การประเมินความทนทานต่อความแห้งแล้งของประชากรข้าวผสมกลับสุรินทร์1

Validation for drought tolerance genotypes in SURIN1 backcross introgression lines

จุรีรัตน์ ภาวงศ์[1*], บุญรัตน์ จงดี[2], เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์[3] และ สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์[4]

Jureerat Pharwong[1*], Boonrat Jongdee[2], Grianggrai Panwan[3] and Suwit Laohasiriwong[4]

บทคัดย่อ: พื้นที่ปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน ผลผลิตมีความแปรปรวนกว่าภูมิภาคอื่น เหตุผลที่สำคัญประการหนึ่งคือสภาวะแล้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นในทุกระยะเวลาคือ ต้น กลาง และปลายฤดูปลูก อย่างไรก็ตามพบว่าแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูปลูก มีผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่า แล้งที่เกิดในระยะอื่น ดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ทนต่อสภาพแล้งจึงเน้นที่ความทนแล้ง ในช่วงปลายฤดูหรือระยะออกดอกของข้าว เพื่อลดความเสียหายของผลผลิต สำนักวิจัยข้าวและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ได้ร่วมกันพัฒนาประชากรข้าวทนแล้งสุรินทร์1 โดยวิธีผสมกลับและใช้โมเลกุลเครื่องหมายในการคัดเลือก (marker assisted selection-MAS) จนถึงปัจจุบันได้ประชากรข้าวพันธุ์สุรินทร์1 ผสมกลับ 3 ครั้ง ชั่วที่ 5 ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ประชากรข้าวดังกล่าวจำนวน 90 สายพันธุ์ ได้นำมาประเมินความทนทานต่อสภาพแล้งในระยะออกดอกในแปลงทดสอบที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ในฤดูนาปี 2549 การประเมินดำเนินการใน 2 สภาพคือ 1) สภาพน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูกและ 2) สภาพแล้งในระยะออกดอก โดยการระบายน้ำออกเมื่อถึงระยะกำเนิดช่อดอก (panicle initiation-PI) เพื่อชักนำให้เกิดการขาดน้ำในช่วงข้าวออกดอก ผลการทดลองพบว่า ในสภาพแล้งระดับความรุนแรง โดยประเมินจากผลผลิตเฉลี่ยในสภาพแล้งที่ลดลงถึง 91% เปรียเทียบกับสภาพน้ำสมบูรณ์ และค่าศักย์ของน้ำที่ใบเฉลี่ยที่ 40 วันหลังจากระบายน้ำออก -19.1 Pa เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดีในสภาพแล้งลดลง 48% จำนวนรวงต่อกอ และความสูงในสภาพแล้งโดยเฉลี่ยลดลง มีการชะลอการออกดอกในสภาพแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพน้ำสมบูรณ์ ระหว่างสายพันธุ์ พบว่าผลผลิตในสภาพน้ำสมบูรณ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยให้ผลผลิตระหว่าง 509-729 กก./ไร่ แต่พบว่ามีความแตกต่างกันในสภาพแล้ง ซึ่งให้ผลผลิต 23-121 กก./ไร่ นอกจากนี้พบว่าจำนวนวันตั้งแต่ตกกล้าถึงการออกดอกที่ 75% มีความแตกต่างกันทั้งในสภาพน้ำสมบูรณ์และสภาพแล้ง และพบว่าการชะลอการออกดอกในสภาพแล้ง มีความแตกต่างกัน 1 ถึง 13 วัน สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับจำนวนวันออกดอกที่ 75% พบความสัมพันธ์ในเชิงลบในสภาพแล้ง แสดงถึงจำนวนวันออกดอกมีอิทธิพลกับการให้ผลผลิตในสภาพแล้ง และพบว่า การชะลอวันออกดอกในสภาพแล้งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับผลผลิต (r= -0.49, P<0.01)

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชัยภูมิ จ.ชัยภูมิ 36000
Agricultural Research and Development Chaiyaphum Center, Chaiyaphum, 36000

[2] ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34000
Ubon Ratchathani Rice Research Center, Ubon Ratchathani, Thailand, 34000

[3] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพฯ 10900
Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok,10900

[4] สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนครพนม จ.นครพนม 48000
President Office of Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, Thailand, 48000

* Corresponding author: noomee_9@yahoo.com

และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (r= -0.38, P<0.01) สหสัมพันธ์ระหว่างการชะลอการออกดอกกับผลผลิตแสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ข้าวทนแล้งในระยะออกดอกน่าจะมีลักษณะที่มีการชะลอวันออกดอกน้อย
คำสำคัญ: ข้าว, สภาพแล้ง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ประเมินพันธุ์ทนแล้ง

