การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคกลาง

Stability Analysis of Kamphaeng Saen Sugarcane Variety Series 2007 and 2008 Using GGE Biplot Method in the Central Region

ศศิประภา นุตตะโร[1]และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน[1,2]*

Sasiprapa Nuttaro[1*] and Rewat Lersrutaiyotin[1,2]

Received 14 August 2020, Accepted 21 December 2020

ABSTRACT

The purpose of the study was to use the GGE biplot method to assess the stability of cane yield, CCS and sugar yield, of 12 sugarcane varieties from 5 locations in the central region. The RCBD with 3 replications was used in each trail. The plot had 3 rows of 8 meters in length. The results revealed that the environmental factor in the central region had high effect on the CCS and sugar yield, higher than 40 pencent whereas the genetic factor had the lowest percentage. From the comparison the effect of the interaction between the enviroment and the genetic factor and the genetic factor, it was found that the cane yield had low effect while the CCS and the sugar yield had high effect, respectively. The result of the stability analysis using the GGE biplot method to assess the stability of the cane yield characteristics, CCS and sugar yield, it was able to determine the suitable areas or the environment in the sugarcane growing area. Kamphaeng Saen 07-30-3 was found to be able to adapt in a variety of the environment that had good yield potential and good stability in the CCS and sugar yield and the Kamphaeng Saen 08-2-33 had good stability in the cane yield. In terms of the suitable trails in the central region for discrimination the outstanding sugarcane varieties were Kao Liew for the cane yield and sugar yield; and Tamaka for the CCS.

Keywords: GGE biplot, Sugarcane, Varietal stability

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Cane and sugar Research and Development Canter, Department of Agronomy Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel. 09-2265-4142, E-mail address: sasiprapa.nu@ku.th

บทคัดย่อ

ได้ใช้ GGE biplot ในการประเมินเสถียรภาพลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลในพันธุ์อ้อย 12 พันธุ์ จาก 5 สถานที่ในภาคกลาง แต่ละแปลงทดลองใช้แผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ แปลงย่อยมี 3 แถว ยาว 8 เมตร ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมในภาคกลางมีผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล สูงมากกว่า 40% โดยอิทธิพลต่อความแปรปรวนจากพันธุกรรมมีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุด จากการเปรียบเทียบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับพันธุกรรมกับอิทธิพลของพันธุกรรม พบว่าผลผลิตอ้อยมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ที่ต่ำ ในขณะที่ซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาลมีค่าสูง ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยใช้วิธี GGE biplot ในการประเมินเสถียรภาพลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล สามารถกำหนดพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อย สำหรับอ้อยพันธุ์กำแพงแสนสามารถปรับตัวได้กว้างในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ดีและมีเสถียรภาพที่ดี คือ พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 ในลักษณะซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาล และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 ในลักษณะผลผลิตอ้อย ส่วนแปลงทดสอบในภาคกลางที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งแยกพันธุ์ที่ดีเด่นในลักษณะต่างๆ คือ แปลงเก้าเลี้ยวในลักษณะผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาล และแปลงท่ามะกาในลักษณะซีซีเอส

คำสำคัญ: GGE biplot อ้อย เสถียรภาพของพันธุ์

คำนำ

ภาคกลางของประเทศไทยจัดเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 3,203,034 ไร่ โรงงานน้ำตาลภายในประเทศไทยมีรวมทั้งสิ้น 47 โรงงาน โดยในภาคกลางมีโรงงาน จำนวน 17 โรงงาน ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคอื่นๆ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) อ้อยจัดเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีอากาศและน้ำถ่ายเทได้สะดวก ก่อนการปลูกอ้อยจึงควรมีการวางแผนในการจัดการด้านต่างๆ เป็นอย่างดี นับตั้งแต่การเลือกพื้นที่ การเลือกพันธุ์ การวางแผนการปลูก การดูแลรักษา การตัด การขนส่งอ้อย โดยพื้นที่ปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ดอน น้ำไม่ท่วม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี มีการคมนาคมสะดวกและต้องอยู่ห่างจากโรงงานไม่เกิน 50 กิโลเมตร เพราะจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552) จากการที่พันธุ์อ้อยเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการผลิตอ้อย พลัง และกมล (2550) ได้รายงานว่า พันธุ์ที่จะส่งเสริมควรมีการทดสอบพันธุ์เพื่อตรวจสอบการปรับตัวของพืชและให้ได้พันธุ์พืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน โดยการทดสอบพันธุ์ทำได้จากการปลูกในแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ที่มีการวางแผนการทดลองในหลายสภาพแวดล้อม ซึ่งจะสามารถทราบพันธุ์พืชที่มีเสถียรภาพสูง ผลการทดลองจากพื้นที่ต่างๆ จะถูกนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ โดย ชูศักดิ์ (2551) ได้รายงานว่า การวิเคราะห์เสถียรภาพ คือ การวิเคราะห์ความสามารถของพันธุ์พืชในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมหลายๆ พื้นที่ โดยพันธุ์ที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันเป็นพันธุ์พืชที่มีเสถียรภาพสูง แม้ว่านำไปปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ กิตติศักดิ์ (2549) รายงานว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง หมายถึง พันธุ์ที่ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยคงที่ในทุกสภาพแวดล้อม หรือพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแต่อาจจะให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญต่อลักษณะของอ้อย Ferraro *et al*. (2009) พบว่าการปลูกอ้อยในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมีผลต่อผลผลิตอ้อยมากที่สุด ปัจจัยรองลงมาคือ ปีปลูก ส่วนพันธุ์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อ

