ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่	พืชไร่นา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการคัดเลือกด้วยวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น

Breeding Rice for High Yield and Photoperiod Insensitivity Using Single Seed Descent Selection

นามผู้วิจัย นางสาวมาลินี จันวรรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการคัดเลือกด้วยวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น

Breeding Rice for High Yield and Photoperiod Insensitivity Using Single Seed Descent Selection

โดย

นางสาวมาลินี จันวรรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2556

มาลินี จันวรรณ์ 2556: การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการคัดเลือกด้วยวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย, วท.ด. 86 หน้า

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงทำโดยการผสมข้ามระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ Qiqnizhan และใช้วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นในการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรประชากรลูกชั่วที่ 2 พบว่าลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงของข้าวถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ โดยลักษณะไวต่อช่วงแสงข่มต่อลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง และจากการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 โดยใช้แผนการทดลองแบบ augmented design in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ เพื่อประเมินผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ทั้งหมด 271 สายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตสูงสุด (พันธุ์ชัยนาท 1) มีจำนวน 3 สายพันธุ์ จากการประเมินการเกิด transgressive segregation ในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 พบว่าลักษณะที่มีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation มาก 3 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงต้น อายุวันออกดอก 50% และจำนวนรวงต่อต้น จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรพบว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะที่ศึกษาทั้งหมด และความสามารถในการให้รวงต่อต้นยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับองค์ประกอบผลผลิตทุกลักษณะ ส่วนน้ำหนักรวงและอัตราการติดเมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression พบว่าลักษณะน้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% อัตราการติดเมล็ด และความยาวใบธงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกร่วมกับผลผลิต วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นสามารถใช้ในการปรับปรุงลักษณะเชิงปริมาณ เช่น ผลผลิต เนื่องจากวิธีการนี้ช่วยรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรในรุ่นลูกไว้ได้ ทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงได้ นอกจากนั้นวิธีนี้ยังช่วยรักษาสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation จำนวนมากสำหรับใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการคัดเลือก

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Malinee Janwan 2013: Breeding Rice for High Yield and Photoperiod Insensitivity Using Single Seed Descent Selection. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Assistant Professor Tanee Sreewongchai, Ph.D. 86 pages.

Rice breeding for high yield was conducted by crossing between KDML 105 and Qiqnizhan cultivars. Single seed descent method was used for selection of photoperiod insensitive character in the F_2-F_6 progenies. The results revealed that photoperiod sensitivity of rice was controlled by single gene of which photoperiod sensitive character was dominant to photoperiod insensitive character. A preliminary yield test of the 271 F_7 lines was done using an Augmented Design with 4 replications. Seed yield, yield component and agronomic traits of the F_7 lines were evaluated. It was found that there were three F_7 lines which gave higher yield than the highest yielding check variety (CNT1). Transgressive segregation was determined in the F_7 progeny. The results showed that high number of transgressive lines were observed for three traits including plant height, number of days to 50% flowering and number of panicles per plant. Correlation analysis of yield, yield components and agronomic characters manifested that yield gave positive correlation with all other characters. The effective tillering capacity showed positive correlation with all yield components while panicle weight and seed-setting rate gave positive correlation with filled seeds per panicle and 1,000 seed weight. Stepwise regression analysis indicated that panicle weight, number of panicle per plant, number of days to 50% flowering, seed-setting rate and flag leaf length could be used in combination with yield as criteria for selection. Single seed descent method can be applied for improving of quantitative characters especially the yield because this method can maintain genetic diversity of the progenies and selection for high yielding lines can be achieved. Moreover, large number of lines with highly transgressive segregation are maintained as germplasm source for selection.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.ประภา ศรีพิจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทั้งในด้านการศึกษา การทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนประการณ์ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับการดำเนินการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ และนายทองใบ เพ็งเจริญ สำหรับทุกการช่วยเหลือตลอดการทดสอบผลผลิตเบื้องต้น ขอขอบคุณทุกการสนับสนุนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าของผลงานวิจัยทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้นำผลงานวิจัยของท่านมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยประเภททุนตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ โดยเฉพาะคุณยายที่ให้ความรักและกำลังใจจนกระทั่งสำเร็จการศึกษาและสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ประโยชน์และความดีที่พึงได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คุณยาย และครู อาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

มาลินี จันวรรณ์
พฤษภาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางผนวกที่

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการคัดเลือกด้วยวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น

Breeding Rice for High Yield and Photoperiod Insensitivity Using Single Seed Descent Selection

คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประชากรโลก ในช่วงปฏิวัติเขียว (green revolution) ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเพิ่มผลผลิตเป็นผลมาจากการใช้พันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงในการปลูก ได้แก่ พันธุ์ IR8 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงพันธุ์แรกที่ได้รับการพัฒนาให้มีทรงต้นและลักษณะทางการเกษตรที่เอื้ออำนวยต่อการให้ผลผลิตสูง ในระหว่างปี ค.ศ. 1970-1989 ผลผลิตข้าวโลกมีอัตราการเพิ่มขึ้น 2.3-2.5% ต่อปี แต่ระหว่างปี ค.ศ.1990-1999 ผลผลิตข้าวโลกมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียง 1.5% ต่อปี ในขณะที่ประชากรผู้บริโภคข้าวเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.5% ต่อปี โดยมีการคาดการณ์ว่าผลผลิตข้าวจะต้องเพิ่มขึ้น 2 ล้านตันต่อปี จึงจะเพียงพอต่อการรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกในอนาคต ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีผลผลิตสูงจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งการเพิ่มผลผลิตข้าวในประเทศไทยนอกจากเป็นการยกระดับเศรษฐกิจในประเทศแล้วยังเป็นการลดปัญหาวิกฤตอาหารโลกที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวที่สำคัญในระดับโลก ยุทธศาสตร์ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้มีผลผลิตสูงได้แก่ การใช้วิธีผสมพันธุ์และคัดเลือกแบบดั้งเดิม การใช้ประโยชน์จากลักษณะเพศผู้เป็นหมันในลูกผสมชั่วที่ 1 การพัฒนาทรงต้นที่ให้ผลผลิตสูง (ideotype breeding) และการเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง โดยการพัฒนาพันธุ์ข้าวจากพืช C_3 ให้เป็นพืช C_4 ซึ่งมีศักยภาพในการสังเคราะห์แสงสูงกว่า (Jeon *et al*., 2011)

ผลผลิตเป็นลักษณะเชิงปริมาณควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง การคัดเลือกในชั่วต้นๆ อาจทำให้สูญเสียสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง เนื่องจากยีนบางตำแหน่งอยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของยีนเพียงหนึ่งตำแหน่งก็ส่งผลให้ลักษณะที่แสดงออกมาแตกต่างกัน การผสมพันธุ์ข้าวเพื่อรวมลักษณะที่ต้องการจากทั้งสายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์เข้าด้วยกันจะได้ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มียีนอยู่ในสภาพที่เป็นสภาพเฮเทอโรไซกัส เมื่อปล่อยให้ผสมตัวเองจะมีการกระจายตัวของยีนที่ควบคุมลักษณะ ทำให้ลูกแสดงลักษณะแตกต่างกันในชั่วต่อๆ มา

นักปรับปรุงพันธุ์จึงต้องกำหนดวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้พันธุ์ดีตามที่ต้องการ (สุทัศน์, 2552) นอกจากวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสมแล้วพ่อแม่ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญ โดยการเลือกพ่อแม่เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดีต้องประกอบด้วยพ่อหรือแม่ที่มีลักษณะที่ต้องการปรับปรุงพันธุ์ และพ่อหรือแม่อีกฝ่ายต้องมีการเข้าคู่กันได้กับลักษณะแรก (Chandraratna, 1964; Allard, 1966; Briggs and Knowles, 1967) ดังนั้น ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้ข้าวที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงควรใช้วิธีการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง การคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงของข้าวจะเริ่มทำในประชากรลูกชั่วที่ 2 และนำลูกที่ได้มาปลูกคัดเลือกพันธุ์ในชั่วต่อไป วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ที่คาดหวังว่าจะได้พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่มีผลผลิตสูงตามต้องการ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่มีการคัดเลือกในชั่วแรกๆ สามารถรักษาสายพันธุ์ที่มีการกระจายตัวสูงสุดจำนวนมาก และคัดเลือกในลูกชั่วที่สายพันธุ์มีความคงตัวทางพันธุกรรมสูง

วัตถุประสงค์

การพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง ไม่ไวต่อช่วงแสงด้วยการผสมข้ามระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ Qiqnizhan มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาพันธุกรรมการตอบสนองต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2

2. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง และไม่ไวต่อช่วงแสงโดยใช้วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นในลูกชั่วที่ 7

3. เพื่อประเมินการเกิด transgressive segregation ในผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในลูกชั่วที่ 7

4. เพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

5. เพื่อหาองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต โดยวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี stepwise regression

การตรวจเอกสาร

ข้าว (rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L.อยู่ในวงศ์ Gramineae ข้าวที่ปลูกเพื่อบริโภคมีวิวัฒนาการจากการที่มนุษย์โบราณนำข้าวป่ามาเพาะปลูก คัดเลือกพันธุ์และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ข้าวที่ปลูกในเอเชียแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Indica เป็นข้าวเมล็ดยาวปลูกบริเวณเขตร้อนชื้นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้ ตะวันออกกลาง ยุโรป แอฟริกา และอเมริกา Japonica เป็นข้าวเมล็ดสั้นกลมปลูกบริเวณประเทศจีน เกาหลี ไต้หวัน ญี่ปุ่น ตอนใต้ของยุโรป รัสเซีย อเมริกาใต้ และ Javanica เป็นข้าวเมล็ดใหญ่และป้อมปลูกในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน และญี่ปุ่น (จำรัส, 2534)

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีถิ่นกำเนิดในตำบลแหลมประดู่ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดฉะเชิงเทราติดกับอำเภอแปลงยาว จังหวัดชลบุรี จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2493 กรมการข้าวได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวมาคัดพันธุ์ใหม่ พันธุ์ขาวดอกมะลิที่ถูกเก็บรวงมา 199 รวงปลูกคัดเลือกคัดพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ณ สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี และรวงที่ 105 เป็นรวงเดียวที่ผ่านการคัดเลือก ทดสอบผลผลิต และส่งเสริมให้ชาวนาใช้เป็นพันธุ์ปลูกในปี พ.ศ. 2502 โดยให้ชื่อว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 (วาสนา, 2538) ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ออกดอกประมาณวันที่ 20-25 ตุลาคมของทุกปี ความสูงของต้นประมาณ 140-150 เซนติเมตร แตกกอดีปานกลาง ลำต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบมีสีเขียวอ่อน เปลือกข้าวสีฟาง รูปร่างเมล็ดยาวเรียว ปลายเมล็ดโค้งเล็กน้อย เมล็ดข้าวมีท้องไข่น้อย เลื่อมมันจมูกข้าวเล็ก ความยาวเมล็ดประมาณ 7.5 มิลลิเมตร อมิโลสเฉลี่ยประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผ่านการหุงสุกมีลักษณะเหนียวนุ่ม และมีกลิ่นหอม ลักษณะความหอมและรสชาติที่ดีเป็นคุณสมบัติเฉพาะที่ผู้บริโภคนิยม ทำให้มีชื่อเสียงและจำหน่ายได้ราคาดีกว่าข้าวอื่นๆ (บริบูรณ์, 2540)

ข้าวจีนพันธุ์ Qiqnizhan เป็นข้าวซึ่งมีรูปทรงของต้นข้าวแบบใหม่ มีลักษณะที่สำคัญคือแตกกอน้อย มีจำนวนกอประมาณ 4-6 กอต่อต้น แต่ทุกกอสามารถให้รวงได้ รวงมีขนาดใหญ่ มีเมล็ดจำนวนมากประมาณ 250-300 เมล็ด ต้นสูงประมาณ 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรง ฟางแข็งไม่หักล้ม ระบบรากแข็งแรงสมบูรณ์สามารถดูดธาตุอาหารจากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้านทานต่อโรคและแมลงหลายๆ ชนิด (multiple resistance) อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110-130 วัน ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index หรือ HI) ประมาณ 0.6 ในขณะที่ข้าวผลผลิตสูงในปัจจุบันมีค่า HI ประมาณ 0.4

และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงประมาณ 13-15 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าข้าวที่ให้ผลผลิตสูงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันถึง 25 % (Peng *et al*., 2008)

การตอบสนองต่อช่วงแสงของข้าว

1. การจำแนกการตอบสนองต่อช่วงแสง

การจำแนกพืชตามการตอบสนองต่อช่วงแสง (Hillman, 1962) ดังนี้

1. Short day plants พืชกลุ่มนี้จะถูกกระตุ้นให้ออกดอกโดยช่วงแสงที่สั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต

2. Long day plants พืชกลุ่มนี้จะถูกกระตุ้นให้ออกดอกโดยช่วงแสงที่ยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต

3. Short-long-day plants การออกดอกของพืชกลุ่มนี้ถูกกระตุ้นโดยการได้รับวันสั้นก่อนระยะเวลาหนึ่ง และตามด้วยวันยาวเป็นอีกระยะเวลาหนึ่ง

4. Long-short-day plants การออกดอกของพืชกลุ่มนี้ถูกกระตุ้นโดยการได้รับวันยาวก่อนระยะเวลาหนึ่ง และตามด้วยวันสั้นเป็นอีกระยะเวลาหนึ่ง

5. Days-neutral plants การออกดอกขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชไม่ขึ้นกับช่วงแสง

ส่วนการจำแนกการตอบสนองต่อช่วงแสงข้าวที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งได้ 2 ชนิด

1. ข้าวไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitivity) พันธุ์ข้าวชนิดนี้จะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน เพราะการออกดอกขึ้นอยู่กับช่วงแสง ข้าวในกลุ่มนี้จะออกดอก เมื่อได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต (critical daylength)

2. ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod insensitivity) ข้าวชนิดนี้จะมีอายุการเก็บเกี่ยวแน่นอน จะออกดอกและเก็บเกี่ยวได้ เมื่อครบอายุการเจริญเติบโต ช่วงแสงจะไม่มีอิทธิพลในการออกดอก ข้าวกลุ่มนี้จึงสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล ถ้ามีปริมาณน้ำที่เพียงพอ (จำรัส, 2534) วิธีการคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงทำได้โดยการปลูกข้าวที่ต้องการทดสอบในช่วงเดือนเมษายน-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงวันยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต และคัดเลือกต้นที่ออกดอกไว้ (บริบูรณ์, 2540)

การเจริญเติบโตของข้าวแบ่งได้เป็น 3 ระยะได้แก่ ระยะ vegetative growth, reproductive และ ripening ซึ่งระยะ vegetative growth สามารถแบ่งย่อยได้เป็นระยะ basic vegetative phase (BVP) และ photoperiod sensitive phase (PSP) โดยระยะ basic vegetative phase ไม่มีผลกระทบกับการตอบสนองต่อช่วงแสงมีเพียงระยะ photoperiod sensitive phase ที่ได้รับผลจากช่วงแสงในการออกดอกของข้าวที่ไวต่อช่วงแสง แต่ระยะนี้ไม่มีผลกระทบสำหรับข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง (ภาพผนวกที่ 1) ข้าวไวต่อช่วงแสงเมื่อได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตจะไม่สามารถออกดอกได้ และขยายระยะ photoperiod sensitive phase ออกไปจนกว่าจะได้ช่วงแสงที่เหมาะสมจึงสามารถออกดอกได้ ระยะ photoperiod sensitive phase ในข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงจะอยู่ระหว่าง 0-30 วัน แต่ในข้าวที่ไวต่อช่วงแสงมีระยะเวลา 31 วันหรือนานกว่านั้น การจำแนกการตอบสนองต่อช่วงแสงตามความยาวของระยะ basic vegetative phase และ photoperiod sensitive phase สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

1. Photoperiod nonsensitive ข้าวกลุ่มนี้มีระยะ photoperiod sensitive phase สั้นมาก (น้อยกว่า 30 วัน) ส่วนระยะ basic vegetative จะมีตั้งแต่ช่วงเวลาสั้นจนถึงยาว

2. Weakly photoperiod sensitive ข้าวกลุ่มนี้เมื่อได้รับช่วงแสงนานกว่า 12 ชั่วโมงจะทำให้ช่วงการเจริญเติบโตนานขึ้น ระยะ photoperiod sensitive phase จะนานกว่า 30 วัน การออกดอกขึ้นอยู่กับความยาวช่วงแสง

3. Strongly photoperiod sensitive ช่วงเวลาการเจริญเติบโตจะนานขึ้นตามการเพิ่มความยาวของช่วงแสง การออกดอกขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงแสงวิกฤตในแต่ละพันธุ์ และระยะ photoperiod sensitive phase มักจะสั้น (น้อยกว่า 40 วัน)

การศึกษาการตอบสนองต่อช่วงแสงนอกจากการจำแนกข้าวตามความไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงแล้ว ยังมีการวัดระดับความไวต่อช่วงแสง วิธีการวัดความไวต่อช่วงแสงมักอยู่บนพื้นฐานการวัดจำนวนวันสั้น ช่วงแสงที่เหมาะสม และช่วงแสงวิกฤต (Vergara and Chang, 1985)

2. พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกในข้าว

พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะ heading date ควบคุมด้วยยีนเพียง 1-2 คู่ โดยลักษณะออกดอกเร็วข่มต่อลักษณะออกดอกช้า ส่วนพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะ flowering date ควบคุมด้วยยีนเพียง 1-2 คู่ โดยลักษณะดอกบานช้าเป็นลักษณะข่ม และพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะไวต่อช่วงแสงเป็นยีนเด่นเพียง 1-2 คู่ แต่ในบางคู่ผสมอาจพบว่าควบคุมด้วยยีนด้อย หรือควบคุมด้วยยีนหลายคู่

การผสมพันธุ์ระหว่างข้าวที่ไวต่อช่วงแสง 9 พันธุ์กับข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ได้แสดงลักษณะ strongly photoperiod sensitive ซึ่งควบคุมด้วยยีนเด่น 1 คู่ (*Se*) หรือ 2 คู่ (*Se1* และ *Se2*) และอัตราส่วนของต้นที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2 เป็น 3:1 หรือ 15:1 และในประชากรลูกชั่วที่ 2 พบว่าความแปรปรวนในระยะ basic vegetative ควบคุมด้วยยีน 2 คู่หรือมากกว่านั้น (*Ef1, Ef2,....*) ในสภาพช่วงแสงยาวยีน *Se* มีการข่มข้ามตำแหน่งกับยีน *Ef* (Vergara and Chang, 1985)

Yano *et al.* (2001) กล่าวว่ายีน *Hd1* เป็นยีนหลัก (majors gene) ที่อยู่บนโครโมโซมที่ 6 ควบคุมการตอบสนองต่อช่วงแสง มีผลให้พืชออกดอกช้าในช่วงวันยาวและออกดอกเร็วในช่วงวันสั้น ยีน *Hd6* อยู่บนโครโมโซมที่ 3 ยับยั้งการออกดอกในช่วงวันยาวทำให้ออกดอกช้า แต่ไม่มีผลกับการออกดอกในช่วงวันสั้น ยีน *Hd3a* บนโครโมโซมที่ 6 เป็นยีนที่สำคัญที่ส่งเสริมการออกดอกในช่วงวันสั้น และยีน *Se5* ทำให้พืชออกดอกได้ในช่วงวันยาว

วิธีการคัดเลือกพันธุ์ข้าว

วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ (pedigree selection) เป็นวิธีการคัดเลือกที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเองอย่างแพร่หลายมานานแล้วโดยในแต่ละชั่วของการผสมตัวเองจะมีการจดบันทึกรายละเอียด หรือพันธุ์ประวัติของพืชทุกต้นที่ปลูกคัดเลือก เพื่อนำมาช่วยในการตัดสินใจเลือกสายพันธุ์ จากการทดลองที่ผ่านมาผลที่ได้ยังขัดแย้งกันว่า ควรเริ่มคัดเลือกในชั่วใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ามีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ในลักษณะนั้นมากน้อยเพียงใด แต่ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่ยังคงเริ่มทำการคัดเลือกตั้งแต่ประชากรลูกชั่วที่ 2 (กฤษฎา, 2527) Knott (1972) ได้ชี้ให้เห็นประสิทธิภาพของการคัดเลือกโดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกในข้าวสาลี เพื่อปรับปรุงผลผลิต จากประชากรประชากรลูกชั่วที่ 2 ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตของลูกชั่วที่ 3 แต่กลับพบว่าผลผลิตของทั้งสองชั่ว เมื่อนำมาปลูกในฤดูเดียวกันไม่มีความสัมพันธ์กัน Nass (1980) พบว่า การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตในข้าวสาลีที่เริ่มจากประชากรประชากรลูกชั่วที่ 2 โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งกฤษฎา (2527) กล่าวว่าลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ เช่น อายุถึงวันเก็บเกี่ยว ความสูง ขนาดของเมล็ด เป็นต้น สามารถที่จะใช้วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติคัดลักษณะที่ไม่ต้องการทิ้งไปได้ตั้งแต่ชั่วแรกๆ แต่ลักษณะปริมาณที่ควบคุมด้วยยีนมากคู่ เช่น ผลผลิตจะประเมินได้ยาก เพราะสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออก และในชั่วแรกๆ พืชแต่ละต้นยังมีความไม่คงตัวทางพันธุกรรมสูง ในประเทศอินเดีย วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ของนักปรับปรุงพันธุ์ข้าว เช่น พันธุ์ PAU 29-295 ได้จากการคัดเลือกและผสมระหว่างพันธุ์ Basmati370 กับ Hamsa พันธุ์ PAU 29-295 เป็นข้าวพันธุ์แนะนำที่มีลักษณะค่อนข้างต้นเตี้ย กลิ่นหอมแรง อายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์ Basmati370 ประมาณ 21 วัน และให้ผลผลิตสูงกว่า 62 % (Singh *et al*., 2000) ต่อมาข้าวพันธุ์ PAU 29-295 ไม่นิยมเพราะคุณภาพเมล็ดและกลิ่นไม่เหมือนพันธุ์ Basmati370 เนื่องจากการคัดเลือกพันธุ์ผสมไม่ได้เน้นการคัดเลือกต้นที่มีกลิ่นหอมในลูกผสมชั่วที่ 1 แต่เลือกรูปแบบต้นที่ดีและนำมาตรวจสอบกลิ่นในลูกชั่วหลัง ทำให้ลักษณะหอมไม่คงตัว และเมื่อนำข้าวไปปลูกต่อไปผลผลิตข้าวที่ได้ไม่หอม (วาสนา, 2538)

วิธีการคัดเลือกแบบเก็บรวม (bulk method) การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีเก็บรวมพืชในประชากรลูกชั่วที่ 2 จะถูกเก็บเกี่ยวรวมกันและปลูกในปริมาณที่มากพอที่จะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด อัตราการปลูกต่อหน่วยพื้นที่และระยะปลูกก็ทำอย่างเดียวกับที่ปลูกเป็นการค้า ทั้งนี้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมือนกับสภาพแวดล้อมที่จะนำพืชที่คัดเลือกได้ไปใช้ การปลูกและเก็บเกี่ยวในชั่วต่อๆ ไป ก็จะทำอย่างเดียวกับที่ทำในประชากรลูกชั่วที่ 2 และวิธีการนี้ก็จะทำซ้ำไปเรื่อยๆ เท่าที่

นักผสมพันธุ์พืชจะเห็นว่าสมควร ในช่วงเวลาที่ปลูกพืชซ้ำแล้วซ้ำอีกโดยไม่ได้คัดเลือกนี้ พืชก็จะถูกคัดเลือกไปในตัวโดยธรรมชาติ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีอันหนึ่งของวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบเก็บรวม นักผสมพันธุ์พืชอาจจะทำการคัดเลือกได้ทุกขณะเมื่อต้องการ โดยปกติแล้วหลังจากปล่อยให้พืชผสมตัวเองเป็นเวลา 3-4 ชั่วแล้ว ก็มักจะคัดเลือกแบบคัดแยก และดำเนินการทุกอย่างเหมือนกับวิธีจดประวัติทุกประการ การปล่อยให้พืชผสมตัวเองไปเป็นเวลา 3-4 ชั่ว หรืออาจนานกว่านั้นพืชก็จะใกล้สภาพคงตัวทางพันธุกรรมเข้าไปมาก ดังนั้นพืชที่เราคัดเลือกได้เมื่อนำไปปลูกก็จะมีลักษณะใกล้เคียงกับเมื่อตอนที่คัดเลือกเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือก (กฤษฎา, 2551)