ABSTRACT: Rice growing areas in northeast Thailand are mostly is under rainfed lowland condition. Grain yield is low and vary depends on amount and distribution of rainfall. Drought is a major problem which can occur any time during growing period, early, mid and late season. Late season drought commonly occurs, causing significant yield reduction. Therefore breeding program emphasis on tolerance to late season drought (flowering stage) for maintaining yield production under drought condition will be evaluated. In collaboration between Rice research institute and BIOTEC Thailand, Surin1 drought tolerant rice population had been developed by molecular backcrossing. So far, the population had been advanced generation to BC3F5. In this study, total of 90 lines from this population was evaluated for under late season drought at Chum Phae Rice Research Center, Khon Kaen. There were 2 growing conditions, well water and drought stress at flowering stage. Under drought stress condition, water was drained out from experimental plot at panicle initiation stage (PI) for inducing drought stress. Under drought condition there was severely drought development which grain yield reduction was 91% in comparison to well water condition. Mean leaf water potential at 40 days after inducing stress was -19.1 Pa. In comparison to well water condition, there were reduction in filled grain percentage for 48%, panicle number and plant height. Flowering time was also delayed. Among genotypes, there were no significant (P>0.05) variation in grain yield, days to 75% flowering and flowering delay under both well and drought stress conditions, except grain yield under well water condition. Correlation between grain yield and days to 75% flowering was negatively significance only under drought stress condition, suggested that under drought stress condition days to flowering has significant effect on grain yield, early genotypes could be able to produce higher grain yield than late genotypes. There were found also under drought stress condition that delay in flowering has significant negative correlations with grain yield (-0.49, P<0.01) and filled grain percentage (-0.38, P<0.01). The correlation suggested that less delay in flowering was desirable character for drought tolerance at flowering stage.
Keywords: rice, drought, North-east Thailand, Validation for drought tolerance genotypes

บทนำ

สภาพแล้งนับเป็นปัญหาหลักที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของข้าว โดยเฉพาะในพื้นที่นาน้ำฝน ซึ่งการเพาะปลูกต้องอาศัยน้ำฝนเป็นสำคัญ การให้ผลผลิตจึงขึ้นกับปริมาณและการกระจายตัวของฝน (Tsubo et al., 2009) โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่อยู่ภายใต้สภาพนาน้ำฝนผลผลิตข้าวในภูมิภาคนี้จึงมีความแปรปรวนสูง ประกอบกับคุณสมบัติของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ข้าวขาดน้ำอยู่เสมอ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวที่ได้ต่ำกว่าภาคอื่นๆ (Somrith and Chamarerk, 1996) จากสภาพความแปรปรวนดังกล่าวสภาพการขาดน้ำหรือสภาพแล้งสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกระยะเวลาในช่วงฤดูปลูก ซึ่งจะส่งผลกระทบที่แตกต่างกัน ถ้าหากความแห้งแล้งเกิดต้นฤดู น้ำในนาไม่เพียงพอต่อการปักดำส่งผลให้การปักดำล่าช้าและใช้กล้าอายุมากซึ่งจะมีผลต่อช่วงระยะเวลาของการสะสมน้ำหนักแห้งที่สั้นกว่าปกติ เนื่องจากข้าวที่เพาะปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวไวแสงทำให้การให้ผลผลิตที่ได้ไม่สูงเท่าที่ควร หรือถ้าหากการขาดน้ำเกิดช่วงกลางฤดู จะส่งผลต่อการแตกกอและการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งเช่นกัน และหากการขาดน้ำเกิดช่วงปลายฤดู จะมีผลต่อการให้ผลผลิตมากกว่าช่วงแล้งที่เกิดในระยะต้นและกลางฤดูปลูก เนื่องจาก การลีบของเมล็ด อันเนื่องมาจากปัญหาการผสมเกสร ซึ่งจะส่งผลต่อการเติมเต็มเมล็ดของข้าวที่ไม่สมบูรณ์ (Jongdee et al., 2002) ดังนั้นในการพัฒนาพันธุ์ข้าวนาน้ำฝน จึงเน้นที่การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีความทนแล้งปลายฤดู หรือในระยะที่ข้าวออกดอก เพื่อลดความเสียหายของผลผลิตเนื่องจากความแล้งที่เกิดขึ้นในปลายฤดูปลูก

การพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ทนแล้งมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แต่พบว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่อาศัยผลผลิตเป็นดัชนีในการคัดเลือกเพียงอย่างเดียว