ผลผลิตน้ำตาลมากที่สุด รองลงมาคือปีปลูกและเดือนที่ทำการเก็บเกี่ยว โดยแต่ละพื้นที่ปลูกที่ต่างกันไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำตาล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ GGE biplot ในการประเมินเสถียรภาพและความดีเด่นของพันธุ์อ้อย โดยที่ GGE หมายถึง อิทธิพลหลักของพันธุกรรม (genotype, G) กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction, GE) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความแปรปรวนที่เกิดจากการปลูกทดสอบผลผลิตของพันธุ์พืชในหลายสภาพแวดล้อมในการวิเคราะห์ข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับการใช้คุณลักษณะของ singular value decomposition มาช่วยในการเขียนกราฟ GGE biplot (ชูศักดิ์, 2559) Querme *et al*. (2010) ได้ใช้วิธี GGE Biplot ในการประเมินผลผลิตอ้อยในกัวเตมาลาซึ่งสามารถระบุพันธุ์ที่มีการปรับตัวเฉพาะเจาะจงกับสถานที่ได้และระบุพันธุ์ที่มีการปรับตัวแบบกว้างได้ นอกจากนี้ Yan *et al*. (2000) ได้ใช้ GGE biplot เป็นเครื่องมือที่แสดงข้อมูลภาพความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมในตารางแบบสองทาง โดยใช้ GE scores เพียงค่าเดียว พันธุ์ที่มีค่า GE scores สูง จะเป็นพันธุ์ที่ดีเด่นในลักษณะที่ศึกษา ตลอดจนมีประสิทธิภาพในการประเมินสภาพแวดล้อมสามารถจำแนกพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความดีเด่นของพันธุ์อ้อยกำแพงแสน ปี 2007 และ 2008 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการกำหนดพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมรวมถึงการปรับตัวแบบจำเพาะหรือแบบทั่วไปของพันธุ์อ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

พันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2007 และ 2008 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาลจำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน 07-6-2 กำแพงแสน 07-10-6 กำแพงแสน 07-30-3 กำแพงแสน 08-1-26 กำแพงแสน 08-2-33 กำแพงแสน 08-2-35 กำแพงแสน 08-3-8 กำแพงแสน 08-2-29 กำแพงแสน 08-6-11 กำแพงแสน 08-11-21 และกำแพงแสน 08-2-28 โดยพันธุ์อ้อยเปรียบเทียบของกรมวิชาการเกษตร 1 พันธุ์ ได้แก่ ขอนแก่น 3

วิธีการทดลอง

ปลูกแปลงทดสอบโดยใช้พันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2007 และ 2008 จำนวน 11 พันธุ์ และพันธุ์ขอนแก่น 3 ในพื้นที่ปลูกอ้อยต่างๆ ของภาคกลางจำนวน 5 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว (อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์) แปลงท่ามะกา (อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี) แปลงท่าม่วง (อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี) แปลงด่านมะขามเตี้ย (อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี) แปลงปราณบุรี (อ.ปราณบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยวางลำปลูกลงในร่องแบบต่อเนื่องกันให้ส่วนปลายและส่วนโคนของลำอ้อยแต่ละลำเหลื่อมกัน แล้วสับท่อนอ้อยให้แต่ละท่อนมี 2-3 ตา ระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร แต่ละร่องยาว 8 เมตร ใช้ลำอ้อย 10 ลำต่อร่องอ้อย การดูแลรักษาแตกต่างกันตามสถานที่ทดสอบ ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เมื่ออ้อยอายุ 11-13 เดือน ทำการวิเคราะห์เนื้อดินของแปลงทดสอบ โดยภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน และวัดค่าปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดระยะเวลาปลูกของแต่ละแปลงทดสอบ โดยกรมอุตุนิยมวิทยานครปฐม ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ใน (Table 1) เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562

Table 1 soil texture and precipitation (Feb.2018-Dec.2019) of the 5 varietal trials

Locations	Soil texture	Precipitation (mm)
Dan Makham Tia (Dan Makham Tia District, Kanchanaburi Province)	Loam	782.2
Kao Liew (Kao Liew District, Nakhon Sawan Province)	Sandy Loam	991.7
Pranburi (Pranburi District, Prachuap Khiri Khan Province)	Loam	1352.2
Tamaka (Tamaka District, Kanchanaburi Province)	Loam	778.5
Tha Muang (Tha Muang District, Kanchanaburi Province)	Sandy Loam	753.2

การเก็บข้อมูล

1. **ผลผลิตอ้อย** ชั่งน้ำหนักอ้อยหลังเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย นำมาคำนวณเป็นผลผลิตอ้อยหน่วยเป็นตันต่อไร่ ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตอ้อย} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อยลำที่เก็บเกี่ยว x พื้นที่ 1 ไร่ (1,600 ตร.ม.)}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว } (8 \times 1.5 \times 3)}$$

2. **ซีซีเอส (CCS : Commercial Cane Sugar)** สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยจำนวน 3 ลำที่แก่ที่สุดของแต่ละกอ วิเคราะห์โดยเครื่อง saccharometer รุ่น NIR WII
3. **ผลผลิตน้ำตาล** คำนวณผลผลิตน้ำตาล ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตน้ำตาล (ตัน/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อย (ตันต่อไร่) x ซีซีเอส}}{10}$$