วิธีการคัดเลือกแบบเก็บหนึ่งเมล็ดต่อต้น

วิธีการคัดเลือกแบบเก็บหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent method) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีบันทึกประวัติ และมีลักษณะคล้ายวิธีเก็บรวมอยู่บ้าง โดยแก้ไขข้อจำกัดของวิธีบันทึกประวัติให้สามารถปลูกพืชในชั่วแรกๆ (F_2-F_4) ได้นอกฤดูปลูก หรือในเรือนเพาะชำ จึงสามารถย่นระยะเวลาของโครงการปรับปรุงพันธุ์ให้สั้นเข้า โดยวิธีนี้จะปลูกพืชทุกต้นต้นละหนึ่งเมล็ด และจากพืชที่ปลูกแต่ละต้นเก็บเกี่ยวมาเพียงหนึ่งเมล็ด เพื่อใช้ปลูกและเก็บเกี่ยวเช่นเดิมต่อไป จนกระทั่งสายพันธุ์ที่ได้มีความคงตัว (ประมาณลูกชั่วที่ 5) จึงทำการคัดเลือกต้นมาปลูกแบบต้นต่อแถวเช่นเดียวกับวิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นสามารถปลูกพืชได้แม้ในเรือนทดลอง วิธีนี้ปราศจากการคัดเลือกโดยสิ้นเชิง ทั้งจากการคัดเลือกโดยมนุษย์และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการทดลองต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย (กฤษฎา, 2551)

การคัดเลือกลักษณะเชิงปริมาณซึ่งควบคุมด้วยยีนหลายคู่ เช่น ความสูง วันออกดอก และผลผลิต การคัดเลือกในชั่วแรกๆ มีโอกาสประสบความสำเร็จน้อย การคัดเลือกที่เหมาะสมควรคัดเลือกในชั่วหลังๆ โดยในชั่วแรกจำนวนประชากรที่เหมาะสมในการคัดเลือกจะมีจำนวนมากและลดลงตามจำนวนครั้งของการผสมตัวเอง (ตารางภาคผนวกที่ 1) กรณีที่มียีนควบคุมลักษณะจำนวนมากคู่ความแม่นยำในการคัดเลือกจะน้อยลงในจำนวนประชากรที่ใช้สำหรับคัดเลือกเท่ากัน ซึ่งวิธีการคัดเลือกลักษณะเชิงปริมาณ วิธีการคัดเลือกแบบเก็บรวมจะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ (Chandraratna, 1964)

Boerma and Cooper (1975) เปรียบเทียบวิธีการบันทึกประวัติ วิธีการคัดเลือกโดยการประเมินผลในรุ่นแรกๆ และวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นโดยใช้ถั่วเหลืองเป็นพืชทดลอง การวัดผลในลูกชั่ว

ที่ 8 ผลปรากฏว่าการคัดเลือกทั้งสามวิธีให้ผลใกล้เคียงกัน แต่วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นใช้เวลาและแรงงานน้อยกว่าอีกสองวิธี โดยไม่มีความจำเป็นต้องคัดเลือกในรุ่นแรกๆ

Tee and Qualset (1975) เปรียบเทียบวิธีเก็บรวมแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้น และวิธีเก็บรวม โดยใช้ข้าวสาลีเป็นพืชทดลอง วิธีการทั้งสองให้ประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากวิธีการสุ่มเมล็ดเพื่อปลูกในแต่ล่ะรุ่นของทั้งสองวิธีมีข้อดีข้อเสียที่หักล้างกันพอดี วิธีการเก็บรวมแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้นเป็นการสุ่มเก็บเพียง 1 เมล็ดต่อต้นในการปลูกแต่ละครั้งซึ่งเสี่ยงต่อการสญหายของสายพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดไม่งอก สำหรับวิธีการเก็บรวม ทำให้มีเมล็ดจำนวนมากจำเป็นต้องสุ่มเมล็ดออกมาปลูกซึ่งก็เสี่ยงต่อการสูญหายของสายพันธุ์เช่นกัน

การเปรียบเทียบวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นกับวิธีเก็บรวมภายในครอบครัวโดยใช้ cowpea จำนวน 2 คู่ผสม ในแต่ละคู่ผสมปประชากรลูกชั่วที่ 2 จำนวน 500 ต้น และคัดเลือกด้วยสายตาให้เหลือเพียง 100 ต้น แบ่งแต่ละต้นออกเป็น 2 ส่วนใช้ส่วนแรกปลูก 5 ต้นต่อกระถางในลูกชั่วที่ 3 และถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถางใช้เมล็ดจาก 1 ฝักของแต่ละต้นในลูกชั่วที่ 3 ปลูกต่อไปในลูกชั่วที่ 4 ฝักละ 1 กระถาง และถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง ในลูกชั่วที่ 5 เก็บเมล็ดทั้งหมด เพื่อทดสอบผลผลิตในแปลงปลูก พร้อมกับพิจารณาลักษณะโดยรวมอื่นๆ ด้วยสายตา คัดสายพันธุ์ออกมา 40 สายพันธุ์ เพื่อทดสอบผลผลิตในลูกชั่วที่ 6 และเมล็ดประชากรลูกชั่วที่ 2 ในส่วนที่เหลือใช้ปลูกแบบต้นต่อแถวในลูกชั่วที่ 3 เพื่อวัดผลผลิตไปพร้อมๆ กับการคัดเลือกด้วยสายตา เก็บรวมในแต่ละแถวจาก 10 แถวแรกที่ให้ผลผลิตสูง และเก็บรวมในแต่ละแถวที่ให้ผลผลิตต่ำ ในชั่วต่อไปใช้วิธีเก็บรวมภายในแต่ละแถวโดยไม่มีการคัดเลือกไปจนถึงลูกชั่วที่ 5 และคัดแยกสายพันธุ์ในลูกชั่วที่ 6 ผลปรากฏว่าวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นให้ประสิทธิภาพในการคัดสายพันธุ์ได้เท่าเทียมกับการเก็บรวมภายในครอบครัว ผลผลิตของลูกชั่วที่ 3 สามารถใช้เป็นดัชนีของผลผลิตสำหรับชั่วหลังๆ และการคัดเลือกด้วยสายตามีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของลูกชั่วที่ 3 และลูกชั่วที่ 6 (Ntare *et al*., 1984)

ข้อดีของการใช้วิธีการคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้นร่วมกับการปลูกแบบเร่งชั่วอายุ (rapid generation advance) ได้แก่ การลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์ในแต่ละฤดูกาล มีจีโนไทป์จำนวนมากในการทดสอบผลผลิตเบื้องต้น และลดค่าใช้จ่าย ซึ่งการปลูกแบบเร่งชั่วอายุเป็นวิธีการปลูกแบบลดระยะเวลา เช่น การปลูกในสภาพควบคุมแสงเพื่อให้ข้าวที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสงออกดอกได้ ใน

สภาพธรรมชาติที่ช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต หรือการปลูกในภาชนะขนาดเล็กเพื่อลดระยะเวลาการเจริญเติบโต (Maruyama, 1987)

การเปรียบเทียบวิธีปรับปรุงพันธุ์ในข้าว ได้แก่ วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติประยุกต์ วิธีการคัดเลือกแบบเก็บรวม และวิธีการคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้น ผลการเก็บข้อมูลผลผลิตในลูกชั่วที่ 6 พบว่าหนึ่งเมล็ดต่อต้น เป็นวิธีที่ให้จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักรวง น้ำหนักเมล็ดสูงที่สุด และเมล็ดลีบน้อยที่สุดมีประสิทธิภาพในการคัดเลือกได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากไม่มีการคัดเลือกทำให้ไม่สูญเสียลักษณะที่ต้องการแตกต่างจาก วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติประยุกต์ วิธีการคัดเลือกแบบเก็บรวมจะมีการคัดเลือกลักษณะที่ไม่ต้องการทิ้งก่อนนำมาทดสอบผลผลิต (Fahim *et al*., 1998)

การเปรียบเทียบลักษณะการเกษตรในประชากรที่ได้จากวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น และ anther culture พบว่าทั้งสองวิธีสามารถให้ประชากรที่มีความแปรปรวนของลักษณะสูง และมีประชากรที่มีลักษณะ transgressive segregation มาก อย่างไรก็ตามการเลือกประชากรจากสองวิธีดังกล่าวมาทดสอบผลผลิตแสดงให้เห็นว่าวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น ให้ผลผลิตสูงถึง 24% ขณะที่ anther culture ให้ผลผลิตสูงขึ้น 12% (Moon *et al*., 2003)

การใช้แผนการทดลอง augmented design ในการปรับปรุงพันธุ์พืช

แผนการทดลองแบบ augmented พัฒนาโดย Federer (1956 และ 1961) เป็นแผนการทดลองมาตรฐานที่เพิ่มสิ่งทดลองในบล็อกสมบูรณ์ โดยการทำเป็นบล็อกไม่สมบูรณ์ ในแถว หรือในคอลัมน์ (Federer, 1961) เมื่อบางสิ่งทดลอง (พันธุ์ทดสอบ) มีการทำซ้ำ r ครั้ง และสิ่งทดลองอื่น (พันธุ์ใหม่) มีการทำซ้ำ 1 ครั้ง แผนการทดลองนี้อาจมีความแปรปรวนน้อยสำหรับการประเมินเปรียบเทียบอิทธิพลของพันธุ์ทดสอบกับพันธุ์ใหม่ ของพันธุ์ใหม่กับพันธุ์ทดสอบ หรือของทุกพันธุ์ทดสอบและพันธุ์ใหม่พร้อมกัน (Federer and Raghavarao, 1975)

วัตถุประสงค์ของ augmented design ก็เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยการลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมลง Petersen (1985) ได้เขียนไว้ว่า จุดประสงค์ของแผนการทดลองนี้ คือ การ

ประเมินพันธุ์ใหม่ที่คัดเลือกจำนวนมากควบคู่กับการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหลักการของแผนการทดลองแบบ augmented มีดังนี้

1. ประมาณค่าอิทธิพลของบล็อกจากสิ่งทดลองมาตรฐาน (พันธุ์มาตรฐาน) และประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

2. นำค่าอิทธิพลของบล็อกไปปรับค่าให้กับสิ่งทดลองใหม่ (สายพันธุ์ทดสอบ) และตรวจสอบความแตกต่างระหว่างพืชแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งสามารถประเมินความแตกต่างที่อยู่ในบล็อกเดียวกัน และต่างบล็อกกันได้

การใช้แผนการทดลอง augmented design เป็นการลดข้อจำกัดกรณีมีจำนวนสายพันธุ์ทดสอบมาก จำนวนเมล็ดของสายพันธุ์ที่ทดสอบมีน้อยไม่เพียงพอในการทำหลายซ้ำหรือหลายสถานที่ หรือการทดลองในเรือนเพาะชำซึ่งมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ การใช้ augmented design ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มีดังนี้

Amirifahliani *et al.* (2011) ประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างแคบในข้าว $F_{2:3}$ ซึ่งได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ Mousa-Tarom กับพันธุ์ 304 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Augmented design จำนวน 6 ซ้ำ ในลักษณะความสูงต้น ความยาวกอ ความยาวรวง ความสูงต้นอ่อน จำนวนกอ ความยาวใบ ความกว้างใบความยาวข้าวกล้อง ความกว้างข้าวกล้อง และสัดส่วนข้าวกล้อง พบว่า ลักษณะความกว้างและความยาวของเมล็ดข้าวกล้องมีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบสูงคือ 0.8840 และ 0.8419 ตามลำดับ และความยาวรวงมีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบต่ำ (0.1634)

Fischer *et al.* (2012) กล่าวว่าการใช้แผนการทดลองแบบ Augmented design เหมาะสมสำหรับทดสอบพันธุ์ให้มีลักษณะทนแล้ง เนื่องจากการทดสอบข้าวให้มีลักษณะทนแล้งให้ความสำคัญกับจำนวนสถานที่ทดสอบมากกว่าจำนวนซ้ำ และแผนการทดลองแบบนี้ให้จำนวน entries สูงสุด

Jaw *et al.* (2012) คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่ต้านทานการเกิดโรค rice yellow mottle virus ในประชากร BC_2F_7 จำนวน 100 สายพันธุ์ที่ได้จาก 3 คู่ผสมได้แก่ Gigante x IR64, Gigante x FK28 และ Gigante x IR47 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Augmented randomized experimental design

มีการใช้สายพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอต่อโรค rice yellow mottle virus เป็นพันธุ์ทดสอบ ผลการคัดเลือกพบว่ามีจำนวน 20 สายพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทานโรค rice yellow mottle virus

ทรงต้นของข้าวที่ให้ผลผลิตสูง

ทรงต้นของข้าวส่งผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโดยตรง เช่น ทรงต้นที่มีใบตั้งตรงจะเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงทำให้พืชสร้างอาหารได้ดีกว่าใบนอน และทางอ้อม เช่น ทรงต้นเตี้ยจะเกิดการหักล้มน้อยกว่าต้นสูงจึงทำให้ลดการสูญเสียผลผลิต

ในปี ค.ศ. 1966 ได้มีการแนะนำพันธุ์ข้าว IR8 เป็นข้าวพันธุ์แรกที่มีการพัฒนาพันธุ์ให้มีทรงต้นกึ่งต้นเตี้ย ลักษณะอื่นๆ ของข้าวพันธุ์นี้ ได้แก่ จำนวนกอมาก ต้นแข็งแรง ใบสีเขียวเข้มและตั้งตรง ซึ่งการพัฒนาข้าวพันธุ์ดังกล่าวส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มจากเดิม 6 ตันต่อเฮกตาร์ เป็น 9.5 ตันต่อเฮกตาร์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของข้าว IR8 ที่มีพื้นที่ใบและกอที่ไม่ให้รวงมากเกินไปทำให้ลดการสังเคราะห์แสงและลดขนาดแหล่งรับอาหารพืช (sink) ดังนั้น ในปี ค.ศ. 1980 IRRI จึงกำหนดทรงต้นข้าวแบบใหม่ (new plant type) โดยมีลักษณะได้แก่ จำนวนกอน้อย (นาหว่านมี 8-10 กอ และนาดำมี 3-4 กอ) กอที่ไม่ให้รวงน้อย จำนวนเมล็ด 200-250 เมล็ดต่อรวง ความสูงต้น 90-100 เซนติเมตร ต้นเหนียวและแข็งแรง ใบมีสีเขียวเข้ม เหนียว และตั้งตรง ระบบรากแข็งแรง การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวที่มีทรงต้นข้าวแบบใหม่เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1989 แหล่งพันธุกรรมหลักที่ใช้มาจากข้าว Javanica พันธุ์ Bulu จากประเทศอินโดนีเซียมีลักษณะจำนวนกอน้อย รวงใหญ่ และต้นแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์อื่นที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ได้แก่ Gendjah Wangkal, Ketan Gubat, Senhkeu และ Shen Nung 89-366 การปรับปรุงพันธุ์ได้ผสมระหว่างพันธุ์ Bulu กับ Shen Nung 89-366 ปลูกและคัดเลือกลักษณะตามทรงต้นข้าวแบบใหม่ สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก 500 สายพันธุ์ได้นำมาทดสอบผลผลิตพบว่าอัตราการติดเมล็ดต่ำจึงมีการเพิ่มลักษณะพ่อแม่ที่อัตราการติดเมล็ดสูง ตัวอย่างพันธุ์ เช่น IR72 ที่ให้ผลผลิตสูงขึ้น 9.5% พันธุ์ Dianchao1, Dianchao2 และ Dianchao3 นอกจากนี้ ยังมีโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทรงต้นข้าวแบบใหม่จากข้าว Indica กับ Japonica ที่มีการเพิ่ม biomass ลักษณะต้านทานโรคแมลง และคุณภาพของเมล็ด ในปี ค.ศ. 2001 สายพันธุ์ข้าวทรงต้นข้าวแบบใหม่จากข้าว Indica กับ Japonica ที่ได้จำนวน 400 สายพันธุ์ถูกนำมาทดสอบผลผลิตพบว่าให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ทดสอบที่ดีที่สุด 30% การเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์ดังกล่าวเกิดจากการเพิ่มจำนวนรวง การเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด รวงมีขนาดใหญ่และจำนวนเมล็ดในรวงมาก ชีวมวล และดัชนีการเก็บเกี่ยวสูง (Virk *et al*., 2004)

Wu (2009) กล่าวว่าลักษณะทรงต้นของข้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดมี 3 รูปแบบ ได้แก่

1. The rice plant with heavy panicle model ทรงต้นประเภทนี้มีลักษณะโดดเด่นคือ จำนวนเมล็ดต่อรวงสูงอย่างน้อย 200 เมล็ดต่อรวง น้ำหนักรวงมากกว่า 5 กรัมต่อรวง มีจำนวนรวงต่อพื้นที่ 2.25 ล้านรวงต่อเฮกตาร์ ส่วนลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ต้นสูง 100 เซนติเมตร ใบยาว 40-50 เซนติเมตร ใบธงหนาและมีลักษณะตั้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว 0.55 และผลผลิตเฉลี่ย 9.5-15 ตันต่อเฮกตาร์

2. The super high yielding plant type model ทรงต้นประเภทนี้เน้นเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการรับแสงของใบโดยใบยาวลักษณะตั้งใบรูปร่าง V-shape และใบธงหนา ส่วนลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ต้นสูง 100 เซนติเมตร ทรงต้นกะทัดรัด จำนวนรวง 2.7-3.0 ล้านรวงต่อเฮกตาร์ น้ำหนักรวง 5 กรัม ดัชนีเก็บเกี่ยว 0.55 และผลผลิตเฉลี่ย 11.8-15 ตันต่อเฮกตาร์

3. The super high yield hybrid rice ideotype model ทรงต้นประเภทนี้เน้นประสิทธิภาพของรวงร่วมกับเมล็ด โดยมีจำนวนรวง 2.7 ล้านรวงต่อเฮกตาร์ เมล็ด 190-220 เมล็ดต่อรวง น้ำหนักรวง 5-6 กรัม ส่วนลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ต้นสูง 100-120 เซนติเมตร ทรงต้นสูงและมีขนาดใหญ่ ใบยาว 45-60 เซนติเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร ใบตั้ง ดัชนีเก็บเกี่ยวสูง และผลผลิตเฉลี่ย 12-15 ตันต่อเฮกตาร์

การเกิด transgressive segregation

การกระจายตัวของลักษณะในประชากรที่มีการกระจายตัว เช่น ประชากรในประชากรลูกชั่วที่ 2 หรือชั่วต่อมา และค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ ในพ่อแม่จะเป็นตัวบอกถึงความซับซ้อนทางพันธุกรรมซึ่งควบคุมลักษณะดังกล่าว การกระจายตัวของลักษณะในประชากรที่นอกเหนือออกไปจากค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ เรียกว่า Transgressive Segregation ซึ่งจะบ่งบอกว่าทั้งพ่อและแม่น่าจะมียีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวอยู่ในลักษณะเกื้อกูลซึ่งกันและกัน (Complementary) (Schlegel, 2003)

Rieseberg *et al*. (2003) กล่าวว่า transgressive segregation เป็นกลไกในการขยายและเร่งวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถสร้างลักษณะที่โดดเด่นเหนือกว่าพ่อหรือแม่ ซึ่งพบในพืชมากกว่าสัตว์ พบในการผสมภายในชนิดเดียวกัน (intraspecific) มากกว่าต่างชนิด (interspecific) และมักพบในประชากรที่เป็นพืชผสมตัวเองมากกว่าพืชผสมข้าม Transgressive segregation เกิด

จากการรวมตัวของอัลลีลจากพ่อแม่ที่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน เช่น การรวมกันระหว่างอัลลีลบวก และการรวมกันระหว่างอัลลีลลบจากพ่อแม่ส่งผลให้เกิดลักษณะที่โดดเด่นเหนือกว่าพ่อหรือแม่ นอกจากนี้ยังเกิดจากการเพิ่มของอัตราการกลายพันธุ์ การแสดงออกของอัลลีลด้อย เมื่อลูกผสมมีการกระจายตัว การข่มข้ามคู่ของยีน (epistasis) และการข่มเกิน (overdiminance)

การรวมตัวของอัลลีลเป็นสาเหตุหลักของการเกิด transgressive segregation โดยมีข้อสรุปเกี่ยวกับชนิดของลักษณะพันธุกรรมและการผสมพันธุ์ที่เกี่ยวกับการเกิด transgressive segregation (Rieseberg *et al*., 1999) ดังนี้

1. Transgressive segregation พบว่า มีความถี่มากในพืชผสมตัวเองเพราะความแปรปรวนของพันธุกรรมและลักษณะที่แสดงออกมาระหว่างสายพันธุ์มากกว่าภายในสายพันธุ์

2. ความถี่ของ transgressive segregation จะมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ที่ใช้ในการผสมพันธุ์

3. ความคล้ายคลึงกันของลักษณะที่แสดงออกมาในพ่อแม่อาจเกิดลักษณะ transgressive segregation ได้ ทั้งนี้ต้องตั้งอยู่บนเงื่อนไขของความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ดังกล่าว เพราะลักษณะ transgressive segregation เป็นผลจากความแตกต่างทางพันธุกรรมมากกว่าความแตกต่างของลักษณะที่แสดงแสดงออกมา

ลักษณะที่มีการคัดเลือกโดยตรง (direct selection) ทำให้เกิดการตรึงอัลลีล ทำให้ลักษณะที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับลักษณะของพ่อแม่ที่คัดเลือก การเกิด transgressive segregation จึงน้อยกว่าการคัดเลือกแบบ stabilizing selection ตัวอย่างได้แก่

Paterson *et al*. (1991) พบว่า ตำแหน่งยีน (QTL) 11 ตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะน้ำหนักผลจากการผสมระหว่างพันธุ์ปลูก (*Lycopersicon esculentum*) กับพันธุ์ป่า (*L. cheesmanii*) ซึ่งอัลลีลเพิ่มน้ำหนักผลทั้งหมดมาจาก *L.esculentum* เมื่อมีการคัดเลือกโดยตรงลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะแข็งแรงและมีน้ำหนักผลสูง แต่ไม่เกิดลักษณะ transgressive segregation ในประชากรที่คัดเลือก

Chahota *et al*. (2007) รายงานว่าสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation ของลักษณะผลผลิตต่อต้นในชั่วแรกๆ (F_2-F_4) โดยใช้วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นในถั่วเลนทิลจำนวน 28 คู่ผสม พบว่าในประชากรลูกชั่วที่ 2 มี 15 คู่ผสม และลูกชั่วที่ 3-4 มี 7 คู่ผสม ที่พบสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation ของลักษณะผลผลิตต่อต้นมากกว่า 20%

Varma *et al*. (2012) ศึกษา transgressive segregation ของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตในประชากร Bc_2F_3 จำนวน 239 สายพันธุ์ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ IR58025B (*Oryza sativa*) กับ *Oryza meridionalis* Ng. โดยการปลูก 2 วิธีคือปลูกแบบข้าวชลประทาน และข้าวไร่ พบว่า มีสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation ในลักษณะผลผลิต ความยาวรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และอัตราการติดเมล็ด แต่ไม่พบสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation ในลักษณะจำนวนกอต่อต้นและจำนวนรวงต่อต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) และพันธุ์ Qiqnizhan (CH1) ซึ่งใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการผสมพันธุ์

2. ข้าวพันธุ์ทางการค้าที่นิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ปทุมธานี 1, ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 60, กข31 และ กข41

3. วัสดุที่ใช้ในการผสมพันธุ์ ได้แก่ กรรไกร ขวดพลาสติกใส ปากคีบ ป้ายชื่อ และดินสอ

4. วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการปลูก ดูแลรักษาข้าว ได้แก่ ถาดหลุม ไม้ปักแปลง ป้ายชื่อ ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

5. วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ในการบันทึกข้อมูล เช่น เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด และเครื่องเป่าเมล็ดลีบ

วิธีการ

1. การปลูกและดูแลรักษา (ภาพที่ 1)

ฤดูที่ 1 ผสมพันธุ์ระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งทำหน้าที่เป็นพันธุ์แม่ และพันธุ์ Qiqnizhan ซึ่งทำหน้าที่เป็นพันธุ์พ่อ

ฤดูที่ 2 เก็บเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 มาปลูกและปล่อยให้ผสมตัวเอง นำเมล็ดประชากรลูกชั่วที่ 2 ทั้งหมดไปปลูกในฤดูถัดไป