มีความก้าวหน้าค่อนข้างน้อย เหตุผลหนึ่งเนื่องมาจากผลผลิตในสภาพแล้งนั้นมีความแปรปรวนสูง และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมข้าวกับสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction-G x E) มีสูงกว่าความแตกต่างของพันธุกรรม (Lafitte and Courtois, 2002) ดังนั้นจึงได้มีข้อเสนอแนะให้มีการนำลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาบางประการที่บ่งบอกความทนทานต่อสภาพแล้งและสามารถใช้เป็นดัชนีช่วยในการคัดเลือกได้ เช่น การรักษาค่าศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential-LWP) (Jongdee et al., 2002) การชะลอการออกดอก (Pantuwan., 2002c) และดัชนีความทนทานต่อสภาพแล้ง (drought response index-DRI) (Pantuwan et al, 2004; Ouk et al, 2006) ร่วมกับการใช้ผลผลิตในการคัดเลือก นอกจากนั้นยังมีการเสนอแนะให้ใช้ drought score ในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น ในการคัดเลือกเบื้องต้นเมื่อมีจำนวนสายพันธุ์มากๆ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่อ่อนแอออกไปก่อน ซึ่งจะเป็นการลดจำนวนสายพันธุ์ให้เหลือน้อยลง เพื่อความสะดวกในการคัดเลือกในขั้นตอนต่อไป และอีกแนวทางหนึ่งที่นำมาช่วยในการคัดเลือกคือ การใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือก (marker-assisted selection-MAS) (Sarkarung and Pantuwan, 1999) ในชั่วรุ่นต้นๆ ที่ประชากรมีจำนวนมาก และยังสามารถคัดเลือกต้นหรือสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการได้โดยไม่ต้องดำเนินการในสภาพแปลง จึงเป็นส่วนช่วยร่นระยะเวลารวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกได้ (Subashri et al., 2009)

โครงการความร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยข้าวกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพมีการดำเนินงานประเมินความทนแล้งของประชากรข้าว double haploid ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง CT9993-5-10-1-M ซึ่งมีระบบรากลึกและทนแล้งได้ดี กับ สายพันธุ์ IR 62266-42-6-2 ซึ่งมีระบบรากตื้นแต่มีการปรับออสโมติก (osmotic adjustment) ได้ดี จากข้อมูลของการประเมินความทนแล้ง ได้พัฒนาโมเลกุลเครื่องหมายสำหรับลักษณะความทนทานต่อสภาพแล้งในระยะออกดอก เช่น การรักษาศักย์ของน้ำในใบ (LWP) การชะลอการออกดอก และ drought response index นอกจากนี้ได้คัดเลือก สายพันธุ์ข้าวที่ทนแล้ง 2 สายพันธุ์คือ IR 68586-F2-CA-143 และ IR 68586-F2-CA-43 ซึ่งนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ที่ให้ลักษณะทนแล้ง (donor) ในการพัฒนาประชากรสุรินทร์1ผสมกลับ ซึ่งพันธุ์ข้าวสุรินทร์1เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ทนทานโรคไหม้และขอบใบแห้งและทนทานต่อดินเค็ม โดยทำการผสมกลับ 3 ครั้ง และใช้โมเลกุลเครื่องหมายในการคัดเลือก (MAS) ในทุกครั้งของการผสมกลับ และประชากรข้าวสุรินทร์1 ผสมกลับดังกล่าวได้มีการเร่งชั่วอายุจนได้ประชากรชั่วที่ 5

อย่างไรก็ตามประชากรข้าวสุรินทร์1 ผสมกลับที่พัฒนาขึ้น ยังไม่ได้รับการประเมินผลผลิตและความทนแล้งในสภาพแปลงทดลอง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ จึงนำประชากรข้าวดังกล่าวมาประเมินลักษณะทางสรีระวิทยาและสัณฐานวิทยาบางประการของประชากรข้าวที่คัดเลือกมา ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ประเมินความสามารถในการทนแล้งของประชากรข้าวผสมกลับพันธุ์สุรินทร์1 และศึกษาลักษณะสหสัมพันธ์บางประการที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนแล้งของข้าว