การคำนวณ

inner-product property (GE scores) ได้จากการนำเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของพันธุกรรม (PC1 และ PC2) คูณกับเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของสภาพแวดล้อม (PC1 และ PC2) จะได้ inner-product property (GE scores) ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ มีความเหมาะสมที่พืชจะให้ผลผลิตสูง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี GGE biplot ตามวิธีการของชูศักดิ์ (2559) ด้วยโปรแกรม R (R-language & environment for statistical computing & graphics) (Venables *et al*., 2009)

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (Table 2) พบว่า สภาพแวดล้อมมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนที่สูงมากกว่า 40% ในทุกลักษณะ ได้แก่ ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล โดยที่ผลผลิตอ้อยเท่ากับ 58.46% ค่าซีซีเอส เท่ากับ 40.68% และผลผลิตน้ำตาล เท่ากับ 45.66% เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม พบว่า%ความแปรปรวนจากพันธุกรรมต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในทุกลักษณะ โดยเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากพันธุกรรมของผลผลิตอ้อย ค่าซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล เท่ากับ 8.31, 8.05 และ 10.83% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของพันธุกรรม ในผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลเป็น 2 เท่า ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ธิศวรรณ (2562) พบว่า ทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมที่สูงมาก

Table 2 Combined analysis of variance of 12 sugarcane varieties of 5 trials in central region in cane yield, CCS and sugar yield

SOV	df	Cane yield		CCS		Sugar yield	
		SS	%SS	SS	%SS	SS	%SS
ENV	4	2511.17	58.46	583.89	40.68	32.96	45.66
REP(ENV)	10	293.84		107.11		5.24	
GEN	11	357.14	8.31	115.48	8.05	7.82	10.83
ENV:GEN	44	612.49	14.26	240.83	16.78	13.74	19.04
Residuals	110	521.26		388.11		12.42	

ค่า GE scores ของผลผลิตอ้อย

โดยที่ค่า GE scores ของพื้นที่เป็นค่าที่แสดงถึงความเหมาะสมและความดีเด่นของพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ที่ทดสอบ เนื่องจากมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของแปลงทดสอบทั้งหมดที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นพันธุ์ที่มีค่า GE Scores สูงในแต่ละพื้นที่เป็นการบ่งบอกถึงพันธุ์ที่ดีเด่นในพื้นที่ และถ้ามี GE scores สูงในหลายพื้นที่บ่งบอกว่า เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีด้วย Yan *et al*. (2000) พันธุ์ที่มีผลผลิตที่ดีในสภาพแวดล้อมนั้น จะมีค่า GE scores ที่เป็นบวก ซึ่งสภาพแวดล้อมที่มีการตอบสนองของพันธุ์ที่ดีจะสามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถบอกพันธุ์ให้ผลผลิตสูงและมีเสถียรภาพอีกด้วย

ผลการวิเคราะห์ Table 3 แสดงค่า GE scores พันธุ์อ้อยในลักษณะผลผลิตอ้อยของพันธุ์อ้อยกำแพงแสน 11 พันธุ์และพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละแปลงทดสอบ และค่า GE Scores ของพันธุ์อ้อยที่ได้จากการรวมจากทุกแปลงทดสอบ โดยพิจารณาค่าบวกและค่าลบของแต่ละแปลงทดสอบ โดยพันธุ์ที่มีค่าเป็นบวกแสดงว่าพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเหมาะสมกัน ถ้ามีค่าเป็นบวกมากจะมีความเหมาะสมกับแปลงทดสอบนั้นมาก ส่วนพันธุ์ที่มีค่าลบจะมีความไม่เหมาะสมกับแปลงทดสอบ โดยถ้ามีค่าลบมากจะมีความไม่เหมาะสมมาก และถ้ามีค่า GE scores รวมเป็นบวกที่สูงในหลายแปลงทดสอบ จะบ่งบอกว่าเป็นพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ดีในหลายที่ พบพันธุ์ดีเด่นที่มีค่า GE scores เป็นบวก จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ขอนแก่น 3 กำแพงแสน 08-2-33 และกำแพงแสน 07-30-3 โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมสูงสุด เท่ากับ 19.063 และเมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดสอบ โดยที่พันธุ์ขอนแก่น 3 ถึงแม้มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 ถึง 4 แปลงจาก 5 แปลง แต่มีค่าติดลบ 1 ที่แปลงท่าม่วง แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 ถึงแม้มีเสถียรภาพลักษณะผลผลิตสูง แต่ก็มีข้อจำกัดในการแสดงความดีเด่นในพื้นที่ต่างๆ เช่นเดียวกับพันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 ที่มีค่า GE scores รวมเป็นบวกรองลงมา เท่ากับ 5.195 โดยมีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 2 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย มีค่า GE scores เท่ากับ 2.392 และมีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 แปลง และมีค่า GE scores เป็นค่าลบเพียง 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่าม่วง ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores รวมเป็นบวก เท่ากับ 4.503 มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 2 จำนวน 3 แปลงโดยแปลงเก้าเลี้ยว มีค่า GE scores สูง เท่ากับ 2.572 และมีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 แปลง และมีค่า GE scores เป็นค่าลบเพียง 1 แปลง ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย แสดงให้เห็นว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีเสถียรภาพของลักษณะผลผลิตดีกว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 นอกจากนี้พบพันธุ์ที่มีความดีเด่นเฉพาะ โดยถึงแม้มีค่า GE scores รวมเป็นลบแต่มีแปลงที่มีค่า

