

ความดีเด่นของข้าวลูกผสมเซบั้งไฟ 1 ภายใต้สภาพปกติและสภาพ แล้งในระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วงสืบพันธุ์

Heterosis of Xebangfai 1 hybrid rice under well water and drought condition in reproductive

โพธิ์เพชร พรแก้วประเสริฐ¹, จิรวัดน์ สนิทชน^{2*}, พลัง สุริหาร³, สมพงศ์
จันทร์แก้ว⁴ และ ติดาร์ตน์ มอญขาม⁵

Phophet Phonkeopaseuth¹, Jirawat Sanitchon^{2*}, Bhalang Suriharn³
Sompong Chankaew⁴ and Tidarat Monkham⁵

บทคัดย่อ: พันธุ์ข้าวเซบั้งไฟ 1 เป็นข้าวเหนียว นิยมปลูกอย่างแพร่หลายในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เนื่องจากมีคุณภาพการหุงต้มดี และให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลัน แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความอ่อนแอต่อสภาพแล้ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะผลผลิตและความทนแล้ง โดยใช้พันธุ์ข้าวเซบั้งไฟ 1 เป็นพันธุ์พ่อ และข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของไทยที่มีรายงานความทนทานต่อสภาพความแล้งจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ ULR 113, ULR 199, ULR 012, ULR 125 และ ULR 007 เป็นพันธุ์แม่ จากการศึกษาความดีเด่นของลูกผสมทั้ง 5 คู่ผสมในสภาพปกติและสภาพแล้ง พบว่าคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์ ULR199 และพันธุ์ข้าวเซบั้งไฟ 1 ให้ค่าความดีเด่น Mid-parent heterosis (MH) และ Better-parent heterosis (BH) ในสภาพแล้งของลักษณะผลผลิตทั้งหมดสูงกว่าคู่ผสมอื่นๆ (MH = 221.2**, BH = 168.6**) นอกจากนี้ยังให้ค่า Mid-parent heterosis (MH) และ Better-parent heterosis (BH) ในสภาพแล้งของลักษณะการมีนใบ (MH = -22.66*, -32.69*) และใบตาย (MH = -21.4*, -32.5*) ที่ต่ำกว่าคู่ผสมอื่นๆ จึงเป็นคู่ผสมที่ดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าเมื่ออยู่ในสภาพแล้งผลผลิตมีสหสัมพันธ์เชิงบวก กับลักษณะทางกายภาพ เช่น เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ($r = 0.91^{**}$), น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r = 0.72^{**}$), ความยาวรวง ($r = 0.76^{**}$), จำนวนเมล็ดต่อรวง ($r = 0.73^{**}$), จำนวนหน่อต่อกอ ($r = 0.76^{**}$), จำนวนรวงต่อกอ ($r = 0.73^{**}$), มวลชีวภาพ ($r = 0.90^{**}$), น้ำหนักแห้งราก ($r = 0.82^{**}$), การฟื้นตัวข้าวอายุ 92 วัน ($r = 0.77^{**}$) และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว ($r = 0.91^{**}$) แต่ผลผลิตเมล็ดในสภาพแล้ง มีค่าสหสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ($r = -0.90^{**}$), คะแนนใบตาย ($r = -0.46^{**}$), คะแนนมีนใบ ($r = -0.46^{**}$) และค่าศักยภาพของน้ำในข้าวอายุ 79 วัน ($r = -0.48^{**}$) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของสายสัมพันธ์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกข้าวทนแล้งได้.

คำสำคัญ: ไก่คออ่อน, ปริมาณ, คุณภาพ, น้ำเชื้อ

Received December 27, 2018

Accepted May 13, 2019

¹ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand 40002

² ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Plant Breeding Research Center for Sustainable Agriculture, Khon Kaen University, Thailand 40002

* Corresponding author: jirawat@kku.ac.th

ABSTRACT: Xebangfai 1 is a glutinous rice cultivar which is the most popular in Lao PDR due to its non photosensitive that enable to produce all year round with high eating and cooking quality. Moreover, it was introgressed Sub1 gene for flooding tolerance but it is susceptible to drought stress condition. This research aimed to develop 5 hybrid crosses and to evaluate heterosis of those lines for high yield and drought tolerance. The rice varieties Xebangfai 1 was used as a donor (male parent) and 5 Thai indigenous upland rice varieties included ULR 007 ULR 012, ULR 113, ULR 125 and ULR 199 were female parent. Heterosis of hybrid rice was evaluated for its tolerance to drought condition. Correlation of some agronomic traits related to drought tolerance traits were also examined. The study of heterosis of 5 hybrids rice found that the cross between ULR199/ Xebangfai 1 gave the highest mid-parent heterosis (MH) and better-parent heterosis (BH) in the total yield (MH = 221.2** BH = 168.6**), drought score (MH = -21.4*-32.5*) and leaf rolling score (MH = -22.66*-32.69*). The heterosis revealed that the hybrid was great in drought tolerance characters. grain yield was positively correlated with percent of filled grain ($r = 0.91^{**}$), 100 grain weight ($r = 0.72^{**}$), panicle length ($r = 0.76^{**}$), no. of grain/panicle ($r = 0.73^{**}$), no. of tiller/plant ($r = 0.76^{**}$), no. of panicle/plant ($r = 0.73^{**}$), biological yield ($r = 0.90^{**}$), root dry weight ($r = 0.82^{**}$), recovery score ($r = 0.77^{**}$) and harvest index ($r = 0.91^{**}$), while it had the negative correlation with percent of unfilled grain ($r = -0.90^{**}$), drought score ($r = -0.46^{**}$), leaf rolling score ($r = -0.46^{**}$) and leaf water potential at 79 DAP ($r = -0.48^{**}$). This study depicted heterosis of crossed lines has high benefit for hybrid development and breeding program. Moreover, traits related with yield and drought tolerance under water deficit condition could be used as selection criteria under water deficit condition.