วิธีการศึกษา

สายพันธุ์ข้าว

ประชากรข้าวสุรินทร์1 ผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 5 (BC3F5) จำนวน 90 สายพันธุ์ ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง พันธุ์สุรินทร์1 กับ สายพันธุ์ Double haploid ที่ได้จากการเลี้ยงอับละอองเกสรที่มีคุณสมบัติในการทนแล้ง 2 สายพันธุ์คือ IR68586-F2-CA-143 และ IR68586-F2-CA-43 ซึ่งสายพันธุ์ทั้งสองได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ CT9993-5-10-1-M กับสายพันธุ์ IR62266-42-6-2 และพันธุ์เปรียบเทียบ (check) 2 พันธุ์/สายพันธุ์ คือสุรินทร์1 และ IR57514-PMI-5-B-1-2 โดยศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่นในฤดูนาปี 2549 ได้มีการจัดการน้ำ 2 สภาพ คือ

1) สภาพให้น้ำสมบูรณ์โดยให้มีการรักษาระดับน้ำในแปลงนา ตั้งแต่ปักดำถึงสุกแก่ให้อยู่ในระดับ 15-20 ซม.

2) สภาพแล้ง มีการให้น้ำแบบสมบูรณ์ตั้งแต่ปักดำเช่นเดียวกับในสภาพน้ำสมบูรณ์จนถึงระยะกำเนิดช่อดอก (PI) จึงทำการระบายน้ำออกจากแปลง เพื่อให้แปลงทดลองเกิดสภาพแล้งในช่วงออกดอก จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

วางแผนการทดลองแบบ alpha lattice จำนวน 3 ซ้ำ ตกกล้าวันที่ 11 สิงหาคม 2549 ปักดำวันที่ 12 กันยายน 2549 ทำการปักดำ 1 ต้น/กอ ขนาดแปลงย่อยขนาด 1 ม. x 2 ม. ระยะปักดำ 20 ซม. x 20 ซม. (5 แถวปลูก x 10 แถวปลูก) แปลงทดลองทั้งสองใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กก./ไร่ 7 วันหลังปักดำ และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กก./ไร่ มีการป้องกันกำจัดโรค แมลง และสัตว์ศัตรู ทำการบันทึกข้อมูลผลผลิต จำนวนเมล็ดดี เมล็ดลีบต่อรวง และน้ำหนักเมล็ด วันออกดอกที่ 75%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพน้ำสมบูรณ์

สภาพน้ำสมบูรณ์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 623 กก./ไร่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยสายพันธุ์ IRUBN 030063-9-26 (สายพันธุ์ที่ 53) ให้ผลผลิตสูงสุด 729 กก./ไร่ สายพันธุ์ IRUBN 030070-9-23 (สายพันธุ์ที่ 60) ให้ผลผลิตต่ำสุด 509 กก./ไร่ จำนวนวันตั้งแต่ตกกล้าจนถึงวันออกดอกที่ 75% มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) สายพันธุ์ที่ออกดอกเร็วที่สุดคือ สายพันธุ์ที่ 40 (IRUBN 030063-5-46) 101 วันหลังตกกล้า และสายพันธุ์ที่ 37 53 และ 89 (IRUBN 030063-5-2, IRUBN 030063-9-26 และ IRUBN 030073-11-98) ออกดอกช้าที่สุด 110 วันหลังตกกล้า ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 79% ถึง 95% และมีค่าเฉลี่ยที่ 89% สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดีมากที่สุดมี 2 สายพันธุ์คือ IRUBN 030063-9-4 และ IRUBN 030063-9-16 (สายพันธุ์ที่ 47 และ 50) ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index-HI) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าเฉลี่ย 0.5 สายพันธุ์ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุด คือ สายพันธุ์ที่ 72 IRUBN 030073-6-24 (0.56) จำนวนรวง/กอ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) สายพันธุ์ที่มีจำนวนรวงมากสุด 2 สายพันธุ์ คือ IRUBN 030073-11-17 และ IRUBN 030063-5-63 (สายพันธุ์ที่ 44 และ 84 ตามลำดับ) มีจำนวนรวง 10 รวง/กอ ความสูงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีความสูงเฉลี่ย 104 ซม. สายพันธุ์ที่มีความสูงมากสุดคือ IRUBN 030056-10-87 สูง 114 ซม. **(Table 1)**