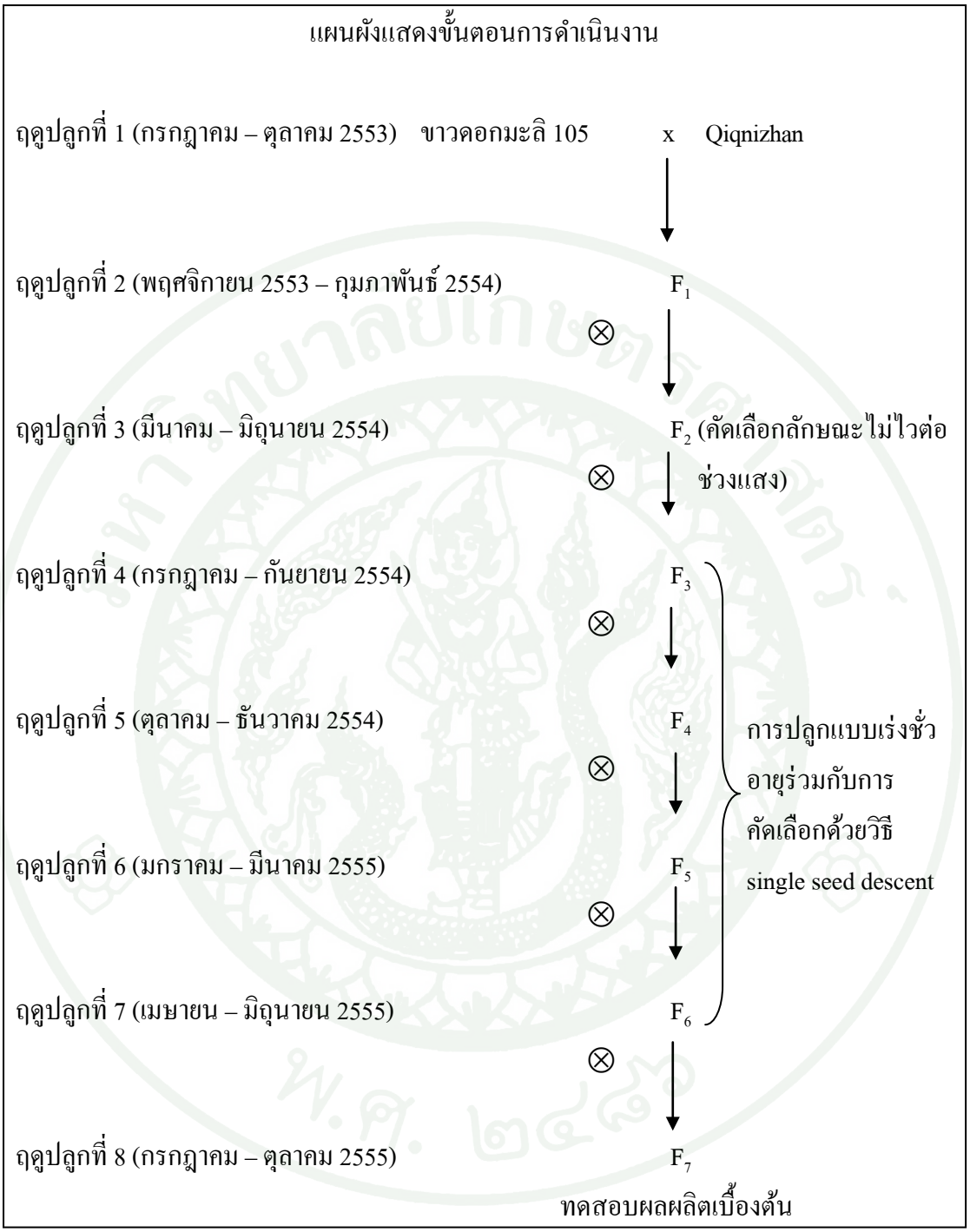
ฤดูที่ 3 นำเมล็ดประชากรลูกชั่วที่ 2 ทั้งหมดมาปลูกแบบเร่งชั่วอายุในถาดหลุมขนาด 4x3 เซนติเมตร จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม และคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2

ฤดูที่ 4-7 นำเมล็ดของลูกชั่วที่ 3-6 ปลูกในถาดหลุมแบบเร่งชั่วอายุร่วมกับวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น เก็บเกี่ยวเมล็ดลูกชั่วที่ 7 นำไปทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในฤดูถัดไป

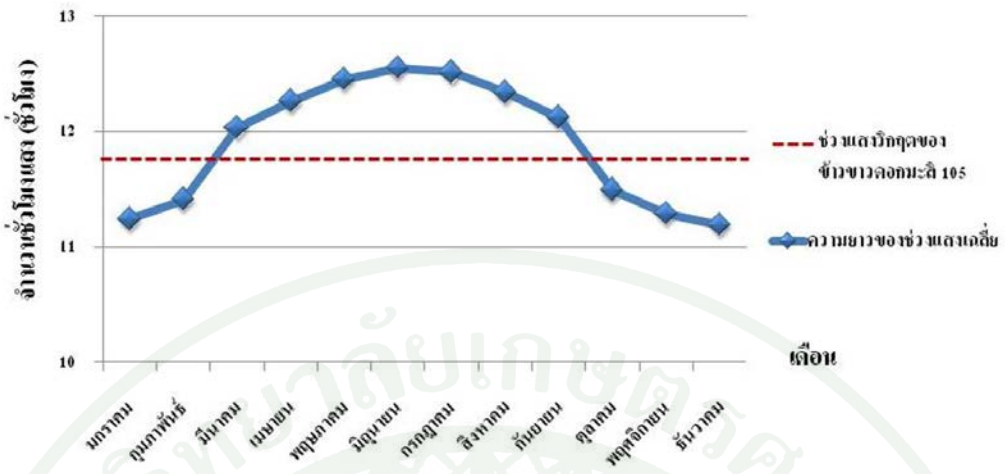
ฤดูที่ 8 นำเมล็ดของลูกชั่วที่ 7 จำนวน 271 สายพันธุ์มาปลูกทดสอบผลผลิตในแปลงทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคม 2555 เก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม 2555 โดยปลูกที่แปลงเกษตรกร เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ โดยวางแผนการทดลองแบบ augmented design in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ข้าวพันธุ์การค้าที่นิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 60 กข31 และ กข41 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบร่วมกับสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร การปลูกแบ่งเป็นแปลงย่อยๆ ละ 10 ต้น เมื่อสุกแก่สังเกตได้จากสีของเปลือกเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมาเป็นสีเหลือง จึงสุ่มเก็บต้นข้าวแปลงย่อยละ 2 ต้นเพื่อนำไปบันทึกข้อมูลผลผลิตองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ

2. การคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงประชากรลูกชั่วที่ 2

การคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2 ซึ่งมีการกระจายตัวของลักษณะต่างๆ สูงสุด เนื่องจากช่วงแสงวิกฤตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ 11 ชั่วโมง 52 นาที (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) โดยจากข้อมูลของกรมกรมอุทกศาสตร์ช่วงแสงที่ยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงกันยายน (ภาพที่ 2) จึงวางแผนการคัดเลือกประชากรลูกชั่วที่ 2 ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2554 การตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงตามวิธีการของประภา และคณะ (2537) โดยปลูกข้าวภายใต้สภาพธรรมชาติที่มีช่วงแสงยาวช่วงแสงวิกฤต ซึ่งเริ่มในเดือนมีนาคม ถ้าข้าวใดออกดอกวันที่ 1 กันยายน จัดว่าเป็นข้าวที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงมีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะออกดอกไม่นานเกินกว่า 150 วัน (Vergara, 1976) ส่วนข้าวที่ออกดอกหลังวันที่ 1 กันยายน จัดว่าเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 2 ความยาวของช่วงแสงเฉลี่ยในเวลากลางวันบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2554 (ละติจูด 13° 50' 51" เหนือ ลองจิจูด 100° 34' 15" ตะวันออก)

ที่มา: กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (2554)

3. การบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบของผลผลิตข้าว

บันทึกข้อมูลลักษณะทางเกษตรรวมทั้งองค์ประกอบของผลผลิตข้าว (สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 2531) ในฤดูที่ 7 ดังนี้

3.1 การเก็บข้อมูลลักษณะทางเกษตร มีการเก็บข้อมูลดังนี้

3.1.1 อายุวันออกดอก 50% นับจำนวนวันตั้งแต่เริ่มตกกล้าจนถึงวันที่ต้นข้าวออกดอกครึ่งหนึ่งของต้นทั้งหมดในแปลงย่อย โดยช่อดอกต้องโผล่พ้นคอรวง

3.1.2 ความสูงต้น วัดความสูงเฉลี่ยเป็นเซนติเมตรของต้นข้าวที่สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ต้นต่อแปลงย่อย โดยวัดจากพื้นดินถึงปลายรวงข้าวก่อนเก็บเกี่ยว จากค่าความสูงต้น แบ่งลักษณะความสูงต้นได้ดังนี้

ต้นเตี้ย	ความสูงน้อยกว่า 110 เซนติเมตร
ต้นสูงปานกลาง	ความสูงอยู่ระหว่าง 111-130 เซนติเมตร
ต้นสูง	ความสูงมากกว่า 130 เซนติเมตร

3.1.3 ความยาวใบธง วัดความยาวใบธงเฉลี่ยเป็นเซนติเมตรของข้าวโดยสุ่มเก็บต้นข้าวจำนวน 2 ต้นต่อแปลงย่อย และนำมาวัดความยาวจากฐานใบธง (flag leaf base) ถึงปลายใบธง

3.1.4 จำนวนกอต่อต้น ในระยะเก็บเกี่ยวให้นับจำนวนกอทั้งหมดต่อต้น จากข้าวที่สุ่มเก็บจำนวน 2 ต้นต่อแปลงย่อย

3.1.5 ความสามารถในการให้รวงต่อต้น ในระยะที่มีการแตกกอสูงสุดให้นับจำนวนลำต้นทั้งหมด (main culm และ tiller) และจำนวนรวงทั้งหมดจากข้าวที่สุ่มเก็บจำนวน 2 ต้นต่อแปลงย่อยนำมาคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ความสามารถในการให้รวงต่อต้น} = \frac{\text{จำนวนรวงทั้งหมด}}{\text{จำนวนกอทั้งหมด}} \times 100$$

3.1.6 ความยาวรวง วัดความยาวรวงเฉลี่ยเป็นเซนติเมตรของข้าวที่สุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวง โดยวัดจากฐานช่อดอก (panicle base) ถึงปลายรวง

3.1.7 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index; HI) ชั่งน้ำหนักผลผลิตต่อต้น (economic yield) และชั่งน้ำหนักแห้งผลผลิตชีวมวล (biological yield) นำมาคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{HI} = \frac{\text{Economic yield}}{\text{Biological yield}}$$

3.2 การเก็บข้อมูลองค์ประกอบของผลผลิตข้าว มีการเก็บข้อมูล ดังนี้

3.2.1 จำนวนรวงต่อต้น ในระยะเก็บเกี่ยวสุ่มเก็บต้นข้าวในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น นำมานับจำนวนรวงทั้งหมดที่เกิดจาก main culm และกอที่ให้รวง และนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนรวงต่อต้น

3.2.2 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง ในระยะเก็บเกี่ยวสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวง นำมานับจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และนำมาหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงจะได้ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของแต่ละต้น และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของสายพันธุ์

3.2.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ในระยะเก็บเกี่ยวข้าวสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวง หลังจากนั้นเก็บเมล็ดในแต่ละรวงมารวมกันสุ่มนับเมล็ดจำนวน 100 เมล็ดมาชั่งน้ำหนักจำนวน 2 ตัวอย่าง นำมาหาค่าเฉลี่ยจากน้ำหนักเมล็ดดี 100 เมล็ด คำนวณตามสูตรดังนี้

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด = น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด x 10
หลังจากได้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด นำมาปรับน้ำหนักที่ความชื้น 14%

3.2.4 น้ำหนักรวง ในระยะเก็บเกี่ยวข้าวสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวง นำมาชั่งน้ำหนักรวงและหาค่าเฉลี่ยเป็นกรัมของข้าวที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

3.2.5 จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง ในระยะเก็บเกี่ยวสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวงนำมานับจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง และนำมาหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงจะได้ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงของแต่ละต้น และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงของสายพันธุ์

3.2.6 อัตราการติดเมล็ด ใช้วิธีสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น แต่ละต้นสุ่มมาจำนวน 2 รวง นำมานับและคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ตามสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการติดเมล็ด} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดดี}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด (จำนวนเมล็ดดี + จำนวนเมล็ดลีบ)}} \times 100$$

จากค่าอัตราการติดเมล็ด แบ่งลักษณะของเมล็ดได้ดังนี้

เมล็ดดีสูงมาก (highly fertile)	เมล็ดดีมากกว่า 90%
เมล็ดดีสูง (fertile)	เมล็ดดี 75-89%
เมล็ดลีบปานกลาง (partly sterile)	เมล็ดดี 50-74%
เมล็ดลีบมาก (highly sterile)	เมล็ดดีน้อยกว่า 50%
เมล็ดลีบทั้งหมด (completely sterile)	เมล็ดดี 0%

3.2.7 ผลผลิตของต่อต้น โดยการชั่งน้ำหนักเมล็ดดีทั้งหมดของต้นข้าวที่สุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงย่อยๆ ละ 2 ต้น นำมาคำนวนหาค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อต้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อต้น

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม IRRISTAT เวอร์ชั่น 5.0 และการวิเคราะห์การกระจายตัวของประชากร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression โดยใช้โปรแกรม SPSS มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance)

เนื่องจากสายพันธุ์ที่ใช้มีจำนวนมากและเมล็ดมีน้อย ดังนั้น การวางแผนการทดลองจึงใช้แบบ augmented design เพื่อประเมินผลผลิตเบื้องต้น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ augmented design

4.2 การเกิด transgressive segregation ในลูกชั่วที่ 7

การประเมินการเกิด transgressive segregation ในลูกชั่วที่ 7 โดยหาค่าเฉลี่ยพ่อแม่ที่ดีที่สุดและค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7ในลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะ

ทางการเกษตร นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีของฟิชเชอร์ (LSD) เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะถูกนำมานับจำนวนสายพันธุ์ที่การเกิด transgressive segregation ในลักษณะที่ศึกษา ลักษณะที่มีนำมาประเมินการเกิด transgressive segregation ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวใบธง จำนวนกอต่อต้น อายุวันออกดอก 50% จำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง น้ำหนักรวง จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยวรวง อัตราการติดเมล็ด ความสามารถในการให้รวงต่อต้น และผลผลิตต่อต้น

5. สถานที่การทำวิจัย

5.1 โรงเรือนปลูกพืชทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

5.2 แปลงเกษตรกรคลองสามวา เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ

6. ระยะเวลาการทำวิจัย

เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556

ผลและวิจารณ์

การศึกษาพันธุกรรมการตอบสนองต่อช่วงแสง

เนื่องจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง เมื่อผสมข้ามกับข้าวพันธุ์ Qiqnizhan ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ลูกชั่วที่ 1 แสดงลักษณะไวต่อช่วงแสงจึงตั้งสมมุติฐานว่ายีนที่ควบคุมลักษณะไวต่อช่วงแสงเป็นยีนเด่น และเมื่อนำลูกชั่วที่ 1 มาผสมตัวเองเพื่อสร้างประชากรลูกชั่วที่ 2 พบว่าประชากรลูกชั่วที่ 2 จำนวน 1,072 ต้น สามารถแบ่งลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่แสดงลักษณะไวต่อช่วงแสง และกลุ่มที่แสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง จำนวน 784 และ 288 ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างต้นที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสง และไม่ไวต่อช่วงแสงพบว่ามีค่าเท่ากับ 3:1 โดยมีค่า Chi-square เท่ากับ 1.99 (ค่า Chi-square จากตารางมีค่าเท่ากับ 3.84) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในอัตราส่วนดังกล่าว จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยที่ลักษณะไวต่อช่วงแสงเป็นยีนเด่นข่มลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งเป็นยีนด้อย ซึ่งสอดคล้องกับศิลปชัย (2544) ในการศึกษายีนที่ควบคุมลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงของประชากรลูกชั่วที่ 2 ในคู่ผสมข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 2 พบว่าอัตราส่วนระหว่างต้นที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสง และไม่ไวต่อช่วงแสงมีค่าเท่ากับ 3:1 แสดงว่าลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยลักษณะไวต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีนเด่นและลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงควบคุมยีนด้อย แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาดังกล่าวมีข้อขัดแย้งโดยในการผสมระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์สุพรรณบุรี 90 นั้นอัตราส่วนระหว่างต้นที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสง และไม่ไวต่อช่วงแสงมีค่าเท่ากับ 13:3 ซึ่งมีแนวโน้มว่าลักษณะไวต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีนเพียง 2 คู่ และมีปฏิกิริยาการข่มของยีนต่างตำแหน่ง โดยยีนที่ควบคุมลักษณะไวต่อช่วงแสงเป็นยีนเด่น และลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีนด้อย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าจำนวนยีนและปฏิกิริยาการทำงานของยีนที่ควบคุมการตอบสนองต่อช่วงแสงขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของข้าวแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของต้นข้าวที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสงกับต้นที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2

คู่ผสม	ลักษณะ (จำนวนต้น)		รวม	χ^2
	ไวต่อช่วงแสง	ไม่ไวต่อช่วงแสง		(3:1)
KDML 105 x Qiqnizhan	784	288	1,072	1.99^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2

การคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในประชากรลูกชั่วที่ 2 พบว่า มีประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสงจำนวน 784 ต้น และลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง 288 ต้น โดยประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจะใช้ในการคัดเลือกด้วยวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นในชั่วที่ 3-6 และทดสอบผลผลิตเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในลูกชั่วที่ 7

การคัดเลือกผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7

จากการทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ Qiqnizhan จำนวน 271 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบชัยนาท 1 (44.84 กรัมต่อต้น) ที่ให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 76-1-1-1-1-1, 181-1-1-1-1-1 และ 103-4-1-1-1-1 มีผลผลิตจำนวน 70.64, 61.38 และ 57.69 กรัมต่อต้นตามลำดับ (ตารางที่ 2) จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดผันแปรอยู่ระหว่าง 186-270 เมล็ดโดยสายพันธุ์ 103-4-1-1-1-1 (270.30 เมล็ด) เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดเพียงสายพันธุ์เดียวที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงกว่าพันธุ์ Qiqnizhan (242.20 เมล็ด) ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด อัตราการติดเมล็ดตามเกณฑ์ของสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตรของสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดอยู่ในเกณฑ์เมล็ดดีสูง (อัตราการติดเมล็ด 75-89%)

การเปรียบเทียบความดีเด่นของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 กับพ่อหรือแม่ที่ให้ผลผลิตสูงสุด พบว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรก มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (43.05 กรัมต่อต้น) โดยมีสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มากกว่า 20% จำนวน 7 สายพันธุ์ ผลผลิตผันแปรอยู่ระหว่าง 51-70 กรัมต่อต้น และสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มากกว่า 64% การเปรียบเทียบความดีเด่นของจำนวนรวงต่อต้นมี 7 สายพันธุ์มีความดีเด่นเหนือกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีจำนวนรวงต่อต้นสูงสุด (12 รวง) โดยมีจำนวนรวงต่อต้นผันแปรอยู่ระหว่าง 13-26 รวง ถึงแม้ว่ามีเพียง 3 สายพันธุ์ที่มีความดีเด่นของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเหนือกว่าพันธุ์ Qiqnizhan ซึ่งเป็นพันธุ์พ่อแม่ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด โดยมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงผันแปรอยู่ระหว่าง 251-270 เมล็ด แต่เมื่อเปรียบเทียบจำนวนเมล็ดดีต่อรวงกับพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ให้ผลผลิตสูงสุด (134.60 เมล็ด) สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรกมีจำนวนเมล็ดดีสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 โดยสายพันธุ์ทั้ง 10 สายพันธุ์มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงผันแปรอยู่ระหว่าง 186-270 เมล็ด จำนวนเมล็ดดีต่อรวงจึงเป็นองค์ประกอบผลผลิตที่โดดเด่นของสายพันธุ์ที่ทดสอบเหล่านี้ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลพันธุกรรมของพ่อแม่ที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงโดยมีค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง 233.85 เมล็ด ในขณะที่ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเพียง 127.90 เมล็ด

ลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7

การศึกษาลักษณะทางการเกษตรในลูกชั่วที่ 7 พบว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรกมีความสูงต้นผันแปรระหว่าง 97-190 เซนติเมตร โดยมี 6 สายพันธุ์ที่มีความสูงต้นต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบชัยนาท 1 ซึ่งมีความสูงต้นเท่ากับ 116 วัน (ตารางที่ 3) และอายุวันออกดอก 50% ผันแปรตั้งแต่ 85-114 วัน โดยมี 8 สายพันธุ์ที่มีอายุวันออกดอก 50% สั้นกว่าพันธุ์เปรียบเทียบชัยนาท 1 ซึ่งมีอายุวันออกดอก 50% เท่ากับ 112 วัน และสายพันธุ์ทั้งหมดมีอัตราการติดเมล็ดอยู่ในเกณฑ์สูง (75-89%) และสูงมาก (มากกว่า 90%) ในการคัดเลือกลักษณะเชิงปริมาณซึ่งลักษณะส่วนใหญ่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจจึงมีการคัดเลือกหลายลักษณะพร้อมกัน independent culling หรือ truncation selection เป็นหนึ่งในวิธีการคัดเลือกหลายลักษณะพร้อมกัน โดยเป็นการคัดเลือกทุกลักษณะพร้อมกัน แต่พิจารณาแยกเป็นอิสระต่อกัน ต้นที่มีลักษณะไม่ได้มาตรฐานที่กำหนดโดยนักปรับปรุงพันธุ์จะถูกคัดทิ้ง ถึงแม้ว่าจะมีบางลักษณะที่อยู่ในเกณฑ์ดีก็ตาม (รังสฤษดิ์, 2539) นอกจากปริมาณผลผลิตซึ่งมักใช้เป็นเกณฑ์แรกในการคัดเลือก ความสูงต้นและอายุวันออกดอก 50% ยังเป็นลักษณะถัดไปที่ถูกใช้ในการคัดเลือกแบบ independent culling เนื่องจากพืชที่มีความสูง

ต้นมากเกินไปมีโอกาสในการสูญเสียผลผลิตจากการหักล้มสูง และอายุวันออกดอกที่ยาวนานจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการจัดการของเกษตรกร ดังนั้นสายพันธุ์ทดสอบที่มีความสูงมากเกินไป เช่น สายพันธุ์ 103-4-1-1-1-1 และ 69-2-1-1-1-1 สามารถใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ และสายพันธุ์ที่ออกดอกเร็วเช่น สายพันธุ์ 181-3-1-1-1-1 และ 90-3-1-1-1-1 สามารถพัฒนาเป็นพันธุ์ข้าวอายุสั้นต่อไป

ข้อกำหนดของทรงต้นข้าวแบบใหม่เมื่อปลูกแบบนาดำจะมีจำนวนกอต่อต้น 8-10 กอ และมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง 200-250 เมล็ด (Virk *et al.*, 2004) สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 สายพันธุ์มีจำนวน 7 สายพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงตามเกณฑ์ของทรงต้นข้าวแบบใหม่ และมี 3 สายพันธุ์ที่ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงกว่าข้าวที่มีทรงต้นข้าวแบบใหม่ นอกจากนี้สายพันธุ์ที่ทดสอบจำนวน 3 สายพันธุ์มีความสามารถในการให้รวงต่อต้น 100% ซึ่งข้าวที่มีจำนวนกอที่ไม่ให้ผลผลิตและมีพื้นที่ใบมากเกินไปจะบดบังแสงทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของกอที่ให้รวงลดลง และยังเป็นการลดขนาดแหล่งรับอาหารพืช (sink) (Dingkuhn *et al.*, 1991)

