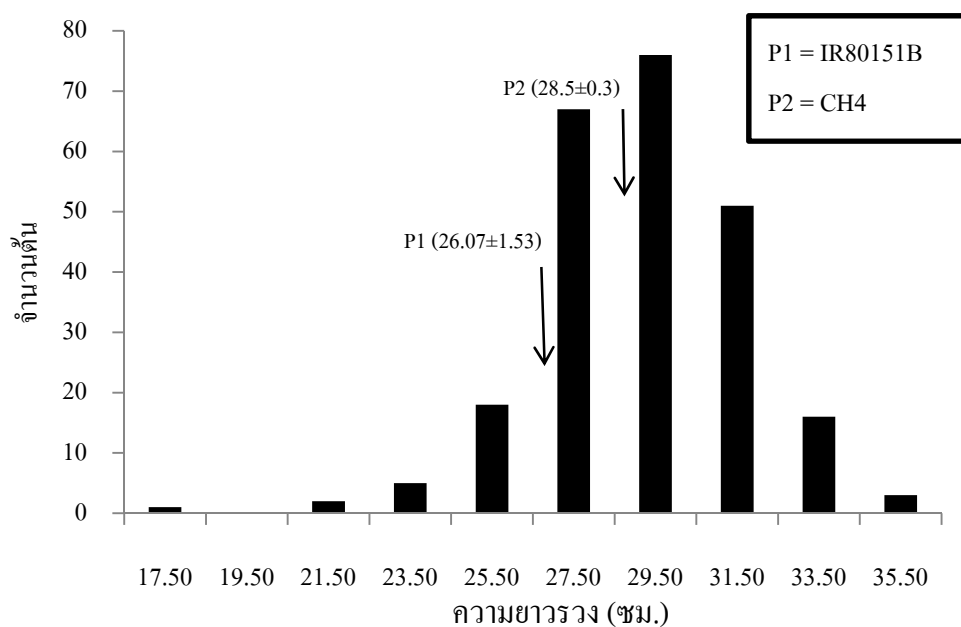
ความยาวรวง

การกระจายตัวของลักษณะความยาวรวงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความยาวรวงประมาณ 27.56 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีความยาวรวงเฉลี่ย 32 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความยาวรวงเฉลี่ย 26.07 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความยาวรวงมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 5 ต้น คิดเป็น 3.01 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีความยาวรวงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 40 ต้น คิดเป็น 24.10 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความยาวรวงยาวที่สุดยาว 34.8 เซนติเมตร และต้นที่มีความยาวรวงสั้นที่สุดยาว 16.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 13)

การกระจายตัวของลักษณะความยาวรวงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีความยาวรวงประมาณ 28.2 เซนติเมตร โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีความยาวรวงเฉลี่ย 28.5 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีความยาวรวงเฉลี่ย 26.07 เซนติเมตร จำนวนต้นที่มีความยาวรวงมากกว่าพันธุ์ CH4 มีจำนวน 116 ต้น คิดเป็น 48.54 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีความยาวรวงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 43 ต้น คิดเป็น 17.99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีความยาวรวงยาวที่สุดยาว 35.5 เซนติเมตร และต้นที่มีความยาวรวงสั้นที่สุดยาว 15.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 14)



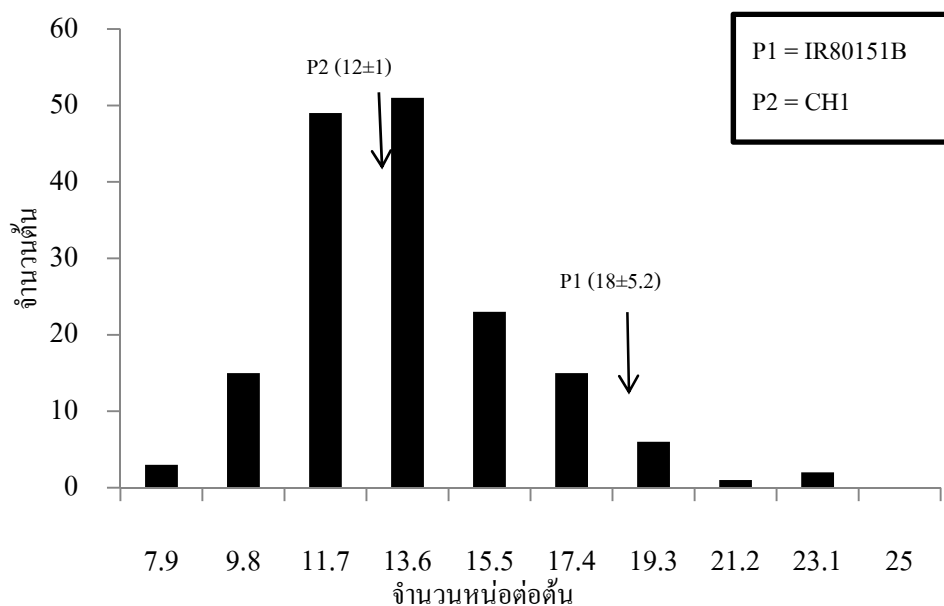
ภาพที่ 13 การกระจายตัวของลักษณะความยาวรังในประชากรลูกชั่วที่ 2
ของคู่ผสม IR80151A/CH1



ภาพที่ 14 การกระจายตัวของลักษณะความยาวรังในประชากรลูกชั่วที่ 2
ของคู่ผสม IR80151A/CH4

จำนวนหน่อต่อต้น

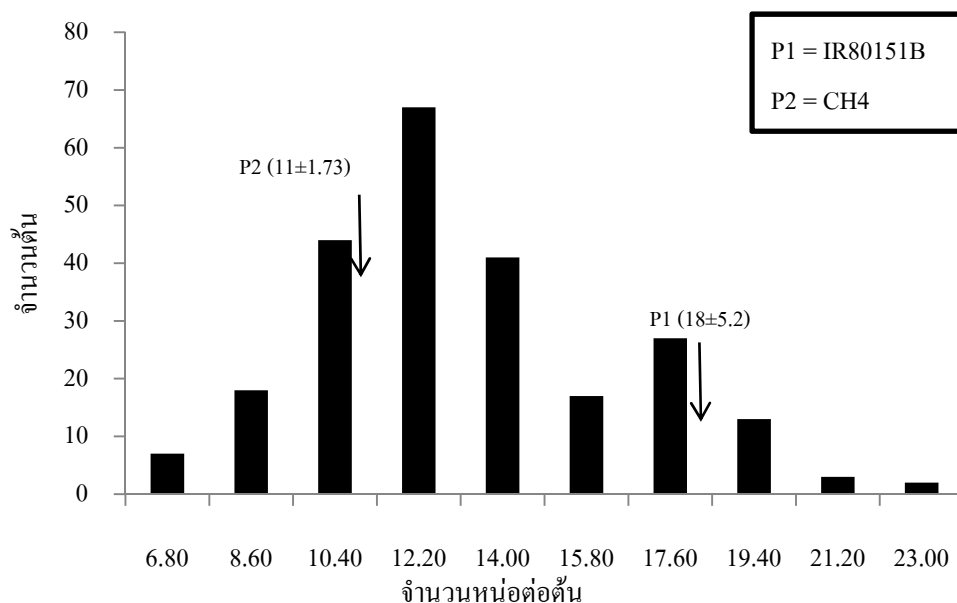
การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวประชากรชั่วที่ 2 กลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนหน่อต่อต้น ประมาณ 12.5 หน่อต่อต้น โดยสายพันธุ์พ่อ (CH1) มีจำนวนหน่อ 12 หน่อต่อต้น น้อยกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนหน่อ 18 หน่อต่อต้น จำนวนต้นที่มีจำนวนหน่อน้อยกว่าสายพันธุ์ CH1 มีจำนวน 67 ต้น คิดเป็น 40.36 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนหน่อมากกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 6 ต้น คิดเป็น 3.61 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนหน่อต่อต้นมากที่สุดมี 25 หน่อต่อต้น และต้นที่มีจำนวนหน่อต่อต้นน้อยที่สุดมี 6 หน่อต่อต้น (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1

การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนหน่อต่อต้นประมาณ 12.38 หน่อต่อต้น โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีจำนวนหน่อ 11 หน่อต่อต้นน้อยกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนหน่อ 18 หน่อต่อต้น จำนวนต้น

