

การประเมินลักษณะทางกายภาพของข้าวเป็นหมันเนื่องจากอุณหภูมิ
เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการพัฒนาข้าวลูกผสมในประเทศไทย
Phenotypic Evaluation of TGMS Rice for Potential Use as
Female Parents for Hybrid Development in Thailand

ศุภธนา คล้ายมงคล^A

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

เกศินี พิศงาม, ศรีประไพพร ชาxonแก่น, น้ำเพชร แสงอาวุธ,

ทิยาวรรณ วาสินานนท์ และอมรทิพย์ เมืองพรหม^{A*}

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

สุภาพร จันทร์บัวทอง

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Sudthana Khlaimongkhon^A

Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO/PERDO-CHE),
Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

Keasinee Pitngam, Sriprapai Chakhonkaen, Numphet Sangarwut,

Thiwawan Wasinanon and Amorntip muangprom^{A*}

National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology
Development Agency, Thailand Science Park, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Supaporn Junbuathong

Pathumthani Rice Research Center, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นอาหารหลักที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของประชากรโลก ข้าวลูกผสมเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวได้ การใช้ระบบเกสรเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (temperature-

^ACenter for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Malaiman Road, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

*ผู้รับผิดชอบบทความ : amorntip.mua@biotec.or.th

doi: 10.14456/tstj.2019.74

sensitive genic male-sterile, TGMS) มาใช้ในการพัฒนาข้าวลูกผสม ทำให้การผลิตข้าวลูกผสมสามารถทำได้โดยง่าย เนื่องจากข้าวสายพันธุ์ TGMS ส่วนใหญ่เป็นหมันที่อุณหภูมิสูง แต่ติดเมล็ดดีที่อุณหภูมิต่ำ ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้รับข้าว TGMS จำนวน 7 สายพันธุ์ จากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) งานวิจัยนี้ได้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ (1) ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ (2) การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย และ (3) ศึกษาอุณหภูมิและช่วงเวลาที่ เป็นหมันหรือติดเมล็ดของข้าวเหล่านี้ ผลการศึกษาพบว่าข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ มีลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ดีทั่วไปของไทย ข้าวเหล่านี้ปรับตัวได้ดีในพื้นที่ และเวลาที่ปลูกในเขตพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งคาดว่าจะ เป็นแหล่งผลิตข้าวลูกผสมที่สำคัญ ข้าวเหล่านี้เป็นหมันอย่างสมบูรณ์ในช่วงฤดูร้อนและเกือบตลอดทั้งปี ส่วนในช่วงฤดูหนาวข้าว TGMS หลายสายพันธุ์สามารถติดเมล็ดได้ดี ทำให้คาดว่าข้าวเหล่านี้ น่าจะใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการพัฒนาข้าวลูกผสมในประเทศไทยได้

คำสำคัญ : ข้าว; ข้าวลูกผสม; อุณหภูมิ; ข้าวเป็นหมันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

Abstract

Rice is one of the most important food crops. One approach to improve food production is the use of hybrid rice. The identification and application of the temperature-sensitive genic male sterility (TGMS) system provide a great potential for improving hybrid production because most of TGMS lines are sterile at high temperatures but are fertile at low temperature conditions. In this study, we obtained 7 TGMS lines from International Rice Research Institute (IRRI), Philippines. We evaluated agronomic traits of the 7 exotic TGMS lines, determined adaptability to Thai environments of these exotic TGMS lines, identified temperatures and time for their sterility and fertility in selected areas. Our results showed that these exotic TGMS lines had agronomic traits similar to Thai elite lines. They adapted well to Thai environments in all tested cropping and locations. In central area where we planned for hybrid production, these exotic lines were completely sterile in summer and most of the year, and several of these lines were fertile with reasonable seed setting in winter, suggesting that several of these exotic TGMS lines probably can be used as female parents for hybrid rice development in Thailand.

Keywords: rice; hybrid rice; temperature; anther; sterility; temperature-sensitive genic male sterility (TGMS)

1. บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยและของประชากรโลก ข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยด้วย แต่ผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ปลูกของไทย

กลับอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นในภูมิภาคเดียวกัน [1] ข้าวลูกผสมเป็นวิธีที่วิธีหนึ่งซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารในอนาคต เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ของประชากรโลก ข้าวลูกผสมเป็นข้าวที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้ (inbred line) 2 สายพันธุ์ ข้าวลูกผสมมักจะมีลักษณะดีเด่นเหนือพ่อและแม่ที่เรียกว่า heterosis เช่น ให้ผลผลิตที่สูงกว่า ตลอดจนลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ความต้านทานต่อโรคและแมลง ความทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ ได้แก่ ความแห้งแล้ง ความเค็ม เป็นต้น [2] นอกจากนี้มีการพิสูจน์มาเป็นเวลาหลายปีแล้วว่าข้าวลูกผสมสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวสายพันธุ์แท้ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ถึง 15-20 % [3,4] ในการผลิตข้าวลูกผสม ต้องผสมข้ามระหว่างพันธุ์พ่อและแม่ แต่เนื่องจากข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนในการทำหมันเรณูของข้าวต้นแม่ก่อนที่จะนำเรณู (pollen) จากข้าวต้นพ่อมาผสม ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้แรงงานและเสียค่าใช้จ่ายมาก การนำระบบความเป็นหมันของเกสรเพศผู้มาใช้ในการผลิตข้าวลูกผสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตข้าวลูกผสมทำได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ระบบการผลิตข้าวลูกผสมในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ (1) ระบบแบบสามทาง (three-line system) โดยระบบนี้จะใช้ลักษณะเรณูเป็นหมันที่ควบคุมด้วยยีนในนิวเคลียสและในไซโทพลาซึม รวมกันเรียกว่า cytoplasmic-genetic male sterility หรือ CMS [5] ซึ่งต้องมีข้าวจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ A-line หรือ male sterile line ข้าวสายพันธุ์นี้มียีนเป็นหมันในไซโทพลาซึม แต่ไม่มียีนแก้ความเป็นหมันในนิวเคลียส B-line หรือ maintainer line เป็นสายพันธุ์ที่สามารถรักษาความเป็นหมันให้กับ A-line ข้าวสายพันธุ์นี้จะมีลักษณะเหมือนกับ A-line ทุกประการ ยกเว้นไม่มียีนเป็นหมันในไซโทพลาซึม เมื่อต้องการเพิ่มหรือขยายจำนวนเมล็ด A-line ทำได้โดยการนำ B-line มาผสมกับ A-line โดยวิธีปกติจะได้เมล็ด A-line และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (fertility restorer line, R-line)