Keywords: Indirect selection , Yield constraint, Yield components , Hybrid rice, Tolerance to flooding

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ซึ่งสามารถผลิตข้าวได้ร้อยละ 90% ของผลผลิตข้าวของโลก (Wassmann et al., 2009) ปัจจุบันการผลิตข้าวได้รับผลกระทบจากสภาวะอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงของโลกโดยเฉพาะพื้นที่ผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝนทำให้ผลผลิตข้าวลดลงอย่างมาก (Fukai and Ouk, 2012) เกิดจากการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอ ก่อให้เกิดความแล้งได้ในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ข้าวประสบกับภาวะแห้งแล้ง โดยเฉพาะในระยะเวลาเจริญเติบโตช่วงสีบน้ำพันธุ์ มีการประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวให้มีความสามารถในการปรับตัวเพื่อให้ทนทานต่อความแห้งแล้ง (Pharwong et al., 2555) แต่ความก้าวหน้าในการศึกษายังมีความล่าช้า เนื่องจากลักษณะความทนแล้งเป็นลักษณะทางด้านปริมาณ (Quantitative trait) (Lanceras et al., 2004) ทำให้การคัดเลือกโดยอาศัยลักษณะผลผลิตเพียงอย่างเดียวเป็นไปได้ยาก การคัดเลือกคู่ผสมที่มีลักษณะที่ดีเด่นกว่าพ่อแม่ (Heterosis) เป็นอีกกระบวนการหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์ที่จำเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาพันธุ์

ข้าวให้มีลักษณะทนแล้ง (Virmani et al., 2006) มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าว โดยใช้ข้าวไร่เป็นสายพันธุ์ผู้ให้ เนื่องจากมีความดีเด่นในลักษณะรากลึก (Mambani and Lal, 1983) และประสิทธิภาพของการใช้น้ำที่ดีกว่าข้าวนาสวน (Guimarães et al., 2013) จากการศึกษาของ Nareenut et al. (2015) พบว่าข้าวไร่พื้นเมืองจำนวน 5 พันธุ์ มีความสามารถทนทานต่อความแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี สามารถนำไปเป็นแหล่งของยีนทนทานต่อความแห้งแล้งได้ จึงนำพันธุ์ดังกล่าวมาทำการผสมกับข้าวพันธุ์เซบั้งไฟซึ่งเป็นข้าวที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เนื่องจากมีคุณภาพการหุงต้มดี เป็นข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง มีผลผลิต 5-6 ตันต่อเฮกตาร์ และทนน้ำท่วม แต่ไม่ทนทานต่อสภาพแล้ง (Xangsayasane et al., 2012) ดังนั้น การจะปรับปรุงพันธุ์ข้าวเซบั้งไฟ 1 ให้มีลักษณะทนแล้ง จึงจำเป็นต้องคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพสูงเพื่อสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F₁) ที่มีลักษณะดีเด่นเหนือพ่อแม่ (Heterosis) ในด้านความทนแล้งช่วงระยะสีบน้ำพันธุ์ และการศึกษาผสมพันธุ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความทนแล้งในประชากรข้าวลูกผสมจะช่วยในการคัดเลือก และการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ทนทานต่อสภาพแล้งมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะที่ดีเด่นของลูก (Heterosis) ในข้าวลูกผสมระหว่างพันธุ์ข้าวเซบังไฟ 1 และข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง เมื่อกระทบแล้งในระยะสืบพันธุ์ และ ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และความสามารถในการทนแล้งของข้าวลูกผสม

วิธีดำเนินการวิจัย

สร้างประชากรข้าวลูกผสมทั้งหมด 5 คู่ โดยใช้ข้าวไร่ 5 พันธุ์ ได้แก่ ULR113, ULR199, ULR012, ULR125 และ ULR007 เป็นข้าวไร่พื้นเมืองที่ได้รับการคัดเลือกว่าเป็นข้าวที่มีความสามารถทนแล้ง (Nareenut et al., 2015) เป็นพันธุ์แม่ และใช้ข้าวพันธุ์เซบังไฟ 1 (XBF1) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันค้นคว้าข้าวแห่งชาติของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นพันธุ์พ่อ ผลิตเมล็ดชั่วรุ่นที่ 1 (F1) จากนั้นนำไปทดสอบความทนแล้งในแปลงทดสอบสองสภาพ คือ สภาพการให้น้ำปกติ และสภาพแล้งที่ขาดน้ำ จากนั้นทำการตรวจวัดความชื้นดินด้วยวิธี Gravimetric method ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ตั้งแต่วันที่เริ่มงดการให้น้ำจนกระทั่งกลับมาให้น้ำคืน แล้วนำมาคำนวณความชื้นดินตามสูตรแล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินตามสูตร

การศึกษาค้นคว้านี้ประกอบด้วยสองงานทดลองย่อย ที่มีการจัดการน้ำที่แตกต่างกัน คือ สภาพน้ำปกติ คือรักษาความชื้นดินให้อิ่มตัวด้วยน้ำจนถึงระยะเก็บเกี่ยว และสภาพแล้งรักษาความชื้นดินให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำจนข้าวอายุได้ 34 วัน แล้วงดการให้น้ำ เพื่อให้ดินมีความชื้นลดลงจนสังเกตเห็นข้าวมีอาการใบตาย จากนั้นกลับมาให้น้ำอีกครั้งจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยทั้งสองงานทดลองได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Completely Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมี 5 ประชากร คือ คู่ผสมระหว่าง ULR007/XBF1, ULR012/XBF1, ULR199/XBF1, ULR113/XBF1 และ ULR125/XBF1

จากนั้นนำเมล็ด F1 จำนวน 84 ต้นต่อคู่ผสม, ข้าวพันธุ์พ่อ และ ข้าวพันธุ์แม่จำนวน 9 ต้นนำไปปลูกลงดินลึกประมาณ 2-5 ซม. หลังจากนั้น

ใช้ดินกลบบางๆ เพื่อรักษาเมล็ดให้มีความชุ่มชื้นใช้ระยะปลูก 20 x 20 ซม. จากนั้นให้น้ำหลังปลูก เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้น และในแต่ละแปลงย่อยมีขนาด 1.6 ม x 1.4 ม. ประกอบด้วยพันธุ์แม่ 3 ต้น พันธุ์พ่อ 3 ต้น, พันธุ์ลูกผสม 28 ต้น และต้นแถวขอบ ล้อมรอบข้างนอกทั้งหมด 4 ด้าน หลังปลูกรดน้ำให้ดินมีความชุ่มชื้น วันละ 2 ครั้ง ตอนเช้า และเย็น จนกระทั่งพ้นระยะต้นกล้า จากนั้นจัดการน้ำทั้ง 2 แปลง คือ สภาพน้ำปกติ รดน้ำให้ดินชุ่มชื้นตลอดงานทดลอง ส่วนแปลงสภาพแล้ง เมื่อข้าวอายุได้ 35 วัน หลังปลูก จึงงดให้น้ำเพื่อให้แปลงทดลองเกิดสภาพแล้งเป็นเวลา 47 วัน จากนั้นจึงกลับมาให้น้ำตามปกติจนกระทั่งข้าวถึงระยะเก็บเกี่ยว ข้าวทั้งสองงานทดลองย่อยให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ เมื่อข้าวอายุ 14 วัน หลังปลูก และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กก./ไร่ เมื่อข้าวอายุ 92 วัน หลังปลูก และกำจัดวัชพืชด้วยวิธีกลตลอดการทดลอง และทำการบันทึกข้อมูลลักษณะการตอบสนองต่อความแห้งแล้ง 1) การม้วนใบ (Leaf rolling score) บันทึกค่าคะแนนทั้งหมด 15 ครั้ง คือ เมื่อข้าวอายุ 41, 46, 50, 52, 55, 60, 63, 66, 68, 70, 73, 75, 79 และ 81 วัน หลังปลูก ค่าคะแนนการม้วนใบวัดเป็นรายต้น แล้วหาค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ, พันธุ์แม่ และพันธุ์ลูก ของแต่ละแปลงย่อย โดยใช้มาตรฐานของ De Datta et al. (1988) 2) ใบตาย (Drought score) หลังจากข้าวขาดน้ำจะแสดงอาการใบตาย เมื่อข้าวอายุ 52, 57, 60, 63, 66, 68, 70, 73, 75, 77, 79 และ 81 วัน หลังปลูก จากนั้นทำการประเมินค่าคะแนนเป็นรายต้น ตามวิธีการของ De Datta et al. (1988) 3) การฟื้นตัวของข้าว (Recovery) ภายหลังกระทบแล้ง 47 วัน และข้าวอายุได้ 82 วัน จากนั้นให้น้ำกลับคืน 10 วัน (Recovery) เมื่อข้าวมีอายุ 92 วัน หลังปลูกแล้วประเมินความสามารถในการฟื้นตัวตามวิธีการของ IRRI (1996) 4) ค่าศักย์ของน้ำในใบข้าว (Leaf water potential) วัดทั้งหมด 4 ครั้ง คือ ก่อนการงดให้น้ำ 34 วันหลังปลูก (34 DAP), หลังเริ่มพบอาการม้วนใบ (57 DAP), เริ่มมีอาการใบตาย (81 DAP) และ ฟื้นตัวหลังกลับมาให้น้ำ (92 DAP) ตามวิธีการของ Yang-Ying (2008) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบผลผลิตบันทึกอายุดอกบาน 50% น้ำหนักแห้งของต้นข้าว (แยกส่วนต้น ใบ และราก) ผลผลิต การแตกกอ

จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดดีต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลลักษณะต่างๆ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยการแยกวิเคราะห์แต่ละคู่ผสม ตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984)

วิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสมหาค่านัยสำคัญทางสถิติ ของความดีเด่นของลูก (Significance testing of heterosis) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980) ดังนี้

% Mid-parent heterosis $= ((F1-MP) \times 100) / MP$
(MP = ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่)

% High-parent heterosis $= ((F1-HP) \times 100) / HP$
(HP = ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่สูงที่สุด)

วิเคราะห์นัยสำคัญของค่าความดีเด่นของลูกผสม ที่ได้ทำการบันทึกข้อมูล, วิเคราะห์แยกสภาพปกติ และสภาพแล้ง และวิเคราะห์แยกแต่ละคู่ผสม ตามวิธีของ Soehendi and Srinives (2005) จาก

นั้นวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในลักษณะทนแล้งของข้าวลูกผสม ตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984) เพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะที่ทนแล้ง กับลักษณะต่างๆของข้าว

ผลการศึกษา และ วิจาร์ณ

การศึกษาครั้งนี้เน้นการศึกษาความสามารถในการทนแล้งของข้าวในระยะต้นกล้า จนถึงระยะแตกกอเต็มที่ จึงได้ควบคุมความชื้นดินโดยการงดการให้น้ำหลังจากที่ข้าวมีอายุ 34 วัน หลังปลูก (34 DAP) จนกระทั่งข้าวแสดงอาการใบตาย พบว่าความชื้นดินในสภาพการให้น้ำปกติมีความแตกต่างจากสภาพแล้งและความชื้นของดินได้ลดลงต่อเนื่อง จนกระทั่งข้าวอายุ 81 วันหลังปลูก (81 DAP) (Figure 1) ที่ข้าวแสดงอาการใบตาย โดยดินในสภาพปกติมีความชื้นระหว่าง 60-85% ในขณะที่ดินในแปลงสภาพแล้ง ความชื้นเริ่มลดจาก 60% เมื่อข้าวมีอายุ 34 วันหลังปลูก (34DAP) แล้วลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึง 12% ซึ่งเห็นได้ชัดจากข้าวลูกผสมสายพันธุ์ที่อ่อนแอแสดงอาการใบตาย

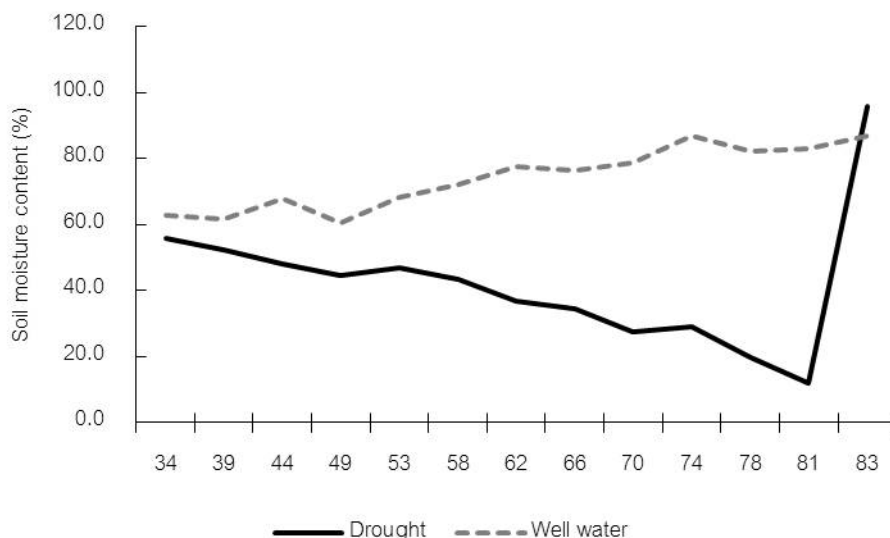


Figure1 Soil moisture content under drought and control condition during 34-83 DAP.