ที่มีจำนวนหน่อตอต้นน้อยกว่าพันธุ์ CH4 มีจำนวน 69 ต้น คิดเป็น 28.87 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนหน่อมากกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 11 ต้น คิดเป็น 4.60 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนหน่อตอต้นมากที่สุดมี 23 หน่อตอต้น และต้นที่มีจำนวนหน่อตอต้นน้อยที่สุดมี 5 หน่อตอต้น (ภาพที่16)

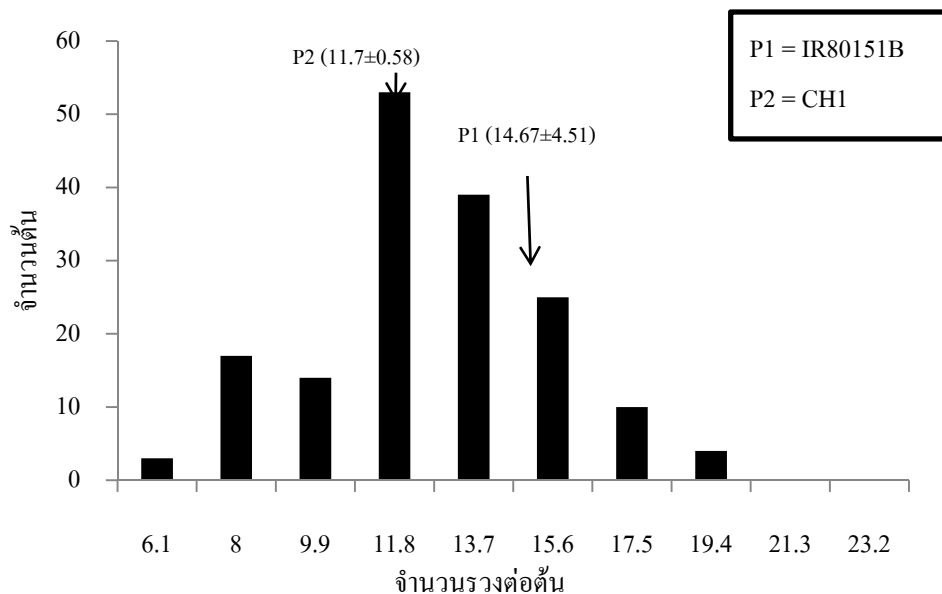


ภาพที่ 16 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนหน่อตอต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4

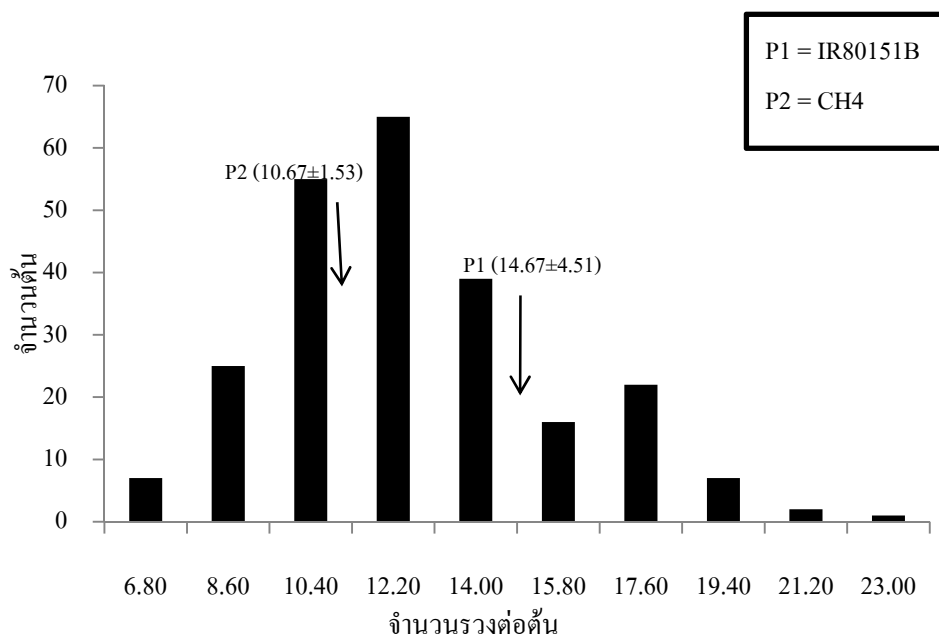
จำนวนรวงตอต้น

การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงตอต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนรวงตอต้นประมาณ 11.62 รวงตอต้น โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีจำนวนรวงเฉลี่ย 11.7 รวงตอต้นน้อยกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนรวงเฉลี่ย 14.67 รวงตอต้น จำนวนต้นที่มีจำนวนรวงตอต้นน้อยกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 87 ต้น คิดเป็น 52.41 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนรวงตอต้นมากกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 24 ต้น คิดเป็น 14.16 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนรวงตอต้นมากที่สุดมี 25 รวงตอต้น และต้นที่มีจำนวนรวงตอต้นน้อยที่สุดมี 4 รวงตอต้น (ภาพที่17)

การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นของข้าวประชากรชั่วที่ 2 กลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนรวงต่อต้นประมาณ 11.82 รวงต่อต้น โดยสายพันธุ์พ่อ (CH4) มีจำนวนรวงเฉลี่ย 10.67 รวงต่อต้น น้อยกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนรวงเฉลี่ย 14.67 รวงต่อต้น จำนวนต้นที่มีจำนวนรวงต่อน้อยกว่าสายพันธุ์ CH4 มีจำนวน 87 ต้น คิดเป็น 36.40 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนรวงต่อต้นมากกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 48 ต้น คิดเป็น 20.08 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนรวงต่อต้นมากที่สุดมี 23 รวงต่อต้น และต้นที่มีจำนวนรวงต่อน้อยที่สุดมี 5 รวงต่อต้น (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1



ภาพที่ 18 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนรวงต่อต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2
ของคู่ผสม IR80151A/CH4

จำนวนเมล็ดต่อรวง

การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง ของข้าวประชากรชั่วที่ 2 คู่ผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนเมล็ดต่อรวงประมาณ 298.08 เมล็ด โดยสายพันธุ์พ่อ (CH1) มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 363.67 เมล็ด มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 238.5 เมล็ด จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่าสายพันธุ์ CH1 มีจำนวน 18 ต้น คิดเป็น 10.82 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 16 ต้น คิดเป็น 9.64 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุดมี 444.5 เมล็ดต่อรวง และต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อน้อยที่สุดมี 172.5 เมล็ดต่อรวง (ภาพที่ 19)

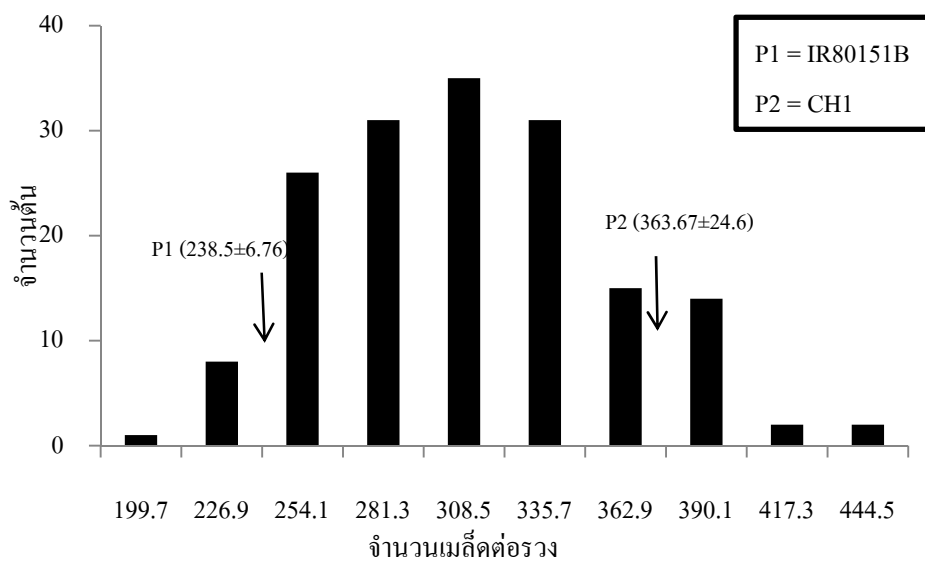
การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวง ของข้าวประชากรชั่วที่ 2 คู่ผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนเมล็ดต่อรวงประมาณ 252.31 เมล็ด โดยสายพันธุ์พ่อ (CH4) มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 264.17 เมล็ด มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 238.5 เมล็ด จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่าสายพันธุ์ CH4 มีจำนวน 95 ต้นคิดเป็น