สภาพแล้ง

สภาพแล้งสายพันธุ์ข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 58 กก./ไร่ ซึ่งคิดเป็นเพียง 9.3% ของผลผลิตเฉลี่ยในสภาพน้ำสมบูรณ์ (623 กก./ไร่) และสายพันธุ์ IRUBN 030063-5-46 (สายพันธุ์ที่ 40) ให้ผลผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นว่า สภาพแล้งมีความรุนแรงมากทำให้ผลผลิตข้าวลดลงอย่างมากสอดคล้องกับรายงานของ Pantuwan et al. (2002a) ซึ่งพบว่าผลผลิตข้าวลดลงมากถึง 82% เมื่อเกิดสภาพแล้งที่รุนแรงในระยะข้าวออกดอกจนถึงช่วงการเติมเต็มเมล็ดซึ่งเป็นช่วงวิกฤต (critical period) เมื่อข้าวขาดน้ำในระยะดังกล่าวจะส่งผลต่อการให้ผลผลิตอย่างมาก จำนวนวันตั้งแต่ตกกล้าจนถึงวันออกดอกที่ 75% ในสภาพแล้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยวันออกดอกเฉลี่ยคือ 113 วันหลังตกกล้าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพน้ำสมบูรณ์ (107 วันหลังตกกล้า) แสดงให้เห็นว่าในสภาพแล้งมีการชะลอการออกดอก เนื่องจากอัตราการเกิดช่อดอกอ่อนช้าลง การยืดตัวของช่อดอกอ่อนผ่านทางใบธงช้าลง มีผลทำให้ข้าวออกดอกช้าลง (O'Toole and Namuco, 1983) และพบว่าการโผล่ของรวงไม่สมบูรณ์เมื่อข้าวกระทบแล้งทำให้การผสมเกสรไม่สมบูรณ์ การเติมเต็มเมล็ดจึงลดลง ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของข้าว (Pantuwan et al., 2002b) โดยสายพันธุ์ที่ออกดอก

เร็วที่สุดมี 4 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ IRUBN 030063-5-46, IRUBN 030063-5-56, IRUBN 030063-5-60 และ IRUBN 030063-5-74 (สายพันธุ์ที่ 40, 42, 43 และ 45 ตามลำดับ) คือ 107 วันหลังตกกล้า ซึ่งพบว่ามีการชะลอการออกดอกเช่นเดียวกันเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ที่มีการออกดอกเร็วที่สุดในสภาพน้ำสมบูรณ์ โดยเฉลี่ยในสภาพแล้งมีการชะลอการออกดอกล่าช้ากว่าในสภาพน้ำสมบูรณ์ 6 วัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Pantuwan et al. (2002b) ซึ่งพบว่าเมื่อเกิดสภาพแล้งในช่วงระยะการออกดอกของข้าว ทำให้ข้าวมีการชะลอการออกดอกออกไปถึง 10 วัน และยังพบว่าสายพันธุ์ที่มีการชะลอการออกดอกที่มากจะส่งผลต่อผลผลิต เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และดัชนีเก็บเกี่ยวด้วย ระหว่างสายพันธุ์พบว่า สายพันธุ์ IRUBN 030063-5-74 (สายพันธุ์ที่ 45) ไม่มีการชะลอการออกดอก คือ -1 วัน สายพันธุ์ที่มีการชะลอการออกดอกมากที่สุดคือ IRUBN 030056-10-1 (สายพันธุ์ที่ 1) คือ 13 วัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดีโดยเฉลี่ยในสภาพแล้งมีเพียง 41% ในขณะที่ในสภาพน้ำสมบูรณ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 89% แสดงให้เห็นว่าในสภาพแล้งเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลงมากถึง 48% ซึ่ง Rahman and Yoshida (1985) พบว่าน้ำหนักเมล็ดลดลงราว 16-20 % เมื่อความชื้นของดินลดลง 50% ของ field capacity Boonjung and Fukai (1996) ได้ตั้งข้อสังเกตว่า เมื่อสภาพแล้งเกิดขึ้นในระยะสร้างเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีจะลดลง 40% และมีน้ำหนักของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดจะลดลง 20% และในระหว่างสายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 3-73% โดยสายพันธุ์ IRUBN030056-10-34 และ IRUBN030063-5-56 (สายพันธุ์ที่ 7 และ 42 ตามลำดับ) มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดีสูงที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Jongdee et al. (2002) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ข้าวทดสอบที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแล้งช่วงระยะออกดอกส่งผลให้เกิดเมล็ดลีบ ส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวของทุกสายพันธุ์ลดลงอย่างมากเนื่องด้วยสภาพแล้งที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 0.05-0.13 ขณะที่สุรินทร์1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยว 0.07 สายพันธุ์มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่า สุรินทร์1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จำนวน 47 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด ได้แก่ IRUBN030063-5-60 (สายพันธุ์ที่ 43) และสายพันธุ์ IRUBN030063-5-46 คือ 0.20 ซึ่งพบว่าลดลงจากสภาพน้ำสมบูรณ์ถึง 0.36 สอดคล้องกับการศึกษาของ Pantuwan et al. (2002a) พบว่า ดัชนีเก็บเกี่ยวในสภาพแล้งช่วงระยะออกดอกถึงระยะเติมเต็มเมล็ดลดลงถึง 0.29 เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพน้ำสมบูรณ์ ส่วนจำนวนรวง/กอในสภาพแล้งโดยเฉลี่ยลดลงจากในสภาพน้ำสมบูรณ์ ในสภาพแล้งมีจำนวนรวงเฉลี่ย 5 รวง/กอ ในขณะที่สภาพสมบูรณ์มีจำนวนรวงเฉลี่ย 7 รวง/กอ สอดคล้องกับการศึกษาของ Pantuwan et al. (2002a) ที่พบว่าจำนวนรวงต่อพื้นที่ในสภาพแล้งลดลงถึง 15% ของสภาพน้ำดี ความสูงของข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีความสูงเฉลี่ย 72 ซม. ซึ่งพบว่ามีความสูงน้อยกว่าในสภาพน้ำสมบูรณ์ที่มีความสูงเฉลี่ยถึง 104 ซม. (Table 2)