ผลการทดลองพบว่าค่า Heterosis ในสภาพการให้น้ำปกติ (Table 1) และ สภาพแล้ง (Table 1) มีค่าแตกต่างกัน โดยพบว่า ค่า Mid-parent heterosis (MH) และ Better-parent heterosis (BH) ในลักษณะผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดดี ของลูกผสมมีค่าที่สูงที่สุดคือ ลูกผสม ULR199/XBF1 ให้ผลผลิตเมล็ดในสภาพปกติ MH = 85.14** BH = 81.76** (ตารางที่ 1) และสภาพแล้ง MH = 221.2** BH = 168.6** (Table 1) ส่วนน้ำหนักเมล็ดดีในสภาพปกติให้ค่า heterosis MH = 86.9** BH = 86.8** (Table 1) และสภาพแล้ง MH = 574.5** BH = 394.2** (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ คะแนนใบตาย คะแนนการม้วนใบ และ ค่าศักยภาพของน้ำในใบมีค่าที่ต่ำมาก แสดงว่าลูกผสมมีลักษณะทางการเกษตรที่ดีกว่าพ่อและแม่ จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ซึ่งสอดคล้องงานทดลองของ Wopereis et al. (1996) พบว่า เมื่อค่าศักยภาพของน้ำในใบลดต่ำลง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลง แต่มวลชีวภาพ และ น้ำหนักแห้งของราก ไม่ค่อยมีความแตกต่างระหว่างทั้งสองสภาพมากนัก นอกจากนี้ Pantuwan et al. (2002) รายงานว่าข้าวไร่พันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแล้ง จะมี คะแนนการม้วนใบ และคะแนนใบตายต่ำ ทำให้มีการสะสมของน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น จากค่า heterosis ของผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร ชี้ให้เห็นว่ามีค่าที่สูงเพียงพอสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อผลิตพันธุ์ลูกผสม

เมื่อพิจารณาค่า heterosis ของลักษณะผลผลิต ภายใต้สภาพปกติของคู่ผสมทั้ง 5 คู่ มีค่า MH อยู่ในช่วง 80.96 – 168.19 และ ค่า BH 63.22 – 129.30 % ตามลำดับ ซึ่งค่า heterosis ดังกล่าวใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Sainai et, al. (1974) ซึ่งได้เปรียบเทียบ ค่า MH และ BH 15 คู่ผสม พบว่าคู่ที่ดีที่สุดคือ Hamsa X Hybrid 27 ซึ่งให้ค่า MH และ BH เป็น 165.23 และ 136.38 % ตามลำดับ นอกจากนี้ Tiwari et, al. (2011) ได้รายงานค่า MH และ BH ของคู่ผสมที่ได้จากสายพันธุ์ แม่ 3 สายพันธุ์ เมื่อผสมกับ สายพันธุ์พ่อ 20 สายพันธุ์ ว่าอยู่ในช่วง 10.48 – 71.56 และ 11.63 – 113.04% ตาม

ลำดับ นอกจากนี้ผลการศึกษาค้างนี้ยังพบว่า ค่า heterosis ของผลผลิตเมล็ดภายใต้สภาพแล้ง มีค่าสูงกว่าสภาพปกติ กล่าวคือ ค่า MH และ BH ของผลผลิตเมล็ด อยู่ในช่วง 111.20 – 235.20 และ 62.64 – 168.60 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่า heterosis เพิ่มขึ้นเมื่อลูกผสมได้รับการประเมินภายใต้สภาวะแล้ง

ผลการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร พบว่า ภายใต้สภาพแล้ง ผลผลิตเมล็ด มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ($r = 0.91^{**}$), น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r = 0.72^{**}$), จำนวนหน่อ/กอ ($r = 0.76^{**}$), จำนวนรวง/กอ ($r = 0.73^{**}$), มวลชีวภาพ (เก็บเกี่ยว) ($r = 0.90^{**}$) และดัชนีการเก็บเกี่ยว ($r = 0.91^{**}$) ลักษณะเหล่านี้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มตาม แต่ในทางตรงกันข้าม ผลผลิตเมล็ดมีสหสัมพันธ์ระดับปานกลางในทางลบกับคะแนนการม้วนใบ ($r = -0.50^{**}$) และคะแนนใบตาย ($r = -0.46^{**}$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อต้นข้าวมีความต้านทานต่อสภาพแล้งสูงจะเกิดการม้วนใบและการตายของใบน้อย จึงส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดสูง นอกจากนี้พบว่า ผลผลิตในสภาพแล้งมีสหสัมพันธ์ระดับสูงในทางลบกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ($r = -0.90^{**}$) ดังนั้น ข้าวสายพันธุ์ที่ทนทานซึ่งให้ผลผลิตสูง จึงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ (Table 2)

คะแนนการม้วนใบมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ($r = 0.54^{**}$), คะแนนใบตาย ($r = 0.89^{**}$) และอายุดอกบาน 50 % ($r = 0.65^{**}$) เมื่อเกิดสภาพแล้งมีคะแนนการม้วนของใบมากขึ้น ส่งผลต่อลักษณะเหล่านี้เพิ่มขึ้น และยังพบว่า การม้วนใบมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ($r = -0.54^{**}$), น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r = -0.73^{**}$), จำนวนต้น/กอ ($r = -0.47^{**}$), จำนวนรวง/กอ ($r = -0.48^{**}$), มวลชีวภาพ ($r = -0.58^{**}$), ค่าศักยภาพของน้ำในใบเมื่อข้าวอายุ 57 วัน ($r = -0.63^{**}$), ค่าศักยภาพของน้ำในใบเมื่อข้าวอายุ 79 วัน ($r = -0.42^{*}$) และดัชนีการเก็บเกี่ยว ($r = -0.41^{*}$) แสดงว่าเมื่อเกิดสภาพแล้งคะแนนการม้วนของใบจะเพิ่มขึ้น (Table 2)

Table 1 Heterosis of 5 hybrids under drought and control condition

No.	Traits	ULR007/XBF1				ULR012/XBF1				ULR199/XBF1			
		control	drought	MH	BH	control	drought	MH	BH	control	drought	MH	BH
1	Unfilled grain (%)	-87.2 ns	-91.01 ns	-88.23 ns	-92.69 ns	-81.51 ns	-92.69 ns	-82.05 ns	-93.04 ns	-54.67 ns	-90.92 ns	-61.58 ns	-92.01 ns
2	Grain weight (gm.)	125.3**	270.2**	109.8**	148.6**	136.4**	456.7**	113.2**	320**	86.9**	574.5**	86.8**	394.2**
3	Filled grain (%)	28.70**	87.84**	25.08**	53.90**	15.7**	67.17**	15.0**	61.29**	6.07**	113.4**	3.99**	82.26*
4	100 seeds wt. (g)	7.46*	10.44*	2.7 ns	4.2 ns	6.23**	8.47 ns	3.45*	2.46 ns	3.92 ns	8.72 ns	1.92 ns	4.28 ns
5	No. of tiller/hill	51.24**	142.7**	27.64*	120.8**	65.41**	72.58*	44.32**	57.38**	102.5**	135.2**	77.46**	122.7**
6	No. of panicle/hill	101.2**	216.5**	74.17**	161.8**	84.48**	211.1**	60.53**	173.9**	126.1**	258.3**	93.85**	191.1**
7	Grian yield (gm./pl.)	80.96**	111.2**	63.22**	62.64**	105.5**	235.2**	129.3**	162.5**	85.14**	221.2*	81.76**	168.6*
8	Dead leaf	nd	-19.22 ns	nd	-32.06 ns	nd	-17.06*	nd	-29.73*	nd	-21.4*	nd	-32.5*
9	Rolling leaf	nd	-19.08 ns	nd	-29.54 ns	nd	-18.34*	nd	-27.4*	nd	-22.66*	nd	-32.69*
10	Biomass (gm./pl.)	46.74**	177.4**	23.22**	116.3**	37.06**	94.74**	20.14**	73.22*	35.99**	104.1**	31.82**	78.54*
11	Recovery at 92 days	nd	55.46**	nd	30.01**	nd	42.6**	nd	17.71**	nd	608.1**	nd	519.9**
12	Days to 50% flowering	-3.10 ns	-6.858*	-11.69 ns	-12.35*	6.68*	-8.62*	-3.24 ns	-16.1*	9.71 ns	-2.1*	0.76*	-17.3*
13	LWP1 at 34 days (MPa)	-13.83 ns	-1.65 ns	-9.46 ns	7.18 ns	-11.91*	-4 ns	-5.36 ns	2.86 ns	-7.86 ns	-8.28 ns	-0.77*	-2.92 ns
14	LWP2 at 57 days (MPa)	-12.64 ns	-11.17 ns	-7.88 ns	-4.74**	-11.98 ns	-19.21**	-6.37 ns	-13.52**	-10.75 ns	-21.36 ns	-4.52*	-14.19 ns
15	Harvest index	51.07**	264.4**	36.73*	197.1**	-14.97 ns	190.5**	21.52*	142.8**	26.49**	271.4**	21.69**	207.8**

Note : MH = Mid-parent heterosis (MH) , HB = Better-parent heterosis (BH) and nd = no data

* = Significant at P<0.05 , ** = Significant at P<0.01

Table1 Heterosis of 5 hybrids under drought and control condition (cont.)

No.	Traits	ULR113/XBF1				ULR125/XBF1			
		control		drought		control		drought	
		MH	BH	MH	BH	MH	BH	MH	BH
1	Unfilled grain (%)	-88.37 ns	-74.89 ns	-89.54 ns	-77.77 ns	-70.17 ns	-78.92 ns	-77.14 ns	-82.35 ns
2	Grain weight (gm.)	132.3**	362.4**	126.3**	215.2**	119.9**	381.9*	136.1**	256.6 ns
3	Filled grain (%)	24.82**	95.33**	21.03**	67.66**	17.36*	78.95**	7.95**	49.79 ns
4	100 seeds wt. (g)	7.67*	7.84 ns	4.31 ns	2.94 ns	5.76 ns	4.51 ns	2.74 ns	2.48 ns
5	No. of tiller/hill	58.81**	49.64**	32.16**	42.87**	51.25*	114.9**	27.64**	101.5**
6	No. of panicle/hill	69.96**	111.5**	45.57**	77.44**	62.54**	84.34*	32.34**	57.73**
7	Grian yield (gm./pl.)	86.18**	149.2**	85.33**	87.96**	168.19*	176.3*	113.10*	136.2**
8	Dead leaf	nd	-16.07*	nd	-28.43*	nd	-14.45*	nd	-29.37*
9	Rolling leaf	nd	-15.12*	nd	-24.32*	nd	-11.14*	nd	-25.25*
10	Biomass (gm./pl.)	45.11**	62.04**	26.44**	29.78**	43.92**	71.75*	17.88*	55.12**
11	Recovery at 92 days	nd	69.99 ns	nd	38.70 ns	nd	45.06**	nd	24.33*
12	Days to 505 flowering	2.57*	-7.28*	-4.71 ns	-14.35*	5.21 ns	-9.90*	-3.83 ns	-18.11*
13	LWP1 at 34 days (MPa)	-5.96 ns	-10.2 ns	2.79 ns	-3.65 ns	-9.29 ns	-10.18 ns	-4.47 ns	-5.19 ns
14	LWP2 at 57 days (MPa)	-14.86*	-14.09 ns	-9.02 ns	-19.81 ns	-14.97ns	-4.03 ns	-10.20 ns	0.81 ns
15	Harvest index	48.20**	197.7 ns	35.53*	139.2 ns	43.27**	225.1ns	100 **	190.1 ns

Note : MH = Mid-parent heterosis (MH) , HB = Better-parent heterosis (BH) and nd = no data

* = Significant at P<0.05 , ** = Significant at P<0.01

Table2 Correlation between yield and yield components of parental lines and 5 hybrids under drought condition

No.	Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Filled grain (%)	1.00													
2	Unfilled grain (%)	-1.00 **	1.00												
3	100 seed weight (gm.)	0.76 **	-0.76 **	1.00											
4	No. of tiller/hill	0.81 **	-0.81 **	0.70 **	1.00										
5	No. of panicle/hill	0.79 **	-0.79 ns	0.65 **	0.84 **	1.00									
6	Dead Leaf Score	-0.53 **	0.54 **	-0.81 **	-0.47 **	-0.49 **	1.00								
7	Leaf rolling score	-0.54 **	0.54 **	-0.73 **	-0.47 **	-0.48 **	0.89 **	1.00							
8	Grain yield	0.90 **	-0.9 **	0.72 **	0.76 **	0.73 **	-0.46 **	-0.50 **	1.00						
9	Biomass (gm./pl.)	0.90 **	-0.9 **	0.78 **	0.84 **	0.77 **	-0.55 **	-0.58 **	0.90 **	1.00					
10	Recovery at 92 days	0.81 **	-0.81 **	0.49 **	0.75 **	0.62 **	-0.11 ns	-0.18 ns	0.77 **	0.75 **	1.00				
11	Days to 50% flowering	-0.24 ns	0.24 ns	-0.53 **	-0.2 ns	-0.15 ns	0.71 **	0.65 **	-0.21 ns	-0.23 ns	0.06 ns	1.00			
12	LWP at 34 days (MPa)	0.38 *	-0.38 *	0.09 ns	0.39 *	0.23 ns	0.09 ns	0.07 ns	0.32 ns	0.39 *	0.67 **	0.14 ns	1.00		
13	LWP at 57 days (MPa)	0.66 **	-0.66 **	0.67 **	0.49 **	0.68 **	-0.6 **	-0.63 **	0.71 **	0.63 **	0.35 *	-0.38 *	0.02 ns	1.00	
14	Harvest index	0.94 **	-0.94 **	0.72 **	0.81 **	0.80 **	-0.45 **	-0.41 *	0.91 **	0.84 **	0.78 **	-0.15 ns	0.30 ns	0.63 **	1.00

หมายเหตุ : (1) Filled grain (%), (2) Unfilled grain (%), (3) 100 seed weight (gm.), (4) No. of tiller/hill, (5) No. of panicle/hill, (6) Dead Leaf Score, (7) Leaf rolling score, (8) Grain yield, (9) Biomass (gm./pl.), (10) Recovery at 92 days, (11) days to 50% flowering (12) LWP at 34 days (MPa), (13) LWP at 57 days (MPa) (14) harvest index

นอกจากนี้ยังพบว่า ผลผลิตทั้งหมดมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับคะแนนการใบม้วน ($r = -0.46^{**}$) และคะแนนใบตาย ($r = -0.50^{**}$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชขาดน้ำจะแสดงอาการม้วนใบ และเกิดการตายของใบเพิ่มขึ้น จึงทำให้พื้นที่ในการสังเคราะห์แสงลดลง และยังส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักแห้งและผลผลิต โดยเฉพาะพันธุ์อ่อนแอ จะเกิดอาการม้วนใบ และการตายของใบที่สูง ถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำกลับคืนหลังจากสภาพแล้งแล้วก็ตาม (Pandey and Shukla, 2015) นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า คะแนนใบตายของข้าวมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับค่า ค่าศักยภาพของน้ำในใบเมื่อข้าวอายุ 57 79 และ 92 วัน ($r = -0.60^{**}$, -0.48^{**} และ -0.45^{**} ตามลำดับ) (Table 2) แสดงว่า เมื่อเกิดสภาพแล้งการตายของใบเพิ่มขึ้น เกิดจากการลดลงของค่าศักยภาพของน้ำในใบ ทำให้พืชแสดงอาการม้วนใบ จนกระทั่งใบตายในที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตมวลชีวภาพลดลงตามไปด้วย (Nareenoot et al., 2015)

สรุป และ ข้อเสนอแนะ

จากการเปรียบเทียบ ค่า heterosis ของข้าวลูกผสม 5 คู่ คือ ULR007/XBF1, ULR012/XBF1, ULR113/XBF1, ULR199/XBF1 และ ULR125/XBF1 พบว่า คู่ผสมที่ดีที่สุดคือ ULR199/XBF1 ให้ค่า Mid-parent heterosis (MH) และ Better-parent heterosis (BH) ในลักษณะผลผลิตเมล็ด และลักษณะทางการเกษตรสูงที่สุด นอกจากนี้ผลผลิตเมล็ดในสภาพแล้งยังมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี, น้ำหนัก 100 เมล็ด, จำนวนต้น/กอ, จำนวนรวง/กอ, มวล, น้ำหนักแห้งของราก, การฟื้นตัว และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว แต่ผลผลิตเมล็ดในสภาพแล้งมีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี, คะแนนม้วนใบ, คะแนนใบตาย และค่าศักยภาพของน้ำในใบ ลักษณะดังกล่าวจึงสามารถใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกข้าวทนแล้งได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการระบุคู่ผสมที่ดีซึ่งให้ค่า heterosis สูง แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาข้าวลูกผสมควรมีการนำลักษณะตัวผู้เป็นหมันมาใช้ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- De Datta, S.K., Malabuyoc, J.A., and Aragon, E.L. 1988. A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during the vegetative stress. *Field Crops Research*. 19: 123-134.
- Fukai, S., and Ouk, M. 2012. Increased productivity of rainfed lowland rice cropping systems of the Mekong region. *Crop and Pasture Science*. 63: 944-973.
- Guimarães, C. M., Stonel, L. F., Rangel, P. H. N., and Silva, A. C. de L. 2013. Tolerance of upland rice genotypes to water deficit. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*. 17: 805-810.
- Gomez, K.A., and Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research (2 ed.). John Wiley and Sons, New York. 680.
- IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. The International Rice Research Institute. Manila Philippines. 24: 1-16
- Lanceras, J.C., G. Pantuwan, B. Jongdee and T. Toojinda. 2004. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice. *Plant Physiology* 135: 1-16.
- Mambani, B., and Lal, R. 1983. Response of upland rice varieties to drought stress II. Screening rice varieties by means of variable moisture regimes along a toposequence. *Plant and Soil*. 73: 73-94.
- Nareenoot, K., Monkham, T., Chankaew, S., Songsri, P., Pattanagul, W., and Sanitchon, J. 2015. Evaluation of the tolerance of Thai indigenous upland rice germplasm to early drought stress using multiple selection criteria. *Plant*

- Genetic Resources: Characterization and Utilization, 15: 109 – 118.
- Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., J.C. and O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different type of drought under rainfed lowlands part 1. 73: 153-168.
- Pharwong, J., Jongdee, B., Panwan, G., and Laohasiriwong, S. 2555. Validation for drought tolerance genotypes in SURIN1 backcross introgression lines. *Khon Kaen Agricultural Journal*. 40: 229-236.
- Pandey, V., and Shukla, A. 2015. Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress Volume 22, Issue 4, July 2015, P.147-161
- Saini, S.S., Kumar, I. and Gagneja, M.R. 1974. A study on heterosis in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica* 23:219-224.
- Soehendi, R. and Srinives, P., 2005. Significance of heterosis and heterobeltiosis in an F1 hybrid of mungbean *Vigna radiata* (L.) Wilczek for hybrid seed production. *SABRAO Journal. of Breeding. and Genetics*. 37,97-105.
- Steel, R.G.D., and Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*, Inc., New York, USA. 633.
- Tiwari, D.K., Pandey, P., Giri, S.P., and Dwivedi, J.L. 2011, Heterosis studies for yield and its components in rice hybrids using CMS system, *Asian Journal of Plant Sciences* 10(1):29-42.
- Virmani, S.S., Hossain, M., and Bayarsaihan, T. Eds. 2006. Policy support needs of hybrid rice technology in Asia. 82: 7-12.
- Wassmann R, Jagadish S. V. K., Sumfleth, K., Pathak, H., Howell, G., Ismail, A., Serraj, R., Redona, E., Singh, R K., and Heuer, S. 2009. Regional vulnerability of climate change impacts on Asian rice production and scope for adaptation. 102: 91-133.
- Wopereis, M.C.S., Kropff, M.J., Maligaya, A.R., and Tuong, T.P. 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivar to soil water status. *Field Crops Research*. 46: 21-39.
- Xangsayasane, P., Inthapanya, P., Thavonsouk, N. 2012. Challenge of increasing rice productivity in flood prone areas of Xebangfai flood plain. *The Lao Journal of Agriculture and Forestry*. 65.
- Yang-Ying, QU., Mu, P., Li, X.Q., Tian, Y.X., Wen, F., Zhang, H.L., and Li, Z.C. 2008. QTL Mapping and correlations between leaf water potential and drought resistance in rice under upland and lowland environment. *Acta Agro Sin.* 34: 198-206.