39.75 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 87 ต้น คิดเป็น 36.4 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุดมี 366 เมล็ดต่อรวง และต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยที่สุดมี 104 เมล็ดต่อรวง (ภาพที่20)

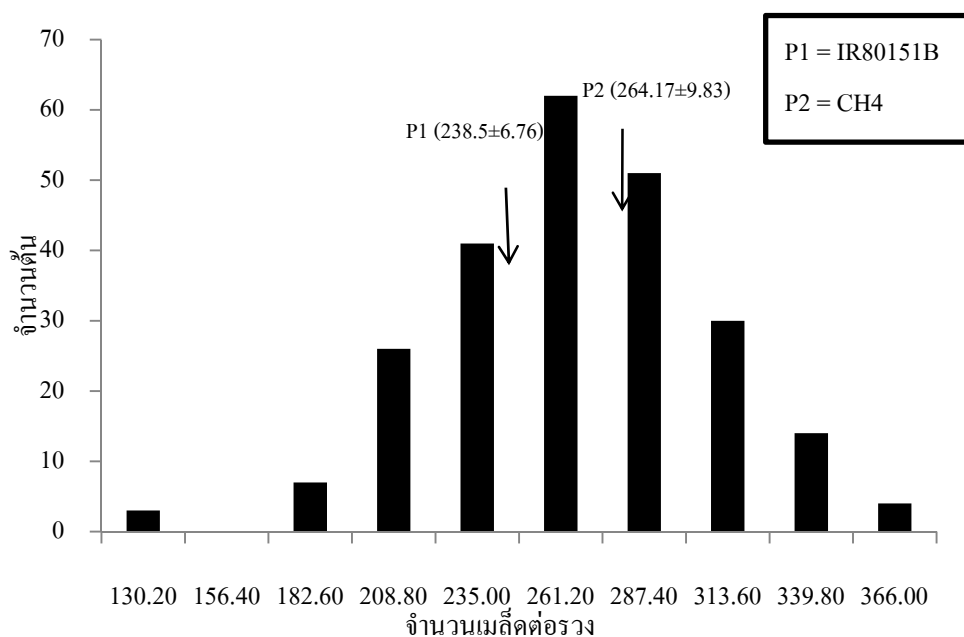
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงประมาณ 226.47 เมล็ด โดยพันธุ์พ่อ (CH1)มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 339 เมล็ด มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B)ที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 179.17 เมล็ด ในประชากรไม่มีจำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากกว่าพันธุ์ CH1จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 28 ต้น คิดเป็น 16.87 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากที่สุดมี 339 เมล็ดต่อรวง และต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยที่สุดมี 83.5 เมล็ดต่อรวง (ภาพที่21)

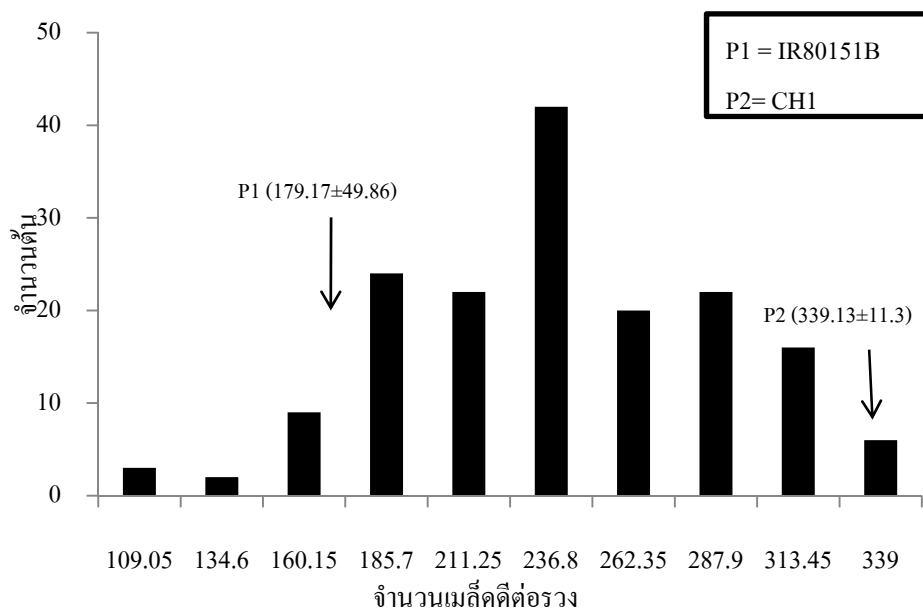
การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงประมาณ 207.17 เมล็ด โดยพันธุ์พ่อ (CH4)มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 245 เมล็ด มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B)ที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 179.17 เมล็ดจำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากกว่าพันธุ์ CH4 มีจำนวน 42 ต้น คิดเป็น 17.57 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 55 ต้น คิดเป็น 23.01เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากที่สุดมี 307.5 เมล็ดต่อรวง และต้นที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยที่สุดมี 71 เมล็ดต่อรวง (ภาพที่ 22)



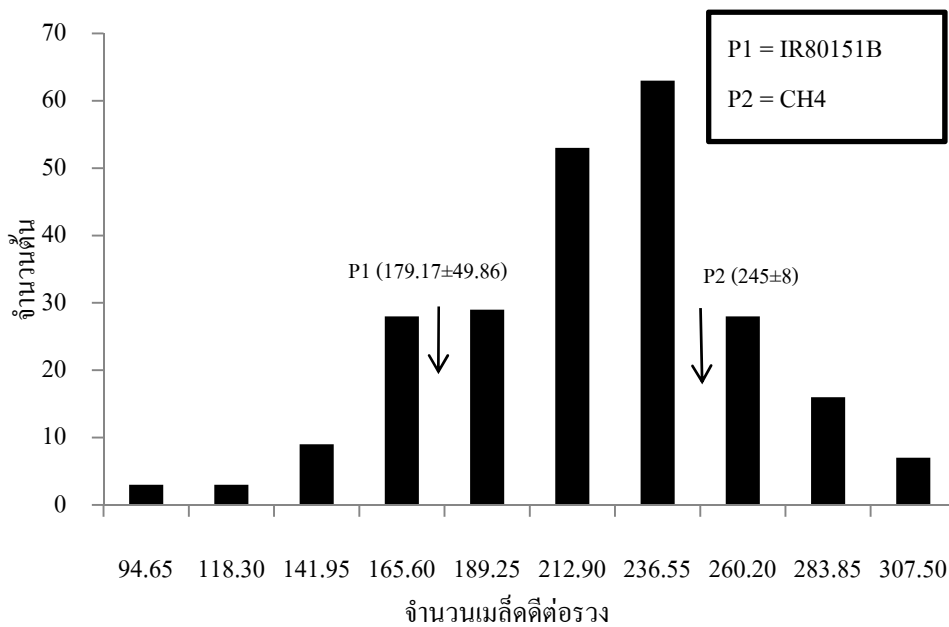
ภาพที่ 19 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1



ภาพที่ 20 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4



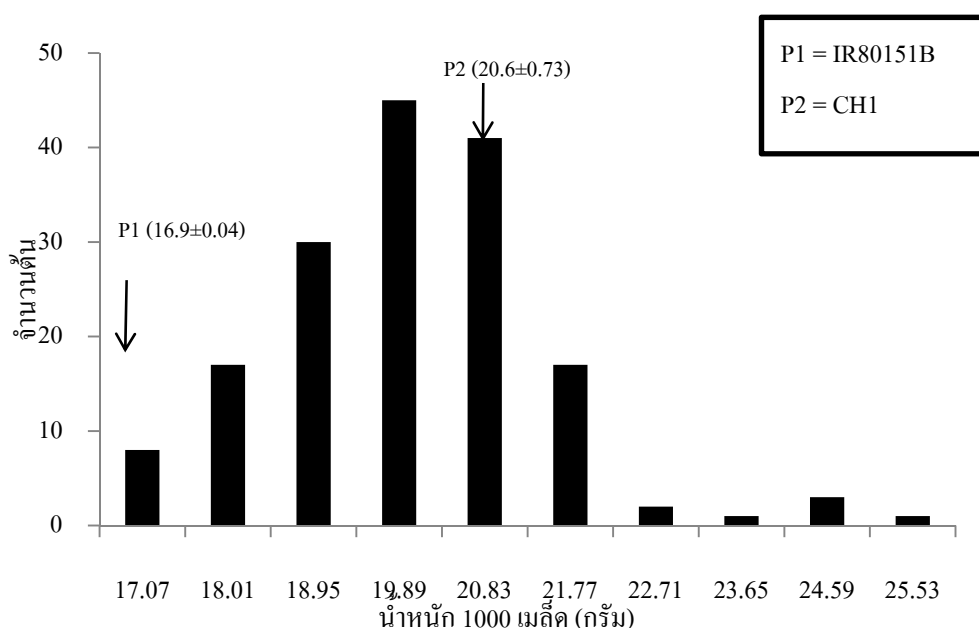
ภาพที่ 21 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH1