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอกกับการให้ผลผลิต พบว่า วันออกดอกมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตในสภาพแล้งเป็นอย่างมาก (Figure 1) กล่าวคือ สายพันธุ์ที่ออกดอกเร็วจะให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเริ่มเกิดสภาพแล้ง น้ำในดินที่ต้นข้าวจะนำใช้ประโยชน์ได้นั้น จะลดลงจนกระทั่งหมดไป ทำให้สายพันธุ์ที่ออกดอกช้าต้องอยู่ในสภาพที่ขาดน้ำหรือกระทบแล้งเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ผลผลิตลดลง ตรงกันข้ามกับสายพันธุ์ที่ออกดอกเร็วกว่า สายพันธุ์เหล่านี้จะเลี่ยงแล้ง (drought escape) โดยได้ออกดอกในช่วงที่น้ำในดินมีเหลืออยู่มากกว่าจึงทำให้สายพันธุ์ที่มีวันออกดอกเร็วกว่าได้ใช้ประโยชน์ของน้ำที่เหลืออยู่ได้มากกว่า จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตมากกว่าสายพันธุ์ที่มีวันออกดอกช้า Jearakongman et al., 1995; Inthapanya et al. 1997; Rajatasereekul et al., 1997) และ Pantuwan et al. (2002b) พบว่าวันออกดอกสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตในระดับปานกลาง (r^2=0.45, P<0.01) นอกจากนั้นสภาพแล้งยังส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งต้นของข้าว ซึ่งการสะสมน้ำหนักแห้งต้นนั้นสัมพันธ์กับการออกดอกของ

ข้าว โดยพบว่าสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งต้นที่สูงจะมีความสามารถในการออกดอกที่เร็วกว่าสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งต้นน้อยเมื่อเกิดสภาพแล้ง การชะลอวันออกดอกของสายพันธุ์ข้าวในการทดลองในสภาพแล้งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับผลผลิต ($r = -0.49$, $P<0.01$; **Figure 2**) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ($r = -0.38$, $P<0.01$; **Figure 3**) สายพันธุ์ที่มีการชะลอวันออกดอกน้อยจะให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด ดีกว่าสายพันธุ์ที่มีการชะลอวันออกดอกมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wopereis et al. (1996); Boonjung and Fukai (1996); Pantuwan et al. (2002b) พบว่าการชะลอวันออกดอกอันเป็นผลจากการกระทบแล้งมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิต เนื่องจากปริมาณน้ำในต้นพืชที่ลดต่ำลงเมื่อเกิดสภาพแล้งทำให้ความสามารถในการเติมเต็มเมล็ดของข้าวลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Jongdee et al. (2002) พบว่าเมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบลดต่ำลงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มสูงขึ้น

สรุป

การพัฒนาประชากรข้าวทนแล้ง โดยใช้สายพันธุ์ข้าวที่ทนแล้งผสมพันธุ์กับพันธุ์สุรินทร์ 1 แบบผสมกลับ (backcross) สายพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ดังกล่าวถูกนำมาประเมินความทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งในระยะออกดอกในสภาพแปลง ในจำนวนนี้มีสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อสภาพแล้ง คือสามารถให้ผลผลิตดีกว่าสุรินทร์1 จำนวน 50 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่ไม่มีการชะลอการออกดอกมีผลผลิตสูงกว่าโดยพบว่าผลผลิตในสภาพแล้งเกี่ยวข้องกับวันออกดอกและศักยภาพในการให้ผลผลิตที่มีอยู่ในพันธุกรรมข้าวด้วย ดังนั้นการประเมินความทนทานต่อสภาพความแห้งแล้ง สายพันธุ์ที่ดีนั้นควรมีวันออกดอกตรงตามลักษณะสายพันธุ์และมีการชะลอการออกดอกที่น้อย เนื่องจากการชะลอการออกดอกจะส่งผลให้ผลผลิตลดลงตามจำนวนวันที่ชะลอออกไป ดังนั้นการชะลอการออกดอกอาจเป็นลักษณะหนึ่งที่นำไปใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถในการทนทานต่อสภาพแล้งได้