GE scores สูง โดยพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ค่า GE Scores รวมเป็นค่าติดลบ แต่มีค่า GE Scores ที่เป็นอันดับ 1 ได้แก่ แปลงท่าม่วง มีค่า GE Scores เท่ากับ 0.409 และยังมีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 2 และ 3 อย่างละ 1 แปลง ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 08-11-21 ก็มีค่า GE Scores รวมเป็นลบ แต่มีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับ 2 ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย มีค่า GE Scores เท่ากับ 2.277 และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ค่า GE Scores รวมเป็นลบ แต่มีค่า GE Scores เป็นอันดับ 2 ได้แก่แปลงท่าม่วง มีค่า GE Scores เท่ากับ 0.051 เมื่อพิจารณา (Figure 1) พบว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 แสดงความดีเด่นสูงในแปลงทดสอบเกือบทุกแปลง ในขณะที่พันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 มีความดีเด่นปานกลางเฉพาะในแปลงปราณบุรีและแปลงด่านมะขามเตี้ย ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีความดีเด่นในแปลงท่ามะกา และแปลงเก้าเลี้ยว และพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีความดีเด่นที่แปลงท่ามะกา จากรายงานของ Voltas *et al*. (2005) เสนอว่า GGE Biplot มีประโยชน์ในการประเมินลักษณะที่มองเห็น ทำให้ทราบว่าพันธุ์ได้เหมาะสมกับพื้นที่ใด สำหรับการแนะนำและระบุในสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่โดย GGE สามารถประเมินข้าวสาลีในระยะเริ่มแรกได้ดี

ค่า GE scores ของแปลงทดสอบ

Table 3 แสดงค่า GE scores รวมของแปลงทดสอบซึ่งได้จากการรวมค่า GE scores ของพันธุ์อ้อยในแต่ละแปลง ซึ่งการรวมค่าในแต่ละแปลงทดสอบจะไม่พิจารณาค่าบวกและค่าลบ เป็นค่าที่บ่งบอกประสิทธิภาพในการแบ่งแยกศักยภาพของพันธุ์อ้อยของแต่ละแปลง โดยแปลงทดสอบที่มีค่า GE scores รวมที่สูงจะมีประสิทธิภาพในการแบ่งแยกความดีเด่นของพันธุ์ได้ดี ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับเป็นแปลงทดสอบพันธุ์อ้อย จากการศึกษาของ ศุภนัส (2555) รายงานว่าเครื่องหมายบวกหรือลบของค่า GE ของพันธุ์จากการวิเคราะห์ GGE ที่เหมือนกับค่า GE ของพื้นที่บ่งบอกระดับความเหมาะสมของพันธุ์ต่อพื้นที่ของค่า PC1 และ PC2

จากค่า GE scores รวม พบว่า สามารถแบ่งแปลงทดสอบเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีค่า GE Scores รวมที่สูง จำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว แปลงด่านมะขามเตี้ย และแปลงท่ามะกา มีค่า GE scores เท่ากับ 24.936, 22.843 และ 20.147 ตามลำดับ กลุ่มที่มีค่า GE scores รวมปานกลาง จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงปราณบุรี มีค่า GE scores เท่ากับ 9.124 และกลุ่มที่มีค่า GE scores รวมต่ำ จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่าม่วง มีค่า GE scores เท่ากับ 1.211 จะเห็นได้ว่าแปลงทดสอบส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการแบ่งแยกศักยภาพของพันธุ์ค่อนข้างสูง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแปลงทดสอบกับลักษณะผลผลิตอ้อย (Figure 1) พบแปลงทดสอบที่มีพันธุ์ดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อยแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย แปลงด่านมะขามเตี้ย และแปลงปราณบุรี ที่มีพันธุ์ที่ดีเด่นค่อนข้างเหมือนกัน โดยที่แปลงด่านมะขามเตี้ยมีความเหมาะสมมากกว่าแปลงปราณบุรี จากการที่สามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้มากกว่า ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย แปลงเก้าเลี้ยว แปลงท่ามะกา และแปลงท่าม่วง ที่มีพันธุ์ที่ดีเด่นค่อนข้างเหมือนกัน ในกลุ่มนี้สามารถใช้แปลงเก้าเลี้ยว หรือแปลงท่ามะกา เนื่องจากมีความสามารถในการแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยในระดับใกล้เคียงกัน อาจเป็นผลมาจากที่แต่ละแปลงทดสอบได้รับปริมาณน้ำฝนและมีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Kaya *et al.* (2006) ได้ใช้ GGE biplot ตรวจสอบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมของข้าวสาลี 25 พันธุ์ ที่ทดสอบภายใต้สภาพน้ำฝน 9 สถานที่ทดสอบ พบว่า แปลงทดสอบมีพันธุ์ดีเด่นในลักษณะผลผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละแปลงได้รับปริมาณน้ำฝนและมีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน โดย Hunsigi *et al.* (1993) รายงานว่าอ้อยสามารถเติบโตได้ในสภาพดินที่แตกต่างกันมาก คือตั้งแต่ดินทรายจัดจนถึงดินเหนียวจัดรวมถึงดินอินทรีย์ที่มีการระบายน้ำดีปานกลางและน้ำไม่ท่วมขัง