ข้าวสายพันธุ์นี้จะมียีนแก้ความเป็นหมันในนิวเคลียส ส่วนในไซโทพลาซึมเป็นยีนแบบใดก็ได้ เมื่อนำ R-line มาผสมกับ A-line จะได้ข้าวลูกผสม [3] และ (2) ระบบแบบสองทาง (two-line system) โดยทำให้เรณูเป็นหมันในสภาพวันยาว (photoperiod-sensitive genic male sterility, PGMS) และ/หรือสภาพที่อุณหภูมิสูง (thermo-sensitive genic male sterility, TGMS) แต่เรณูจะไม่เป็นหมันและติดเมล็ดได้ในสภาพวันสั้นและอุณหภูมิต่ำ ตามลำดับ ซึ่งการเป็นหมันของเรณูในข้าว PGMS และ TGMS เกิดจากการแสดงออกของยีนในนิวเคลียสซึ่งถูกควบคุมโดยช่วงแสงและอุณหภูมิ พบว่าระบบ TGMS ใช้ได้ดีกว่าระบบ PGMS [6] ดังนั้น TGMS จึงอาจนำมาใช้ในการพัฒนาข้าวลูกผสมระบบ 2 ทาง เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวไทยได้

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของข้าว TGMS 7 สายพันธุ์
- 2.2 ศึกษาการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย
- 2.3 ศึกษาอุณหภูมิ และช่วงเวลาที่ เป็นหมันหรือการติดเมล็ด

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ และการศึกษา ลักษณะทางกายภาพของข้าว TGMS

ปลูกข้าว TGMS 7 สายพันธุ์ ที่ได้รับมาจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) (ตารางที่ 1) เพื่อเพิ่มจำนวนเมล็ดและสังเกตลักษณะทางกายภาพ โดยปลูกทดสอบที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี และศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติหรือไบโอเทค (BIOTEC) ซึ่งลักษณะทางการเกษตรที่ศึกษา ได้แก่ ความสูงของต้น วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนรวง

จำนวนหน่อต่อต้น และเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด

ตารางที่ 1 ข้าว TGMS 7 สายพันธุ์ จากสถาบันวิจัย
ข้าวนานาชาติ (IRRI)

ชื่อพันธุ์	รหัสพันธุ์
IR68301S (<i>tms</i>)	B2
IR772715 (ID24)	B4
IR767535 (ID24)	B5
IR767615 (ID24)	B6
IR738349 (ID24)	B7
IR75589 (ID24)	B8
IR73827 (ID24)	B9

3.2 การศึกษาความสามารถในการปรับตัว ของข้าว TGMS

ปลูกข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ 2 ฤดูปลูก เป็นระยะเวลา 1 ปี ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี และที่
ไบโอเทค โดยปักดำต้นกล้าสายพันธุ์ละ 3 แถว แถวละ
7 ต้น ระยะห่าง 25×25 ซม. เก็บเกี่ยวตรงกลางจำนวน
5 ต้น และบันทึกลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความสูง
ของต้น วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนหน่อต่อต้น
จำนวนรวงต่อต้น นอกจากนี้ยังได้สังเกตลักษณะ
ด้านทานโรคและแมลงด้วย

3.3 การศึกษาอุณหภูมิที่ทำให้เรณูเป็นหมัน และติดเมล็ดของข้าว TGMS

นำข้าว TGMS แต่ละสายพันธุ์ ปลูกที่แปลง
ทดสอบของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและที่ไบโอเทค โดย
ปลูกทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลานาน 1 ปี บันทึกการติด
เมล็ดจากการสุ่มข้าวจำนวนสายพันธุ์ละ 3 ต้น นำเรณู
มาข้อมด้วย 1 % โพแทสเซียมไฮไดรด์ และนับจำนวน
ละอองเรณู นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิวิกฤติที่ทำให้
เรณูเป็นหมันและติดเมล็ด โดยปลูกข้าว TGMS ในห้อง
ควบคุมอุณหภูมิ 24, 26, 28 และ 32 องศาเซลเซียส

4. ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 การเพิ่มเมล็ดพันธุ์และลักษณะทางการ เกษตรที่สำคัญของข้าว TGMS

ข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ ที่ได้รับมาจาก
สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ซึ่งควบคุมด้วยยีน
tgms จาก 2 แหล่ง คือ *tgms* ที่ได้จากการฉายรังสีใน
ข้าว B2 และ *tgms* ที่ได้จากการถ่ายทอดยีนมาจาก
ข้าวสายพันธุ์ ID24 ซึ่งคือ ยีน *tgms* ในข้าว B4, B5,
B6, B7, B8 และ B9 ปลูกทดสอบข้าวทั้ง 7 สายพันธุ์
ในเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคมเพื่อเพิ่มจำนวนเมล็ด
และศึกษาลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ โดยปลูก
ทดสอบข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ นี้ในห้องควบคุม
อุณหภูมิที่ไบโอเทค ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ในสภาพมีแสงนาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพ
ธรรมชาติที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีไม่ติดเมล็ดเลย แต่
ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ไบโอเทค สามารถ
ติดเมล็ด ทำให้สามารถเพิ่มเมล็ดข้าว TGMS ได้
เพียงพอต่อการนำไปศึกษาการติดเมล็ดได้นาน 6 เดือน
และศึกษาการปรับตัวของข้าวในแปลงปลูกทดสอบได้
เพียงพอกับการปลูกในฤดูปลูกข้าว 2 ฤดู ซึ่งเริ่มการ
ปลูกกลางเดือนสิงหาคม

สำหรับการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้
วางแผนการทดลองแบบ randomized complete
block design (RCBD) โดยปลูก 4 ซ้ำ ที่ศูนย์วิจัยข้าว
ปทุมธานี และปลูก 3 ซ้ำ ที่ไบโอเทค ที่ศูนย์วิจัยข้าว
ปทุมธานี การปลูก 1 ซ้ำ คือ การปลูกข้าวจำนวน 3
ต้นต่อหนึ่งสายพันธุ์ โดยปลูกด้วยกันในกระถางที่มี
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว ส่วนที่ไบโอเทค การ
ปลูก 1 ซ้ำ คือ การปลูกข้าว 1 ต้นต่อหนึ่งสายพันธุ์
โดยแต่ละต้นปลูกในกระถางที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
12 นิ้ว รวมทั้งได้ปลูกข้าวไทย ได้แก่ ข้าวปทุมธานี 1
(PTT1) สุพรรณบุรี 1 (SPR1) พิษณุโลก 2 (PLS2) และ

ข้าวสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง คือ SPR91062-21-1 (B11), SPR88096-17-3-2(B12), CNT96028-21-1(B13) และ PSL000 34(B14) เพื่อใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบในแต่ละการทดสอบ ลักษณะทางกายภาพของข้าว TGMS แสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลักษณะของต้นข้าว TGMS และข้าวไทย ปลูกที่ไบโอเทค ได้แก่ B2 (IR68301S; *tms*), B4 (IR772715; ID24), B5 (IR767535; ID24), B6 (IR767615; ID24), B7 (IR738349; ID24), B8 (IR75589; ID24), B9 (IR73827; ID24), SPR1 (ข้าวสุพรรณบุรี 1), PTT1 (ข้าวปทุมธานี 1)

การศึกษาความสูง วันออกดอก จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนหน่อต่อต้น บันทึกจากต้นข้าวที่ปลูกในกระถาง ผลดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 เนื่องจาก

ต้นข้าว TGMS เป็นหมันในช่วงเวลาที่ปลูก จึงไม่ได้บันทึกขนาดของเมล็ด และน้ำหนักเมล็ด ส่วนการทดสอบเมื่อปลูกข้าว TGMS ในแปลงทดสอบ ได้บันทึกจำนวนวันออกดอก 50 % ความสูง จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนหน่อต่อต้น ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4 ส่วนข้าว B4 ไม่ออกดอก เมื่อปลูกในช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม จึงไม่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้



รูปที่ 2 ลักษณะของเมล็ดข้าว TGMS และข้าวไทย ได้แก่ B2 (IR68301S; *tms*), B4 (IR772715; ID24), B5 (IR767535; ID24), B6 (IR767615; ID24), B7 (IR738349; ID24), B8 (IR75589; ID24), B9 (IR73827; ID24), PTT1 (ข้าวปทุมธานี 1)

ผลการปลูกข้าว TGMS ในศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและไบโอเทค แสดงให้เห็นว่าลักษณะต้นข้าวที่เจริญเติบโตในพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวไทยพันธุ์ดี และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย จากการศึกษาความสูงของข้าว B2, B5, และ B6 พบว่ามีขนาดค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับข้าวไทยสายพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวสุพรรณบุรี 1 ส่วนข้าว B7, B8 และ B9 มีความสูง

ใกล้เคียงกับข้าวพิษณุโลก 2 สำหรับผลการศึกษา
ระยะเวลาในการออกดอก พบว่าข้าว B2, B5 และ B6
ออกดอกค่อนข้างช้า ใกล้เคียงกับข้าวปทุมธานี 1 และ

สุพรรณบุรี 1 ในขณะที่ข้าว B7, B8 และ B9 ออกดอก
เร็วกว่า ใกล้เคียงกับข้าวไทยหลายพันธุ์

ตารางที่ 2 ลักษณะทางการเกษตรของต้นข้าวซึ่งปลูกในกระถางที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (เฉลี่ย 4 ซ้ำ)

รหัสพันธุ์	ความสูง (ซม.)	วันออกดอก	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น
B2	91.8 bc	96.0 ab	9.8 abc	9.3 ab
B5	89.3 c	90.5 c	8.0 c	7.3 b
B6	91.8 bc	95.8 ab	8.8 bc	7.3 b
B7	74.8 d	76.8 g	10.8 abc	9.5 ab
B8	74.5 d	83.5 de	11.0 abc	9.0 ab
B9	76.0 d	78.8 fg	10.5 abc	8.8 ab
SPR1	109.8 a	97.5 a	10.0 abc	8.3 ab
PSL2	89.3 bc	96.8 a	10.0 abc	9.0 ab
PTT1	106.0 a	95.5 ab	12.5 a	10.8 a
B11	104.3 a	81.0 ef	10.8 abc	9.0 ab
B12	104.5 a	96.8 a	12.0 ab	10.8 a
B13	94.5 b	85.5 d	11.5 ab	9.8 ab
B14	92.8 bc	92.8 bc	9.5 abc	7.8 ab

a, b, c, d, e Means followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT

สำหรับการผลิตข้าวลูกผสมนั้น สายพันธุ์
พ่อและแม่มีระยะเวลาในการออกดอกที่แตกต่างกันได้
แต่ต้องปรับระยะเวลาปลูกให้ออกดอกในเวลาใกล้เคียง
กัน การศึกษาจำนวนหน่อต่อต้นนั้นพบว่าข้าว TGMS
ทั้งที่ปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและไบโอเทคมี
จำนวนหน่อต่อต้นใกล้เคียงกับข้าวไทย สำหรับจำนวน
รวงต่อต้นพบว่าข้าวปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีมี
จำนวนรวงต่อต้นใกล้เคียงกัน แต่ปลูกที่ไบโอเทค
พบว่าข้าว B8, B9, PTT1, B11 และ B13 มีจำนวนรวง
ข้าวมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบ
ระหว่างการปลูกที่ไบโอเทคกับศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