ถึงแม้ว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมและอมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวมีลักษณะเหนียวนุ่ม แต่ลักษณะไวต่อช่วงแสง ต้นสูง ฟางอ่อน ทำให้เกิดการหักล้มง่าย ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลให้เกิดการสูญเสียผลผลิตอันเนื่องมาจากลักษณะประจำพันธุ์ ทำให้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้มีผลผลิตสูงมักไม่นิยมนำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาใช้เป็นพ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่านอกจากลักษณะคุณภาพที่ดี ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ยังมีน้ำหนักรวงสูง (6.52 กรัม) และมีจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงสูง (297.80 เมล็ด) ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตสูงสุดมีน้ำหนักรวง 4.07 กรัม และจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง 162.90 เมล็ด อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของอัตราการติดเมล็ดก็ส่งผลให้พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการติดเมล็ดอยู่ในเกณฑ์เมล็ดลีบปานกลางมีอัตราการติดเมล็ด 63.30% การถ่ายทอดลักษณะต้นเตี้ย ไม่ไวต่อช่วงแสง และเมล็ดดีสูงจากพันธุ์ Qiqnizhan จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของข้าว

ตารางที่ 2 ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์เปรียบเทียบ 5 พันธุ์

สายพันธุ์	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
76-1-1-1-1-1	19.54	235.80	19.57	5.34	285.60	80.44	70.64
181-1-1-1-1-1	26.39	186.60	22.52	4.81	235.30	76.96	61.38
103-4-1-1-1-1	10.54	270.30	24.59	7.46	323.10	82.60	57.69
176-4-1-1-1-1	12.89	262.30	23.52	6.76	300.80	84.42	53.75
15-2-1-1-1-1	13.32	211.50	24.95	5.78	247.10	89.15	51.82
69-2-1-1-1-1	11.54	251.30	25.25	7.11	284.80	87.14	51.60
90-3-1-1-1-1	16.04	204.30	22.48	5.14	228.80	87.91	51.42
202-3-1-1-1-1	13.89	224.60	23.40	5.61	250.30	87.34	49.73
102-4-1-1-1-1	13.54	192.30	26.02	5.46	216.80	87.13	49.21
193-4-1-1-1-1	15.89	186.30	22.12	4.38	211.00	86.19	48.92
ค่าเฉลี่ยรวม 271 สายพันธุ์	12.44	157.73	22.35	3.94	193.22	81.11	30.01
ขาวดอกมะลิ 105	12.00	225.50	25.62	6.52	297.80	63.30	43.05
Qiqnizhan	10.88	242.20	21.77	5.73	277.00	87.02	38.75
ค่าเฉลี่ยพันธุ์พ่อแม่	11.44	233.85	23.70	6.13	287.40	75.16	40.90

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
ปทุมธานี 1	13.75	113.60	27.10	3.39	133.30	85.08	32.63
ชัยนาท 1	17.12	134.60	26.96	4.07	162.90	82.65	44.84
กข31	17.62	109.80	27.88	3.31	126.60	86.57	42.60
กข41	15.00	143.70	25.62	4.04	171.80	83.49	43.81
สุพรรณบุรี 60	12.38	137.80	29.03	4.31	163.70	84.24	37.75
ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ	15.17	127.90	27.32	3.82	151.66	84.41	40.33
F-test of adjusted varieties	**	**	**	**	**	**	ns
$LSD_{0.05}$ of adjusted mean and replicated mean	2.41	27.40	1.36	0.62	23.86	10.21	9.47
CV (%)	15.23	15.43	4.59	12.41	11.16	11.11	20.82

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์เปรียบเทียบ 5 พันธุ์

สายพันธุ์	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (เซนติเมตร)	ความยาวรวง (เซนติเมตร)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
76-1-1-1-1-1	113.10	114.80	19.66	100.00	39.04	28.94	0.42
181-1-1-1-1-1	106.10	114.40	30.02	86.96	49.21	25.05	0.37
103-4-1-1-1-1	190.10	102.80	10.66	100.00	33.49	33.84	0.44
176-4-1-1-1-1	115.10	103.40	15.52	84.06	43.16	23.80	0.47
15-2-1-1-1-1	116.40	103.20	12.66	100.00	36.51	26.79	0.54
69-2-1-1-1-1	170.00	90.79	12.16	95.79	46.94	31.84	0.42
90-3-1-1-1-1	101.00	85.79	17.16	94.08	41.44	24.84	0.49
202-3-1-1-1-1	97.27	104.40	16.02	87.59	39.56	29.00	0.47
102-4-1-1-1-1	122.80	103.80	14.16	96.44	31.04	30.99	0.49
193-4-1-1-1-1	111.00	99.36	17.52	91.25	29.66	25.50	0.54
ค่าเฉลี่ยรวม 271 สายพันธุ์	110.34	96.26	13.85	90.27	37.28	25.24	0.43
ขาวดอกมะลิ 105	162.00	121.00	18.00	68.36	68.45	33.12	0.26
Qiqnizhan	120.00	98.00	11.38	96.36	40.45	27.30	0.49
ค่าเฉลี่ยพันธุ์พ่อแม่	141.00	109.50	14.69	82.36	54.45	30.21	0.37

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (เซนติเมตร)	ความยาวรวง (เซนติเมตร)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
ปทุมธานี 1	119.70	109.20	14.25	96.67	32.88	28.44	0.49
ชัยนาท 1	116.40	112.50	17.62	97.47	40.70	30.86	0.51
กข31	129.60	109.20	18.38	96.01	26.76	26.95	0.49
กข41	100.60	108.80	15.75	95.15	40.38	29.73	0.56
สุพรรณบุรี 60	120.60	107.80	13.25	93.24	36.54	27.67	0.49
ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ	117.38	109.50	15.85	95.71	35.45	28.73	0.51
F-test of adjusted varieties	**	**	*	**	**	**	**
$LSD_{0.05}$ of adjusted mean and replicated mean	7.69	2.60	3.50	7.94	5.89	2.20	0.05
CV (%)	5.51	2.12	20.06	7.70	12.82	6.74	9.39

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การกระจายตัวของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในลูกชั่วที่ 7

การกระจายตัวของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรแสดงให้เห็นว่าลักษณะทั้งหมดควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (polygenes) โดยมีรายละเอียดของแต่ละลักษณะดังนี้

ผลผลิตต่อต้น จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของผลผลิตต่อต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 1-69 กรัมต่อต้น (ภาพที่ 3) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 38.75 กรัมต่อต้น และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 43.05 กรัมต่อต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

จำนวนรวงต่อต้น จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของจำนวนรวงต่อต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 8-291 รวง (ภาพที่ 4) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 10.88 รวง และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 12.00 รวง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่มากกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 8-291 เมล็ด (ภาพที่ 5) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 242.20 เมล็ดและค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 225.50 เมล็ด ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 7-28 กรัม (ภาพที่ 6) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 21.77 กรัม และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 25.62 กรัมต่อต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่พบลักษณะ transgressive segregation

น้ำหนักรวง จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของน้ำหนักรวงในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 1-7 กรัม (ภาพที่ 7) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 5.73 กรัม และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 6.52 กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 50-350 เมล็ด (ภาพที่ 8) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 277.00 เมล็ด และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 297.80 เมล็ด ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

อัตราการติดเมล็ด จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอัตราการติดเมล็ดในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 7-97 % (ภาพที่ 9) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 87.02 % และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 63.30 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่พบลักษณะ transgressive segregation

ความสูงต้น จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความสูงต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 68-190 เซนติเมตร (ภาพที่ 10) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 120.00 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 162.00 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

อายุวันออกดอก 50% จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอายุวันออกดอก 50% ในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 70-115 วัน (ภาพที่ 11) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 98 วัน และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 121 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

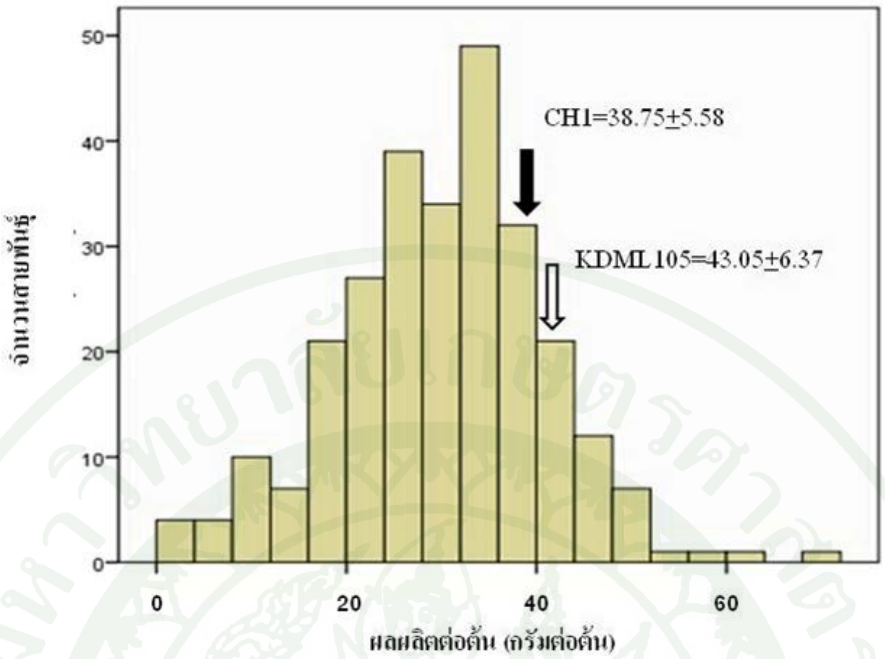
จำนวนกอต่อต้น จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของจำนวนกอต่อต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 6-31 กอ (ภาพที่ 12) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 11.38 กอ และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 18.00 กอ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่พบลักษณะ transgressive segregation

ความสามารถในการให้รวงต่อต้น จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความสามารถในการให้รวงต่อต้นในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 9-100 % (ภาพที่ 13) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 96.36 % และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 68.36 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่พบลักษณะ transgressive segregation

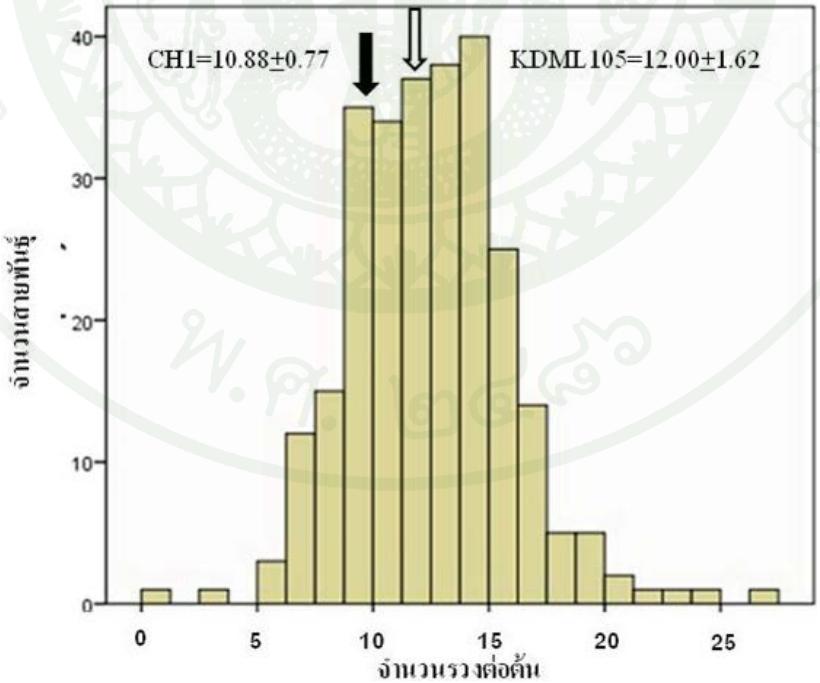
ความยาวใบธง จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความยาวใบธงในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 21-89 เซนติเมตร (ภาพที่ 14) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 40.45 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 68.45 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

ความยาวรวง จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความยาวรวงในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 18-36 เซนติเมตร (ภาพที่ 15) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 27.30 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 33.12 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะ transgressive segregation ในลักษณะที่น้อยกว่าพ่อแม่อย่างเห็นได้ชัด

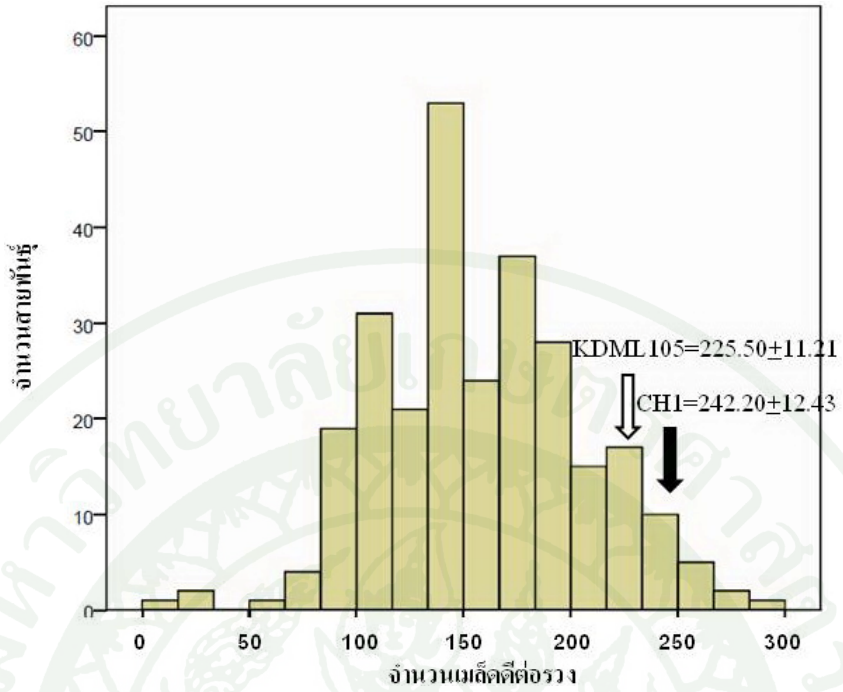
ดัชนีการเก็บเกี่ยว จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของดัชนีการเก็บเกี่ยวในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 7 ผันแปรตั้งแต่ 0.01-0.6 (ภาพที่ 16) โดยมีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ (Qiqnizhan) เท่ากับ 0.49 และค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (ขาวดอกมะลิ 105) เท่ากับ 0.26 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่พบลักษณะ transgressive segregation



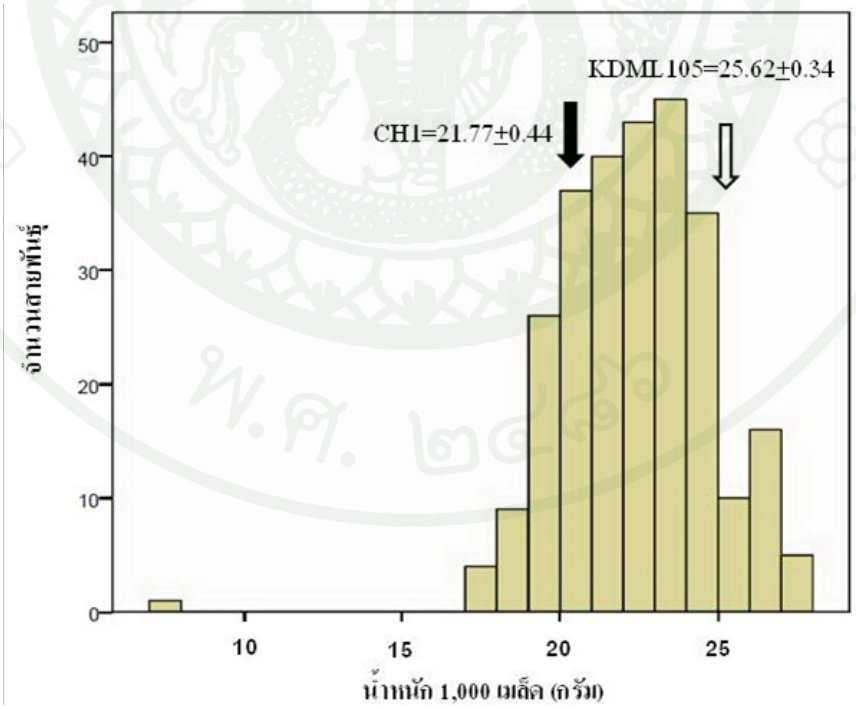
ภาพที่ 3 การกระจายตัวของผลผลิตต่อต้นในลูกชั่วที่ 7



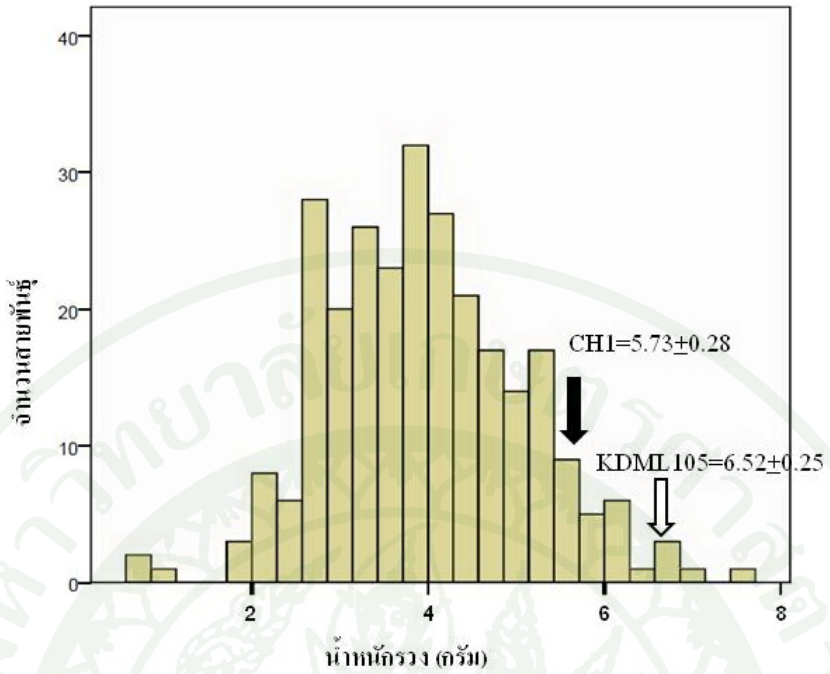
ภาพที่ 4 การกระจายตัวของจำนวนรวงต่อต้นในลูกชั่วที่ 7



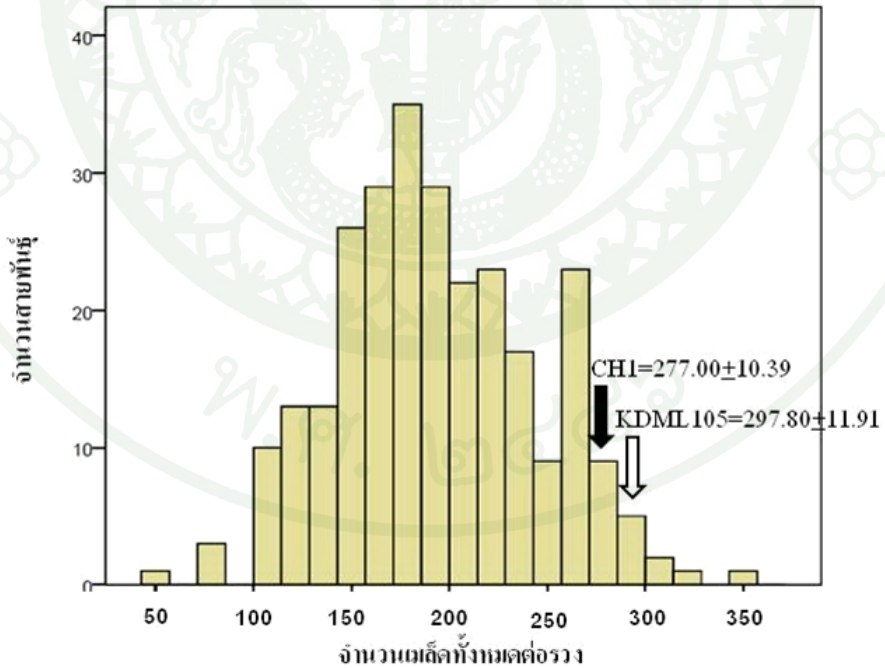
ภาพที่ 5 การกระจายตัวของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในลูกชั่วที่ 7



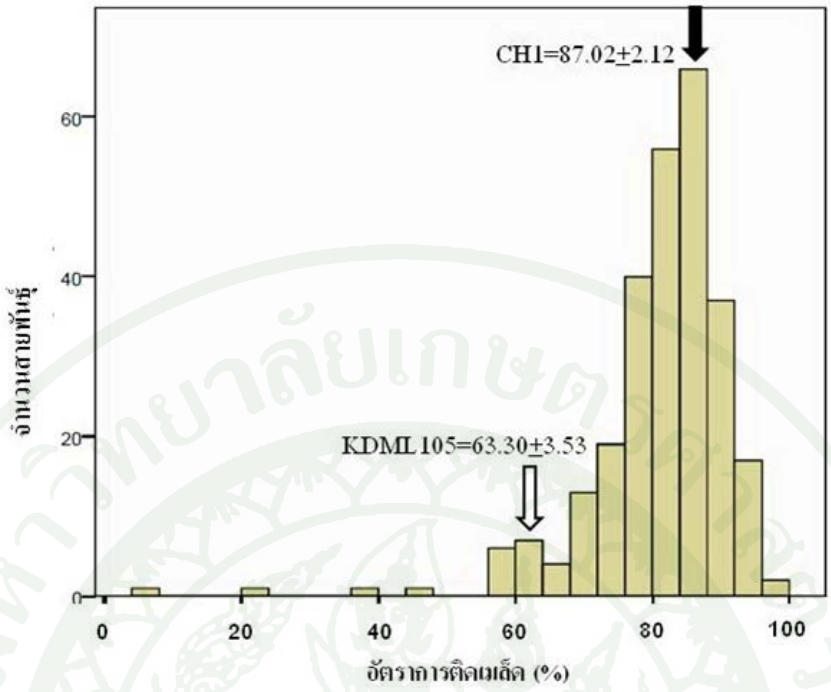
ภาพที่ 6 การกระจายตัวของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดในลูกชั่วที่ 7



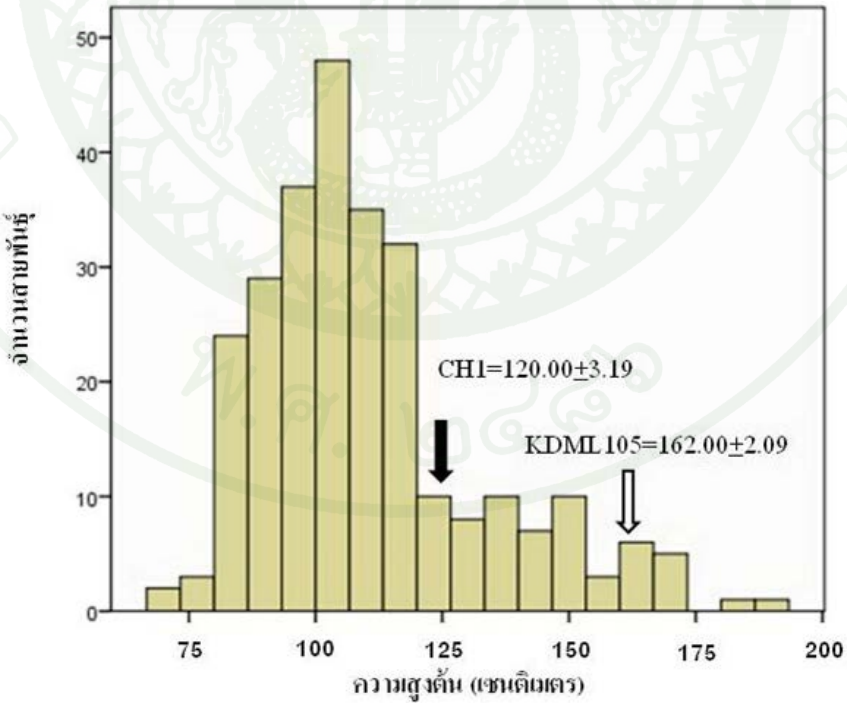
ภาพที่ 7 การกระจายตัวของน้ำหนักรวงในลูกชั่วที่ 7