Table 3 GE scores of cane yield of 12 sugarcane varieties of 5 trials in central region

Sugarcane varieties	Locations					
	DanMakhamTier	**KaoLiew**	**Pranburi**	**Tamaka**	**ThaMuang**	**Total**[1]
KK 3	**6.010**	**6.457**	**3.085**	**3.683**	-0.172	19.063
Kps 07-10-6	-0.247	-0.119	-0.096	-0.031	0.011	-0.482
Kps 07-30-3	-0.831	**2.572**	**0.297**	**2.357**	**0.108**	4.503
Kps 07-6-2	-6.552	**2.030**	-1.470	**3.487**	**0.409**	-2.096
Kps 08-1-26	-0.056	-1.510	-0.331	-1.234	-0.034	-3.165
Kps 08-11-21	**2.277**	-4.290	-0.237	-4.177	-0.230	-6.657
Kps 08-2-28	-0.877	-3.082	-0.897	-2.308	-0.027	-7.191
Kps 08-2-29	0.742	-0.094	0.195	-0.282	-0.043	0.518
Kps 08-2-33	**2.392**	1.409	**0.986**	0.505	-0.097	5.195
Kps 08-2-35	-1.062	-0.305	-0.371	0.041	**0.051**	-1.646
Kps 08-3-8	-0.797	-0.713	-0.379	-0.370	0.026	-2.233
Kps 08-6-11	-1.000	-2.355	-0.780	-1.672	-0.003	-5.810
Total[2]	22.843	24.936	9.124	20.147	1.211	

Note: [1]sum of GE score values from all trials of each sugarcane variety with considering positive/negative

[2]sum of GE score values of all sugarcane varieties in each trial without considering positive/negative

The underline letters showed the positive of sum of GE score values from all trials of sugarcane varieties

The bold letters showed the top three sugarcane varieties GE score values of each trial

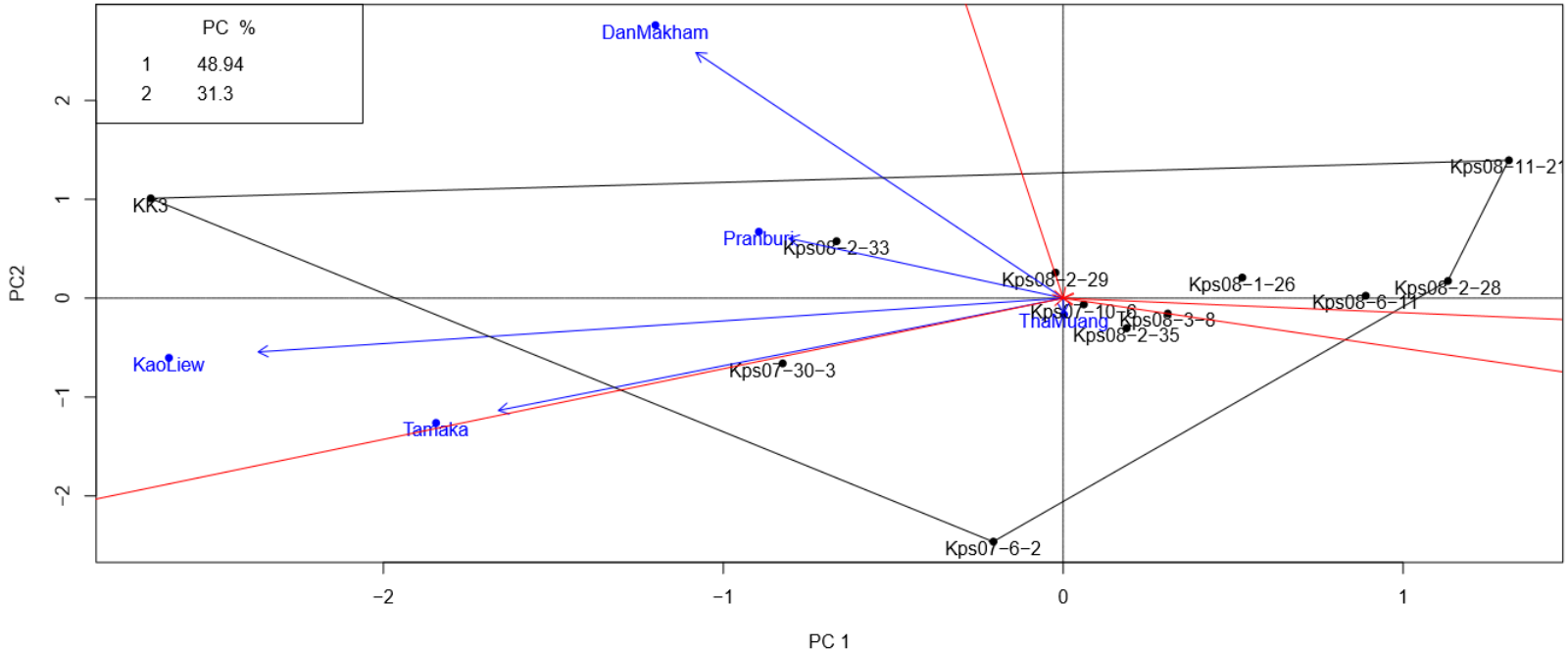

Figure 1 GGE biplot in cane yield of 12 sugarcane varieties from 5 trials of central region

ค่า GE scores ของซีซีเอส (CCS)