จำนวนรวงข้าวที่ปลูกที่ไบโอเทคจะมีมากกว่าจำนวน
รวงข้าวที่ปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีในทุกสายพันธุ์
ความแตกต่างนี้อาจเกิดได้จากพื้นที่ที่ใช้ปลูก ซึ่งปลูก 3
ต้น ด้วยกันในกระถาง 15 นิ้ว ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
แต่ที่ไบโอเทคปลูก 1 ต้น ในกระถาง 12 นิ้ว นอกจากนี้
นั้นระยะห่างระหว่างกระถางและปุ๋ยที่ให้ก็อาจมีผลได้
สำหรับการปลูกในแปลงทดสอบนั้น เนื่องจากจำนวน
เมล็ดที่จำกัดทำให้ไม่สามารถปลูก B4 และ B5 ได้ ผล
จากการปลูกในแปลงพบว่าข้าว TGMS มีลักษณะ
ใกล้เคียงกับข้าวไทยทั่วไป และเจริญเติบโตได้ดีใน
สภาพแวดล้อมของประเทศไทย ผลการศึกษาลักษณะ

ตารางที่ 3 ลักษณะทางการเกษตรของต้นข้าวซึ่งปลูกในกระถางที่ไบโอเทค (เฉลี่ย 3 ซ้ำ)

รหัสพันธุ์	ความสูง (ซม.)	วันออกดอก	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น
B2	105.7 b	119.3 b	38.7 ab	28.3 bcd
B5	109.0 b	120.0 b	44.3 ab	30.3 bcd
B6	111.3 b	134.3 a	43.7 ab	-
B7	83.5 d	82.7 f	42 ab	29.0 bcd
B8	89.2 cd	97.3 d	51.0 ab	34.7 a-d
B9	81.0 d	92.7 de	51.7 ab	44.0 a
SPR1	135.2 a	105.0 c	31.3 b	27.3 cd
PSL2	89.2 cd	91.3 de	31.7 b	25.7 c
PTT1	106.8 b	114.3 b	46.7 ab	40.3 ab
B11	116.2 b	104.7 c	42.0 ab	39.3 abc
B12	108.0 b	95.0 de	33.3 bc	27.7 cd
B13	100.0 bc	94.0 de	43.3 ab	36.0 a-d
B14	106.7 b	89.7 e	37.3 ab	28.3 bcd

a, b, c, d, e Means followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT

ตารางที่ 4 ลักษณะทางการเกษตร (mean \pm SD) ของข้าว TGMS ปลูกในแปลงทดสอบที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

รหัสพันธุ์	จำนวนต้น	วันออกดอก 50 %	ความสูง (ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น
B2	40	106	94.0 \pm 4.1	12.8 \pm 3.5	11.5 \pm 3.4
B6	20	97	88.2 \pm 3.0	13.7 \pm 3.1	13.1 \pm 3.1
B7	10	83	88.6 \pm 2.5	13.7 \pm 2.3	12.7 \pm 2.5
B8	40	89	77.6 \pm 2.7	14.3 \pm 2.8	12.8 \pm 2.9
B9	20	86	74.9 \pm 3.9	15.3 \pm 2.6	14.3 \pm 3.1

การเจริญเติบโตทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าข้าว TGMS ชุดนี้น่าจะสามารถนำมาใช้เป็นข้าวสายพันธุ์แม่ ในการผลิตข้าวลูกผสมได้ เทพสุตา และคณะ [7] ศึกษาความดีเด่นและลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของลูกผสม

ข้าวที่ 1 ที่เกิดจากการผสมระหว่างข้าวพันธุ์ดีของไทย 3 สายพันธุ์ กับข้าว TGMS พบว่ามีความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อและแม่ แสดงให้เห็นว่าข้าว TGMS สามารถปรับตัวดี และมีโอกาสใช้เป็นพันธุ์แม่เพื่อผลิต

ข้าวลูกผสมในประเทศไทย

โดยปลูก 3 แถว แถวละ 7 ต้น ระยะห่าง 25×25 ซม.

4.2 ความสามารถในการปรับตัวของข้าว TGMS

เก็บเกี่ยวตรงกลางจำนวน 5 ต้น พบว่าข้าว TGMS ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี ไม่มีโรคต่าง ๆ รบกวน ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ แสดงดังตารางที่ 5 และ 6

ข้าว TGMS ทั้ง 6 สายพันธุ์ (ไม่รวม B4) ได้นำมาปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จำนวน 2 ฤดูปลูก

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการปรับตัวของข้าว TGMS ปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีในฤดูนาปี (N = 5)

รหัสพันธุ์	วันออกดอก (50 %)	% การติดเมล็ด	ความสูง (ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น	จำนวนรวงต่อต้น
B2	111	0.0±0.0	122.2±6.42	20.0±3.5	18.4±2.9
B5	107	0.29±0.4	111.8±2.4	14.4±3.3	12.8±3.0
B6	108	0.0±0.0	115.6±3.4	16.4±3.2	15.4±4.4
B7	106	0.0±0.0	109.8±2.9	17.0±3.5	15.4±2.6
B8	90	0.0±0.0	93.8±3.2	15.0±3.7	13.4±2.9
B9	83	0.0±0.0	84.2±4.2	11.4±2.9	9.4±1.9