ภาพที่ 22 การกระจายตัวของลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4

น้ำหนัก 1000 เมล็ด

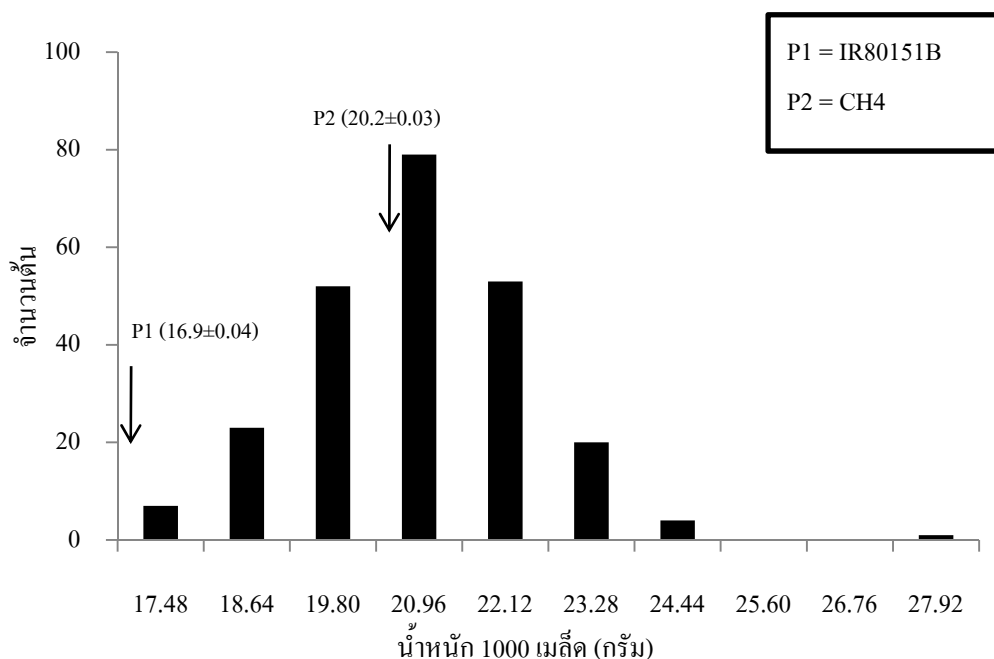
การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีน้ำหนัก 1000 เมล็ด ประมาณ 19.57 กรัม โดยพันธุ์พ่อ (CH1) มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด เฉลี่ย 20.6 กรัม มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด เฉลี่ย 16.90 กรัม จำนวนต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด มากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 37 ต้น คิดเป็น 22.29 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด น้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 2 ต้น คิดเป็น 1.20 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด มากที่สุดมีน้ำหนัก 25.59 กรัม และต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด น้อยที่สุดมีน้ำหนัก 16.12 กรัม (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1

การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีน้ำหนัก 1000 เมล็ด ประมาณ 20.34 กรัม โดยพันธุ์พ่อ (CH4) มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด เฉลี่ย 20.2 กรัม มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B) ที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด เฉลี่ย 16.90 กรัม

จำนวนต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด มากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 144 ต้น คิดเป็น 60.25 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด น้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 3 ต้น คิดเป็น 1.26 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด มากที่สุดมีน้ำหนัก 27.37 กรัม และต้นที่มีน้ำหนัก 1000 เมล็ด น้อยที่สุดมีน้ำหนัก 16.32 กรัม (ภาพที่ 24)

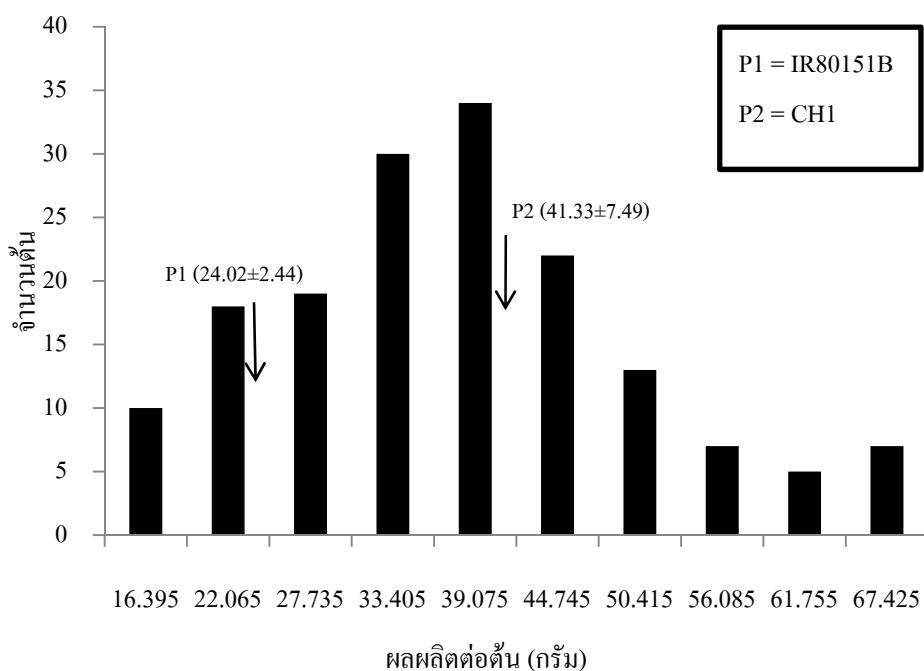


ภาพที่ 24 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ดในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4

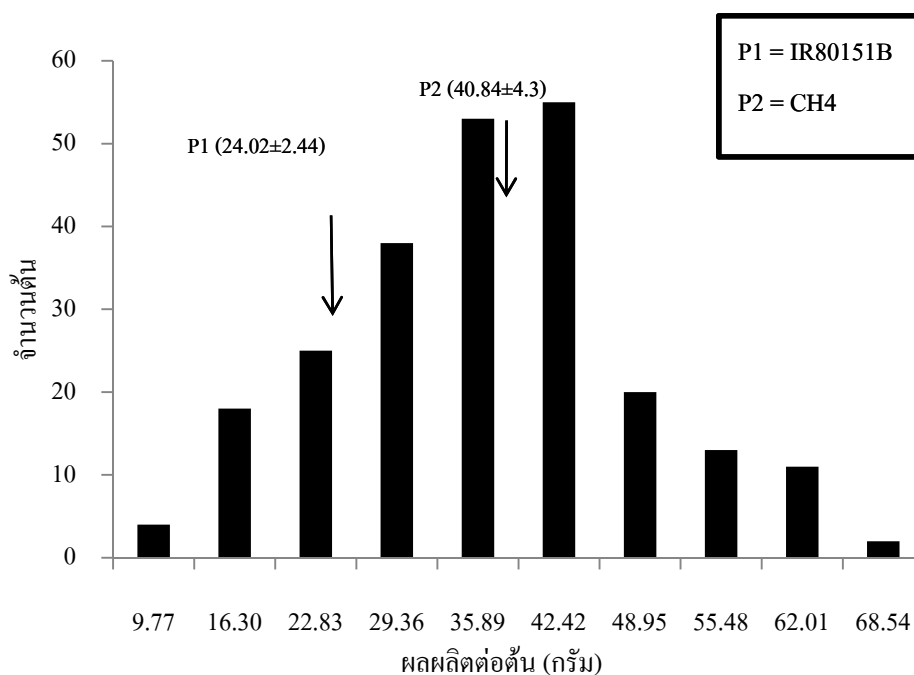
ผลผลิตต่อต้น

การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 166 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ประมาณ 35.05 กรัม โดยพันธุ์พ่อ (CH1)มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย 41.33 กรัม มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B)ที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น เฉลี่ย 24.02 กรัม จำนวนต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 42 ต้น คิดเป็น 25.30 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 37 ต้น คิดเป็น 22.29 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมากที่สุดมีน้ำหนัก 67.47 กรัม และต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุดมีน้ำหนัก 10.72 กรัม (ภาพที่ 25)

การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของข้าวประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH4 มีจำนวนประชากรที่ศึกษา 239 ต้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น ประมาณ 33.49 กรัม โดยพันธุ์พ่อ (CH4)มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย 40.84 กรัม มากกว่าสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ (IR80151B)ที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น เฉลี่ย 24.02 กรัม จำนวนต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมากกว่าพันธุ์ CH1 มีจำนวน 60 ต้น คิดเป็น 25.10 เปอร์เซ็นต์ จำนวนต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยกว่าสายพันธุ์ IR80151B มีจำนวน 57 ต้น คิดเป็น 23.85 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมากที่สุดมีน้ำหนัก 68.49 กรัม และต้นที่มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุดมีน้ำหนัก 3.24 กรัม (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 25 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1



ภาพที่ 26 การกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักผลผลิตต่อต้นในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม IR80151A/CH4

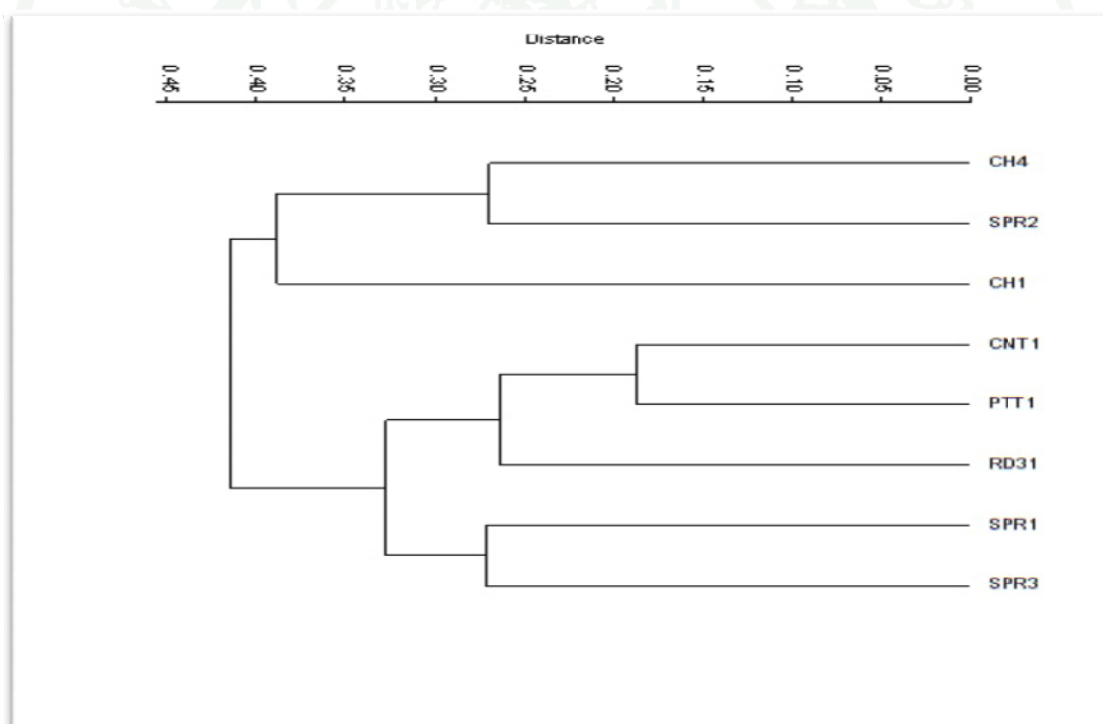
10.การจัดกลุ่มพันธุ์พ่อ

การแบ่งกลุ่มของพันธุ์พ่อที่ใช้ในการผลิตข้าวลูกผสม โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต จำนวน 10 ลักษณะ คือ ดัชนีเก็บเกี่ยว ความสูงต้น ความยาวใบธง ความยาวรวง จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ดและผลผลิตต่อต้น จำแนกโดยใช้ค่าความต่างเชิงยูคลิดกำลังสอง (euclidean distance) ด้วยโปรแกรม Past version 1.94b พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์พ่อ ออกเป็น 2 กลุ่ม ที่ค่าความต่างทางการแสดงออก เท่ากับ 0.45 โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์ปทุมธานี 1 พันธุ์กข31 พันธุ์สุพรรณบุรี 1 และสุพรรณบุรี 3 (ภาพที่ 27) จากข้อมูลความต่างทางการแสดงออกในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว สามารถแยกกลุ่มข้าวจีนซึ่งเป็นข้าวรูปแบบทรงต้นแบบใหม่ จากข้าวไทยเนื่องจากมีลักษณะทางการเกษตรที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามข้าวไทยพันธุ์สุพรรณบุรี 2 ก็จัดอยู่ในกลุ่มของข้าวจีน ทั้งที่ข้อมูลพันธุ์ประวัติของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 2 เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ กข23 และสายพันธุ์ IR60 โดยมีสายพันธุ์พ่อแม่ร่วมกันกับพันธุ์สุพรรณบุรี 1 คือพันธุ์ กข23 โดยพันธุ์ประวัติของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 คือ

IR25393-57-2-3/RD23//IR27316-69-3-2-2///SPRLR77205-3-2-11/SPRLR79134-51-2-2

(กรมการข้าว, 2552)จากการทดลองสอดคล้องกับHogue and Rahman (2007) พบว่า การศึกษาความต่างทางการแสดงออกของข้าวโดยใช้euclidian distance สามารถใช้ในการจำแนกความต่างของสายพันธุ์พ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวและธัญพืชอื่นๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Caldoet *al.* (1996)เช่นกัน

อย่างไรก็ตามการใช้ข้อมูลทางการแสดงออกอาจไม่สามารถจำแนกความต่างได้ดีเท่าที่ควร อาจใช้ในการตัดสินใจเบื้องต้นในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแหล่งกำเนิด (geographical region) แตกต่างกันในการผลิตลูกผสมเท่านั้น สอดคล้องกับ Zhang *et al.* (2010)



ภาพที่ 27 ค่าความต่างทางการแสดงออก(phenotypic distance) ของสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์

สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการทดลองพอสรุปได้ว่า

1. สามารถจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันด้วยวิธีการผสมทดสอบ โดยใช้สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันเป็นตัวทดสอบและตรวจสอบผลจากการแสดงออกของลูกผสมชั่วที่ 1 โดยสามารถจำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน จำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ CH1 พันธุ์ CH4 พันธุ์กข31 พันธุ์ชัยนาท1 พันธุ์สุพรรณบุรี1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 จำแนกเป็นสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน จำนวน 10 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ พันธุ์ CH3 สายพันธุ์ CT13432 สายพันธุ์ IR79156B สายพันธุ์ IR80151B สายพันธุ์ IR80156B พันธุ์เจ้าหอมนิลพันธุ์ สกลนคร1 พันธุ์สุพรรณบุรี 3 พันธุ์สุพรรณบุรี60 และพันธุ์สุพรรณบุรี80 และจำแนกเป็นสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันบางส่วน จำนวน 3 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์พ่อ IR64 พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์กข29 และจากการกระจายตัวของลักษณะละอองเกสรเป็นหมันในประชากรชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสม IR80151A/CH1 และ IR80151A/CH4 พบว่า สายพันธุ์แม่ IR80151A มีลักษณะละอองเกสรเป็นหมันชนิด WA-cmsซึ่งควบคุมด้วยยีนด้อย จำนวน 2 ตำแหน่ง (double recessive genes)

2. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวลูกผสมจากข้อมูลผลผลิตของลูกผสมเพียงอย่างเดียว ทำให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงตามต้องการ อย่างไรก็ตามลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ อาจไม่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตข้าวภายในประเทศ การคัดเลือกลูกผสมจากข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ที่ได้จากการศึกษาสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต อาจช่วยคัดเลือกลูกผสมที่มีลักษณะที่ดีและมีผลผลิตสูงได้และจากการประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์พ่อแม่ สามารถคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีแนวโน้มให้ลูกที่มีผลผลิตสูงได้ 4 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ พันธุ์CH1 พันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์กข31 และสายพันธุ์ IR80151A และจากการประเมินค่าความดีเด่นของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่า มีจำนวน 2 กลุ่มผสม คือ กลุ่มผสม IR80151A/CH1 และกลุ่มผสม IR80151A/CH4 ที่มีค่าความดีเด่นแบบ heterobeltiosisและ standard heterosisสูง โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 1,268 และ 1,087 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

3. จากข้อมูลการกระจายตัวของประชากรลูกชั่วที่ 2 ของกลุ่มผสมที่มีผลผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 สูง พบว่า มีการกระจายตัวเกินขอบเขตของพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ในทุกลักษณะที่ศึกษา ซึ่งสามารถคัดเลือกลูกที่มีลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ดีกว่าพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ได้ในชั่วรุ่นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน

การจำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันโดยวิธีการผสมทดสอบกับสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันเป็นวิธีที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำมาผสมทดสอบควรมีความหลากหลายทางพันธุกรรมและลักษณะทางการแสดงออก เพื่อเพิ่มโอกาสในการคัดเลือกลูกผสมที่มีค่าความดีเด่นสูง ที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันกับสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน และเพิ่มโอกาสในการคัดเลือกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันที่มีลักษณะทางการเกษตรที่เหมาะสมต่อการใช้ในพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันสายพันธุ์ใหม่ โดยในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมควรมีการพัฒนาสายพันธุ์พ่อแม่และจำแนกพันธุ์/สายพันธุ์ใหม่ ๆ ตลอดเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวลูกผสมให้มีความก้าวหน้าและต่อเนื่อง

2. การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมที่มีผลผลิตสูง

การคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวลูกผสม โดยคัดเลือกจากพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญต่อการให้ผลผลิตของข้าวที่ดี เช่น จำนวนเมล็ดต่อรวงสูง มีจำนวนหน่อที่ให้ผลผลิตสูง หรือมีลักษณะใบตรง ตั้งตรง เป็นต้น เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะให้ลูกผสมที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีและมีผลผลิตสูง และการใช้ข้อมูลความต่างทางพันธุกรรมช่วยในการคัดเลือกกลุ่มผสมมีความเป็นไปได้สูงที่จะได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามอาจใช้ได้เฉพาะการผสมระหว่างข้าวชนิดเดียวกันเท่านั้น เนื่องจากข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามชนิดย่อย (indica/japonica) มีรายงานว่า มีลักษณะการเกษตรที่ดีแต่มีอัตราการติดเมล็ดต่ำ ทำให้มีผลผลิตต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่มีความต่างทางพันธุกรรมและการแสดงออกมากเกินไป

3. การกระจายตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรข้าวที่ 2

จากข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรข้าวที่ 2 ที่มีค่าเกินขอบเขตของสายพันธุ์พ่อแม่ อาจกล่าวได้ว่า การรวมตัวกันใหม่ของยีนหรือกลุ่มยีนสามารถให้ลักษณะต่าง ๆ ที่สูงหรือต่ำกว่าพันธุ์/สายพันธุ์พ่อแม่ ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่จากกลุ่มผสมที่ให้ลูกผสมที่สูง มีโอกาสคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการรวมตัวของยีนที่ดีจากพันธุ์/สายพันธุ์

พ่อแม่ได้ใกล้เคียงกับหลักการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีgenes pyramiding แต่เนื่องจากลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ เป็นลักษณะทางปริมาณที่ยังไม่สามารถจำแนกยีนที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจนด้วยเทคนิคทางโมเลกุลเครื่องหมาย ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่จากกลุ่มผสมที่ผลผลิตสูงและลักษณะทางการเกษตรที่ดี อาจนำมาใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมต่อไปได้

4.การศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนแก่ความเป็นหมัน

การศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนแก่ความเป็นหมัน โดยดูการกระจายตัวของลักษณะความมีชีวิตของละอองเกสรในประชากรลูกชั่วที่ 2 อาจไม่เพียงพอ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมในประชากรลูกผสมกลับ(backcross progeny) ร่วมด้วย และเนื่องจากมียีนควบคุมลักษณะจำนวนน้อยคู่ ดังนั้น ควรศึกษาเครื่องหมายโมเลกุลที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งยีนควบคุมลักษณะเพื่อใช้จำแนกสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันและสายพันธุ์แก่ความเป็นหมันในประชากรที่มีการกระจายตัว เพื่อใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมใหม่ และพัฒนาสายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันใหม่ต่อไป และจากข้อมูลการกระจายตัวของต้นที่เป็นหมันในประชากรลูกชั่วที่ 2 เกษตรกรจึงไม่ควรนำเมล็ดจากต้นข้าวลูกผสมชั่วที่ 1(F_1)ไปปลูกต่อ ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตต่ำและยากต่อการจัดการ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2552. **ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย**. แหล่งที่มา: http://brrd.in.th/rvdb/index.php?option=com_content&view=article&id=45:rice-database. วันที่ 5 ธันวาคม 2555.
- พัฒนศักดิ์ จันทร์ส่อง, ประภา ศรีพิจิตต์, วาสนา วงษ์ใหญ่, สุภาพร จันทร์บัวทอง และ ธาณี ศรีวงศ์ชัย. 2552. การปรับปรุงสายพันธุ์เพสผู้เป็นหมันของข้าวจากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันโดยวิธีผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ. **ว. วิทย. กษ. 40**: 181-184.
- สำนักวิจัยและพัฒนา. 2555. **ข้าวลูกผสม กขผ1 และเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม. วารสารธุรกิจเมล็ดพันธุ์ไทย 2555**: 12-14.
- สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2552**. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สุภาพร จันทร์บัวทอง และ สุทัศน์ จุลศรีไกวัด. 2548. สมรรถนะการผสมและความดีเด่นของข้าวลูกผสม.น. 40-44. **ในเรื่องย่อ การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2548**, สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ชนพรจรรพ, ณรงฤทธิ์ เกาสระคูและชลธิราแสงศิริ. 2012. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี. **ว. วิทย. กษ. 43(2)(พิเศษ)**: 601-604.
- Akhter, M., M. Sabar, M. A. Zahid and M. Ahmad. 2007. Hybrid rice research and development in Pakistan. **Asian J. Plant Sci. 6**: 795-801.
- Akhter, M., M.A. Zahid, M. Sahar and M. Ahamd. 2008. Identification of restorers and maintainers for the development of rice hybrids. **J. Anim. Pl. Sci. 18**: 39-41.

- Akinwale, M. G., G. Gregorio, F. Nwilene, B. O. Akinyele, S. A. Ogunbayo and A. C. Odiyi. 2011. Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). **Afri. J. of Plant Sci.** **5**: 207-212.
- Allard, R. W. 1960. **Principles of Plant Breeding**. John Wiley and Sons, New York.
- Babu, V. R., K. S. Kuldeep, K. S. Dangi, G. Usharani and A. S. Shankar. 2012. Correlation and path analysis studies in popular rice hybrids of India. **IJSRP** **2**: 1-5.
- Bai, N. R., R. Devika, A. Regina and C. A. Joseph. 1992. Correlation of yield and yield component in medium duration rice cultivars. **Environ. Ecol.** **10**: 469-470.
- Bansal, U. K., R. G. Saina, and N. S. Rani. 2000. Heterosis and combining ability for yield, its components and quality traits in some scented rices (*Oryza sativa* L.). **Trop. Agric. (Trinidad)** **77**: 181-187.
- Beal, W. J. 1880. Indian corn. **Rept. Michigan State Broad Agr.** **19**: 279-289.
- Bhadru, D., D. L. Reddy and M. S. Ramesha. 2011. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield contributing traits in rice hybrids and their parental lines. **Electron. J. Plant Breed.** **2**: 112-116.
- Bisne, R, A. K. Sarawgi and S. B. Verulkar. 2009. Study of heritability, genetic advance and variability for yield contributing charecters in rice. **Bangladesh J. Agril. Res.** **34**: 175-179.
- Caldo, R. A., L. S. Sebastian and J. E. Hernandez. 1996. Morphology-based genetic diversity analysis of ancestral lines of Philippine rice cultivars. **Philipp. J. Crop Sci.** **21**: 86-92.