Table 4 แสดงค่า GE Scores พันธุ์อ้อยในลักษณะซีซีเอส พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 เป็นพันธุ์ที่ดีเด่นมาก รองลงมาได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ขอนแก่น 3 และกำแพงแสน 07-10-6 ตามลำดับ โดยที่พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores รวมสูงสุดเท่ากับ 6.094 แต่มีค่า GE scores สูงเป็นอันดับ 2 ทุกแปลง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการแสดงความดีเด่นค่อนข้างสูงพื้นที่ต่างๆ ของภาคกลาง ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 มีค่า GE Scores รวมสูงเป็นอันดับที่ 2 เท่ากับ 5.840 โดยมีค่า GE Scores ที่สูงเป็นอันดับ 1 จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย และแปลงท่ามะกา เท่ากับ 0.347 และ4.227 ตามลำดับ และมีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 แปลง และมีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 4 จำนวน 1 แปลง แต่มีแปลงทดสอบที่มีค่า GE Scores เป็นลบจำนวน 1 แปลง เช่นเดียวกับพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีค่า GE Scores รวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 4.279 โดยมีค่า GE Scores ที่สูงเป็นอันดับ 1 ถึง 3 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว แปลงปราณบุรี และแปลงท่าม่วง แต่มีแปลงทดสอบที่มีค่า GE Scores เป็นลบถึง 2 แปลง แสดงว่าทั้งพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 และขอนแก่น 3 มีความดีเด่นสูงในลักษณะซีซีเอส แต่ทว่ามีความจำเพาะกับบางพื้นที่ของภาคกลาง โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความจำเพาะกับแปลงทดสอบ มากกว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่า GE Scores รวมเท่ากับ 2.791 มีค่า GE Scores ที่สูงเป็นอันดับ 3 จำนวน 3 แปลงโดยไม่มีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นลบ แสดงว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีเสถียรภาพสูงในพื้นที่ต่างๆของภาคกลาง เช่นเดียวกับพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 แต่ทว่าในระดับดีเด่นรองลงมา นอกจากนี้พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-28 ที่มีค่า GE scores รวมเป็นค่าติดลบ แต่มีค่า GE scores สูงเป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 แปลง และมีค่า GE scores สูงเป็นอันดับที่ 4 จำนวน 1 แปลง ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 และพันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 มีค่า GE scores รวมเป็นค่าติดลบ แต่มีค่า GE scores สูงเป็นอันดับที่ 4 จำนวน 1 แปลง แสดงว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-28 พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 และพันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 มีความดีเด่นในลักษณะซีซีเอสเฉพาะกับพื้นที่ค่อนข้างมาก

ส่วนผลการทดลอง Figure 2 พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 แสดงความดีเด่นในลักษณะซีซีเอสในทุกแปลงทดสอบในภาคกลาง รองลงมาได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 และขอนแก่น 3 แสดงความดีเด่นในแปลงส่วนใหญ่ โดยพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ยกเว้น แปลงปราณบุรี ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 3 ยกเว้นแปลงท่ามะกาและแปลงด่านมะขามเตี้ย ทั้งนี้พันธุ์ขอนแก่น 3 แสดงความดีเด่นมากที่แปลงปราณบุรีและแปลงเก้าเลี้ยว ซึ่งสอดคล้องกับ Yan & Tinker (2005) ได้ใช้ GGE biplot ประเมินสมรรถนะพืชพันธุ์ปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อมและข้ามสภาพแวดล้อม โดยสามารถบอกได้ว่าพันธุ์ใดเหมาะสมกับพื้นที่ใด การทดสอบพันธุ์หลายสภาพแวดล้อมสำคัญสำหรับการระบุสิ่งแวดล้อมขนาดใหญ่ และสำหรับการแนะนำพันธุ์ปลูกที่จำเพาะกับแต่ละสภาพแวดล้อม

ค่า GE scores ของแปลงทดสอบ

จากการพิจารณาค่า GE scores ของแปลงทดสอบ (Table 4) สามารถแบ่งกลุ่มแปลงตามค่าซีซีเอสได้ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่มีค่า GE scores รวมที่สูงมาก 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่ามะกา มีค่า GE scores รวม เท่ากับ 21.726 กลุ่มที่มีค่า GE scores รวมปานกลาง 2 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว และแปลงปราณบุรี มีค่า GE scores รวม เท่ากับ 13.463 และ 9.185 ตามลำดับ และแปลงที่มีค่า GE scores รวมต่ำ 2 แปลง ได้แก่ แปลงท่าม่วง และแปลงด่านมะขามเตี้ย ที่มีค่า GE scores รวม เท่ากับ 5.453 และ 1.907 ตามลำดับ ดังนั้นแปลงท่ามะกามีศักยภาพสูงในการแบ่งแยกพันธุ์ที่มีค่าซีซีเอสแตกต่างกันมาก

เมื่อพิจารณาค่า GE scores ของแปลงทดสอบในลักษณะซีซีเอส พบว่า แปลงทดสอบมีพันธุ์ดีเด่นที่ค่อนข้างแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่ม (Figure 2) โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ แปลงท่ามะกา และแปลงด่านมะขามเตี้ย มีพันธุ์ดีเด่นที่คล้ายกัน ซึ่งแปลงท่ามะกามีความเหมาะสม ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว แปลงปราณบุรี และแปลงท่าม่วง ซึ่งแปลงเก้าเลี้ยวมีความเหมาะสม จากการที่สามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยในลักษณะซีซีเอสได้ดีกว่าอีกสองแปลง โดยพิจารณาจากความยาวของเส้นสภาพแวดล้อม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการแปลผลกราฟ Biplot ของ Mndolwa (2019) ที่ว่า สภาพแวดล้อมเมื่อลากเส้นจากจุดกำเนิดแล้วพบว่าอยู่ห่างไกลจากจุดกำเนิด (GE scores รวมสูง) จะเป็นสภาพแวดล้อมที่การตอบสนองของพันธุ์ที่ดีหรือสามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละแปลงทดสอบได้รับปริมาณน้ำฝนและมีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน (Table 1) จากการศึกษาของ Yan *et al*. (2000) ได้ใช้ GGE Biplot ซึ่งมีส่วนประกอบของอิทธิพลหลักของพันธุ์ (genotype) บวกกับอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (genotype x environment) ในข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) อธิบายโดย PC1 และ PC2 สามารถแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของสภาพแวดล้อมต่อพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมการเปรียบเทียบความแตกต่างของสภาพแวดล้อมต่อพันธุ์ที่สนใจการแสดงพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ดีเด่นรวมถึงการจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม

Table 4 GE scores of ccs of 12 sugarcane varieties of 5 trials in central region

Sugarcane varieties	Locations					
	DanMakhamTier	**KaoLiew**	**Pranburi**	**Tamaka**	**ThaMuang**	**Total[1]**
KK 3	-0.407	**3.406**	**3.193**	-2.793	**0.880**	4.279
Kps 07-10-6	0.058	**0.846**	**0.470**	**1.059**	**0.358**	2.791
Kps 07-30-3	**0.229**	**1.411**	**0.514**	**3.226**	**0.714**	6.094
Kps 07-6-2	-0.264	-0.329	**0.310**	-3.078	-0.352	-3.713
Kps 08-1-26	0.024	0.224	0.106	0.382	0.103	0.839
Kps 08-11-21	-0.202	-1.354	-0.529	-2.901	-0.670	-5.656
Kps 08-2-28	**0.126**	-0.702	-0.743	**1.037**	-0.145	-0.427
Kps 08-2-29	0.068	0.034	-0.115	0.763	0.072	0.822
Kps 08-2-33	-0.080	-1.266	-0.716	-1.513	-0.530	-4.105
Kps 08-2-35	**0.347**	**0.810**	-0.143	**4.227**	**0.599**	5.840
Kps 08-3-8	0.009	-1.361	-0.963	-0.578	-0.487	-3.380
Kps 08-6-11	**0.093**	-1.720	-1.383	0.169	-0.543	-3.384
Total[2]	1.907	13.463	9.185	21.726	5.453	

Note: [1]sum of GE score values from all trials of each sugarcane variety with considering positive/negative

[2]sum of GE score values of all sugarcane varieties in each trial without considering positive/negative

The underline letters showed the positive of sum of GE score values from all trials of each sugarcane varieties

The bold letters showed the top four sugarcane varieties of GE score values of each trial