Table 1 Analysis of variance of grain yield , days to 75 % flowering, filled grain percentage by weight , harvest index, number of panicle/ hill and plant height of 90 genotypes under well water condition.

	Grain yield (kg/rai)	Days to 75 % (day)	Filled grain percentage by weight	Harvest index	Number of panicle per hill	Plant height (cm)
Mean	623	107	89	0.50	7	104
Max	729	110	95	0.56	10	114
Min	509	97	79	0.41	5	92
F-test	ns[1/]	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.5	2.4	3.2	6.8	16.7	3.3

[1/] Comparison of 90 genotypes in a column; ns = not significant, ** Significant <0.01 probability level.

Table 2 Analysis of variance of grain yield, days to 75 % flowering, filled grain percentage by weight, harvest index, number of panicle per hill, plant height and delay in flowering of Surin1 backcross genotypes and 2 standard check genotypes/varieties under drought condition.

	Grain yield (kg/rai)	Days to 75 % Flowering (day)	Filled grain percentage by weight	Harvest index	Number of panicle per hill	Plant height (cm)	Delay in flowering (day)
Mean	58	113	41	0.09	5	72	6
Max	121	119	73	0.20	7	88	13
Min	23	97	3	0.04	3	59	-1
F-test	**[1/]	**	**	**	**	**	na[2/]
C.V. (%)	38.3	2.7	46.8	32.3	18.0	5.9	na

[1/] Comparison of 90 genotypes in a column; ** Significant ≤ 0.01 probability level.

[2/] na = not available analysis data.

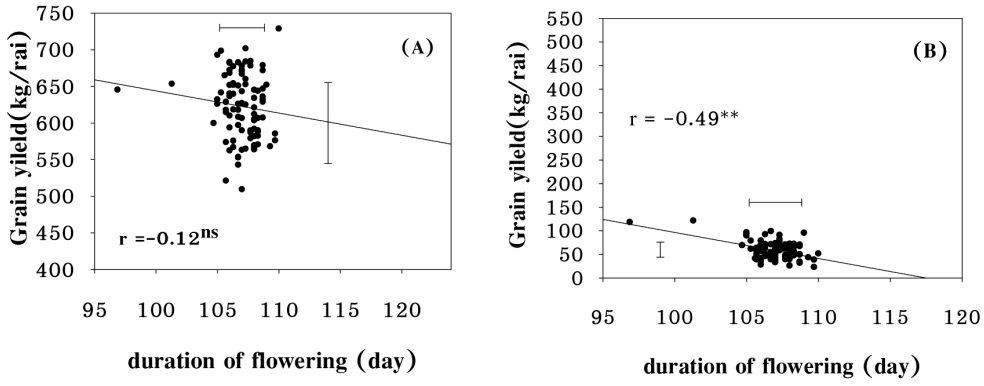

Figure 1 Correlations between days to 75% flowering and gain yield under well water condition (A) and drought condition (B). Horizontal and Vertical bars are 5% LSD applicable to differences for duration of flowering and grain yield among lines in A and B conditions. (ns = not significant, ** Significant <0.01 probability level)

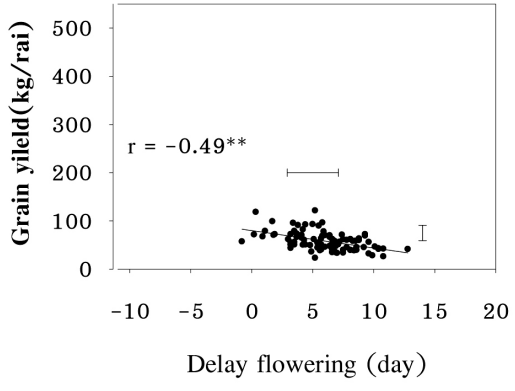

Figure 2 Correlation between grain yield and delay in flowering under drought condition. Horizontal and Vertical bars are 5% LSD applicable to differences for delay flowering and grain yield among lines. (** Significant <0.01 probability level)

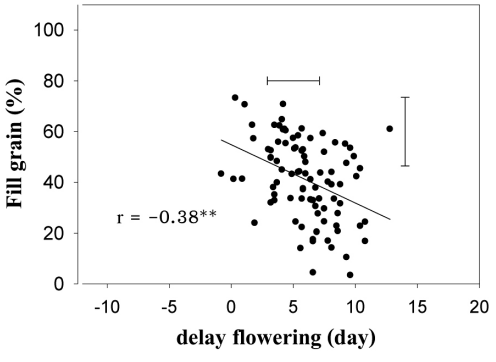

Figure 3 Correlation between filled grain weight percentage and delay in flowering under drought condition. Horizontal and Vertical bars are 5% LSD applicable to differences for delay flowering and fill grain weight percentage among lines. (** Significant <0.01 probability level)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการและศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

Boonjung, H., and S. Fukai. 1996. Effects of soil water deficit at different growth stage on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield. Field Crops Res. 48:47-55.

Inthapanya, P., Sipaseuth, V. Sithathep, M. Chanphengsay, and S.Fukai. 1997. Drought problems and genotype requirements for rainfed lowland rice in Lao PDR. P. 74-80. In: Breeding Strategies for Rainfed Lowland Rice in Drought-Prone Environments. Proceedings of an International Workshop 5-8 November 1996. Ubon Ratchatani. Thailand..

Jearakongman, S., S. Rajatasereekul, K. Naklang, P. Romyen, S. Fukai, E. Skulkhu, B. Jumpaket, and K. Nathabutr. 1995. Growth and grain yield of contrasting rice cultivars grown under different conditions of water availability. Field Crops Res. 44:139-150.

Jongdee.B., S, Fukai, and M. Cooper. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. Field Crops Res. 76:153-163.

Lafitte, H.R., and B. Courtois. 2002. Interpreting cultivar x environment interactions for yield in unland rice: assigning value to drought-adaptive traits. Crop Sci. 42:1409-1420.

O'Toole.J.C, and O.S. Namuco. 1983. Role of panicle exsertion in water stress induced sterility. Crop Sci. 23:1093-1097.

Ouk, M., J. Basnayake, M. Tsubo, S. Fukai, K.S. Fischer, M. Cooper, and H. Nesbitt. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. Field Crops Res. 99:48-58.

Pantuwan G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, and J.C. O'Toole. 2002a. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands. 1. Grain yield and yield components. Field Crops Res. 73:153-168.

Pantuwan G., S. Fukai, M. Cooper, and S. Rajatasereekul, and J.C. O'Toole. 2002b. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands. 2. Selection of drought resistant genotypes. Field Crops Res. 73:169-180.

Pantuwan G., S. Fukai.M. Cooper.S. Rajatasereekul, and J.C. O'Toole. 2002c. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands. 3. Plant factors contributing to drought resistance. Field Crops Res. 73:181-200.

Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, J.C. O'Toole, and J. Basnayake. 2004. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands. 4. Vegetative stage screening in the dry season. Field Crops Res. 89:281-297.

Rahman, M.S., and S. Yoshida. 1985. Effect of water stress on grain filling in rice. Soil Sci. Plant Nutr. 31: 497-511.

Rajatasereekul, S., S. Sriwisut, P. Porn-uraisanit, S. Ruangsook, J.H. Mitchell, and S. Fukai. 1997. Phenology requirement for rainfed lowland rice in Thailand and Lao PDR. P. 97-103. In: Breeding strategies for rainfed lowland rice in drought-prone environments. Proceedings of an International Workshop 5-8 November 1996. Ubon Ratchatani. Thailand.

Sarkarung, S., and G. Pantuwan. 1999. Improving rice for drought-prone rainfed lowland environments. P. 57-70. In: Genetic Improvement of Rice for Water-Limited Environments, IRRI, Los Banos, Philippines.

Somrith, B., and V. Chamarerk. 1996. Rice productions situation in Northeastern Thailand. The Rainfed Lowland Rice Research Consortium Mid-term Research Review Meeting. March 20-21,1996. Ubon Ratchathani. Thailand.

Subashri, M., S. Robin, K. K. Vinod, S. Rajeswari, K. Mohanasundaram, and T. S. Raveendran. 2009. Trait identification and QTL validation for reproductive stage drought resistance in rice using selective genotyping of near flowering RILs. Euphytica. 166:291-305.

Wopereis, M.C.S., M.J. Kropff, A.R. Maligaya, and T.P. Tuong. 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. Field Crops Res. 46:21-39.