- Chaudhary, R. C., S. S. Virmani and G. S. Khush. 1981. Genetic analysis of fertility restoration in cytoplasmically male sterile *Indica* rice. **J. Agr. Res. China** **36**: 137-150.
- Chitrakon, S., P. Khambanonda and P. Senawong. 1986. Hybrid rice: status and future in Thailand. **Thai Agric. Res. J.** **4**: 159-157.
- Comstock, R. E., H. F. Robinson and P. H. Harvey. 1949. A breeding designed to make maximum use of both general and specific combining ability. **Agron J.** **41**: 360-367.
- Davis, M. D. and J. N. Rutger. 1976. Yield of F₁, F₂ and F₃ hybrids of rice (*Oryza sativa* L.). **Euphytica** **25**: 587-595.
- Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of crested wheatgrass seed production. **Agron. J.** **51**: 515-518.
- Dhanraj, A. and C. A. Jagadish. 1987. Studies on character association in the F₂ generation of ten selected crosses in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Research-AFAU** **15**: 64-65.
- Falconer, A. R. 1988. **Introduction to quantitative genetics (3th ed.)**. Longman, New York. 438 p.
- Feil, B. 1992. Breeding progress in small grain cereals, a comparison of old and modern cultivars. **Plant Breed.** **108**: 1-11.
- Fujii, S., M. Yamada, M. Fujita, E. itabashi, K. Hamada, K. Yano, N. Kurata and K. Toriyama. 2010. Cytoplasmic-nuclear genomic barriers in rice pollen development revealed by comparison of global gene expression profiles among five independent cytoplasmic male sterile lines. **Plant Cell Physiol.** **51**: 610-620.

- Gao, F. Y., X. J. Lu, S. N. He, X. J. Chen, D. H. Lu, S. X. Sun, Z. H. Li, G. H. Liu, Y. Z. Zhang and G. J. Ren. 2009. Breeding and characterization of a new rice restorer line containing *Bt* gene. **Rice Science**. **16**: 194-200.
- Gectha, S., A. P. M. K. Sunderaraj, S. Giridharan and B. Selvi. 1994. Association of component characters of medium duration rice genotypes. **Annu.Agric. Res**. **15**: 410-412.
- Gravois, K. A. and R. S. Helms. 1992. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agron. J.** **84**: 1-4.
- Gravois, K. A. and R. W. McNew. 1993. Genetic relationships among and selection for yield and yield components. **Crop Sci.****33**: 249-252.
- Gunasekaran, M., N. Nadarajan and S.V.S.R.K. Netaji, 2010. Character association and path analysis in inter-racial hybrids in rice (*Oryza Sativa* L.).**Electron J. Plant Breed.**, **1**: 956-960.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1989. **Quantitative genetics in maize breeding** (2nd ed.).Iowa State University Press, Ames, Iowa.468 p.
- Hammer, O., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontological Electronica** **4**.
- Hossain, S., A. K. Singh and F. Zaman. 2010. Genetics fertility restoration of WA-based cytoplasmic male sterility system in rice (*Oryza sativa*) using indica/japonica derivative restorers. **Science Asia** **36**: 94-99.
- Hoque, M. N. and Rahman L. 2007. Estimation of Euclidian distance for different morpho-physiological characters in some wild and cultivated rice genotypes (*Oraza sativa* L.). **J. Biol. Sci.** **7**: 86-88.

- Huang, Q. Y., Y. Q. He, R. C. Jing, R. S. Zhu and Y. G. Zhu. 2000. Mapping of fertility restorer gene for HL CMS in rice using microsatellite marker. **Chinese Sci. Bull.** **45**: 430-432.
- Ibrahim, S. M., A. Ramalinum and M. Subramaniam. 1990. Path analysis of rice grain yield under rainfed lowland conditions. **International Rice Research Newsletter** **15**: 11.
- Ikehashi, H. and H. Ariki. 1986. Genetics of F_1 sterility in remote crosses of rice. *In* **Rice genetics. Proceeding of the International Rice Genetics Symposium 1985**. Manila, Philippines: IRRI.
- Ingale, B. V., B. D. Waghmode and S. S. Hodawadekar. 2008. Identification of restorers and maintainers for different CMS lines of rice. **Madras Agric. J.** **95**: 266-277.
- Jelodar, N. B. 2010. Heterosis and combining ability analysis for yield and related-yield traits in hybrid rice. **Int. J. Biol.** **2**: 222-231.
- Jones, J. W. 1926. Hybrid vigor in rice. **J. Am. Soc. Agron.** **18**: 423-428.
- Kato, T. 1990. Heritability for grain size of rice (*Oryza sativa* L.) estimated from parent-offspring correlation and selection response. **JPN. J. Breed.** **40**: 313-320.
- Kamori, T., T. Yamamoto, N. Takemori, M. Kashihara, H. Matsushimal and N. Nitta. 2003. Fine genetics mapping of the nuclear gene, Rf-1, that restorer the BT-type cytoplasmic male sterility in rice (*Oryza sativa* L.) by PCR-based markers. **Euphytica** **129**: 241-247.
- Kozak, M., K. P. Singh, M. R. Verma and D. K. Hore. 2007. Field causal mechanism for determination of grain yield and milling quality of lowland rice. **Field Crops Res.** **102**: 178-184.

- Kumar, M., P. R. Sharma, N. Krakash and P. K. Singh. 2009. Selection criteria for high yielding genotypes in early generation of rice. **SAARC J. Agri.** 7: 37-42.
- Li, P. H. 1977. How to studied hybrid rice. **ActaBotanicaSinica** 19: 7-10.
- Li, J., Y. Xin and L. P. Yuan. 2009. **Hybrid rice technology development: ensuring China's food security.** International Food Policy Research Institute, China.
- Li, J. and L. P. Yuan. 2000. Hybrid rice: genetics, breeding and seed production. **Plant Breed.Rev.** 17: 150-158.
- Li, Z. B. and Y. G. Zhu. 1988. Rice male sterile cytoplasm and fertility restoration. **InHybrid rice: Proceedings of the international Symposium on Hybrid Rice**, 1986. Changsha, Hunan, China.
- Li, L. J., H. P. Zhou, X. D. Zhan, S. H. Cheng and L. Y. Cao. 2008. Mapping of rice fertility-restoring genes for ID-type cytoplasmic male sterility in a restorer line R68. **Rice Science.** 15: 157-160.
- Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. **InInnovavative approaches to rice breeding.** Manila (Philippines). International Rice Research Institute. 85-102.
- Liu, X. Q., X. Xu, Y. P. Tan, S. Q. Li, J. Hu, J. Y. Huang, D. C. Yang, Y. S. Li and Y. G. Zhu. 2004. Inheritance and molecular mapping of two fertility-restoring lici for Hongliangametophytic cytoplasmic male sterility in rice (*Oryza sativa* L.). **Mol. Gen. Genomics** 271: 586-594.
- Mehetre, S. S., C. R. Mahajan, P. A. Pati, S. K. Lad and P. M. Dhumal. 1994. Variability, heritability, correlation, path analysis and genetic divergence studies in upland rice. **International Rice Research Newsletter** 19: 8-10.

- Morales, A. 1986. Analysis of yield and yield component of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines. **Cultivars Tropicales**8: 79-85.
- Nematzadeh, G. A. and G. Kiani. 2010. Genetics analysis of fertility restoration genes for WA-type cytoplasmic male sterility in Lranina restorer rice line DN-33-18. **Afr. J. Biotechnol.** 9: 6273-6277.
- Nuruzzaman, m., M. F. Alam, M. G. Ahmed, A. M. Shoheal, M. K. Biswas, M. R. Amin and M. M. Hossian. 2002. Studies on parental variability and heterosis in rice. **Pak. J. Biol. Sci.** 10: 1006-1009.
- Prasad, B., A. K. Patwary and P. S. Biwas. 2001. Genetic variability and selection criteria in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Pak. J. Biol. Sci.**4: 1188-1190.
- Parvez, S. 2006. Recent advances in understanding genetic basis of heterosis in rice (*Oryza sativa* L.). **Revista UDO Agricola** 6: 1-10.
- Prasad, G. S. V., A. S. R. Prasad, M. V. S. Sastry and T. E. Srinivasan. 1988. Genetic relationship among yield components in rice (*Oryza sativa* L). **Indian J. Agr. Sci.** 58: 470-472.
- Prasad, B., A. K. Patwary and P. S. Biwas. 2001. Genetic variability and selection criteria in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Pakis. J. Biol. Sci.** 4:1188-1190.
- Raju, CH. S, M. V. B. Rao and A. Sudarshanam. 2003. Associations in physiological growth parameters of rice hybrids. **Madras Agric. J.** 90: 621-624.
- Ramakrishnan, S. H., C. R. Anandakumar, S. Saravanana and N. Malini. 2006. Association analysis of some yield traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Oryza**28: 117-118.