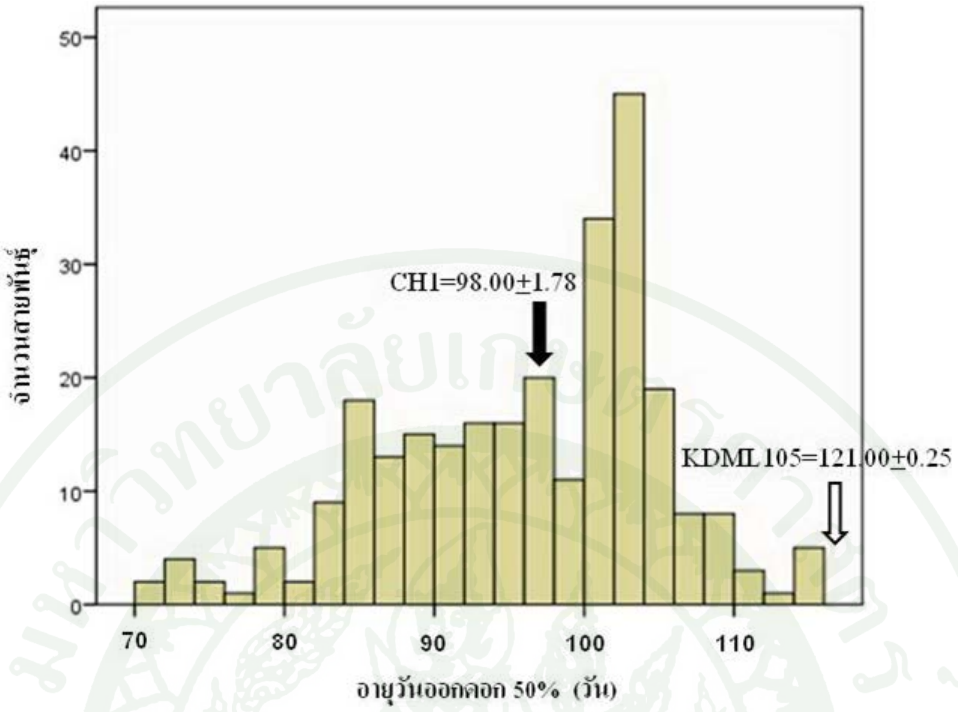
ภาพที่ 8 การกระจายตัวของจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงในลูกชั่วที่ 7



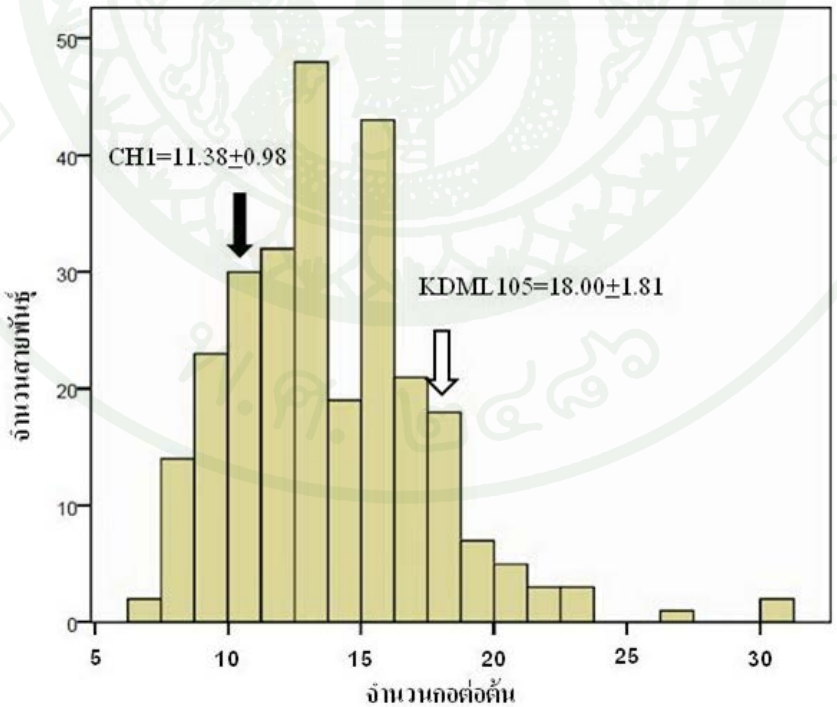
ภาพที่ 9 การกระจายตัวของอัตราการติดเมล็ดในลูกชั่วที่ 7



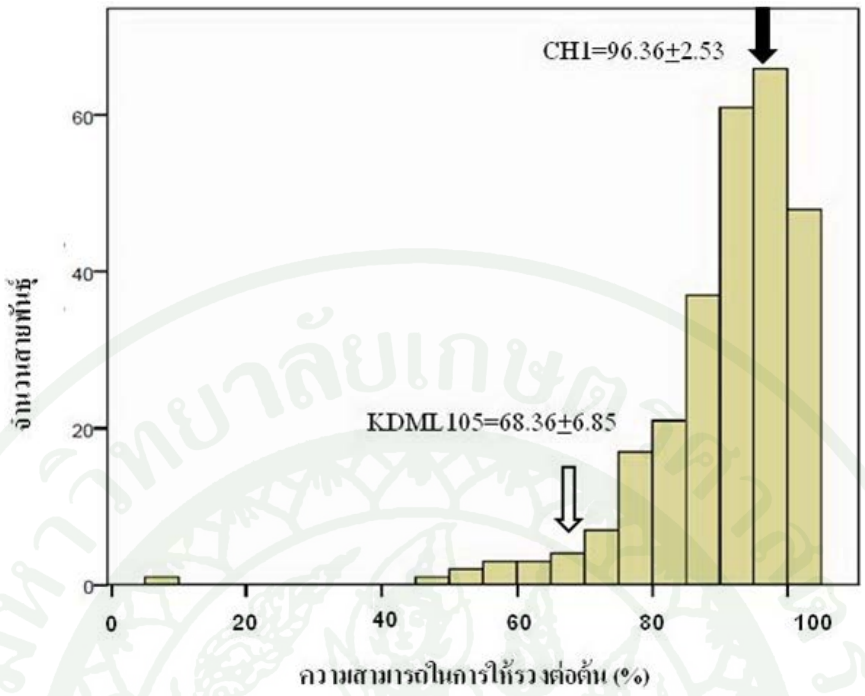
ภาพที่ 10 การกระจายตัวของความสูงต้นในลูกชั่วที่ 7



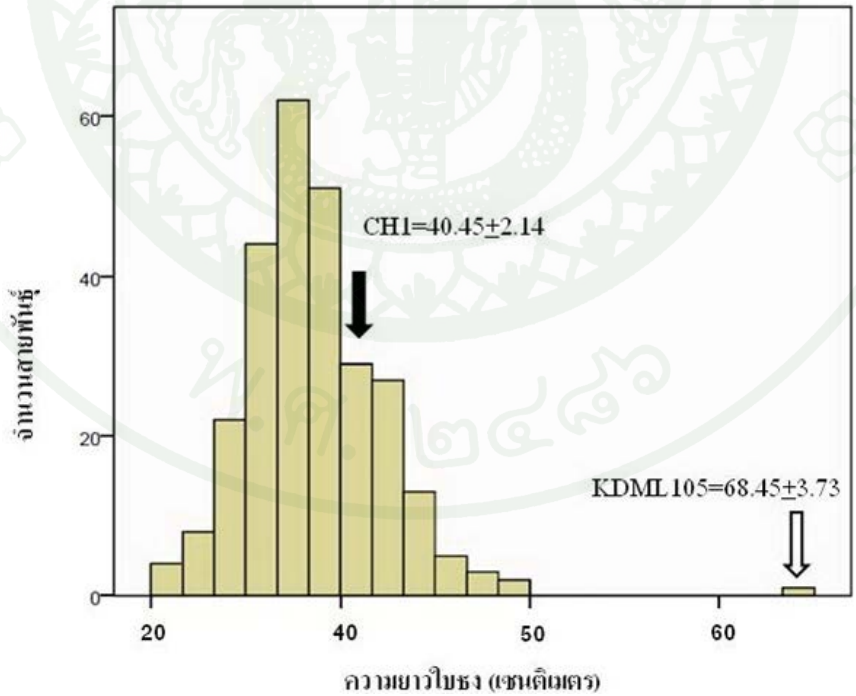
ภาพที่ 11 การกระจายตัวของอายุวันออกดอก 50% ในลูกชั่วที่ 7



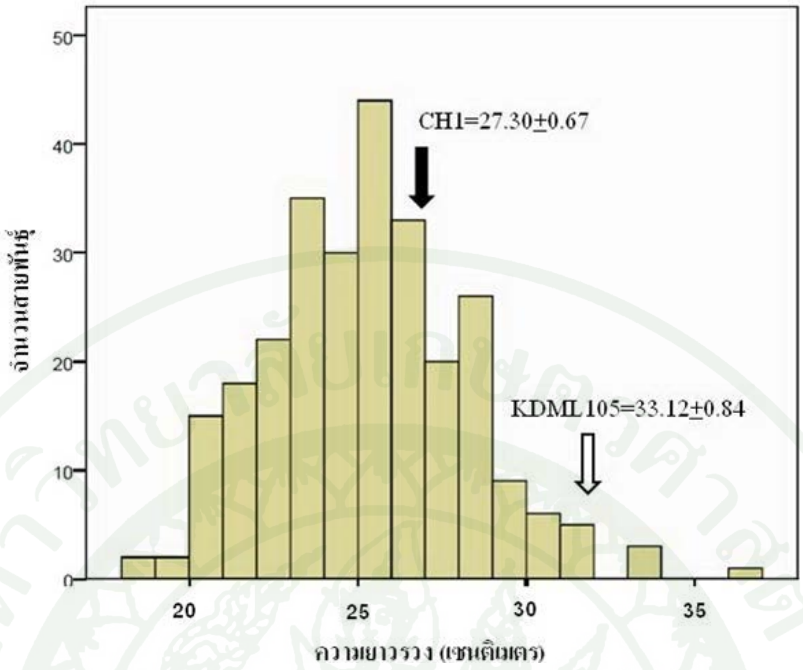
ภาพที่ 12 การกระจายตัวของจำนวนกอต่อต้นในลูกชั่วที่ 7



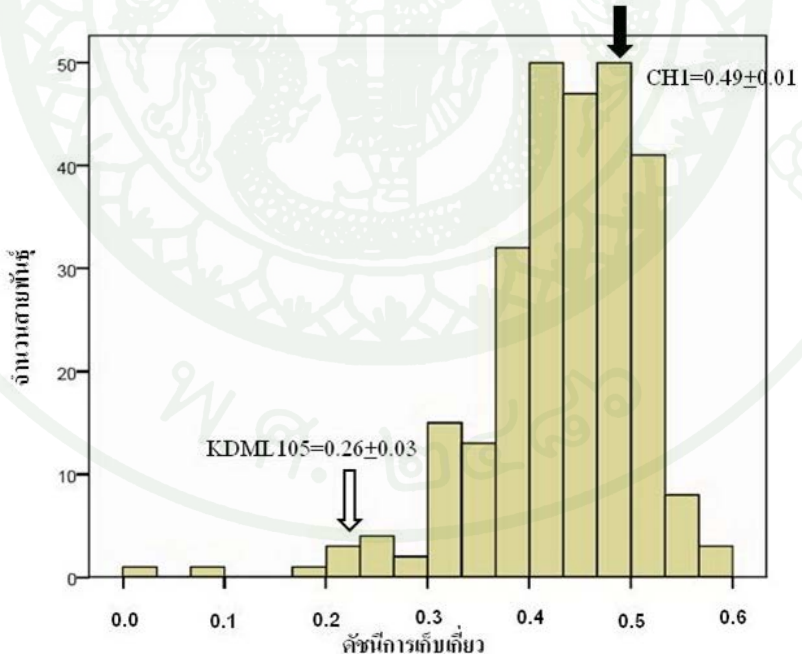
ภาพที่ 13 การกระจายตัวของความสามารถในการให้รวงต่อต้นในลูกชั่วที่ 7



ภาพที่ 14 การกระจายตัวของความยาวใบธงในลูกชั่วที่ 7



ภาพที่ 15 การกระจายตัวของความยาวรวงในลูกชั่วที่ 7



ภาพที่ 16 การกระจายตัวของดัชนีการเก็บเกี่ยวในลูกชั่วที่ 7

การเกิด transgressive segregation ในลูกชั่วที่ 7

เนื่องจากวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นไม่มีการคัดเลือกในแต่ละชั่วก่อนเข้าสู่สภาพที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมสูง ดังนั้น ลักษณะ transgressive segregation ที่เกิดขึ้นนอกจากเป็นผลจากพ่อแม่แล้วยังเป็นผลจากการรวมตัวของยีนในแต่ละชั่วที่มีจำนวนมากกว่าวิธีอื่นๆ จากรายงานของ Maruyama (1987) พบว่าวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นเป็นวิธีที่มีการเปลี่ยนแปลง และแสดงออกของการรวมตัวของยีนมากที่สุด

การประเมินการเกิด transgressive segregation ในผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร พบว่ามี 3 ลักษณะที่มีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation มาก ได้แก่ ความสูงต้น อายุวันออกดอก 50% และจำนวนรวงต่อต้น โดยมีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation 171, 110 และ 65 สายพันธุ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kjaer *et al.* (1991) พบว่ามีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation มากในความสูงและวันออกดอกในข้าวบาร์เล่ย์ โดยจำนวนของสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation มีความสัมพันธ์กับความหลากหลายทางพันธุกรรมของพ่อแม่และความถี่ของจำนวนรอบการรวมตัวของยีนในสายพันธุ์ที่ศึกษา (Kuczynska *et al*., 2007) ในการปรับปรุงพันธุ์พืชสามารถใช้ประโยชน์จากสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation เช่น จำนวนรวงต่อต้นซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบผลผลิต และจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ระหว่างผลผลิตกับลักษณะต่างๆ จำนวนรวงต่อต้นสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกร่วมกับผลผลิตได้ ดังนั้น การมีสายพันธุ์ที่มี transgressive segregation ในลักษณะนี้จำนวนมาก ทำให้มีโอกาสในการคัดเลือกข้าวที่มีผลผลิตสูงได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4 จำนวนสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation ในผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในลูกชั่วที่ 7

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่		ค่ากึ่งกลางพ่อแม่	จำนวนสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation	
	KDML105	Qiqnizhan		+[1/]	-[1/]
ความสูงต้น	162.00	120.00	141.00	-	171
ความยาวใบธง	68.45	40.45	54.45	1	-
จำนวนกอต่อต้น	18.00	11.38	14.69	9	-
อายุวันออกดอก 50%	121.00	98.00	109.50	-	110
จำนวนรวงต่อต้น	12.00	10.88	11.44	65	-
ความยาวรวง	33.12	27.30	30.21	1	-
น้ำหนักรวง	6.52	5.73	6.13	1	-
จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	297.80	277.00	287.40	2	-
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	225.50	242.20	233.85	3	-
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	25.62	21.77	23.70	5	-
ดัชนีการเก็บเกี่ยว	0.26	0.49	0.37	11	-
ความสามารถในการให้รวงต่อต้น	68.36	96.36	82.36	-	- [ns]
อัตราการติดเมล็ด	63.30	87.02	75.16	-	- [ns]
ผลผลิตต่อต้น	43.05	38.75	40.90	4	-

หมายเหตุ [1/] + จำนวนสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation ที่ให้ลักษณะสูงกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด

- จำนวนสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation ที่ให้ลักษณะต่ำกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด

ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรพบว่าการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรมีแนวโน้มที่ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยที่น้ำหนักรวง (r = 0.661**) และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (r = 0.622**) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทางบวกสูงกับผลผลิต (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับการศึกษาของ Seyoum *et al.* (2012) รายงานว่าการเพิ่มจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในข้าวมีแนวโน้มสูงในการเพิ่มปริมาณผลผลิต (r = 0.847**) นอกจากนี้ ความสามารถในการให้รวงต่อต้นยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับองค์ประกอบผลผลิตทุกลักษณะ ส่วนน้ำหนักรวงและอัตราการติดเมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องแรงงานการพัฒนาทรงต้นข้าวแบบใหม่จึงเน้นการพัฒนาทรงต้นเพื่อตอบสนองสภาพการปลูกแบบนาหว่าน ทรงต้นข้าวแบบใหม่จึงเน้นที่ประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่อรวง (จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและอัตราการติดเมล็ดสูง) มากกว่าลักษณะอื่นๆ และไม่เน้นให้มีจำนวนกอต่อต้นมากดังนั้น ลักษณะนี้อาจไม่ให้ผลผลิตสูงในสภาพนาดำ ลักษณะสำคัญของทรงต้นข้าวแบบใหม่คือ จำนวนกอต่อต้นน้อย ลักษณะดังกล่าวทำให้มีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่อรวงและจำนวน vascular bundles สูง โดย vascular bundles มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเหนียวของต้นและประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่อรวงซึ่ง vascular bundles จะมีจำนวนมากที่สุดในกอแรกและลดลงตามจำนวนกอที่เพิ่มขึ้น (Dingkuhn *et al.*, 1991) โดยจากการค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกอต่อต้น กับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและอัตราการติดเมล็ดมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนกอต่อต้นจะส่งผลให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (r =-0.329**) และอัตราการติดเมล็ด (r =-0.131*) ลดลง โดยการเพิ่มจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีแนวโน้มเพิ่มอัตราการติดเมล็ด (r =0.437**)

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของลูกชั่วที่ 7

ลักษณะ	ความสูงต้น	ความยาวใบธง	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนรวงต่อต้น	ความยาวรวง	น้ำหนักรวง	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด
ความยาวใบธง	0.240**										
จำนวนกอต่อต้น	-0.309**	-0.077^{ns}									
ความสามารถในการให้รวงต่อต้น	0.213**	0.031^{ns}	-0.193**								
อายุวันออกดอก 50%	0.289**	0.060^{ns}	0.088^{ns}	0.219**							
จำนวนรวงต่อต้น	-0.207**	-0.053^{ns}	0.850**	0.332**	0.190**						
ความยาวรวง	0.342**	0.209**	-0.163**	0.142*	0.253**	-0.079^{ns}					
น้ำหนักรวง	0.634**	0.310**	-0.385**	0.296**	0.221**	-0.226**	0.417**				
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	0.524**	0.296**	-0.329**	0.252**	0.146*	-0.194**	0.368**	0.938**			
อัตราการติดเมล็ด	0.108^{ns}	0.016^{ns}	-0.131*	0.361**	-0.180**	0.094^{ns}	0.051^{ns}	0.384**	0.437**		
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	0.247**	0.026^{ns}	-0.182**	0.319**	0.092^{ns}	0.021^{ns}	0.093^{ns}	0.216**	-0.066^{ns}	0.271**	
ผลผลิตต่อต้น	0.398**	0.158**	0.215**	0.488**	0.398**	0.459**	0.301**	0.661**	0.622**	0.408**	0.196**

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร โดยให้ผลผลิตเป็นตัวแปรคงที่ ($\hat{y}$) ส่วนองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรเป็นตัวแปรตาม เพื่อหาลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตของข้าวลูกชั่วที่ 7 ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ Qiqnizhan พบว่ามี 5 ลักษณะจากทั้งหมด 11 ลักษณะที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตได้แก่ น้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% อัตราการติดเมล็ด และความยาวใบธง โดยมีค่า regression coefficient 7.10, 1.84, 0.17, 0.09 และ -0.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) แสดงสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$\hat{y}$ = -42.01 + 7.10 (น้ำหนักรวง) + 1.84 (จำนวนรวงต่อต้น) + 0.17 (อายุวันออกดอก 50%) + 0.09 (อัตราการติดเมล็ด) - 0.08 (ความยาวใบธง)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ระหว่างผลผลิต น้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% อัตราการติดเมล็ด และความยาวใบธง มีค่า 0.843 ซึ่งหมายความว่าลักษณะที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับผลผลิตได้ 0.843 สอดคล้องกับการศึกษาของ Ghaffar and Ghorbanali (2012) ซึ่งรายงานว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของข้าวจำนวนรวงต่อต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิต โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ 0.564

ค่าจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกร่วมกับผลผลิตสูง เนื่องจากผลผลิตเป็นลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำกว่าลักษณะอื่นๆ ดังนั้น การคัดเลือกที่มุ่งเน้นเพียงการให้ผลผลิตเพียงอย่างเดียวอาจมีผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่ศึกษาทำให้สายพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ศึกษาดีแต่อาจให้ผลผลิตน้อยกว่าในสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในการคัดเลือกผลผลิตเพียงอย่างเดียวจึงส่งผลให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการสูญเสียสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดี หรือมีเสถียรภาพของพันธุ์มากกว่าเมื่อมีการทดสอบในสภาพแวดล้อมอื่น การคัดเลือกจึงควรกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกให้ผลผลิตสูงเป็น

เกณฑ์หลักร่วมกับน้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% อัตราการติดเมล็ด และความยาวใบธงในการคัดเลือกเพื่อทดสอบผลผลิตในชั่วถัดไป

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของลูกชั่วที่ 7

ลักษณะ	Regression coefficient	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2)	
		Individual	Total
ค่าคงที่	-42.01**	-	
น้ำหนักรวง	7.10**	0.435	
จำนวนรวงต่อต้น	1.84**	0.209	0.843
อายุวันออกดอก 50%	0.17**	0.159	
อัตราการติดเมล็ด	0.09**	0.162	
ความยาวใบธง	-0.08*	0.025	

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การผสมข้ามระหว่างขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ Qiqnizhan พบว่าลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ โดยลักษณะไวต่อช่วงแสงข่มต่อลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ส่วนผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่ศึกษาควบคุมด้วยยีนหลายคู่

2. การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวในลูกชั่วที่ 7 จากวิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้นมีสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ สายพันธุ์ 76-1-1-1-1-1, 181-1-1-1-1-1 และ 103-4-1-1-1-1 มีผลผลิตจำนวน 70.64, 61.38 และ 57.69 กรัมต่อต้นตามลำดับ โดยสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด (สายพันธุ์ 76-1-1-1-1-1) มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ผลผลิตดีที่สุดคือพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คิดเป็น 64%

3. การประเมินการเกิด transgressive segregation ในผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรมี 3 ลักษณะที่มีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation มาก ได้แก่ ความสูงต้น อายุวันออกดอก 50% และจำนวนรวงต่อต้น โดยมีจำนวนสายพันธุ์ที่เกิด transgressive segregation 171, 110 และ 65 สายพันธุ์ ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร โดยการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรมีแนวโน้มที่ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น น้ำหนักรวง (r = 0.661**) และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (r = 0.622**) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงในทางบวกกับผลผลิต และความสามารถในการให้รวงต่อต้นยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับองค์ประกอบผลผลิตทุกลักษณะ ส่วนน้ำหนักรวงและอัตราการติดเมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

5. การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธี stepwise regression ในผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% อัตราการติดเมล็ด และความยาวใบธงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกได้

6. วิธีการคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้นสามารถใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ลักษณะเชิงปริมาณ เช่น ผลผลิต เนื่องจากสามารถคัดสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูง นอกจากนี้ วิธีนี้ยังมีความหลากหลายของสายพันธุ์ให้คัดเลือก (ภาพภาคผนวกที่ 2 - 6) และมีสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation จำนวนมาก

ข้อเสนอแนะ

1. พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงขึ้นอยู่กับคู่ผสมที่ใช้ จึงจำเป็นต้องทดสอบในประชากรลูกชั่วที่ 2 จึงสามารถบอกได้ว่าควบคุมด้วยยีนจำนวนกี่คู่ หรือลักษณะใดเป็นยีนเด่นหรือยีนด้อย โดยส่วนใหญ่แล้วลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงมักจะควบคุมด้วยยีนเพียง 1-2 คู่ และลักษณะไวต่อช่วงแสงข่มต่อลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง และในการปรับปรังพันธุ์ข้าวที่มีการผสมระหว่างข้าวที่มีลักษณะไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงการคัดเลือกลูกควรมีการกำหนดช่วงเวลาคัดเลือกให้เหมาะสมตามช่วงแสงวิกฤตของแต่ละพันธุ์

2. การคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อทดสอบผลผลิตในชั่วถัดไปควรพิจารณาผลผลิตร่วมกับลักษณะอื่นๆ เช่น น้ำหนักรวง จำนวนรวงต่อต้น อายุวันออกดอก 50% เป็นต้น และบางสายพันธุ์ที่มีลักษณะไม่ดีเช่น ความสูงมากเกินไป ถึงแม้ให้ผลผลิตสูง แต่ลักษณะดังกล่าวเป็นข้อจำกัดจึงอาจทำให้ไม่สามารถพัฒนาเป็นพันธุ์ได้ นอกจากนี้ การคัดเลือกโดยใช้ทรงต้นข้าวแบบใหม่เป็นเกณฑ์เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการคัดเลือก เนื่องจากการปลูกข้าวในปัจจุบันมีข้อจำกัดเรื่องแรงงานจึงนิยมแบบนาหว่านมากกว่านาดำ ซึ่งลักษณะพันธุ์ข้าวการค้าที่นำมาทดสอบบางสายพันธุ์มีจำนวนกอมากกว่าทรงต้นข้าวแบบใหม่ (พันธุ์ Qiqnizhan) และพันธุ์ข้าวการค้าที่นำมาทดสอบทุกสายพันธุ์มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำกว่าทรงต้นข้าวแบบใหม่ โดยมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงผันแปรระหว่าง 133-144 เมล็ด ในขณะที่พันธุ์ Qiqnizhan มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง 242 เมล็ด การคัดเลือกโดยเน้นจำนวนกอปานกลาง แต่มีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่อรวง (จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและอัตราการติดเมล็ดสูง) จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ควรใช้ประกอบการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อทดสอบในชั่วต่อไป

3. การเกิดสายพันธุ์ที่มีลักษณะ transgressive segregation จำนวนมากในจำนวนรวงต่อต้นโดยที่ลักษณะของพ่อแม่ไม่แตกต่างกันมากเป็นไปได้ว่าในขณะที่ลักษณะที่แสดงออกมาไม่แตกต่างกัน แต่ความแตกต่างนี้เป็นผลจากความแตกต่างทางพันธุกรรม เช่นเดียวกับ Rieseberg *et al*. (1999) รายงานว่าความคล้ายคลึงกันของลักษณะที่แสดงออกมาในพ่อแม่อาจเกิดลักษณะ transgressive segregation ได้ ทั้งนี้ต้องตั้งอยู่บนเงื่อนไขของความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่

เพราะลักษณะ transgressive segregation เป็นผลจากความแตกต่างทางพันธุกรรมมากกว่าความแตกต่างของลักษณะที่แสดงแสดงออกมา ดังนั้น การทดสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาความถี่ของการเกิด transgressive segregation ในลักษณะจำนวนรวงต่อต้นของสายพันธุ์ที่ทดสอบ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **ข้าวพันธุ์ดี**. กลุ่มข้าว กองส่งเสริมพืชไร่นา และกองเกษตรสัมพันธ์, กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอุทกศาสตร์. 2554. **เวลาดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ ขึ้น-ตก**. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2527. **ปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2551. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534. **ความรู้เรื่องข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2540. **ขาวดอกมะลิ 105 การผลิตกับความหอม**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประภา ศรีพิจิตต์, ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ และ อภิชาต วรรณวิจิตร. 2537. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอม (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรของลูกผสมชั่วที่ 1. **ว. วิทย์ กษ.** 28 (4): 499-511.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง.** ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาสนา วรมิศร์. 2538. **การปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมของไทย**. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศิลปชัย ก่อเจริญ. 2544. **การปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงโดยวิธีการผสมกลับ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 2531. **คู่มือการเก็บข้อมูลข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2552. **การปรับปรุงพันธุ์พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Allard, R.W. 1966. **Principle of plant breeding**. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.

Amirifahliani, R., M. Khodambashi, S. Houshmand, A. Arzani and K. Sorkheh. 2011. Heritability for some agronomic characters of rice (*Oryza sativa* L.) and their linked microsatellites identification. **Turk J. Agric**. 35: 481-490.

Boerma, H.R. and R.L. Cooper. 1975. Comparison of three selection procedures for yield in soybeans. **Crop Sci.** 15: 225-229.

Briggs, F.N. and P.F. Knowles. 1967. **Introduction to plant breeding**. Reinhold publishing corporation, America.

Chahota, R. K., N. Kishore., K. C. Dhiman., T. R. Sharma. and S. K. Sharma. 2007. Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micromacrosperma genepool of lentil (Lens culinaris Medikus). **Euphytica** 156: 305-310.

Chandraratna, M.F. 1964. **Genetics and breeding of rice**. Longmans, Green and co. Ltd, London.

Dingkuhn, M., F.W. T. Penning de Vries, S.K. De Datta and H.H. van Laar. 1991. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice, pp. 17-38. *In* **Direct Seeded Flooded Rice in the Tropics**. 27-31 August 1990, International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Fahim, M., M.P. Dhanapala, D. Senadhira and M.J. Lawrence. 1998. Quantitative genetics of rice II. A comparison of the efficiency of four breeding methods. **Field Crops Research** 55: 257-266.

Federer, W.T. 1956. Augmented (or hoonuiaku) design. **The Hawaiian planters 'Rec**. 55: 191-208.

_____. 1961. Augmented designs with one-way elimination of heterogeneity. **Biometric** 17: 447-473.

_____ and D. Raghavarao. 1975. On augmented designs. **Biometrics** 31: 29-35.

Fischer, K. S., S. Fukai, A. Kumar, H. Leung and B. Jongdee. 2012. Field phenotyping strategies and breeding for adaptation of rice to drought. **Frontiers in physiology** 3: 1-21.

Ghaffar, K. and N. Ghorbanali. 2012. Correlation and path coefficient studies in F_2 populations of rice. **Not Sci Biol** 4: 124-127.

Hillman, W.S. 1962. **The physiology of flowering**. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Jaw, A., M.N. Ndjionndjop, R. Akromah and Y. Séré. 2012. Identification of near-isogenic lines resistance to rice yellow mottle virus. **African Crop Science Journal** 20: 163-168.

Jeon, J., K. Jung, H. Kim, J. Suh and S. Khush. 2011. Genetic and molecular insights into the enhancement of rice yield potential. **J. Plan Biol**. 54: 1-9.

Kjaer, B., V. Haahr and Jensen J. 1991. Associations between 23 quantitative traits and 10 genetic markers in barley cross. **Plant Breeding** 106: 261-274.

Knott, D.R. 1972. Effects of selection for F_2 plant yield on subsequent generations in wheat. **Can. J. Plant Sci.** 52: 721-726.

Kuczynska, A., M. Surma and T. Adamski. 2007. Methods to predict transgressive segregation in barley and other self-pollinated crops. **J Appl Genet**. 48: 321-328.

Maruyama, K. 1987. Using rapid generation advance with single seed descent in rice breeding, pp. 253-259. *In* **Progress in Irrigated Rice Research**. 21-25 September 1987, International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Moon, H.P., K.H. Kang, I.S. Choi, O.Y. Jeong, H.C. Hong, S.H. Choi and H.C. Choi. 2003. Comparing agronomic performance of breeding populations derived from another culture and single-seed descent in rice, pp. 3-5. *In* G.S. Khush, D.S. Brar and B. Hardy, eds. **Advances in Rice Genetics**. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Nass, H.G. 1980. Harvest index as a selection criterion for grain yield in two spring wheat crosses grown at two population densities. **Can. J. Plant Sci.** 60: 1141-1146.

Ntare,B.R., M.E. Aken'ova, R.J. Redden and B.B. Singh. 1984. The effectiveness of early generation (F_3) yield testing and the single seed descent procedures in two cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) crosses. **Euphytica** 33: 539-547.

Paterson, A. H., S. Damon, J.D. Hewitt, D. Zamir, H.D. Rabinowitch, S.E. Lincoln, E.S. Lander and S.D. Tanksley. 1991. Mendelian factors underlying quantitative traits in tomato: com-parison across species, generations and environments. **Genetics**. 127: 181-197.

Peng, S., G.S. Khush, P. Virk, Q. Tang and Y. Zou. 2008. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential. **Field Crops Research** 108: 32-38.

Petersen, R.G. 1985. Augmented designs for preliminary yield trials (Revised). **RACHIS** 4: 27-32.

Rieseberg, L.H., M.A. Archer and R.K. Wayne. 1999. Transgressive segregation, adaptation and speciation. **Heredity** 83: 363-372.

Rieseberg, L.H., A. Widmer, A.M. Arntz and J.M. Burke. 2003. The genetic architecture necessary for transgressive segregation is common in both natural and domesticated populations. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.** 358: 1141-1147.

Schlegel, R.H.J. 2003. **Encyclopedic Dictionary of Plant Breeding and Related Subjects.** The Haworth Reference Press, New York.

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(1): 13-22.

Singh, R.K., G.S. Khush, U.S. Singh, A.K. Singh and S. Singh. 2000. Breeding aromatic rice for high yield, improved aroma and grain quality, pp. 71-105. *In* R.K. Singh, U.S. Singh and G.S. Khush, eds. **Aromatic Rices**. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.

Tee, T.S. and C.O. Qualset. 1975. Bulk populations in wheat breeding: Comparison of single seed descent and random bulk methods. **Euphytica** 24: 393-405.

Varma, C.M.K., P.K. Gouda, S. Saikumar, V. Shenoy, H.E. Shashidhar and S. Neelamraju. 2012. Transgressive Segregation forYield Traits in *Oryza sativa* IR58025B X *Oryza meridionalis* Ng. Bc_2F_3 Population under Irrigated and Aerobic Conditions. **J. Crop Sci. Biotech**. 15(3): 231-238.

Vergara, B.S., B. Jackson and S.K. De Datta. 1976. Deep water rice and its response to deep water stress, pp. 301-319. *In* **Climate and Rice**. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

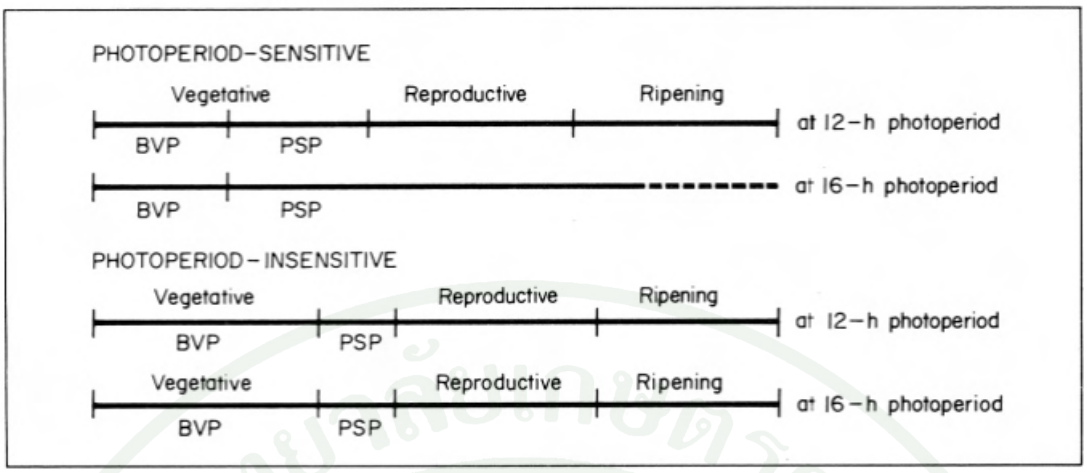
_____. and T.T. Chang. 1985. **The flowering response of the rice plant to photoperiod**. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Virk, P., G.S. Khush and S. Peng. 2004. Breeding to enhance yield potential of rice at IRRI: theideotype approach. **IRRN** 29: 5-9.

Wu, X. 2009. Prospects of developing hybrid rice with super high yield. **Agron**. **J**. 101(3): 688-695.

Yano, M., S. Kojima, Y. Takahashi, H. Lin and T. Sasaki. 2001. Genetic control of flowering time in rice, a short-day plant. **Plant Physiol**. 127: 1425-1429.

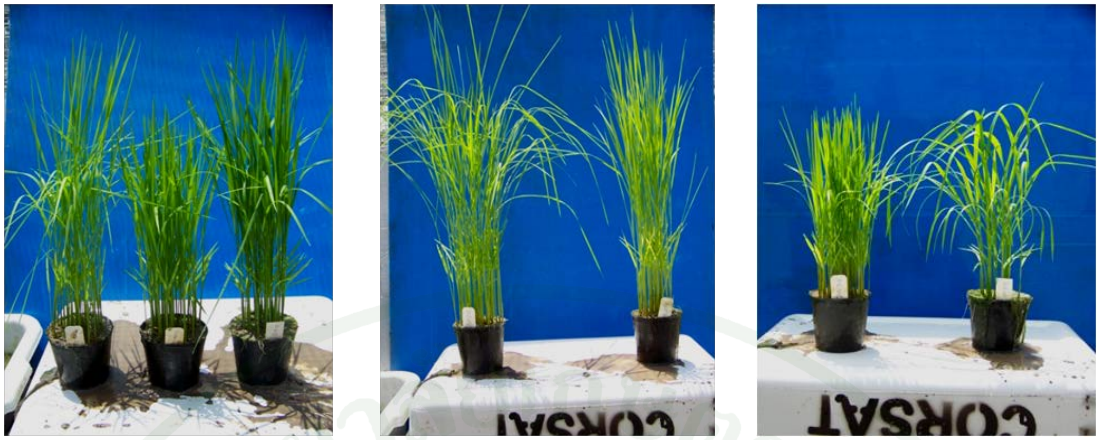
ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 แสดงการตอบสนองต่อช่วงแสงของข้าวไวต่อช่วงแสง และข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ตารางผนวกที่ 1 แสดงประชากรขั้นต่ำสำหรับการคัดเลือกที่ระดับความน่าจะเป็น 99% ที่จะมีอย่างน้อย 1 ยีนข่ม

ค่าการรวมตัวยีน	ยีน 2 คู่			ยีน 4 คู่			ยีน 8 คู่		
	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
F_2	66	203	1,842	1,179	9,107	$10^{5.9}$	$10^{5.5}$	$10^{7.3}$	$10^{10.1}$
F_3	31	52	220	230	620	10,710	11,806	$10^{5.9}$	$10^{7.4}$
F_4	22	33	93	124	269	1,944	3,437	15,348	$10^{5.9}$
F_5	19	27	71	94	182	1,146	1,975	7,366	$10^{5.5}$
F_6	18	25	62	82	153	881	1,520	5,233	$10^{5.2}$
F_7	17	24	58	77	141	768	1,337	4,401	$10^{5.1}$



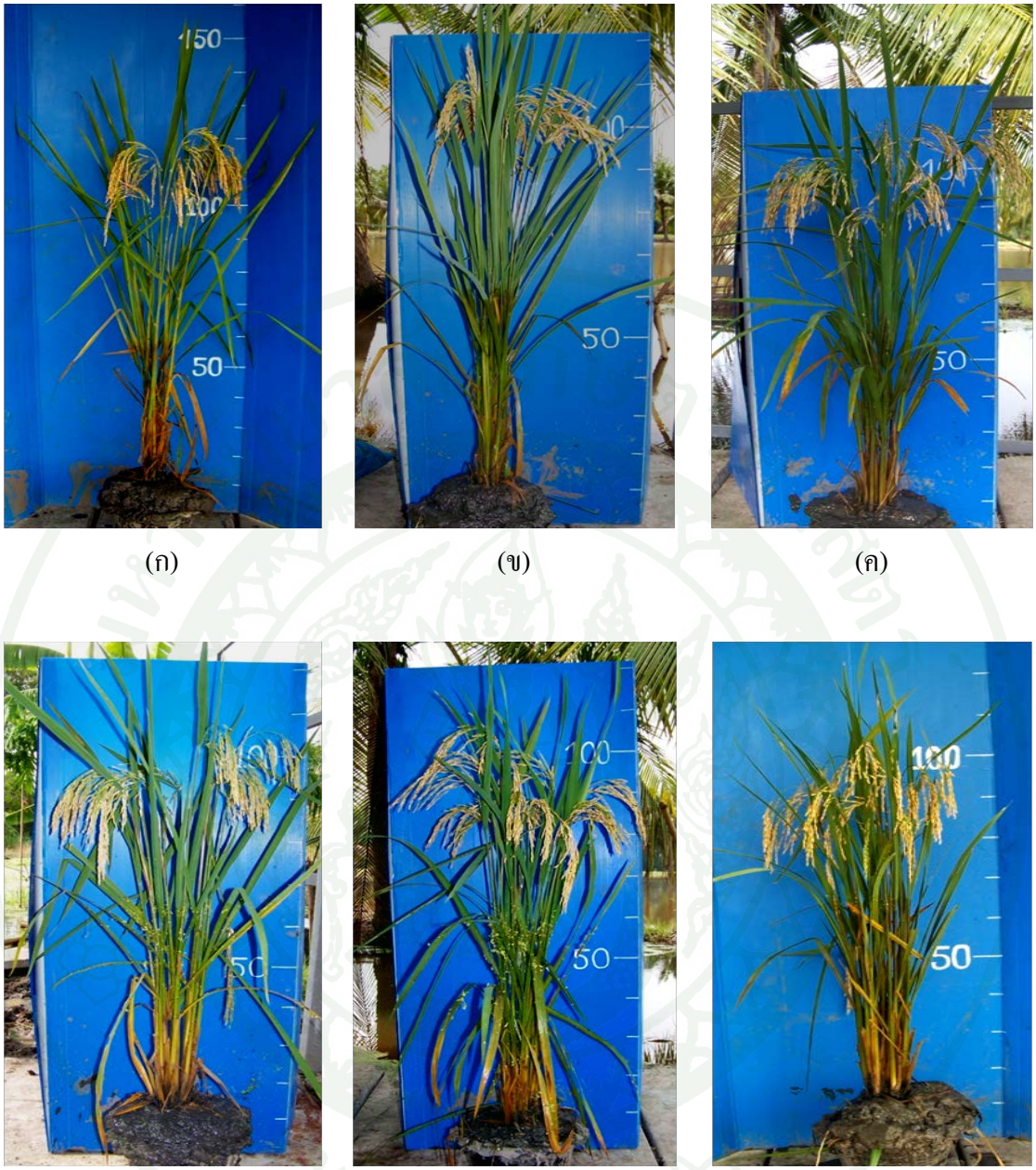
(ก) (ข) (ค)

ภาพผนวกที่ 2 ความหลากหลายทรงต้นของประชากรชั่วที่ 7 ในต้นกล้าอายุ 21 หลังปลูก จำนวน 7 สายพันธุ์ (ก) สายพันธุ์ 185-1-1-1-1-1, 32-4-1-1-1-1 และ 193-4-1-1-1-1 (ข) สายพันธุ์ 131-3-1-1-1-1 และ 96-2-1-1-1-1 (ค) สายพันธุ์ 192-3-1-1-1-1 และ 20-3-1-1-1-1

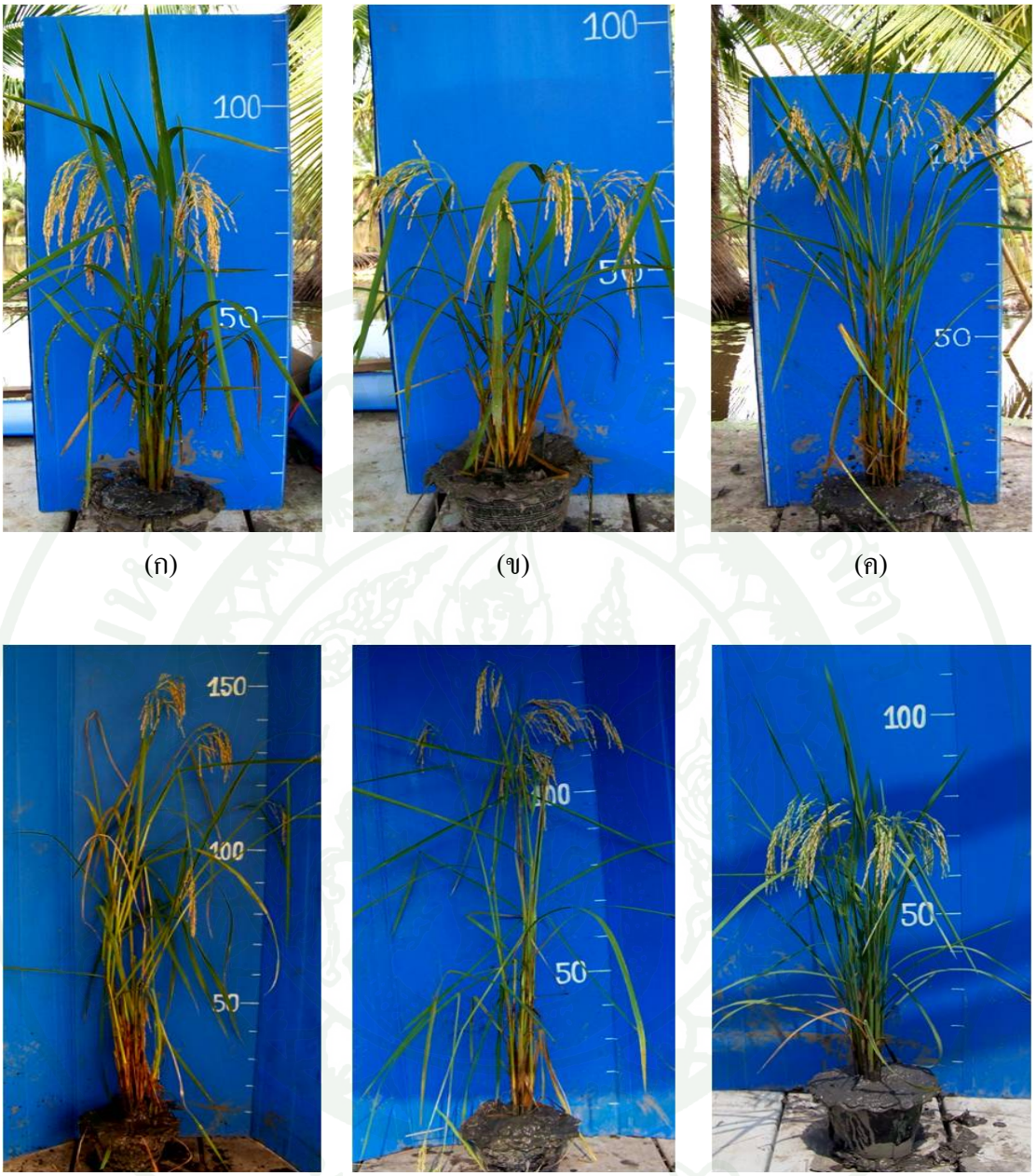
(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพผนวกที่ 3 ทรงต้นของข้าวบางสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง 20 อันดับแรก และพันธุ์ Qiqnizhan ซึ่งเป็นทรงต้นแบบใหม่ (ก) พันธุ์ Qiqnizhan ผลผลิต 38.75 กรัมต่อต้น (ข) สายพันธุ์ 76-1-1-1-1-1 ผลผลิต 70.64 กรัมต่อต้น (ค) สายพันธุ์ 90-3-1-1-1-1 ผลผลิต 51.42 กรัมต่อต้น (ง) สายพันธุ์ 181-3-1-1-1-1 ผลผลิต 46.15 กรัมต่อต้น (จ) สายพันธุ์ 34-3-1-1-1-1 ผลผลิต 45.58 กรัมต่อต้น (ฉ) สายพันธุ์ 109-1-1-1-1-1 ผลผลิต 44.40 กรัมต่อต้น



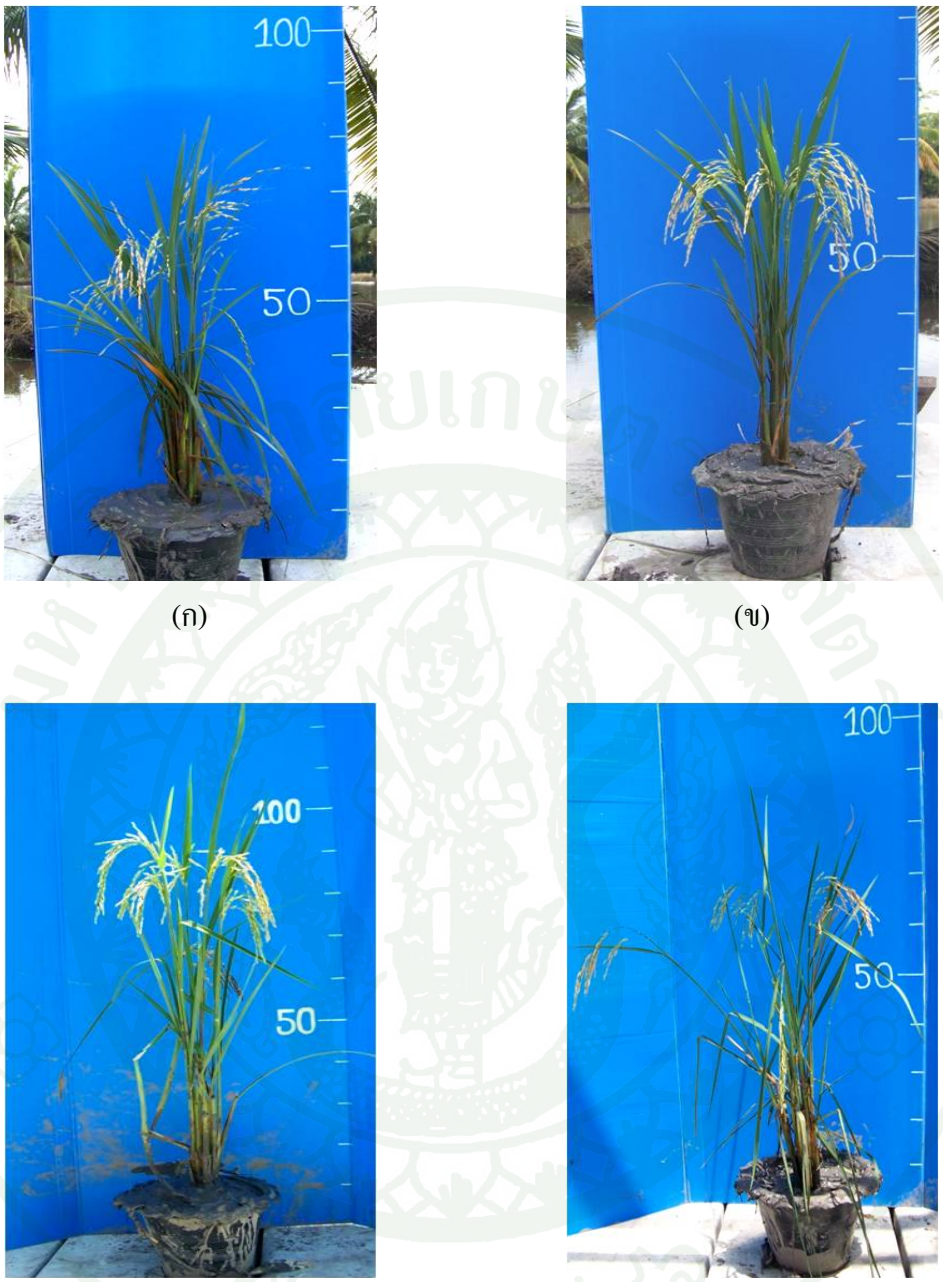
ภาพผนวกที่ 4 ทรงต้นของพันธุ์ Qiqnizhan ซึ่งเป็นทรงต้นแบบใหม่ และสายพันธุ์ทดสอบที่มีทรงต้นใกล้เคียงทรงต้นแบบใหม่ (ก) พันธุ์ Qiqnizhan ผลผลิต 38.75 กรัมต่อต้น (ข) สายพันธุ์ 45-3-1-1-1-1 ผลผลิต 38.60 กรัมต่อต้น (ค) สายพันธุ์ 65-1-1-1-1-1 ผลผลิต 34.91 กรัมต่อต้น (ง) สายพันธุ์ 66-6-1-1-1-1 ผลผลิต 25.69 กรัมต่อต้น (จ) สายพันธุ์ 3-3-1-1-1-1 ผลผลิต 33.43 กรัมต่อต้น (ฉ) สายพันธุ์ 187-1-1-1-1-1 ผลผลิต 38.60 กรัมต่อต้น



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพผนวกที่ 5 ความหลากหลายของทรงต้นข้าวในสายพันธุ์ที่ทดสอบ (ก) สายพันธุ์ 65-2-1-1-1-1 (ข) สายพันธุ์ 84-1-1-1-1-1 (ค) สายพันธุ์ 88-3-1-1-1-1 (ง) สายพันธุ์ 97-1-1-1-1-1 (จ) สายพันธุ์ 198-1-1-1-1-1 (ฉ) สายพันธุ์ 77-5-1-1-1-1



ภาพผนวกที่ 6 ทรงต้นของข้าวบางสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 10 กรัมต่อต้น (ก) สายพันธุ์ 122-2-1-1-1-1 ผลผลิต 1.58 กรัมต่อต้น (ข) สายพันธุ์ 208-3-1-1-1-1 ผลผลิต 8.64 กรัมต่อต้น (ค) สายพันธุ์ 173-7-1-1-1-1 ผลผลิต 7.66 กรัมต่อต้น (ง) สายพันธุ์ 167-2-1-1-1-1 ผลผลิต 6.84 กรัมต่อต้น

ตารางผนวกที่ 2 ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวทั้งหมด 271 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
1-1-1-1-1-1	113.40	102.20	8.66	96.01	29.01	25.74	5.25	245.90	83.00	0.46	8.82	195.50	23.65	27.84
3-1-1-1-1-1	82.27	87.21	21.16	87.62	35.56	22.54	1.85	84.62	84.03	0.42	18.82	65.71	24.65	21.61
3-3-1-1-1-1	97.16	91.64	12.16	100.00	33.09	20.07	4.83	205.20	92.03	0.46	12.25	189.10	24.00	33.43
5-1-1-1-1-1	110.30	88.21	9.16	100.00	43.56	27.54	4.93	272.90	88.90	0.45	9.82	233.00	19.42	35.10
5-4-1-1-1-1	101.30	86.21	9.66	100.00	41.31	30.04	5.16	254.40	92.28	0.52	10.32	227.00	20.78	34.75
5-5-1-1-1-1	83.77	83.21	13.16	98.26	35.56	24.04	3.02	128.90	92.10	0.52	13.32	113.70	24.20	26.79
7-1-1-1-1-1	102.80	72.21	15.16	100.00	45.06	25.04	2.66	123.90	80.87	0.44	15.82	97.21	24.93	25.09
7-2-1-1-1-1	101.80	91.21	18.16	76.54	38.06	25.04	4.19	197.60	90.78	0.49	14.32	172.00	22.28	38.17
7-4-1-1-1-1	104.80	85.21	17.66	100.00	45.06	27.04	3.98	194.40	83.50	0.39	18.32	154.20	23.13	34.65
8-3-1-1-1-1	161.30	93.21	9.66	96.70	42.56	26.04	6.15	285.10	94.53	0.46	9.82	260.00	22.07	42.40
10-3-1-1-1-1	117.50	104.20	12.66	98.09	30.31	27.69	3.34	136.40	93.19	0.48	12.82	121.00	25.17	33.18
11-3-1-1-1-1	80.31	84.64	6.66	50.64	33.99	22.47	2.12	103.50	77.99	0.30	2.75	83.88	21.96	2.00
12-2-1-1-1-1	127.40	108.20	14.66	98.69	37.01	31.84	3.12	127.40	84.14	0.49	14.82	101.00	26.68	37.40

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
12-3-1-1-1-1	136.80	89.21	9.66	100.00	47.56	30.54	5.34	264.90	85.96	0.51	10.32	219.20	22.20	40.76
12-4-1-1-1-1	112.20	98.21	12.66	100.00	42.61	26.49	5.51	241.60	90.78	0.56	13.32	211.00	23.79	48.85
13-3-1-1-1-1	93.17	100.20	13.16	100.00	53.71	26.44	3.79	165.10	89.21	0.54	13.82	141.00	24.19	33.71
13-5-1-1-1-1	81.27	84.21	10.16	100.00	35.56	24.04	2.33	102.10	92.42	0.51	10.82	89.71	23.56	18.65
14-1-1-1-1-1	96.27	95.21	15.66	98.93	43.06	24.04	3.84	164.40	90.67	0.50	15.82	142.70	24.39	39.13
14-3-1-1-1-1	81.27	73.21	14.16	91.15	31.56	22.04	2.66	111.40	88.26	0.42	13.32	92.96	25.56	18.89
14-4-1-1-1-1	152.30	102.20	10.16	100.00	33.21	25.39	5.63	214.10	96.23	0.48	10.82	198.70	26.15	44.05
15-1-1-1-1-1	117.90	103.20	12.16	93.56	24.91	23.99	3.35	156.60	83.05	0.43	11.82	123.50	23.95	29.81
15-2-1-1-1-1	116.40	103.20	12.66	100.00	36.51	26.79	5.78	247.10	89.15	0.54	13.32	211.50	24.95	51.82
15-3-1-1-1-1	99.27	87.21	12.16	100.00	38.56	27.04	3.37	181.40	81.45	0.46	12.82	140.20	21.22	28.73
16-1-1-1-1-1	108.60	102.20	17.66	99.32	22.46	21.99	2.89	132.60	85.91	0.48	17.82	108.00	23.65	41.11
16-3-1-1-1-1	93.22	101.20	14.16	94.85	27.61	21.34	3.49	152.60	89.42	0.49	13.82	130.50	24.25	35.39
16-4-1-1-1-1	94.77	83.21	15.66	92.26	28.56	21.54	2.28	116.90	83.29	0.49	14.82	91.21	21.79	25.44

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
19-4-1-1-1-1	106.40	101.20	15.66	85.59	35.81	25.54	4.06	201.90	80.41	0.47	13.82	154.50	23.17	39.98
19-5-1-1-1-1	98.47	102.20	15.66	92.26	31.16	22.39	2.66	125.40	75.33	0.40	14.82	85.96	26.12	28.69
20-6-1-1-1-1	97.37	104.20	15.66	75.59	43.71	24.94	3.65	177.10	85.26	0.45	12.32	143.70	23.13	30.07
21-2-1-1-1-1	83.16	84.64	13.66	57.30	30.59	21.57	3.13	151.00	87.99	0.44	7.25	134.60	21.08	12.92
21-3-1-1-1-1	105.20	84.64	13.66	70.64	48.09	28.57	5.14	258.00	88.17	0.31	9.25	226.40	21.06	16.06
21-4-1-1-1-1	101.20	98.64	12.16	48.78	44.29	25.32	3.00	165.80	60.98	0.22	5.25	105.40	23.99	7.83
21-5-1-1-1-1	97.72	101.20	15.66	95.59	32.81	22.24	3.22	187.90	79.70	0.50	15.32	142.20	19.85	29.52
22-2-1-1-1-1	106.10	102.20	15.16	100.00	44.56	26.14	5.19	262.40	88.54	0.53	15.82	223.20	20.47	42.98
22-3-1-1-1-1	107.80	92.21	11.66	84.08	41.56	29.54	4.60	241.90	90.98	0.48	10.32	211.50	19.79	33.46
22-4-1-1-1-1	99.77	92.21	13.66	100.00	40.56	27.54	4.07	210.10	89.40	0.51	14.32	180.20	20.64	37.13
25-3-1-1-1-1	180.40	87.64	9.16	100.00	32.99	28.32	6.83	260.80	86.14	0.31	9.25	223.60	26.57	32.90
25-5-1-1-1-1	168.00	105.60	8.16	100.00	39.34	28.12	4.37	175.20	79.46	0.28	8.25	140.40	27.93	21.05
28-2-1-1-1-1	113.50	106.20	9.16	100.00	32.61	25.94	4.95	226.60	83.89	0.51	9.82	179.70	24.24	35.03

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
28-4-1-1-1-1	118.60	107.20	11.66	100.00	41.16	33.19	4.49	227.60	69.05	0.52	12.32	146.70	24.09	36.40
30-4-1-1-1-1	148.20	103.20	13.16	94.26	27.41	23.69	3.24	154.90	85.86	0.44	12.82	126.50	21.90	32.35
32-1-1-1-1-1	88.27	103.20	13.16	90.26	35.21	23.69	2.59	116.10	92.42	0.45	12.32	102.70	22.61	24.51
32-4-1-1-1-1	91.77	87.21	15.66	78.93	44.06	25.04	3.24	172.90	88.38	0.39	12.82	146.00	20.15	25.55
34-2-1-1-1-1	103.80	97.21	13.66	86.87	31.06	23.04	3.85	190.10	92.85	0.43	12.32	170.00	20.87	29.15
34-3-1-1-1-1	110.80	96.21	10.16	100.00	55.56	25.54	5.87	253.90	92.86	0.59	10.82	227.20	23.67	45.58
34-4-1-1-1-1	106.20	105.20	16.66	92.88	31.56	25.24	3.03	143.10	83.53	0.53	15.82	113.20	23.41	32.69
40-3-1-1-1-1	86.27	87.21	16.16	92.58	36.06	23.04	2.90	109.90	89.02	0.46	15.32	93.21	21.83	25.41
41-2-1-1-1-1	113.40	102.20	14.66	91.54	35.31	28.09	3.91	157.10	79.83	0.50	13.82	118.50	27.36	40.90
42-4-1-1-1-1	142.10	100.20	7.66	95.12	45.91	33.94	5.46	214.60	89.85	0.42	7.82	185.20	26.42	27.93
43-3-1-1-1-1	82.66	84.64	17.66	74.32	30.59	21.57	2.79	125.80	87.52	0.48	12.75	112.90	23.15	21.14
44-1-1-1-1-1	113.30	106.20	10.16	100.00	40.06	31.09	4.43	259.10	81.50	0.51	10.82	199.20	18.90	33.23
45-3-1-1-1-1	100.30	101.20	17.16	96.20	44.06	24.04	3.95	192.10	79.21	0.42	16.82	143.70	24.07	38.60

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
46-8-1-1-1-1	114.30	102.20	14.16	100.00	26.26	23.09	3.31	139.10	86.90	0.52	14.82	115.00	26.10	38.65
47-3-1-1-1-1	112.80	91.21	13.16	100.00	37.06	26.54	3.92	171.10	87.69	0.50	13.82	144.70	24.23	37.44
47-5-1-1-1-1	138.80	96.21	11.66	97.71	49.06	28.04	4.97	195.60	91.64	0.48	11.82	172.20	26.26	36.54
48-2-1-1-1-1	81.66	82.64	16.16	86.35	28.59	19.57	3.40	190.80	94.90	0.44	13.75	181.60	17.86	20.22
48-4-1-1-1-1	116.30	87.21	11.66	100.00	32.56	28.54	5.10	257.60	89.34	0.49	12.32	221.20	21.14	36.36
50-4-1-1-1-1	96.07	100.20	14.16	100.00	34.81	26.09	2.18	137.10	63.49	0.33	14.82	78.71	21.73	26.57
50-6-1-1-1-1	90.77	85.21	10.16	97.00	39.06	24.04	3.86	182.90	79.92	0.45	10.32	138.50	24.74	24.33
51-1-1-1-1-1	100.30	87.21	14.66	84.40	40.56	25.04	3.66	182.90	85.64	0.42	12.82	149.20	21.20	34.11
51-4-1-1-1-1	92.27	83.21	13.16	98.26	22.56	23.04	2.15	105.10	87.73	0.47	13.32	87.46	22.32	23.57
51-6-1-1-1-1	85.77	83.21	9.66	96.70	38.06	22.54	2.68	122.10	91.06	0.42	9.82	106.00	22.86	19.55
52-2-1-1-1-1	106.30	92.21	11.16	87.97	41.56	26.54	5.06	286.40	79.04	0.42	10.32	217.00	20.70	36.79
52-4-1-1-1-1	112.00	103.60	12.66	97.06	36.74	26.12	3.52	146.80	92.45	0.38	12.25	137.90	23.70	27.17
52-5-1-1-1-1	163.70	101.60	10.16	91.94	24.34	20.87	4.18	196.00	84.13	0.37	9.25	165.60	23.02	30.71

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
53-3-1-1-1-1	93.77	77.21	9.16	90.49	31.56	25.54	3.71	174.90	90.60	0.45	8.82	151.70	22.28	24.12
53-4-1-1-1-1	107.90	95.64	8.66	90.64	40.74	26.12	4.35	185.50	96.90	0.38	7.75	180.90	22.66	23.04
54-4-1-1-1-1	105.30	79.21	23.16	68.93	32.06	20.04	1.93	103.90	85.26	0.34	16.32	83.46	20.32	21.43
54-6-1-1-1-1	126.30	98.21	17.16	99.23	35.56	26.54	2.43	113.40	91.69	0.38	17.32	98.96	22.34	33.50
55-4-1-1-1-1	114.30	104.20	8.66	100.00	31.56	23.04	4.69	205.60	92.90	0.51	9.32	183.70	23.49	33.00
57-1-1-1-1-1	97.77	97.21	15.16	98.81	30.56	22.54	3.01	123.10	89.05	0.52	15.32	104.20	26.03	35.04
57-4-1-1-1-1	108.80	102.20	12.16	100.00	35.06	26.04	4.02	162.60	94.31	0.57	12.82	147.50	25.31	35.41
59-3-1-1-1-1	109.80	102.20	11.66	74.99	41.06	31.04	4.15	196.10	79.40	0.40	9.32	148.20	24.10	26.46
61-4-1-1-1-1	98.77	101.20	10.66	100.00	33.56	23.54	3.77	159.40	94.22	0.59	11.32	144.00	24.21	29.85
61-5-1-1-1-1	116.80	94.21	10.66	100.00	33.06	27.04	4.36	198.40	92.84	0.52	11.32	177.20	22.24	33.52
62-1-1-1-1-1	113.30	103.20	13.66	100.00	34.06	26.54	3.57	168.40	84.62	0.54	14.32	135.50	23.17	36.52
62-5-1-1-1-1	106.30	96.21	15.66	95.59	36.56	24.54	3.59	160.90	86.38	0.50	15.32	135.70	23.77	38.94
63-2-1-1-1-1	112.30	96.21	16.66	92.88	37.56	25.54	2.92	147.90	77.33	0.49	15.82	107.70	24.41	34.12

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
63-3-1-1-1-1	106.30	102.20	13.66	98.41	53.56	26.54	4.29	200.60	91.87	0.54	13.82	177.50	22.16	42.79
63-4-1-1-1-1	129.30	114.80	15.16	89.80	42.69	27.09	4.26	216.10	73.09	0.38	13.54	163.30	21.81	35.42
63-5-1-1-1-1	132.10	108.80	10.66	100.00	36.89	25.74	4.14	202.10	88.12	0.44	10.54	181.30	19.97	34.87
63-7-1-1-1-1	126.00	114.80	14.16	100.00	45.24	25.99	3.28	189.30	59.05	0.41	14.04	116.80	21.19	33.99
64-4-1-1-1-1	104.40	98.64	11.16	92.64	32.44	23.87	3.81	167.50	87.49	0.48	10.25	147.40	23.97	23.99
64-6-1-1-1-1	113.20	108.80	10.16	89.61	38.99	25.14	2.69	163.80	59.48	0.33	9.04	103.30	20.30	14.48
64-7-1-1-1-1	137.30	102.80	11.66	100.00	38.44	28.74	4.72	225.60	77.35	0.46	11.54	178.30	23.40	34.64
65-1-1-1-1-1	114.50	94.79	13.66	100.00	40.44	28.34	4.24	231.80	75.58	0.38	13.54	180.60	20.16	34.91
65-2-1-1-1-1	89.00	85.79	10.66	100.00	42.94	24.84	3.95	197.30	92.08	0.47	10.54	183.60	19.35	25.66
65-6-1-1-1-1	100.80	101.60	16.66	83.97	43.24	27.97	5.05	257.20	62.26	0.39	13.75	159.40	27.43	39.37
66-1-1-1-1-1	90.85	97.79	8.66	93.89	34.39	25.59	3.78	198.30	83.14	0.44	8.04	167.80	19.93	20.47
66-2-1-1-1-1	165.00	91.79	9.66	89.03	52.94	28.34	6.82	313.80	85.76	0.39	8.54	272.10	21.90	36.65
66-3-1-1-1-1	104.90	103.80	26.66	84.76	35.79	27.49	3.49	161.80	81.49	0.51	22.54	135.10	23.23	47.13

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
66-5-1-1-1-1	99.50	84.79	10.66	95.14	34.44	23.84	4.58	261.10	74.62	0.40	10.04	199.60	19.54	23.64
66-6-1-1-1-1	107.20	100.60	8.66	100.00	35.09	27.57	4.64	260.20	67.63	0.41	8.75	176.90	21.79	25.69
67-2-1-1-1-1	74.66	79.64	10.16	78.90	35.59	23.07	2.75	107.50	85.39	0.40	7.75	94.88	26.87	11.15
68-1-1-1-1-1	114.10	102.80	13.16	96.14	32.64	25.34	4.95	245.30	89.51	0.53	12.54	222.30	19.93	45.00
69-2-1-1-1-1	170.00	90.79	12.16	95.79	46.94	31.84	7.11	284.80	87.14	0.42	11.54	251.30	25.25	51.60
70-4-1-1-1-1	152.50	89.79	9.16	94.26	34.44	28.34	5.35	260.10	86.94	0.44	8.54	228.80	20.69	30.62
71-3-1-1-1-1	108.70	100.60	11.66	92.94	48.64	23.22	4.97	232.50	80.81	0.47	10.75	187.10	24.95	31.03
73-2-1-1-1-1	102.00	93.79	15.16	93.24	41.44	24.34	3.41	181.80	79.09	0.47	14.04	149.10	20.07	32.18
75-4-1-1-1-1	100.60	102.80	14.16	96.44	33.94	26.74	3.44	181.10	73.04	0.38	13.54	135.80	21.16	25.60
76-1-1-1-1-1	113.10	114.80	19.66	100.00	39.04	28.94	5.34	285.60	80.44	0.42	19.54	235.80	19.57	70.64
76-2-1-1-1-1	95.10	100.80	15.16	89.80	35.34	20.14	3.64	159.80	87.21	0.42	13.54	142.10	23.22	25.23
76-3-1-1-1-1	110.60	100.80	12.66	91.81	39.94	26.99	4.78	263.10	78.40	0.39	11.54	211.10	19.82	35.24
76-4-1-1-1-1	102.40	101.80	17.66	97.20	33.64	27.29	4.44	198.10	86.80	0.48	17.04	174.80	23.06	43.44

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
76-5-1-1-1-1	96.90	103.80	17.16	78.93	33.94	23.99	3.65	190.30	77.94	0.45	13.54	151.80	21.04	31.26
77-2-1-1-1-1	103.00	85.79	15.66	83.47	46.44	21.84	4.28	194.30	85.07	0.46	13.04	167.60	22.35	32.66
77-3-1-1-1-1	103.30	97.79	13.66	96.29	37.54	26.24	4.49	184.10	91.03	0.52	13.04	169.80	24.04	41.96
77-5-1-1-1-1	90.66	79.64	12.66	93.49	38.59	24.57	3.73	179.00	86.20	0.43	11.75	156.10	22.15	19.79
77-6-1-1-1-1	93.20	104.80	18.16	94.43	43.49	22.74	2.69	128.30	86.00	0.41	17.04	113.60	21.30	28.93
78-2-1-1-1-1	114.40	104.80	17.16	88.02	36.19	26.64	4.21	239.80	85.78	0.39	15.04	208.30	17.68	41.55
78-4-1-1-1-1	99.10	96.79	11.66	95.60	44.44	22.84	4.64	221.10	84.12	0.47	11.04	190.10	21.77	35.05
78-5-1-1-1-1	153.70	91.64	12.16	89.52	45.09	28.07	4.53	207.20	88.53	0.36	10.75	184.10	22.75	31.01
81-3-1-1-1-1	94.50	96.79	15.66	93.47	34.69	26.04	4.26	190.30	89.98	0.49	14.54	174.10	22.39	39.75
82-1-1-1-1-1	91.66	102.60	21.66	81.07	89.84	25.57	2.78	149.20	76.81	0.34	17.25	116.10	21.31	18.73
82-3-1-1-1-1	133.70	96.64	17.66	87.48	41.29	25.62	3.91	169.80	85.24	0.39	15.25	146.40	24.55	33.50
82-4-1-1-1-1	86.50	102.80	17.16	84.99	41.19	23.69	2.70	150.10	76.01	0.39	14.54	120.30	19.52	25.04
82-5-1-1-1-1	128.30	88.79	11.66	95.60	38.74	25.04	3.73	167.80	79.66	0.38	11.04	137.60	24.45	28.07

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
84-1-1-1-1-1	89.00	85.79	12.16	74.05	38.44	24.84	4.06	183.30	87.68	0.48	9.04	163.10	22.78	23.23
84-3-1-1-1-1	130.00	84.79	23.66	71.88	39.94	21.84	3.21	164.30	85.03	0.43	17.04	142.30	20.15	33.44
84-6-1-1-1-1	87.16	84.64	9.66	91.54	31.09	25.57	3.88	192.50	88.32	0.49	8.75	170.90	21.08	16.94
85-1-1-1-1-1	88.00	91.79	21.16	92.82	40.94	25.34	3.61	186.60	75.87	0.50	19.54	144.10	22.17	41.51
86-1-1-1-1-1	98.00	108.80	16.66	100.00	47.94	27.84	4.42	220.30	82.86	0.50	16.54	186.30	21.13	43.05
86-2-1-1-1-1	114.00	85.79	13.66	96.29	34.44	27.24	4.28	209.80	77.57	0.51	13.04	164.10	22.38	34.77
86-3-1-1-1-1	107.00	95.79	13.16	88.14	37.94	26.34	5.34	276.10	84.84	0.51	11.54	237.60	19.83	40.41
87-1-1-1-1-1	97.00	86.79	15.66	90.14	39.94	25.34	3.63	170.10	86.59	0.47	14.04	150.60	21.48	28.88
87-3-1-1-1-1	96.00	105.80	18.16	68.71	35.04	20.84	3.69	175.30	82.58	0.41	12.54	147.80	22.41	26.48
87-5-1-1-1-1	85.50	93.79	22.66	91.05	33.94	20.34	2.51	153.60	71.64	0.38	20.54	114.30	18.55	28.17
88-1-1-1-1-1	119.40	105.80	16.66	100.00	31.79	25.39	4.49	210.80	79.91	0.46	16.54	172.10	22.44	44.64
88-2-1-1-1-1	118.60	108.80	16.66	100.00	33.39	26.84	4.23	178.80	84.22	0.43	16.54	153.60	24.33	41.46
88-3-1-1-1-1	105.00	88.79	13.16	96.14	37.94	24.34	4.20	194.60	82.40	0.52	12.54	163.30	23.07	33.96