ตารางที่ 6 การทดสอบการปรับตัวของข้าว TGMS ปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีในฤดูนาปรัง (N = 5)

รหัสพันธุ์	วันออกดอก (50 %)	% การติดเมล็ด	ความสูง (ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น
B2	114	0.0±0.0	96.75±1.09	20.00±2.55
B5	109	0.0±0.0	93.25±3.96	21.50±0.87
B6	88	0.0±0.0	88.25±1.79	19.75±1.48
B7	73	0.0±0.0	76.25±2.17	18.75±2.59
B8	85	0.0±0.0	81.75±2.05	25.75±1.48
B9	73	0.0±0.0	75.25±0.83	29.25±2.38

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้าว TGMS ปลูกได้ในสภาวะแวดล้อมเดียวกับข้าวไทย และไม่พบว่าข้าวเหล่านี้อ่อนแอต่อโรคมกกว่าข้าวไทย และข้าว TGMS ทั้งหมดในการศึกษานี้แสดงความเป็นหมั่นของเรณูอย่างสมบูรณ์

4.3 การติดเมล็ดของข้าว TGMS

ปลูกข้าว TGMS ทั้ง 6 สายพันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยการปลูกทุก 2 สัปดาห์ ในกระถาง

จำนวน 1 ต้นต่อหนึ่งกระถาง ปลูก 5-7 ต้น/สายพันธุ์ ในแต่ละรุ่น ปลูกตั้งแต่เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลาที่ข้าวออกดอก นำละอองเรณูมาয়้อมดูการติดสี โดยเก็บ 3 ตัวอย่างต่อหนึ่งต้น เก็บ 3 ต้น/สายพันธุ์ นอกจากนี้ยังศึกษาจำนวนเมล็ดต่อรวงข้าวด้วย อุณหภูมิที่บันทึกในการศึกษานี้ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 30 วัน ก่อนการออกดอก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การติดเมล็ดของข้าว TGMS ปลุกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

วันที่ปลุก	ลักษณะการเกษตร ¹	รหัสพันธุ์					
		B2	B5	B6	B7	B8	B9
16/08/49	% เรณูปกติ	2.4±3.9	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	4.0±4.9	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	96.4±0.8	88.8±9.0	92.8±1.2	82.0±1.3	81.4±0.5	78.2±1.6
	อุณหภูมิ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
01/09/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	1.0±2.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	ND
	จำนวนวันออกดอก	94.8±0.4	85.4±6.7	87.4±0.8	83.6±6.6	81.8±2.6	73.6±1.0
	อุณหภูมิ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18/09/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	3.7±4.5
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	94.4±0.8	85.4±9.7	79.8±1.3	80.2±1.9	78.0±0.9	74.4±0.5
	อุณหภูมิ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
01/10/49	% เรณูปกติ	62.0±19.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	59.8±29.5	0.6±2.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	1.7±3.9
	จำนวนวันออกดอก	92.8±2.4	92.3±2.3	75.0±2.2	107.2±0.8	70.2±0.8	67.7±0.5
	อุณหภูมิ	ND	31.7±1.3	31.2±0.8	ND	33.9±0.0	33.8±0.0
16/10/49	% เรณูปกติ	1.0±2.0	0.0±0.0	8.0±16.0	10.0±10.0	9.6±5.9	ND
	% การติดเมล็ด	9.1±19.6	7.6±14.4	10.2±10.6	9.1±15.3	25.2±27.5	ND
	จำนวนวันออกดอก	99.6±0.8	95.3±4.0	79.0±1.4	83.5±0.5	78.0±1.1	82.0±0.0
	อุณหภูมิ	32.1±0.6	31.4±0.7	31.5±1.0	31.1±0.2	31.6±1.2	31.6±0.2
04/11/49	% เรณูปกติ	40.0±10.0	2.0±4.0	1.4±1.9	0.0±0.0	1.4±1.9	2.0±4.0
	% การติดเมล็ด	14.2±12.8	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.3	0.7±1.7
	จำนวนวันออกดอก	97.0±0.0	92.2±3.0	83.2±0.8	86.5±2.6	88.2±4.4	75.4±1.4
	อุณหภูมิ	31.5±1.1	31.4±0.8	32.1±0.5	31.9±0.1	31.7±0.2	31.4±0.7
16/11/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0 ± 0.0	41.0±24.6	51.7±27.2	45.0±31.3	3.0±4.0
	% การติดเมล็ด	2.0±6.6	0.0±0.0	41.4±22.1	45.3±19.5	35.1±24.7	13.8±20.0
	จำนวนวันออกดอก	96.0±0.7	92.3±2.5	87.6±1.7	87.0±2.2	85.2±1.5	81.4±1.0
	อุณหภูมิ	31.8±1.5	31.7±0.5	31.6±0.8	31.5±0.8	31.5±1.1	31.3±1.0

ตารางที่ 7 (ต่อ)