- Ramakrishnayya, G., R. N. De, N. K. Mahana and D. P. Bhattacharjee. 1991. Direct and indirect effect of some characters on grain yield in lowland rice. (*Oryza sativa* L.). **Oryza** **28**: 117-118.
- Reddy, J. N., R. N. De and A. V. S. Rao. 1997. Correlation and path analysis in lowland rice under intermediate (0-50 cm) water depth. **Oryza** **34**: 187-190.
- Reuben, S. O. W. M. and S. D. Katuli. 1989. Path analysis of components and selected agronomic traits of upland rice breeding lines. **International Rice Research Newsletter** **14**: 4.
- Sabar, M. and M. Akhter. 2003. Evaluation of rice germplasm for the development of hybrid rice. **Asian J. Plant Sci.** **2**: 1195-1197.
- Saiaiah, P., S. S. Kumar and M. S. Ramesha. 2010. Combining ability studies for development of new hybrids in rice over environments. **J. Agric. Sci.** **2**: 225-233.
- Samonte, S. O. P., L. T. Wilson and A. M. McClung. 1998. Path analysis of yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. **Crop Science** **38**: 1130-1136.
- Sattari, M., A. Kathiresan, G. B. Gregorio and S. S. Virmani. 2008. Comparative genetics analysis and molecular mapping of fertility restoration genes for WA, Disi and Gambiaca cytoplasmic male sterility systems in rice. **Euphytica** **160**: 305-315.
- Seyoum, M., S. Alamerew and K. Bantte. 2012. Genetic variability, heritability, correlation coefficient and path analysis for yield and yield related traits in upland rice (*Oryza sativa* L.). **J. Plant Sci.** **7**: 13-22.
- Shahid, M. Q., H. M. Xu, S. Q. Lin, Z. X. Chen, N. Muhammad, Y. J. Li And X. D. Liu. 2012. Genetic analysis and hybrid vigor study of grain yield and other quantitative traits in autotetraploid rice. **Pak. J. Bot.** **44**: 237-246.

- Shi, M. S. 1981. Preliminary report of late japonica natural dual-purpose male sterile line on the breeding and application in rice. **Hubei Agri. Sci.** 7: 1-3.
- Shull, G. H. 1908. The composition of a field of maize. **Rep. Am. Breed. Assoc.** 4: 296-301.
- Shull, G. H. 1952. Beginning of the heterosis concept, pp. 14-48. *In* **J. W. Gowen, ed. Heterosis**. Iowa State College Press, Ames.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **J. Amer. Soc. Agron.** 34: 923-932.
- Sughroue, J. R. and A. R. Hallauer. 1997. Analysis of the diallel mating design for maize inbred lines. **Crop Sci.** 37: 400-405.
- Surek, H. and N. Beser. 2003. Correlation and path coefficient analysis for some yield related traits in rice (*Oryza sativa* L.) under Thrace conditions. **Turk. J. Agric. For.** 27: 77-83.
- Surek, H., K. Z. Korkut and O. Bilgin. 1998. Correlation and path analysis for yield and yield components in rice in 8 parent diallel set of crosses. **Oryza** 35: 15-18.
- Tawari, D. K., P. Pandey, S. P. Giri and J. L. Dwivedi. 2011. Heterosis studies for yield and its components in rice hybrids using CMS system. **Asian J. Plant Sci.** 10: 29-42.
- Venkateswarlu, B., B. S. Vergara, F. T. Parao and R. M. Visperas. 1986. Enhancing grain yield potentials in rice by increasing the number of high density grains. **Philipp. J. Crop Sci.** 11: 45-52.

- Virmani, S. S. 2003. Progress and issues in development and use of hybrid rice in the tropics. *In Sustainable rice production for food security*, ed D. V. Tran and R. Duffy. Proceeding of the 20th session of the International Rice Commission, Bangkok, Thailand. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Virmani, S. S., B. C. Viraktamath, C. L. Casal, R. S. Toledo, M. T. Lopez and J. O. Manalo. 1997. **Hybrid rice breeding manual**. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Phillippines.
- Virmani, S. S., R. C. Chaudhary and G. S. Khush. 1981. Current outlook on hybrid rice. **Oryza 18**: 67-84.
- Virmani, S. S. and I. B. Edwards. 1983. Current status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat. **Adv. Agron. 36**: 146-214.
- Virmani, S. S. and I. Kumar. 2004. Development and use of hybrid rice technology to increase rice productivity in the tropics. **IRRN 29**: 10-20.
- Wright, S. 1921. Correlation and Causation. **J. Agric. Res. 20**: 557-585.
- Xiao, G. Y., L. P. Yuan, L. Tang, X. X. Deng and R. L. Luo. 2006. Research on intersubspecific heterosis in rice through indica/japonica crossing. *In Super hybrid rice research*. Shanghai, China: Shanghai Scientific and Technical Publishers.
- Yao, F. Y., C. G. Xu, S. B. Yu, J. X. Li, Y. J. Gao, X. H. Li and Q. Zhang. 1997. Mapping and genetic analysis of two fertility restorer loci in the wild-abortive cytoplasmic male sterility system of rice (*Oryza sativa* L.). **Euphytica 98**: 183-187.
- Yolanda, J. L. and L. D. V. Das. 1995. Correlation and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.). **Madrassa Agric. J. 82**: 576-578.

- Yuan, L. P. 1977. Key techniques for high yielding production of hybrid rice seeds. **YichuanYuzhong** 1: 4-5.
- Yuan, L. P. 1994. Increasing yield potential in rice by exploitation of heterosis. *In* **Hybrid rice technology-new developments and future prospects**, ed. S. S. Virmani. Selected papers from the international rice research conference. Manila, Philippines: IRRI.
- Yuan, L. P. 1998. Hybrid rice development and use: Innovative approach and Challenges. **International Rice Commission Newsletter** 47: 7-15.
- Yuan, L.P. 2012. **The second generation of hybrid rice in China**. China National Hybrid Rice Research and Development Center, Changsha Province, China.
- Yuan, L. P. and S. S. Virmani. 1988. Status of hybrid rice research and development. *In* **Hybrid rice: Proceeding of the International Symposium on Hybrid Rice**, 1986, Changsha, Hunan, China. Manila, Philippines: IRRI.
- Zahid, M. A., M. Akhter, M. Sabar, Z. Manzoor and T. Awan. 2006. Correlation and path analysis studies of yield and economic traits in Basmati rice (*Oryza sativa* L.). **Asian J. Plant Sci.** 5: 643-645.
- Zhang, C. H., J. Z. Li, Z. Zhu, Y. D. Zhang, L. Zhao and C. L. Wang. 2010. Culster analysis on Japonica rice (*Oryza sativa* L.) with good eating quality based on SSR marker and phenotypic traits. **Rice science** 17: 111-121.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายจักรกฤษณ์ ศรีแสง
วัน เดือน ปีที่เกิด	7 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	อำเภอ ตาลชุม จังหวัด อุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วทบ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ ผลงานในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 บัณฑิตวิทยาลัย
แหล่งทุน	
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	
ผลงานตีพิมพ์	

1. การถ่ายทอดลักษณะการมีขนที่ใบข้าวในประชากรชั่วที่สอง (F_2) ของคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ IR80151A และสายพันธุ์ CH1
2. การถ่ายทอดลักษณะขนาดเมล็ดในข้าวคู่ผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาโปนิกา
3. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของยีนแก้ความเป็นหมันของละอองเกสรตัวผู้ของการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์
4. Genotypic Correlation and Path Coefficient for Some Agronomic Traits of Hybrid and Inbred Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars