วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



เสถียรภาพผลผลิตช่อดอกของข้าวฟ่างไม้กวาด (*Sorghum bicolor* var. *technicum*) 11 สายพันธุ์

Panicle yield stability of 11 broomcorn sorghum (*Sorghum bicolor* var. *technicum*) lines

อำไพ พรหมณเรศ[1]*, ถวิล นิลพยัคฆ์[1], ณัฐนี จุติโรจน์ปกรณ์[1], ปวีณา ทองเหลือง[1], ธำรงศิลป โพธิสูง[1] และ ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส[2]

Amphai Promnaret[1]*, Tawil Nilpayak[1], Nattanee Jutirojpakorn[1], Paweena Thongluang[1], Thamrongsilpa Pothisoong[1] and Teerawat Sarutayophat[2]

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320
[1] National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ 10520
[2] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

บทคัดย่อ: ผลผลิตของพืชมักแปรปรวนตามสภาพแวดล้อม พืชพันธุ์ดีนอกจากให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วต้องมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตด้วย ข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ใหม่แม้ว่าได้ผ่านการคัดเลือกอย่างประณีตในระหว่างการพัฒนาสายพันธุ์โดยวิธีจดบันทึกประวัติแล้ว แต่เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพในการให้ผลผลิตหรือการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของสายพันธุ์ จึงได้ทำการทดสอบผลผลิตช่อดอกข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ใหม่ 10 สายพันธุ์ ในปี (Y) พ.ศ. 2561 และ 2562 ที่ (L) จ.นครราชสีมา จ.นครสวรรค์ จ.อุทัยธานี จ.กำแพงเพชร และจ.บุรีรัมย์ รวม 10 สภาพแวดล้อม (YL) โดยมีพันธุ์รวงเรียว 1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เพื่อศึกษาผลของสภาพแวดล้อม (E; Y, L, YL) พันธุ์ (G) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GE) ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตช่อดอก โดยแต่ละสภาพแวดล้อมวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกแถวยาว 4 เมตร ระยะปลูก 75 x 10 ซม. จำนวน 4 แถว/หน่วยทดลอง เก็บผลผลิตจาก 2 แถวกลาง ผลการทดลองพบว่า พันธุ์ (G) สภาพแวดล้อม (Y, L, YL) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GE; GY, GL, GYL) มีผลต่อผลผลิตช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) และพบว่า สถานที่ปลูก (L) มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ต่อทุกองค์ประกอบผลผลิต เมื่อศึกษาเสถียรภาพผลผลิตตามวิธีที่เสนอโดย Eberhart and Russell พบว่า ข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ KBr 5906, KBr 5915, KBr 5916, KBr 5919, KBr 5964 และพันธุ์รวงเรียว 1 มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (bi) ต่างจาก 1 โดย b_i = 0.85, 0.48, 1.26, 0.09, 1.16 และ 1.38 ตามลำดับ แสดงว่า 6 สายพันธุ์นี้มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตช่อดอกต่ำ กล่าวคือ ให้ผลผลิตแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม โดยพันธุ์รวงเรียว 1 ปรับตัวได้ดีในพื้นที่ จ.นครราชสีมา ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.22 ตัน/เฮกตาร์ ส่วนสายพันธุ์ KBr 5911, KBr 5927, KBr 5937, KBr 5939 และ KBr 5962 มีค่า b_i ไม่ต่างจาก 1 (bi~1) จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต แต่ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยต่ำเพียง 1.13, 1.13, 1.10, 1.16 และ 1.14 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถแนะนำพันธุ์ดีได้เฉพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งพันธุ์รวงเรียว 1 เหมาะสำหรับพื้นที่ใน จ.นครราชสีมา

คำสำคัญ: ข้าวฟ่างไม้กวาด; สายพันธุ์ใหม่; ผลผลิตช่อดอก; สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น; ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม

ABSTRACT: Crops yield are usually vary to environmental conditions. An elite cultivar is not only has a high yield in a favorable condition but also stability in various environments. A new developed broomcorn sorghum derived from an intensive pedigree selection were needed to be further tested for yield stability and adaptability to

* corresponding author; ijsapr@ku.ac.th

Received: date; March 4, 2021 Accepted: date; September 28, 2021 Published: date; March 7, 2021

environments. Ten new broomcorn sorghum lines and Ruangriew-1 cultivar, a standard check were tested under 10 diverse environments, in the year (Y) 2018 and 2019, at (L) Nakhon Ratchasima, Nakorn Sawan, Uthai Thani, Kamphaeng Phet and Buriram Province to assess the effects of environments (E; Y, L, YL), genotypes (G), and GE interaction on panicle yield and yield components. A randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was used. Each environment, sorghum were planted in 75x10 cm spacing in a 4 m length-row for 4 rows/plot, and panicle yield were recorded from 2 middle rows. Genotypes (G), environments (Y, L, YL), and GE (GY, GL, GYL) showed significantly affected ($p \leq 0.01$) to panicle yield, and locations (L) had significantly affected ($p \leq 0.01$) to all yield components of broomcorn sorghum. Based on Eberhart and Russell's stability model, regression coefficient (b_i) of the KBr 5906, KBr 5915, KBr 5916 KBr 5919, KBr 5964, and Ruangriew-1 lines were significant different from 1, its b_i were 0.85, 0.48, 1.26, 0.09, 1.16 and 1.38, respectively, indicated that these 6 lines had low panicle yield stability, its yield varied to environmental conditions. Ruangriew-1 cultivar was well adapted to Nakhon Ratchasima location which average panicle yield of 2.22 ton/hectare. While, b_i of the KBr 5911, KBr 5927, KBr 5937, KBr 5939, and KBr 5962 were non-significant different from 1 ($b_i \sim 1$), identified that these 5 lines had stability for yield with relative low yield of 1.13, 1.13, 1.10, 1.16 and 1.14 ton/hectare, respectively. Results indicate that an elite variety should be recommended only in a favorable environment for example, Ruangriew-1 cultivar is well-adapted to Nakhon Ratchasima location.

Keywords: broomcorn sorghum; new-developed lines; panicle yield; regression coefficient and genotype x environment interaction

บทนำ

ข้าวฟ่างไม้กวาด (*Sorghum bicolor* var. *technicum*) เป็นข้าวฟ่างชนิดหนึ่งที่มีแส้หรือกิ่ง (fibrous seed branch) แตกออกมาจากก้านช่อดอกที่จุดเดียวกัน กิ่งมีความเหนียวสปริงตัวได้ดี ไม่เปราะหรือหักง่าย เหมาะสำหรับใช้ทำไม้กวาดหรือแปรงปัดฝุ่น ข้าวฟ่างไม้กวาดควรเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 15 วันหลังดอกบาน ซึ่งระยะนี้ก้านช่อดอกและกิ่งยังมีสีเขียวเข้ม เมื่อนำไปทำไม้กวาดจะได้ไม้กวาดสีเขียวธรรมชาติ กิ่งเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี การเก็บเกี่ยวช้าจะทำให้กิ่งแห้งเปราะเป็นสีน้ำตาลไม่สวยงาม เมื่อจะนำไปทำไม้กวาดต้องย้อมสีเพื่อให้สวยงามขึ้น การเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างไม้กวาดทำได้โดยใช้เคียวหรือมีดตัดก้านช่อดอกให้ยาวประมาณ 50 ซม. แล้วมัดรวมเป็นกำ นำไปเข้าเครื่องตัดก้านยาว 30 ซม. เพื่อจำหน่ายให้แก่โรงงาน (การุณย์, 2553) วิภาวรรณ (2561) รายงานว่าในปี 2556 มีพื้นที่ปลูกข้าวฟ่างไม้กวาดในประเทศไทย 1,800 ไร่ ผลผลิตกิ่งสดเฉลี่ย 618 กิโลกรัม/ไร่ ราคาจำหน่าย 60 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าทั้งหมด 60 ล้านบาท/ปี ไม้กวาดแสงจันทร์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนของเกษตรกรใน อ.ขุนตาล จ.เชียงราย ใช้ข้าวฟ่างไม้กวาดในการผลิตไม้กวาดและแปรงปัดฝุ่น ขายในราคาไม้ละ 100-250 บาท สามารถใช้ได้นาน 2-3 ปี (เกษร, 2545) ฤดูแล้งปี พ.ศ. 2559 อำไพ และคณะ (2560) ทำการทดสอบข้าวฟ่างไม้กวาด 249 สายพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดี คือ ต้นกล้าแข็งแรง อายุออกดอก 51-57 วัน ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวช่อดอกสดได้ภายใน 80 วัน มีความยาวก้านช่อดอก 4.2-39.0 ซม. ความยาวช่อดอกมากกว่า 30 ซม. ขึ้นไป จำนวนกิ่ง 23-37 กิ่ง/ช่อดอก และเกิดโรคทางใบน้อย คัดเลือกไว้จำนวน 66 สายพันธุ์ ต่อมาในฤดูแล้งปี พ.ศ. 2560 (ม.ค.–เม.ย. 2560) ได้ทำการทดสอบสายพันธุ์คัดและคัดเลือกสายพันธุ์ดีเด่นไว้จำนวน 30 สายพันธุ์ (อำไพ และคณะ, 2562) และทำการคัดเลือกข้าวฟ่างไม้กวาดที่ดีเด่น 10 อันดับแรก ไปปลูกทดสอบในไร่เกษตรกร ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2560 (พ.ค.–ต.ค. 2560) โดยมีพันธุ์รวงเรียว 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ส่งเสริมของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (อำไพ และคณะ, 2561) และได้มีการปลูกทดสอบในไร่เกษตรกรต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2562

ผลของพันธุ์ (Genotype, G) สภาพแวดล้อม (Environment, E) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GxE interaction) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชมีรายงานหลายชนิด เช่น รายงานผลในถั่วเหลือง (สัณห์ฐิศ และคณะ, 2560) ข้าว (Chapman et al., 2000) ข้าวฟ่างเมล็ด (Adugna, 2008) เป็นต้น ดังนั้นพันธุ์พืชดีเด่นนอกจากจะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วยังต้องมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย การตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของพืชแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์มักจะแตกต่างกัน เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม โดยพันธุ์ที่สามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวางหรือมีเสถียรภาพ (stability) ควรมีค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมของพืชกับสภาพแวดล้อมต่ำ (พีรศักดิ์, 2525) การตัดสินใจคัดเลือกสายพันธุ์หรือจีโนไทป์ที่ดีที่สุดในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่างไม้กวาด จะพิจารณา

คัดเลือกจากลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ผลผลิตช่อดอก ความยาวช่อดอก และจำนวนกิ่ง/ช่อดอกฯลฯ และพิจารณาการปรับตัวของสายพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมด้วย ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบ ตรวจสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ในหลายสภาพแวดล้อม (Becker and Leon, 1988; ชูศักดิ์, 2552; Vange, et al., 2014) ซึ่งรวมทั้งสภาพพื้นที่และฤดูกาลเพาะปลูก Aba and Showemimo (2000), Yan and Hunt (2001) และ Poelman (1959) รายงานว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดของข้าวฟ่าง เช่นเดียวกับการศึกษาเสถียรภาพผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว 6 พันธุ์ โดยไพฑูรย์ และคณะ (2562) รายงานว่า สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีผลต่อผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก และผลผลิตฝักสดปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัจจัยที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในระหว่างการทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ ด้วยเหตุนี้ข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา จำเป็นต้องผ่านการทดสอบในหลายๆ สภาพแวดล้อม เพื่อประเมินความสามารถ และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของสายพันธุ์ รายงานวิจัยฉบับนี้ได้จากการทดสอบสายพันธุ์ข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ จำนวน 10 สภาพแวดล้อม ในพื้นที่ จ.นครราชสีมา นครสวรรค์ อุทัยธานี กำแพงเพชร และบุรีรัมย์ เพื่อศึกษาศักยภาพและเสถียรภาพในการให้ผลผลิตช่อดอกและองค์ประกอบผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์ส่งเสริมของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ

วิธีการศึกษา

สายพันธุ์ การปลูกปฏิบัติดูแลรักษาและแผนการทดลอง

ข้าวฟ่างไม้กวาดที่ใช้ในการวิจัย เป็นพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ส่งเสริม 1 พันธุ์ คือ พันธุ์รวงเรียว 1 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ และสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ KBr 5906, KBr 5911, KBr 5915, KBr 5916, KBr 5919, KBr 5927, KBr 5937, KBr 5939, KBr 5962 และ KBr 5964 ปลูกทดสอบใน 5 จังหวัด ประกอบด้วย

1) บ้านห้วยแห้ง ต.ตากฟ้า อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ ดินเป็นดินเหนียวจัด pH ดิน 8.0 มีอินทรียวัตถุ (OM) ปานกลาง (2.5%) ฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก (<1 mg/kg) โพแทสเซียม (K) ต่ำ (0-40 mg/kg) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปี 1,077.4 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 28.2-31.5 องศาเซลเซียส พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 50-150 เมตร

2) บ้านบุ่ง ต.เจ้าวัด อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี เป็นดินตื้นหรือตื้นมากถึงชั้นก้อนกรวดและหินมนเล็กหนาแน่น pH ดิน 6.5 มีอินทรียวัตถุปานกลาง (2.0%) P สูงมาก (10-12 mg/kg) K ปานกลาง (40-80 mg/kg) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปี 1,100-1,200 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 26-28 องศาเซลเซียส สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 600-800 เมตร

3) บ้านสายลม หมู่ที่ 2 ต.วังไทร อ.คลองขลุง จ.กำแพงเพชร ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย pH ดิน 6.0 มีอินทรียวัตถุต่ำมาก (0.5%) P ปานกลาง (4-6 mg/kg) K ต่ำ (0-40 mg/kg) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปี 600-800 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27.4 องศาเซลเซียส พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 43-107 เมตร

4) บ้านนาจาน ต.เมืองไผ่ อ.หนองกี่ จ.บุรีรัมย์ ดินบนเป็นทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาล มีค่า pH ดิน 7.5 มีอินทรียวัตถุปานกลาง (2.0%) P สูงมาก (10-12 mg/kg.) K สูง (80-120 mg/kg.) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปี 1,188.2 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 26.3-29.5 องศาเซลเซียส พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 150-200 เมตร

5) บ้านปางอโศก ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง pH ดิน 7.0 มีอินทรียวัตถุปานกลาง (2.5%) P ปานกลาง (4-6 mg/kg) K ต่ำ (0-40 mg/kg) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปี 1,200 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 26 องศาเซลเซียส พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 360 เมตร

ทำการทดสอบเป็นเวลา 2 ปี รวม 10 สภาพแวดล้อม โดยในแต่ละสภาพแวดล้อม วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกแถวยาว 4 เมตร จำนวน 4 แถว/แปลงย่อย ระยะปลูก 75 x 10 ซม. พื้นที่ 12 ตร.ม./แปลงย่อย ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ก่อนปลูกกรีดร่องลึก 5 ซม. แล้วหยอดเมล็ดลง

ในร่อง เมื่อข้าวฟ่างอายุ 15-21 วัน ทำการถอนแยกให้ระยะห่างระหว่างต้น 10 ซม. หรือ 41 ต้น/แถว กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน เมื่อข้าวฟ่างอายุ 21-30 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กก./ไร่

การเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดลอง

เก็บเกี่ยวผลผลิตช่อดอกและองค์ประกอบผลผลิตช่อดอกข้าวฟ่างไม้กวาดที่อายุ 15-20 วันหลังดอกบาน ดังนี้

1) ผลผลิตช่อดอก (panicle yield) เก็บผลผลิตช่อดอกจาก 2 แถวกลางโดยการใช้กรรไกรตัดกิ่ง ตัดก้านช่อดอกให้ยาว 30 ซม. นำไปตากให้แห้ง แล้วกะเทาะเมล็ดออก จากนั้นชั่งน้ำหนักช่อดอก และคำนวณเป็น ตัน/เฮกตาร์

2) ความยาวช่อดอก (panicle length) สุ่มวัดจากฐานช่อดอก-ปลายช่อดอก จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยวัดเป็น ซม.

3) ความยาวก้านช่อ (panicle exertion length) สุ่มวัดความยาวก้านช่อดอกตั้งแต่รอยต่อของใบธง-ฐานของช่อดอก จำนวน 10 ช่อ แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยวัดเป็น ซม.

4) จำนวนกิ่ง (แส้)/ช่อดอก (number of branches per panicle) สุ่มนับจำนวนกิ่งบนช่อดอกในระยะเก็บเกี่ยว จำนวน 10 ช่อ แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลผลการทดลองตามแผนการทดลอง RCBD ของแต่ละสภาพแวดล้อม ทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (homogeneity of error variance) เมื่อผลการทดสอบพบว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากหลายการทดลองมีความเป็นเอกภาพ จึงนำข้อมูลผลการทดลองของทั้ง 10 สภาพแวดล้อม ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combine analysis) และวิเคราะห์หาเสถียรภาพการให้ผลผลิต (stability analysis) ด้วยวิธีการที่เสนอโดย Eberhart and Russell (1966) ด้วยโปรแกรม R (The R- project for statistical computing) version 3.0.3 (ชูศักดิ์, 2552 และ Mahendra, et al., 2017)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลผลิตช่อดอกในแต่ละสภาพแวดล้อม

ข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ ตอบสนองต่อแหล่งปลูก 10 สภาพแวดล้อมในลักษณะผลผลิตช่อดอกแตกต่างกัน โดยพบว่า ในสภาพแวดล้อมที่ 1, 2, 5, 6, 9 และ 10 ข้าวฟ่างไม้กวาดให้ผลผลิตช่อดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ผลผลิตช่อดอกในสภาพแวดล้อมที่ 3, 4, 7 และ 8 แตกต่างกัน ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อม พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ระหว่าง 1.06–1.33 ตัน/เฮกตาร์ โดยพันธุ์รวงเรียว 1 มีแนวโน้มให้ผลผลิตช่อดอกสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ คือ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.33 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาคือ สายพันธุ์ KBr 5916 (1.22 ตัน/เฮกตาร์) และสายพันธุ์ KBr 5915 ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด 1.06 ตัน/เฮกตาร์ (**Table 1**)

ผลผลิตช่อดอกของข้าวฟ่าง 11 สายพันธุ์ เฉลี่ยในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.01$) ระหว่าง 0.51–1.81 ตัน/เฮกตาร์ และเมื่อพิจารณาดัชนีสภาพแวดล้อม (environment index) ซึ่งเป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือสูง ในรูปของค่าเป็นลบหรือเป็นบวก (Sharma, 2008) จะเห็นได้ว่าสภาพแวดล้อมที่ 2, 3, 8, 9 และ 10 จัดเป็นสภาพแวดล้อมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือให้ผลผลิตต่ำ และสภาพแวดล้อมที่ 1, 4, 5, 6 และ 7 จัดเป็นสภาพแวดล้อมที่ดีหรือให้ผลผลิตสูง ในสภาพแวดล้อมที่ 7 (นครสวรรค์ ปี 2562) ข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยสูงที่สุด 1.81 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาคือ สภาพแวดล้อมที่ 4 (กำแพงเพชร ปี 2561) และสภาพแวดล้อมที่ 1 (นครราชสีมา ปี 2561) ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ย 1.76, และ 1.73 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ขณะที่สภาพแวดล้อมที่ 10 (บุรีรัมย์ ปี 2562) ให้ผลผลิตช่อดอกน้อยที่สุด 0.51 ตัน/เฮกตาร์ โดยผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยของทุกสายพันธุ์จากทุกสภาพแวดล้อมเท่ากับ 1.16 ตัน/เฮกตาร์ (**Table 1**)

Table 1 Panicle yield (ton/ha) of 11 elite broomcorn sorghum lines grown under 10 environments.

No.	Genotype	Panicle yield (ton/ha)										
		Env. 1	Env. 2	Env. 3	Env. 4	Env. 5	Env. 6	Env. 7	Env. 8	Env. 9	Env. 10	Genotype means
1	KBr 5906	1.67	0.93	0.93	1.60	1.00	1.50	1.60	0.60	0.83	0.50	1.12 bc
2	KBr 5911	1.50	0.77	0.97	1.57	1.27	1.73	1.63	0.50	0.77	0.60	1.13 bc
3	KBr 5915	1.03	1.07	1.40	1.20	1.03	1.63	1.33	0.57	0.93	0.43	1.06 c
4	KBr 5916	1.67	1.03	0.80	2.00	1.33	1.67	2.23	0.50	0.67	0.30	1.22 b
5	KBr 5919	1.47	1.10	0.97	1.27	1.13	1.40	2.00	0.93	0.93	0.50	1.17 bc
6	KBr 5927	1.80	0.77	0.83	2.07	0.87	1.77	1.67	0.40	0.47	0.67	1.13 bc
7	KBr 5937	2.07	0.80	0.67	2.10	1.13	1.50	1.00	0.43	0.93	0.37	1.10 bc
8	KBr 5939	1.50	0.90	0.53	1.77	1.03	1.46	2.27	0.67	0.77	0.67	1.16 bc
9	KBr 5962	2.27	1.10	0.57	1.87	0.90	1.20	1.80	0.73	0.60	0.37	1.14 bc
10	KBr 5964	1.70	1.00	0.77	1.87	1.17	1.60	2.10	0.37	0.60	0.60	1.18 bc
11	Ruangriew-1	2.37	1.00	0.87	2.07	1.20	2.07	2.23	0.60	0.73	0.60	1.33 a
	F-test	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	**
	C.V. (%)	19.60	19.19	18.62	13.49	15.47	15.04	17.28	21.05	19.16	18.93	-
Environment Mean **		1.73 a	0.95 c	0.85 cd	1.76 a	1.10 bc	1.60 ab	1.81 a	0.58 de	0.76 cde	0.52 e	1.16
Environment index		0.57	-0.21	-0.31	0.60	0.07	0.43	0.65	-0.59	-0.41	-0.65	-

*, ** = Significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively and ns = Non-significant difference

Means is a column followed by the same letter are not significantly different (P=0.01) by LSD tested.

Means is a row followed by the same letter are not significantly different (P=0.01) by LSD tested.

Year 2018; Env. 1 = Nakhon Ratchasima, Env. 2 = Nakorn Sawan, Env. 3 = UThai Thani, Env. 4 = Kamphaeng Phet, Env. 5 = Burirum

Year 2019; Env. 6 = Nakhon Ratchasima, Env. 7 = Nakorn Sawan, Env. 8 = UThai Thani, Env. 9 = Kamphaeng Phet Env.10 = Burirum

2. อิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combine analysis) ของข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ดีเด่นร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 11 สายพันธุ์ ใน 10 สภาพแวดล้อม พบว่า พันธุ์ (G) ปีเพาะปลูก (Y) สถานที่ปลูก (L) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีเพาะปลูกกับสถานที่ปลูก (YL) พันธุ์กับปีเพาะปลูก (GY) พันธุ์กับสถานที่ปลูก (GL) และพันธุ์กับปีเพาะปลูกและกับสถานที่ปลูก (GYL) มีผลต่อผลผลิตช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) หมายความว่า ข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ ที่ร่วมทดสอบในครั้งนี้ให้ผลผลิตช่อดอกแตกต่างกันตามพันธุ์ ปีเพาะปลูก สถานที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีเพาะปลูกกับสถานที่ปลูก พันธุ์กับปีเพาะปลูก พันธุ์กับสถานที่ปลูก และพันธุ์กับปีเพาะปลูกและกับสถานที่ปลูก (**Table 2**) แต่พบว่า ผลของพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับปีเพาะปลูก พันธุ์กับสถานที่ปลูก และพันธุ์กับปีเพาะปลูกและกับสถานที่ปลูกไม่มีนัยสำคัญต่อความยาวช่อดอก และจำนวนกิ่ง/ช่อดอก นอกจากนี้พบว่า ความยาวก้านช่อดอกแตกต่างกันตามพันธุ์ ($p<0.01$) และพบว่า สถานที่ปลูกนอกจากมีผลต่อผลผลิตช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญแล้วยังมีผล ($p<0.01$) ต่อความยาวช่อดอก ความยาวก้านช่อ และจำนวนกิ่ง/ช่อดอก (**Table 2**) ขณะที่ผลของสายพันธุ์ (G) พบว่า ไม่มีนัยสำคัญต่อความยาวช่อดอก และจำนวนแส้/ช่อดอก แต่มีผลต่อผลผลิตช่อดอกและความยาวก้านช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) (Table 2) ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสัณห์ฐิศ และคณะ (2560) ที่รายงานว่า ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองแปรปรวนตามพันธุ์ สภาพแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าพันธุ์และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตช่อดอกข้าวฟ่างไม้กวาดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการทดสอบเพื่อค้นหาสายพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีและ

ให้ผลผลิตสูงในแต่ละสภาพแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติและคาดหวังได้ว่าจะสามารถรวบรวมข้อมูลเพื่อแนะนำสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสภาพแวดล้อมได้ในอนาคต

Table 2 Mean square of panicle yield, panicle length, panicle exertion length and number of branches/panicle from combined analysis of variance of 11 broomcorn lines exposed to 10 environments

Source of variation	df	Mean square			
		Panicle yield (ton/ha)	Panicle length (cm)	Panicle exertion length (cm)	No. of branches/panicle
Year (Y)	1	4.40 **	2,834.8 **	22.5 ns	1,030.0 **
Location (L)	4	10.55 **	1,677.6 **	419.7 **	293.6 **
Y x L (E)	4	7.95 **	402.0 **	183.0 ns	111.3 **
Genotype (G)	10	0.20 **	9.7 ns	31.8 **	6.2 ns
Error	20	0.16	15.4	64.0	14.4
G x Y	10	0.17 **	10.9 ns	16.8 ns	5.8 ns
G x L	40	0.18 **	8.3 ns	12.6 ns	5.0 ns
G x Y x L	40	0.19 **	8.5 ns	13.1 ns	3.7 ns
Pooled error	200	0.04	7.2	12.2	5.4

*, ** = Significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively

ns = Non-significant difference

3. ผลผลิตช่อดอกและองค์ประกอบของผลผลิตเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อม

ข้าวฟ่างไม้กวาดที่ร่วมทดสอบ 11 สายพันธุ์ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อมแตกต่างกันระหว่าง 1.06-1.37 ตัน/เฮกตาร์ (**Table 3**) โดยพันธุ์รวงเรียว 1 ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยสูงสุด 1.37 ตัน/เฮกตาร์ สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ($p<0.01$) รองลงมาคือ สายพันธุ์ KBr 5916 ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ย 1.22 ตัน/เฮกตาร์ และสายพันธุ์ KBr 5915 ให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยต่ำสุด 1.06 ตัน/เฮกตาร์ (**Table 3**)

ความยาวช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อมของข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างกันระหว่าง 36.68-38.63 ซม. (**Table 3**) ซึ่งทุกสายพันธุ์มีช่อดอกยาวเฉลี่ยมากกว่า 30 ซม. ข้าวฟ่างไม้กวาดที่มีความยาวช่อดอกตั้งแต่ 30 ซม. ขึ้นไปมักจะถูกนำไปทำไม้กวาดที่ใช้ในบ้านเรือน มีขนาดรวมด้ามยาวประมาณ 130 ซม. หรือใช้กวาดลานหรือสนามต่างๆ ซึ่งมีความยาวประมาณ 145 ซม. ส่วนช่อดอกที่สั้นกว่า 30 ซม. มักจะถูกนำไปทำเป็นแปรงปัดฝุ่น (ธำรงศิลป, 2531)

จำนวนกิ่ง/ช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อมของข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ พบว่า ไม่แตกต่างกันระหว่าง 25.17-26.63 กิ่ง/ช่อดอก (**Table 3**)

ความยาวก้านช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อมของข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยสายพันธุ์ KBr 5937 มีก้านช่อดอกยาวที่สุด 22.37 ซม. แต่ไม่ต่างกับพันธุ์รวงเรียว 1, KBr 5927, KBr 5915, และ KBr 5916 ที่มีก้านช่อดอกยาวเฉลี่ยเท่ากับ 21.29, 20.99, 20.59 และ 20.40 ซม. ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ KBr 5906 มีก้านช่อดอกเฉลี่ยสั้นที่สุด 19.08 ซม. (**Table 3**) ทั้งนี้ความยาวก้านช่อดอกที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6-12 ซม. พันธุ์ใดมีก้านช่อดอกยาวกว่า 20 ซม. อาจพิจารณาว่ามีความยาวก้านช่อดอกที่ยาวมากอาจทำให้ก้านช่อดอกหักได้ง่าย โดยเฉพาะช่อดอกที่มีขนาดใหญ่

Table 3 Means of panicle yield, panicle length, panicle exertion length and number of branches/panicle of 11 broomcorn sorghum lines exposed to 10 environments**.**

No.	Genotype/Line	Panicle yield (ton/ha)	Panicle length (cm)	Panicle exertion (cm)	No. of branches/panicle
1	KBr 5906	1.12 bc	37.83	19.08 b	25.80
2	KBr 5911	1.13 bc	38.63	19.48 b	25.73
3	KBr 5915	1.06 c	37.62	20.59 ab	25.47
4	KBr 5916	1.22 b	38.38	20.40 ab	25.97
5	KBr 5919	1.17 bc	37.49	19.29 b	26.00
6	KBr 5927	1.13 bc	37.72	20.99 ab	25.17
7	KBr 5937	1.10 bc	37.30	22.37 a	25.57
8	KBr 5939	1.16 bc	36.90	19.70 b	26.63
9	KBr 5962	1.14 bc	37.77	19.89 b	26.27
10	KBr 5964	1.18 bc	36.68	19.25 b	26.33
11	Ruangriew-1	1.33 a	37.41	21.29 ab	26.50
	F-test	**	ns	*	ns
	C.V. (%)	2.60	14.99	15.79	12.64

ns, * and ** = non-significant, significant difference at p<0.05 and p<0.01, respectively

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by LSD tested p=0.01 and 0.05.

4. เสถียรภาพผลผลิตช่อดอก (panicle yield stability)

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพผลผลิตช่อดอกของข้าวฟ่างไม้กวาดแต่ละสายพันธุ์ตามวิธีการของ Eberhart and Russell (1966) พันธุ์ที่มีเสถียรภาพคือ พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b_i) เท่ากับ 1 หรือไม่ต่างจาก 1 และมีค่าเบี่ยงเบนจากรีเกรสชั่น (S^2_{di}) ไม่ต่างจาก 0 ซึ่งผลการวิเคราะห์เสถียรภาพในลักษณะผลผลิตช่อดอก พบว่า ข้าวฟ่างไม้กวาดสายพันธุ์ KBr 5906, KBr 5915, KBr 5916, KBr 5919, KBr 5964 และพันธุ์รวงเรียว 1 มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b_i) ต่างไปจาก 1 กล่าวคือ b_i เท่ากับ 0.85, 0.48, 1.26, 0.09, 1.16 และ 1.38 ตามลำดับ (**Table 4**) แสดงว่า ข้าวฟ่างไม้กวาด 6 สายพันธุ์ นี้มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตช่อดอกต่ำ กล่าวคือ ให้ผลผลิตช่อดอกแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม โดยให้ผลผลิตสูงเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่พื้นที่ จ.นครราชสีมา นครสวรรค์ และกำแพงเพชร โดยมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย-ดินเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 6.0-8.0 ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวฟ่าง (ประสิทธิ์, 2529) ส่วนสายพันธุ์ KBr 5911, KBr 5927, KBr 5937, KBr 5939 และ KBr 5962 มีค่า b_i ไม่แตกต่างจาก 1 คือ b_i เท่ากับ 0.86, 1.17, 1.00, 1.02, และ 1.13 ตามลำดับ จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตช่อดอกหรือตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่ำ แม้ว่าข้าวฟ่างไม้กวาด 5 สายพันธุ์ นี้จะมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต แต่ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยยังต่ำกว่าพันธุ์รวงเรียว 1, KBr 5916, KBr 5964 และ KBr 5919 นอกจากนี้ค่าเบี่ยงเบนจากรีเกรสชั่น (S^2_{di}) ของข้าวฟ่างไม้กวาดทั้ง 11 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างจาก 0 (S^2_{di}~0) แสดงว่าสามารถใช้ b_i ทำนายผลผลิตช่อดอกของข้าวฟ่างไม้กวาด 11 สายพันธุ์ นี้ได้ ทั้งนี้ Eberhart and Russell (1966) เสนอว่า ทั้งส่วนที่เป็น linear (b_i) และ non-linear (S^2_{di}) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมนั้นควรถูกนำมาพิจารณาในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง ดังนั้นเมื่อพิจารณาเสถียรภาพการให้ผลผลิตช่อดอกใน 10 สภาพแวดล้อมจากค่า b_i และ S^2_{di} โดยสายพันธุ์ที่มี b_i ไม่ต่างจาก 1 และ มี S^2_{di} ไม่ต่างจาก 0 จัดเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต ซึ่งการทดสอบผลผลิตในหลายสภาพแวดล้อม (muti-environments yield trial) เป็นขั้นตอนสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์พืชก่อนการตัดสินใจคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพเป็นพันธุ์แนะนำแก่เกษตรกร

Table 4 Mean panicle yield (ton/ha), regression coefficient (b_i), t-value tested for b=1 and deviation from regression (S^2_{di}) of 11 broomcorn sorghum cultivar/lines exposed to 10 environments.

No.	Genotype	Panicle yield (ton/ha)	Regression coefficient (b_i)	t (b = 1)	S^2_{di}
1	KBr 5906	1.12	0.85	3.91 *	0.03
2	KBr 5911	1.13	0.86	1.61 ns	0.15
3	KBr 5915	1.06	0.48	2.76 *	0.66
4	KBr 5916	1.22	1.26	2.66 *	0.18
5	KBr 5919	1.17	0.69	2.32 *	0.34
6	KBr 5927	1.13	1.17	1.37 ns	0.29
7	KBr 5937	1.10	1.00	0.02 ns	1.00
8	KBr 5939	1.16	1.02	0.14 ns	0.41
9	KBr 5962	1.14	1.13	0.74 ns	0.63
10	KBr 5964	1.18	1.16	1.96 *	0.12
11	Ruangriew-1	1.33	1.38	5.04 *	0.11
	Mean	1.16	-	-	-

ns and * = non-signeficant and significant at p<0.05.

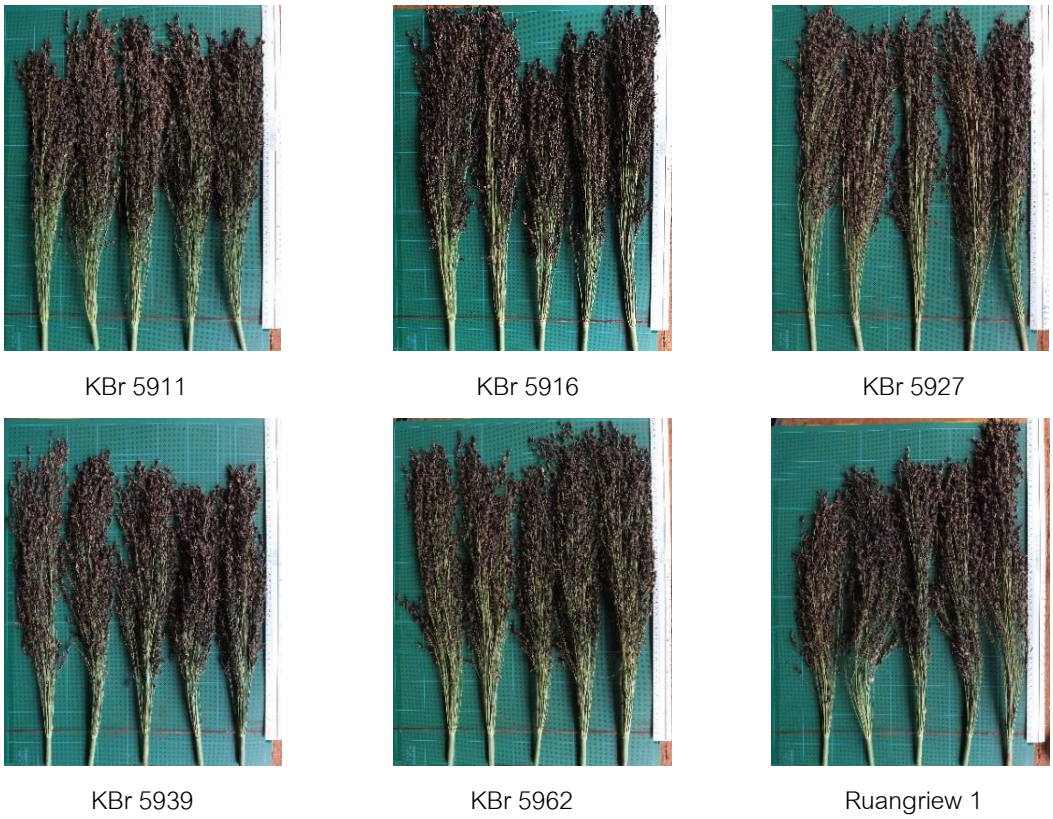


Figure 1 Panicle of the KBr 5911, KBr 5916, KBr 5927, KBr 5939, KBr 5962 and Ruangriew-1 broomcorn sorghum.

สรุป

1. ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างไม้กวาดพันธุ์ 11 สายพันธุ์ แตกต่างกัน พันธุ์ สภาพแวดล้อม (สถานที่ปลูกและปีเพาะปลูก) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ($p<0.01$) แต่ความยาวช่อดอกและจำนวนกิ่ง/ช่อดอกเฉลี่ยจาก 10 สภาพแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

2. สายพันธุ์ KBr 5911, KBr 5927, KBr 5937, KBr 5939 และ KBr 5962 มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b_i) ไม่ต่างจาก 1 จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต แต่ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยยังต่ำกว่าพันธุ์รวงเรียว 1 และ KBr 5916

3. พันธุ์รวงเรียว 1 ซึ่งให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยสูงสุด ปรับตัวได้ดีในพื้นที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.22 ตัน/เฮกตาร์

4. สายพันธุ์ KBr 5916 ซึ่งให้ผลผลิตช่อดอกเฉลี่ยสูงเป็นอันดับที่ 2 แต่ผลผลิตยังแปรปรวนตามสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตสูงสุดในพื้นที่ อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ ในฤดูฝน ปี 2562 (2.23 ตัน/เฮกตาร์) ดังนั้นการแนะนำพันธุ์อาจพิจารณาแนะนำเฉพาะสภาพแวดล้อม

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบอุดหนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่อง ขอบคุณผู้บริหาร นักวิจัย และบุคลากรของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ให้การสบับสนุน และมีส่วนช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จนการวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

การุณย์ มะโนใจ. 2553. ข้าวฟ่างไม้กวาด ทางเลือกใหม่ของเกษตรกรพะเยา. เทคโนโลยีการเกษตร. 22(477): 22-23.

เกษร สิทธิหนิ้ว. 2545. ไม้กวาดแสงจันทร์แท้ จากแม่แสงจันทร์. แหล่งข้อมูล : https://www.sarakadee.com/feature/2002/09/saengjan_broom.htm. ค้นเมื่อ 16 กันยายน 2564.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2552. สถิติ: การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย “R”. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธำรงศิลป โพธิสูง. 2531. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง. เอกสารวิชาการวิชาการฉบับพิเศษ ลำดับที่ 4 โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง, ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสิทธิ์ ใจศิล. 2529. ข้าวฟ่าง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พีรศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพฑูรย์ นาคเกษม ปราโมทย์ พรสุริยา และประพฤติ พรหมสมบูรณ์. 2562. เสถียรภาพของผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays* var. *ceratina*) 6 พันธุ์. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 6(3): 1-8.

วิภาวรรณ กิติวัชระเจริญ. 2561. รายงานโครงการวิจัย โครงการวิจัยพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตข้าวฟ่าง. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน กรมวิชาการเกษตร.

สัณห์ฐิศ รีวราบัณฑิต, นัฐวรรณ บุษบา, วศินี จันทร์ชุ่ม, ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล, ประพฤติ พรหมสมบูรณ์ และธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส. 2560. ศักยภาพการให้ผลผลิตและผลของสภาพแวดล้อมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกดีเด่น. น. 93-100. ใน. การประชุมวิชาการพืชวงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 6 วันที่ 23-25 สิงหาคม 2560. ณ หอประชุมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช.

อำไพ พรหมณเรศ, ถวิล นิลพยัคฆ์ และธำรงศิลป โพธิสูง. 2560. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างไม้กวาดเบื้องต้น. น. 302-309. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 38 ณ โรงแรมแกรนด์ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา อ.เมืองนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์.

อำไพ พรหมณเรศ, ถวิล นิลพยัคฆ์ ,ปวีณา ทองเหลือง และธำรงศิลป โพธิสูง. 2561. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างไม้กวาดในไร่เกษตกร ปี 2560. น. 99-106. ใน: การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 7 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา.

อำไพ พรหมณเรศ, ถวิล นิลพยัคฆ์ และธำรงศิลป โพธิสูง. 2562. การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างไม้กวาดเบื้องต้น. น. 261-266. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 39 ณ โรงแรมลพบุรี อินน์ รีสอร์ท อ.เมือง จ.ลพบุรี.

Aba, D.A., U. Alhassan, and M.Y. Yeye. 2007. Genetic diversity among Nigirian elite Sorghum lines for malting. Journal of Arid Agriculture. 17: 1-5.

Adugna, A. 2008. Assessment of yield stability in sorghum using univariate and multivariate statistical approaches. Hereditas. 145: 28-37.

Becker, H.C., and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding. 101: 1-23.

Chapman, S. C., M. Cooper, G. L. Hammer, and D. G. Butler. 2000. Genotype by environment interactions affecting grain sorghum. II: Frequencies of different seasonal patterns of drought stress are related to location effects on hybrid yields. Australian Journal of Agricultural Research. 51: 209–221.

Eberhart, S.A., and W.L. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6: 36-40.

Mahendra, D., T.C. Wehner, and C. Arellano. 2017. RGxE: An R Program for Genotype x Environment Interaction Analysis. American Journal of Plant Sciences. 8: 1672-1698.

Poelman, J.M. 1959. Breeding field crop. Avi publishing company.

Snedecor, G.W., and W.G. Cochran. 1980. Statistic methods. 6th edition, The Iowa State University Press, Iowa.

Shama, J.R. 2008. Sattistical and Biometrical Techniques in Plant Breeding. New age international publicshers, New Delhi.

Vange, T. I.N. Ango, and D.K. Adedzwa. 2014. Stability analysis of six improved sorghum genotypes across four environments in the Southen guinea savanna agroecological zone of Nigeria. International Journal of Advances in Agriculture Science and Technology. 2(2): 1-14.

Yan, W., and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype x environmental interaction for winter wheat yields in Ontario. Crop Science. 41(1): 19-25.