วันที่ปลูก	ลักษณะการเกษตร ¹	รหัสพันธุ์					
		B2	B5	B6	B7	B8	B9
01/12/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	1.0±2.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	1.1±2.8	0.0±0.0	0.0±0.0	1.2±3.9
	จำนวนวันออกดอก	103.2±1.2	90.0±0.7	78.5±1.7	89.3±0.8	76.6±0.8	74.6±0.8
	อุณหภูมิ	34.6±0.3	32.9±1.5	31.7±0.9	32.8±1.6	31.7±0.3	31.6±0.3
16/12/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	104.4±1.0	88.8±5.6	89.0±0.0	85.4±1.0	86.0±1.6	81.7±0.9
	อุณหภูมิ	35.5±0.5	34.8±0.3	34.6±0.3	34.4±0.4	34.5±0.4	34.0±0.6
30/12/49	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	1.0±2.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	98.3±5.0	84.25±1.3	82.0±0.7	81.0±0.9	79.0±0.0	78.0±0.0
	อุณหภูมิ	35.7±0.3	35.1±0.4	34.9±0.4	34.9±0.4	34.8±0.5	34.8±0.4
01/02/50	% เรณูปกติ	3.3±2.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	4.0±3.7	2.0±4.0
	% การติดเมล็ด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	จำนวนวันออกดอก	98.0±1.4	108.0±0.0	95.8±1.8	85.0±0.0	96.6±1.2	85.0±0.0
	อุณหภูมิ	33.8±1.2	33.1±0.3	33.9±0.9	35.5±0.1	33.9±0.9	35.5±0.1
16/02/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	4.0±4.9	0.0±0.0	2.5±4.3
	% การติดเมล็ด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	จำนวนวันออกดอก	116.3±0.9	114.0±0.0	95.8±2.6	80.8±0.8	95.0±0.0	79.3±1.3
	อุณหภูมิ	34.8±0.1	34.4±0.5	33.1±0.3	33.9±0.8	33.2±0.1	34.0±0.7
20/03/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	2.8±2.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.79±0.84	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	112±2.0	92.2±0.7	102.2±0.4	79.0±0.0	92.0±5.7	81±0.0
	อุณหภูมิ	33.7±1.5	33.6±1.2	33.9±1.7	33.1±0.3	33.7±1.0	33.2±2.1
16/03/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.3±0.6 ;3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.25±0.43	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	105.4±1.2	100±0.0	106±1.7	81.4±0.8	97.0±0.0	87.3±1.2
	อุณหภูมิ	33.0±1.2	33.6±1.4	33.0±1.3	33.8±1.5	33.8±1.5	33.9±1.8

ตารางที่ 7 (ต่อ)

วันที่ปลูก	ลักษณะการเกษตร 1	รหัสพันธุ์					
		B2	B5	B6	B7	B8	B9
05/04/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.3±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.41±0.49	0.0±0.0	0.0±0.0	0.08±0.16	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	117.3±0.9	101.3±1.3	102.3±0.4	79.5±0.9	81.2±0.4	78±2.0
	อุณหภูมิ	33.6±1.1	33.2±1.2	33.1±1.3	33.7±1.4	33.5±1.5	33.7±1.5
16/04/50	% เรณูปกติ	ND	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	ND	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	ND	107.5±0.5	90.5±0.9	81±1.2	90.5±0.5	93±0.0
	อุณหภูมิ	ND	33.7±1.1	33.2±1.2	32.8±1.3	33.1±1.3	33.3±1.2
02/05/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0 ± 0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.05±0.11
	จำนวนวันออกดอก	107.5±2.2	106.3±0.8	107.6±2.4	81.5±0.5	107.3±2.1	95.8±1.5
	อุณหภูมิ	34.0±1.7	34.0 ± 1.7	34.1±1.6	ND	34.0±1.7	34.0±1.2
16/05/50	% เรณูปกติ	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	ND	33.3±1.1
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	ND	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	100±1.4	102.3±0.8	101.5±0.5	81±0.0	ND	90.5±0.5
	อุณหภูมิ	34.2±1.9	34.3±1.8	34.3±1.8	33.9±1.3	ND	33.9±1.7
01/06/50	% เรณูปกติ	0.0±0.03	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.07±0.17	0.0±0.0	5.78±10.01
	จำนวนวันออกดอก	101.7±0.9	100.6±2.3	93.8±0.4	74±0.6	82±0.0	74.7±1.7
	อุณหภูมิ	34.4±1.3	34.4±1.4	34.3±2.0	33.9±1.7	34.2±1.9	33.9±1.7
21/06/50	% เรณูปกติ	0.0±0.03	0.0±0.0	0.0±0.0 4	0.0±0.04	0.0±0.0	0.0±0.0
	% การติดเมล็ด	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.12±0.25	0.0±0.0	0.0±0.0
	จำนวนวันออกดอก	91±2.8	96.2±1.0	90±0.0	75±0.0	80.2±0.4	74±0.8
	อุณหภูมิ	33.9±1.4	33.7±1.6	34.0±1.4	34.2±2.1	34.3±1.5	34.2±2.0

¹Values indicated mean ± SD; Temperatures were mean ± SD of maximum temperatures during the last 30 days before flowering; ND = no data

ข้าว TGMS สายพันธุ์ B2, B6, B7 และ B8
ที่ปลูกในศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าติดเมล็ดได้ดีเมื่อ

ปลูกในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และออก
ดอกในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ และแสดงความ

เป็นหมันของเรณูอย่างสมบูรณ์เมื่อปลูกในเดือนอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมา ข้าว B5 แสดงลักษณะเรณูเป็นหมันอย่างสมบูรณ์เกือบทั้งปีที่ปลูก

การศึกษาการปลูกข้าว TGMS ในห้องควบคุมอุณหภูมิ ที่ 24, 26, 28 และ 32 องศาเซลเซียสที่ไปโอเทค เพื่อศึกษาการติดเมล็ด โดยได้ปลูกข้าว

จำนวน 3-6 ต้นต่อหนึ่งสายพันธุ์ และปลูกหนึ่งต้นต่อหนึ่งกระถาง โดยปลูกในสภาพธรรมชาติ และก่อนข้าวออกดอกประมาณ 1 เดือน ได้ย้ายเข้าห้องควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งออกดอก จากนั้นย้ายข้าวทั้งหมดออกมาในสภาพธรรมชาติ เพื่อบันทึกอัตราการติดเมล็ดผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 8-9