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
88-4-1-1-1-1	110.00	99.79	18.16	97.28	25.64	26.09	3.73	174.10	86.46	0.49	17.54	152.60	21.88	36.68
89-1-1-1-1-1	90.00	83.79	19.66	76.46	40.44	22.34	3.27	168.10	86.53	0.45	15.04	148.10	20.02	29.92
89-2-1-1-1-1	142.80	103.80	14.66	96.57	38.89	28.59	4.12	197.60	70.03	0.37	14.04	142.80	24.75	30.45
90-3-1-1-1-1	101.00	85.79	17.16	94.08	41.44	24.84	5.14	228.80	87.91	0.49	16.04	204.30	22.48	51.42
92-1-1-1-1-1	84.00	81.79	22.16	97.82	28.94	18.34	2.88	140.30	83.71	0.50	21.54	120.30	21.92	32.74
92-4-1-1-1-1	108.10	100.80	13.66	92.45	21.34	24.04	2.99	146.80	70.56	0.37	12.54	108.60	23.94	22.77
92-6-1-1-1-1	118.10	104.80	16.66	97.02	34.59	26.09	4.12	172.80	84.54	0.50	16.04	149.10	25.39	43.66
94-1-1-1-1-1	97.85	105.80	17.66	76.61	43.89	28.34	3.47	177.60	76.48	0.39	13.54	138.80	21.23	28.00
96-5-1-1-1-1	115.50	92.79	15.16	79.45	36.79	36.34	3.81	188.60	76.85	0.47	12.04	149.60	25.08	27.47
97-1-1-1-1-1	151.50	95.79	11.66	81.96	48.94	26.34	5.30	277.10	84.98	0.42	9.54	237.30	19.54	32.68
97-4-1-1-1-1	145.00	93.79	13.66	88.60	51.44	25.84	5.59	287.60	83.19	0.43	12.04	242.10	20.07	46.62
97-5-1-1-1-1	150.00	93.79	12.66	87.64	52.44	28.34	5.27	256.60	92.66	0.46	11.04	240.30	19.40	40.95
101-2-1-1-1-1	123.90	100.80	13.66	88.60	31.94	27.09	5.72	273.60	87.75	0.51	12.04	243.30	21.01	47.30

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
102-3-1-1-1-1	122.80	110.80	16.66	87.64	39.59	28.69	4.16	270.80	59.05	0.40	14.54	167.80	19.64	35.54
102-4-1-1-1-1	122.80	103.80	14.16	96.44	31.04	30.99	5.46	216.80	87.13	0.49	13.54	192.30	26.02	49.21
102-5-1-1-1-1	89.00	96.79	19.16	92.03	28.94	23.34	2.65	152.10	78.42	0.43	17.54	123.60	18.77	27.77
102-6-1-1-1-1	116.80	110.80	12.16	78.40	31.09	28.24	4.74	241.80	70.69	0.45	9.54	176.60	22.30	34.13
103-4-1-1-1-1	190.10	102.80	10.66	100.00	33.49	33.84	7.46	323.10	82.60	0.44	10.54	270.30	24.59	57.69
105-1-1-1-1-1	98.50	96.79	13.66	69.37	36.19	23.44	3.88	201.80	82.01	0.40	9.54	168.60	20.03	23.04
105-2-1-1-1-1	103.00	98.79	13.66	88.60	39.44	21.34	3.80	220.10	82.82	0.41	12.04	185.80	18.08	31.29
105-3-1-1-1-1	104.50	99.79	12.16	95.79	36.44	25.84	5.28	278.30	81.77	0.53	11.54	230.30	20.03	38.16
105-4-1-1-1-1	92.50	88.79	11.66	95.60	38.44	23.34	3.39	226.80	69.10	0.33	11.04	163.30	17.48	18.94
107-3-1-1-1-1	162.50	103.80	15.66	96.81	31.19	25.84	4.40	185.10	90.31	0.37	15.04	169.10	23.48	42.59
107-5-1-1-1-1	94.00	89.79	15.66	96.81	37.44	23.84	3.18	157.30	89.13	0.53	15.04	141.80	20.11	29.43
109-1-1-1-1-1	113.00	101.80	12.16	100.00	36.44	26.84	6.20	350.60	81.84	0.53	12.04	290.60	18.47	44.40
109-2-1-1-1-1	101.00	103.80	11.66	81.96	33.94	31.84	4.60	264.10	73.35	0.37	9.54	202.10	19.05	17.49

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
109-3-1-1-1-1	118.00	75.79	7.16	84.76	41.44	27.84	4.07	207.80	81.67	0.40	6.04	173.10	20.58	17.80
111-4-1-1-1-1	109.00	102.80	11.16	95.38	40.94	25.34	4.24	239.10	78.83	0.44	10.54	193.10	18.49	27.00
112-1-1-1-1-1	94.50	100.80	15.66	96.81	36.94	20.84	2.70	150.80	76.04	0.50	15.04	118.10	19.49	25.37
112-2-1-1-1-1	96.00	108.80	10.66	90.14	36.69	27.09	2.10	162.60	36.23	0.21	9.54	71.35	20.18	11.75
114-1-1-1-1-1	109.00	100.80	9.16	100.00	37.24	24.84	4.31	215.60	83.90	0.49	9.04	183.60	20.24	25.33
116-3-1-1-1-1	89.50	99.79	16.16	100.00	28.44	20.34	3.68	179.10	89.02	0.47	16.04	162.10	20.30	27.47
120-5-1-1-1-1	108.70	110.40	13.02	93.12	33.86	26.20	4.57	236.80	80.85	0.42	11.89	197.60	20.77	25.92
121-4-1-1-1-1	145.60	90.36	7.52	96.96	56.91	28.55	4.28	216.00	72.85	0.34	6.89	162.10	22.99	19.60
122-1-1-1-1-1	94.07	92.36	9.02	96.96	39.41	23.55	3.43	186.80	73.56	0.43	8.39	140.60	22.11	20.10
122-2-1-1-1-1	68.57	78.36	13.52	78.45	29.91	20.55	0.67	57.05	56.80	0.17	10.39	28.56	19.29	1.58
125-3-1-1-1-1	99.92	115.40	9.02	80.30	37.96	23.00	2.68	178.30	60.32	0.24	6.89	109.30	18.58	8.92
127-2-1-1-1-1	108.80	103.40	16.52	78.78	33.71	25.50	5.16	237.80	80.96	0.42	12.89	195.10	24.33	36.90
127-4-1-1-1-1	102.40	102.40	19.02	91.70	31.31	21.65	3.38	174.30	81.09	0.49	17.39	143.80	21.77	36.37

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
128-2-1-1-1-1	102.10	89.36	12.02	63.63	31.91	20.55	3.08	157.80	76.09	0.32	7.39	121.60	23.33	11.12
129-2-1-1-1-1	128.40	101.40	8.02	90.71	38.01	25.80	6.27	259.30	81.14	0.44	6.89	216.10	26.27	32.88
129-4-1-1-1-1	96.07	84.36	12.02	84.46	35.91	19.55	2.60	147.30	75.25	0.37	9.89	111.60	20.93	13.35
131-2-1-1-1-1	159.60	102.40	9.52	81.18	44.96	27.10	5.23	226.50	75.69	0.31	7.39	176.30	26.05	22.53
131-3-1-1-1-1	119.60	105.40	11.52	96.96	28.51	23.55	3.66	169.50	67.09	0.36	10.89	116.10	26.49	23.86
131-4-1-1-1-1	111.50	100.40	11.02	87.87	38.61	23.90	4.07	192.80	76.45	0.49	9.39	150.30	24.72	27.52
132-1-1-1-1-1	96.57	81.36	12.52	92.96	37.91	23.05	3.57	183.80	71.50	0.38	11.39	133.60	23.41	25.83
132-2-1-1-1-1	110.40	103.40	13.02	96.96	36.11	23.40	3.87	180.80	80.08	0.41	12.39	147.30	24.38	33.52
132-3-1-1-1-1	101.10	90.36	19.02	91.70	31.91	26.55	4.24	232.80	74.32	0.40	17.39	178.60	21.07	38.45
136-1-1-1-1-1	71.57	84.36	12.52	96.96	33.41	21.05	2.04	85.30	83.36	0.41	11.89	69.06	27.53	13.80
138-2-1-1-1-1	109.40	97.36	9.52	86.44	33.51	28.60	4.40	206.00	71.70	0.42	7.89	152.10	25.53	23.24
138-4-1-1-1-1	85.66	95.64	20.66	9.73	24.09	20.07	0.71	72.75	7.84	0.01	0.75	8.38	7.93	0.00
141-1-1-1-1-1	88.42	97.36	17.52	82.68	32.41	22.85	2.60	149.80	77.45	0.39	14.39	117.10	20.26	18.02

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
141-3-1-1-1-1	92.47	105.40	18.02	74.74	30.11	22.85	2.59	150.80	76.61	0.29	13.39	116.30	20.02	15.45
146-1-1-1-1-1	130.60	90.36	10.02	91.96	38.41	23.55	4.40	216.80	82.46	0.44	8.89	182.30	22.35	20.10
148-1-1-1-1-1	85.07	86.36	15.52	93.74	30.41	21.05	2.59	135.00	81.29	0.50	14.39	110.80	21.67	19.26
148-2-1-1-1-1	103.40	103.40	17.52	91.25	32.46	21.35	3.38	161.00	83.96	0.42	15.89	137.10	22.80	31.24
148-3-1-1-1-1	79.07	101.40	16.52	87.87	40.41	23.30	2.78	138.00	84.76	0.48	14.39	117.80	22.05	23.97
148-5-1-1-1-1	100.70	101.40	13.52	85.85	37.86	21.80	3.92	214.80	84.73	0.44	11.39	186.60	19.47	27.76
149-4-1-1-1-1	95.72	102.40	13.02	93.12	34.26	20.95	2.47	125.50	72.17	0.34	11.89	89.56	24.16	19.23
151-1-1-1-1-1	108.60	107.40	13.02	89.27	31.51	23.05	2.92	146.50	74.22	0.33	11.39	109.80	23.36	21.05
151-5-1-1-1-1	147.70	95.64	9.16	76.83	51.84	28.07	6.16	261.00	78.83	0.41	6.75	202.90	27.42	32.89
152-3-1-1-1-1	136.10	97.36	15.02	96.96	40.91	24.05	3.53	183.50	73.49	0.46	14.39	137.80	22.89	32.40
152-5-1-1-1-1	139.60	95.36	16.02	90.71	47.91	25.05	3.64	194.50	70.85	0.34	14.39	141.10	22.49	26.84
153-1-1-1-1-1	168.60	97.36	12.02	92.80	44.91	26.55	5.85	261.50	79.18	0.35	10.89	214.30	24.56	41.88
153-3-1-1-1-1	112.10	102.40	9.52	96.96	27.06	23.55	4.66	203.50	82.60	0.49	8.89	171.30	24.93	26.75

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
153-4-1-1-1-1	163.60	95.36	10.52	96.96	27.91	28.55	5.23	214.30	86.55	0.45	9.89	190.30	25.55	36.30
161-3-1-1-1-1	134.70	83.64	12.16	89.52	48.09	25.57	4.75	208.80	88.01	0.44	10.75	184.10	24.06	32.04
163-1-1-1-1-1	106.10	96.64	15.16	91.54	27.94	24.32	2.83	171.80	57.16	0.30	13.75	97.88	23.04	16.49
163-3-1-1-1-1	114.60	100.40	13.02	77.73	44.06	24.35	2.25	147.50	62.24	0.25	9.89	93.81	19.70	11.80
164-2-1-1-1-1	80.72	88.36	18.52	78.05	44.41	20.45	0.98	129.80	21.14	0.07	14.39	24.56	20.56	0.58
164-3-1-1-1-1	129.30	103.40	10.52	82.68	44.41	24.30	2.82	181.00	47.94	0.23	8.39	86.31	24.60	11.34
164-5-1-1-1-1	125.90	96.64	8.16	95.37	36.24	30.72	6.36	287.20	90.72	0.53	7.75	255.60	23.43	38.38
167-2-1-1-1-1	80.66	70.64	16.16	54.92	28.59	20.57	2.17	101.00	87.61	0.32	8.25	92.63	21.64	6.84
167-3-1-1-1-1	136.10	90.36	11.52	92.62	45.41	25.05	3.98	175.30	82.22	0.48	10.39	146.60	24.67	25.75
167-4-1-1-1-1	100.80	102.40	15.52	93.74	33.41	23.30	3.74	205.30	73.16	0.53	14.39	154.60	21.42	32.65
168-3-1-1-1-1	162.60	101.40	14.02	82.68	46.31	26.30	6.13	291.80	81.36	0.34	11.39	245.60	22.53	37.48
170-1-1-1-1-1	89.57	89.36	18.52	78.05	39.91	29.05	3.51	193.00	81.53	0.50	14.39	161.10	20.15	22.28
171-3-1-1-1-1	116.10	104.40	12.52	88.96	39.81	22.70	4.11	216.80	80.88	0.48	10.89	180.30	20.86	28.61

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
172-1-1-1-1-1	100.80	100.40	16.52	93.93	39.46	22.30	3.82	228.80	71.61	0.45	15.39	170.30	21.25	34.08
173-4-1-1-1-1	116.10	93.36	14.02	96.96	49.91	26.05	4.55	247.00	83.02	0.49	13.39	211.60	20.03	36.15
173-7-1-1-1-1	86.66	74.64	10.66	63.14	38.09	24.57	2.91	189.50	73.61	0.30	6.25	136.90	17.82	7.66
174-2-1-1-1-1	92.16	88.64	16.16	89.21	32.09	22.57	2.83	141.80	77.53	0.38	14.25	111.60	22.68	21.27
176-4-1-1-1-1	115.10	103.40	15.52	84.06	43.16	23.80	6.76	300.80	84.42	0.47	12.89	262.30	23.52	53.75
176-5-1-1-1-1	90.16	84.64	8.66	100.00	33.59	25.57	5.05	240.20	89.81	0.56	8.75	215.10	22.07	28.26
177-4-1-1-1-1	83.52	93.36	11.02	83.33	36.41	22.40	3.16	146.80	85.28	0.46	8.89	126.10	23.44	18.91
181-1-1-1-1-1	106.10	114.40	30.02	86.96	49.21	25.05	4.81	235.30	76.96	0.37	26.39	186.60	22.52	61.38
181-2-1-1-1-1	108.40	102.40	13.52	93.26	23.41	24.55	3.34	160.30	85.60	0.38	12.39	139.10	22.32	20.19
181-3-1-1-1-1	80.66	87.64	30.66	81.89	33.09	22.07	2.97	128.80	86.96	0.45	24.75	114.90	24.45	46.15
185-1-1-1-1-1	141.70	93.64	11.16	92.64	32.09	25.57	5.93	278.80	85.57	0.44	10.25	237.10	23.23	40.56
185-2-1-1-1-1	147.60	94.36	11.52	88.27	46.11	25.65	4.92	264.00	85.88	0.45	9.89	233.60	19.58	32.36
185-5-1-1-1-1	101.00	95.36	14.02	96.96	41.51	24.85	4.37	247.50	81.87	0.50	13.39	208.80	19.54	29.98

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
187-1-1-1-1-1	94.66	91.64	17.66	95.37	34.09	25.07	3.93	176.80	90.05	0.45	16.75	159.90	22.91	38.60
187-5-1-1-1-1	167.20	99.64	12.66	93.49	34.09	29.82	5.57	260.20	88.44	0.43	11.75	227.40	22.47	44.33
188-2-1-1-1-1	113.90	100.40	15.52	77.61	38.46	30.90	3.76	235.50	62.23	0.39	11.89	148.80	20.13	30.06
192-2-1-1-1-1	115.70	106.40	15.52	96.96	30.61	24.80	3.34	144.80	83.25	0.45	14.89	122.10	25.06	33.41
192-3-1-1-1-1	99.02	106.40	16.52	93.93	29.31	22.25	3.93	189.50	78.26	0.49	15.39	151.10	23.42	40.71
193-4-1-1-1-1	111.00	99.36	17.52	91.25	29.66	25.50	4.38	211.00	86.19	0.54	15.89	186.30	22.12	48.92
193-6-1-1-1-1	87.57	83.36	14.02	75.54	31.91	22.55	2.34	111.30	85.24	0.32	10.39	93.81	23.43	10.35
196-1-1-1-1-1	106.60	86.36	15.02	56.96	27.41	24.05	3.92	220.00	82.42	0.43	8.39	185.80	19.77	23.70
196-2-1-1-1-1	146.40	94.36	9.52	91.70	34.26	25.90	5.38	261.30	83.85	0.49	8.39	226.60	21.60	34.02
196-4-1-1-1-1	89.07	73.36	9.02	63.63	38.91	18.55	3.22	195.30	70.23	0.35	5.39	142.10	20.33	5.90
197-1-1-1-1-1	95.82	103.40	13.52	93.26	44.51	24.90	4.77	210.50	79.82	0.49	12.39	172.60	24.90	44.04
197-2-1-1-1-1	103.20	105.40	16.02	90.71	37.71	23.95	2.77	134.80	84.08	0.43	14.39	113.60	22.29	24.60
198-1-1-1-1-1	137.10	94.36	13.52	96.96	48.41	26.55	4.62	209.00	83.42	0.45	12.89	178.80	23.73	41.56

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
199-3-1-1-1-1	137.10	101.40	13.52	96.96	35.91	24.55	5.59	269.80	87.65	0.46	12.89	243.80	21.34	44.91
200-1-1-1-1-1	107.10	97.36	15.02	90.30	34.91	24.55	3.87	203.00	82.85	0.49	13.39	171.60	21.00	32.46
200-2-1-1-1-1	105.50	101.40	17.52	91.25	30.61	23.00	3.58	176.50	81.83	0.55	15.89	146.30	22.69	37.34
200-5-1-1-1-1	140.70	93.36	13.02	85.43	36.51	28.45	4.00	217.00	83.01	0.52	10.89	184.60	20.24	33.65
201-2-1-1-1-1	101.70	106.40	16.02	84.46	31.86	26.90	3.24	206.00	59.99	0.45	13.39	129.30	20.97	26.01
202-1-1-1-1-1	113.30	106.40	11.52	92.62	44.91	29.60	5.47	265.30	79.05	0.47	10.39	212.60	23.15	43.38
202-3-1-1-1-1	97.27	104.40	16.02	87.59	39.56	29.00	5.61	250.30	87.34	0.47	13.89	224.60	23.40	49.73
203-3-1-1-1-1	88.92	102.40	14.02	89.82	37.01	23.85	3.18	157.30	83.48	0.47	12.39	133.10	22.51	22.19
204-5-1-1-1-1	105.40	104.40	16.52	96.96	30.86	25.05	2.80	145.50	67.49	0.49	15.89	99.31	23.71	31.61
205-1-1-1-1-1	84.57	101.40	20.02	96.96	27.91	22.55	2.70	145.50	72.39	0.45	19.39	106.60	22.11	25.22
205-5-1-1-1-1	91.16	98.64	8.16	90.11	34.59	24.57	4.87	228.80	80.91	0.51	7.25	185.40	23.92	19.73
206-1-1-1-1-1	96.47	102.40	14.52	86.62	33.16	27.25	4.61	271.30	81.85	0.47	12.39	229.10	18.78	36.28
206-4-1-1-1-1	81.57	88.36	15.02	90.30	36.41	21.05	2.87	157.30	81.49	0.47	13.39	130.10	20.67	22.53

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
208-3-1-1-1-1	73.57	71.36	11.52	92.62	22.41	21.55	1.78	119.00	68.84	0.41	10.39	81.31	19.59	8.64
209-1-1-1-1-1	115.70	82.64	11.16	100.00	36.59	22.07	2.96	150.20	85.73	0.36	11.25	130.90	20.64	13.36
209-2-1-1-1-1	122.20	79.64	15.66	88.87	38.59	21.57	2.64	121.00	79.17	0.24	13.75	101.60	23.46	10.61
211-3-1-1-1-1	125.70	105.60	7.66	89.52	50.79	30.92	5.27	257.20	85.54	0.36	6.75	218.40	21.75	27.65
211-4-1-1-1-1	86.66	72.64	14.16	58.70	33.09	22.57	2.71	122.80	87.02	0.35	7.75	109.60	23.02	10.37
212-4-1-1-1-1	98.66	86.64	19.66	81.59	25.99	25.67	3.35	179.80	85.66	0.47	15.75	154.90	19.85	25.33
212-5-1-1-1-1	103.10	90.64	16.16	89.21	33.39	27.07	2.52	143.80	65.50	0.32	14.25	96.13	20.87	15.68
213-1-1-1-1-1	113.50	109.60	19.66	98.25	39.09	29.42	3.00	180.00	62.42	0.39	19.25	112.40	22.23	30.64
213-3-1-1-1-1	123.70	102.60	10.16	74.55	37.69	28.82	4.61	216.00	76.73	0.41	7.25	166.90	25.29	19.38
213-4-1-1-1-1	115.40	100.60	14.16	97.41	29.29	25.87	3.81	179.80	73.94	0.38	13.75	134.10	24.43	23.38
214-1-1-1-1-1	113.70	91.64	13.66	97.30	29.09	24.57	3.78	224.20	81.41	0.48	13.25	181.90	18.94	30.98
214-2-1-1-1-1	166.70	104.60	10.16	96.29	33.49	29.82	4.44	227.80	81.97	0.46	9.75	186.10	21.78	30.33
214-3-1-1-1-1	157.20	113.60	21.66	85.42	44.69	28.57	2.91	161.20	70.62	0.25	18.25	113.90	21.69	28.66

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สายพันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	อายุวันออกดอก 50%	จำนวนกอต่อต้น	ความสามารถในการให้รวงต่อต้น (%)	ความยาวใบธง (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)	น้ำหนักรวง (กรัม)	จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง	อัตราการติดเมล็ด (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว	จำนวนรวงต่อต้น	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
216-1-1-1-1-1	82.16	89.64	20.66	100.00	34.59	20.57	3.16	162.20	82.35	0.44	20.75	134.10	21.13	36.93
216-2-1-1-1-1	100.10	88.64	16.66	67.30	25.29	26.17	3.30	168.20	84.90	0.39	10.75	143.40	20.70	18.16
216-5-1-1-1-1	94.16	89.64	9.16	100.00	39.09	28.57	4.35	174.00	84.88	0.41	9.25	148.60	26.92	25.10
216-6-1-1-1-1	93.16	93.64	9.66	100.00	35.59	21.07	3.33	144.00	84.18	0.40	9.75	123.90	23.93	19.49
216-7-1-1-1-1	104.20	95.64	13.16	97.19	29.09	29.07	4.09	177.20	78.05	0.42	12.75	140.10	26.18	30.06
218-3-1-1-1-1	101.00	109.60	17.16	95.23	43.39	27.77	2.86	162.50	78.71	0.40	16.25	129.40	19.39	31.18
218-4-1-1-1-1	93.01	100.60	15.66	94.75	29.64	21.22	2.75	138.50	78.52	0.42	14.75	111.40	21.64	19.31
219-1-1-1-1-1	147.70	93.64	9.66	96.09	49.09	24.57	6.09	296.20	85.29	0.45	9.25	250.10	22.30	38.39
219-2-1-1-1-1	149.70	103.60	11.16	88.64	57.34	23.92	5.15	207.00	84.04	0.30	9.75	174.90	26.61	28.17
221-2-1-1-1-1	123.20	101.60	11.16	96.64	41.79	29.17	4.97	237.50	79.40	0.40	10.75	185.90	23.76	36.56
225-1-1-1-1-1	147.30	95.64	7.66	95.08	36.34	28.12	5.20	227.80	89.38	0.45	7.25	202.10	23.79	24.09

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวมาลินี จันวรรณ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (พืชศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี
ประวัติการทำงาน	นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรปฏิบัติการ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์