ตารางที่ 8 จำนวนวันที่ออกดอกของข้าว TGMS ที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 24 ± 2 , 25 ± 1.5 , 26 ± 1.5 , 28 ± 1.0 และ 32 ± 0.5 องศาเซลเซียส

รหัสพันธุ์	จำนวนวันที่ออกดอกของข้าว TGMS ที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ				
	24 ± 2 °ซ.	25 ± 1.5 °ซ.	26 ± 1.5 °ซ.	28 ± 1.0 °ซ.	32 ± 0.5 °ซ.
B2	141	131	124	131	124
B5	134	121	118	115	124
B6	136	125	116	112	127
B7	114	87	82	82.0	107
B8	133	119	116	94.0	122
B9	137	98	102	92.0	109

ตารางที่ 8 การติดเมล็ดของข้าว TGMS ที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 24 ± 2 , 25 ± 1.5 , 26 ± 1.5 , 28 ± 1.0 และ 32 ± 0.5 องศาเซลเซียส

รหัสพันธุ์	การติดเมล็ดของข้าว TGMS ที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ				
	24 ± 2 °ซ.	25 ± 1.5 °ซ.	26 ± 1.5 °ซ.	28 ± 1.0 °ซ.	32 ± 0.5 °ซ.
B2	78.07	61.9 ± 6.6	66.7 ± 3.7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
B5	37.13	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
B6	26.72	62.8 ± 6.0	59.6 ± 24.8	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
B7	35.67	65.7 ± 4.9	62.3 ± 2.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
B8	55.06	63.4 ± 0.8	61.9 ± 1.9	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
B9	69.73	51.1 ± 1.9	64.2 ± 17.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0

การศึกษาการติดเมล็ดของข้าว TGMS ทั้ง 6 สายพันธุ์ ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ พบว่าส่วนใหญ่มีการติดเมล็ดมากกว่า 30 % เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 24

องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 25 และ 26 องศาเซลเซียส พบว่าข้าว TGMS มีการติดเมล็ดมากกว่า 50 % ยกเว้น B5 ที่แสดงเรณูเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ ที่อุณหภูมิ 28

และ 32 องศาเซลเซียส พบว่าข้าว TGMS ทุกสายพันธุ์ ระบุเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับที่ แสดงออกในแปลงปลูกทดสอบ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า B5 จะมีระบุเป็นหมันที่อุณหภูมิเท่ากับหรือมากกว่า 25 องศาเซลเซียส ส่วนข้าว B2, B6, B7, B8 และ B9 จะมีระบุเป็นหมันที่อุณหภูมิเท่ากับหรือมากกว่า 28 องศาเซลเซียส ข้าว TGMS เป็นข้าวที่จะแสดงระบุเป็นหมันที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ [3] ซึ่งอุณหภูมิวิกฤติอาจเหมือนหรือแตกต่างกันในข้าว TGMS แต่ละสายพันธุ์ เช่น ข้าว TGMS สายพันธุ์ XianS จะแสดงระบุเป็นหมันที่อุณหภูมิมากกว่า 23.5 องศาเซลเซียส และแสดงระบุปกติที่อุณหภูมิต่ำกว่า

23.5 องศาเซลเซียส [8] ข้าว TGMS สายพันธุ์ AnS-1 จะแสดงความเป็นหมันที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส และแสดงความเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิเท่ากับหรือมากกว่า 28 องศาเซลเซียส [9]

การศึกษาการติดเมล็ดของข้าว TGMS จะเห็นว่าข้าว TGMS แสดงระบุเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ ในฤดูร้อน และในฤดูหนาวจะแสดงการติดเมล็ดในบางช่วงของอุณหภูมิ เนื่องจากการศึกษารังนี้ได้บันทึกการติดเมล็ดในช่วงอุณหภูมิสูงสุดในระยะเวลา 30 วัน ก่อนข้าวจะออกดอก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเสถียรของอุณหภูมิในช่วง 30 วันก่อนข้าวจะออกดอก มีผลต่อการติดเมล็ดของข้าว TGMS

ตารางที่ 10 การติดเมล็ดของข้าว TGMS ปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีในเดือนกันยายน

รหัสพันธุ์	อายุวันออกดอก (วัน)	เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด	ความสูง (ซม.)	จำนวนหน่อต่อต้น	ความยาวของเมล็ด (ม.ม.)	ความกว้างของเมล็ด (ม.ม.)	ความหนาของเมล็ด (ม.ม.)
B2	101	77.1±12.2	121.0±3.4	23.8±3.5	9.86±0.3	2.52±0.1	1.93±0.0
B4	74	49.4±11.1	120.0±2.8	15.0±2.2	9.08±0.4	2.43±0.1	1.83±0.1
B6	96	61.2±6.0	111.3±2.5	15.5±6.2	8.21±0.2	2.27±0.1	1.72±0.1
B7	92	42.3±6.7	121.0±1.4	4.0±1.4	10.55±0.3	2.15±0.1	1.88±0.0
B8	83	51.5±13.1	86.0±0.8	13.8±6.3	8.97±0.2	2.39±0.1	1.86±0.1

นอกจากนี้ได้ปลูกข้าว TGMS ที่ศูนย์ข้าวปทุมธานีในช่วงฤดูหนาวเพื่อศึกษาการติดเมล็ด โดยปลูกข้าว TGMS สายพันธุ์ B2, B4, B6, B7 และ B8 สายพันธุ์ละ 3 แถว แถวละ 5 ต้น เก็บเกี่ยวตรงกลางจำนวน 3 ต้น จากแต่ละสายพันธุ์ เพื่อดูลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ เช่น ความสูง จำนวนหน่อต่อต้น แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดจากรวงข้าวจำนวน 3 รวงต่อหนึ่งต้น จากการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดในข้าว TGMS ที่นำมาปลูกทดสอบทุกสายพันธุ์สูงกว่า 35 % (ตารางที่ 10) แสดง

ให้เห็นว่าสามารถเพิ่มปริมาณเมล็ดข้าว TGMS ได้ในช่วงฤดูหนาวของไทย การปลูกในฤดูหนาวในการทดลองนี้ข้าว TGMS เหล่านี้ติดเมล็ดได้ดี ดีกว่าการปลูกในกระถางทุก 2 สัปดาห์ ก่อนหน้านี้อาจเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิในช่วงที่ปลูกและสภาวะในแปลงปลูกเหมาะสมกับการติดเมล็ดของข้าวเหล่านี้ เนื่องจากในแต่ละปีอาจมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรปลูกข้าวเหล่านี้หลาย ๆ รุ่น แต่ละรุ่นห่างกัน 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ออกดอกในช่วงที่อุณหภูมิเหมาะสม ซึ่งจะทำให้ข้าว TGMS เหล่านี้ติดเมล็ดได้ดี

5. สรุปผลการทดลอง

ข้าว TGMS ทั้ง 7 สายพันธุ์ ที่ได้รับมาจาก IRRI ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่มียีน *tgms* ได้จากการอาบรังสีใน B2 และจากข้าว ID24 ได้แก่ B4, B5, B6, B7, B8 และ B9 โดยทั่วไปแล้วข้าวสายพันธุ์ TGMS เหล่านี้มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกับสายพันธุ์ไทย และสามารถเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมของไทย สายพันธุ์ TGMS ที่ได้รับทั้งหมดไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ข้าว B2, B5 และ B6 มีความสูงและวันออกดอกใกล้เคียงกับข้าวปทุมธานี 1 ส่วนข้าว B7, B8 และ B9 จะต้นเตี้ยกว่า และออกดอกได้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ข้าว TGMS เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ทดสอบ มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี คล้ายคลึงกับข้าวไทย เมื่อปลูกในแปลงทดลอง มีลักษณะเดียวกับข้าวไทย และไม่อ่อนแอต่อโรคมามากกว่าข้าวไทย ข้าว TGMS ทุกสายพันธุ์ จะแสดงเรณูเป็นหมันเกือบตลอดปี ข้าว TGMS หลายสายพันธุ์ เช่น B2, B4, B6, B7 และ B8 สามารถติดเมล็ดพันธุ์มากถึง 35-77 % เมื่อปลูกในแปลงช่วงฤดูหนาว ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ภาคกลางสามารถใช้สายพันธุ์ B2, B4, B6, B7 และ B8 เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดข้าวลูกผสม เมื่อปลูกในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม และสามารถปลูกเพิ่มเมล็ดในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ ขอขอบพระคุณ ดร.เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล คุณสุนิยม ตาปราบ และสุรเดช ปาละวิสุทธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทำให้งานนี้สำเร็จได้ด้วยดี

7. รายการอ้างอิง

- [1] USDA 2018, World Agricultural Production, Available Source: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>, June 23, 2018.
- [2] Tu, J., Zhang, G., Datta, K., Xu, C., He, Y., Zhang, Q., Khush, G.S., Datta, S.K., 2000, Field performance of transgenic elite commercial hybrid rice expressing *Bacillus thuringiensis*-endotoxin, Nat. Biotechnol. 18: 1101-1104.
- [3] Virmani, S.S., Sun, Z.X., Mou, T.M., Jauhar, A.A., Mao, C.X., 2003, Two-Line Hybrid Rice Breeding Manual, Los Banos (Philippines), International Rice Research Institute, 88 p.
- [4] Akagi, H., Nakamura, A., Misono, Y.Y., Inagaki, A. and Takahashi, H., 2004, Positional cloning of the rice *Rf-1* gene, a restorer of BT-type cytoplasmic male sterility that encodes a mitochondria-targeting PPR protein, Theor. Appl. Genet. 108: 1449-1457.
- [5] สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2552, การปรับปรุงพันธุ์พืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [6] Latha, R., Thiyagarajan, K. and Senthilvel, S., 2004, Genetics, fertility behaviour and molecular marker analysis of a new TGMS line, TS6, in rice Plant Breed. 123: 235-240.
- [7] เทพสุตา รุ่งรัตน์, สุทัศน์ จุลศรีไกรวัล, ดำเนิน กาละดี, อโณทัย ชุมสาย, 2553, ความดีเด่นของผลผลิตและลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าวลูกผสมข้าว

- ที่ 1 ระหว่างข้าวพันธุ์ดีของไทยกับข้าวสายพันธุ์
เกสรเพศผู้เป็นหมันแบบไวต่ออุณหภูมิ, ว.
เกษตร
26: 79-84.
- [8] Peng, H.F., Chen, X.H., Lu, Y.P., Peng,
Y.F., Wan, B.H., Chen, N.D., Wu, B., Xin,
S.P. and Zhang, G.Q., 2010, Fine mapping
of a gene for non-pollen type
thermosensitive genic male sterility in
rice (*Oryza sativa* L.), *Theor. Appl. Genet.*
120: 1013-1020.
- [9] Zhou, H., Zhou, M., Yang, Y.Z., Li, J., Zhu,
L.Y., Jiang, D.G., Dong, J.F., Liu, Q.J., Gu,
L.F., Zhou, L.Y., Feng, M.J., Qin, P., Hu, X.C.,
Song, C.L., Shi, J.F., Song, X.W., Ni, E.D.,
Wu, X.J., Deng, Q.Y., Liu, Z.L., Chen, M.S.,
Liu, Y.G., Cao, X.F., Zhuang, C.X., 2014,
RNase ZS1 processes Ubl40 mRNAs and
controls thermosensitive genic male
sterility in rice, *Nat. Commun.* 5: 4884-
4892.