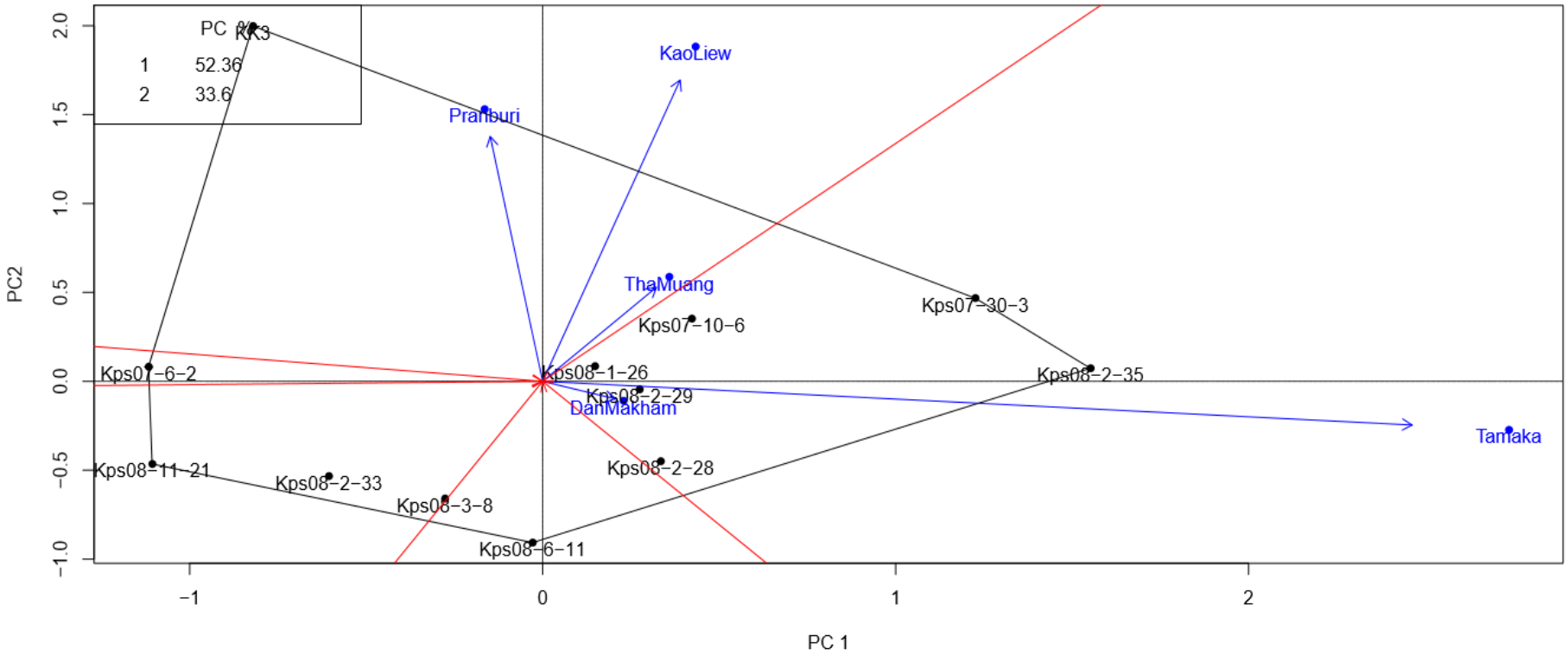

Figure 2 GGE biplot in ccs of 12 sugarcane varieties from 5 trials of central region

ค่า GE scores ของผลผลิตน้ำตาล

ใน Table 5 แสดงค่า GE scores พันธุ์อ้อยในลักษณะผลผลิตน้ำตาล พบพันธุ์ดีเด่นจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 กำแพงแสน 07-30-3 กำแพงแสน 08-2-29 และกำแพงแสน 07-10-6 โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมสูงสุดเท่ากับ 2.997 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับ 1 ถึง 4 แปลงจาก 5 แปลง ได้แก่แปลงด่านมะขามเตี้ย เก้าเลี้ยว ปราณบุรี และท่าม่วง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการแสดงความดีเด่นในพื้นที่ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE Scores ที่เป็นค่าลบจำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่ามะกา ซึ่งอาจจะเป็นแปลงที่มีสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการแสดงความดีเด่นของลักษณะผลผลิตน้ำตาลของพันธุ์ขอนแก่น 3

ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE Scores รวม เท่ากับ 0.720 แต่ไม่มีแปลงที่มีค่า GE Scores ที่สูงเป็นอันดับ 1 มีเพียงแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับ 2 ถึง 4 แปลงจาก 5 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว ปราณบุรี ท่ามะกา และท่าม่วง และมีค่า GE Scores ที่เป็นค่าลบจำนวน 1 แปลง ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 มีค่า GE Scores รวม เท่ากับ 0.130 มีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงปราณบุรี และมีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 4 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย และมีค่า GE Scores ที่เป็นค่าลบ จำนวน 2 แปลง และพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่า GE Scores รวม เท่ากับ 0.128 แปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว และแปลงท่าม่วง เป็นอันดับที่ 4 จำนวน 2 แปลง และมีค่า GE Scores ที่เป็นค่าลบจำนวน 1 แปลง แสดงว่าทั้ง 3 พันธุ์ มีความดีเด่นในระดับรองลงมา โดยมีความจำเฉพาะกับแปลงทดสอบ

นอกจากนี้ยังพบพันธุ์ที่ถึงแม้มีค่า GE scores เป็นลบ แต่มีความดีเด่นเฉพาะแปลง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีแปลงที่มีค่า GE Scores อันดับ 1 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่ามะกา มี GE Scores เท่ากับ 0.242 มีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับ 3 จำนวน 1 แปลง และมีแปลงที่มีค่า GE scores อันดับ 4 จำนวน 1 แปลง พันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 มีแปลงที่มีค่า GE Scores เป็นอันดับ 3 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงด่านมะขามเตี้ย และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 มีแปลงที่มีค่า GE Scores อันดับ 3 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่ามะกา และมีอันดับ 4 จำนวน 2 แปลง และพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 และกำแพงแสน 08-2-35 มีความดีเด่นที่แปลงท่ามะกา

ใน Figure 3 พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 แสดงความดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาลในเกือบทุกแปลงทดสอบในภาคกลางเช่นเดียวกับลักษณะผลผลิตอ้อย โดยเฉพาะที่แปลงเก้าเลี้ยวและแปลงปราณบุรี ในขณะที่พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 และกำแพงแสน 07-10-6 มีความดีเด่นปานกลางที่แปลงท่ามะกาและแปลงเก้าเลี้ยว พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 และกำแพงแสน 08-2-35 มีความดีเด่นที่แปลงท่ามะกา ส่วนพันธุ์ที่มีความดีเด่นเฉพาะที่แปลงด่านมะขามเตี้ย ได้แก่พันธุ์กำแพงแสน 08-11-21 และกำแพงแสน 08-2-29 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Yan (2001) รายงานว่า การวิเคราะห์ GGE Biplot จะสร้าง Biplot โดยความห่างของระยะจากจุดกำเนิดของแต่ละสภาพแวดล้อม บ่งบอกถึงความสามารถของแปลงทดสอบในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ และมุมของสองสภาพแวดล้อมแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยถ้ามุมแคบแสดงความสัมพันธ์เชิงบวกมุมป้านแสดงความสัมพันธ์เชิงลบ ส่วนมุมฉากจะไม่มีความสัมพันธ์กัน

ค่า GE scores ของแปลงทดสอบ

ใน Table 5 พบว่า สามารถแบ่งแปลงทดสอบมีค่า GE scores รวมในลักษณะผลผลิตน้ำตาล เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีค่า GE scores รวมสูงมาก จำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยว แปลงด่านมะขามเตี้ย และแปลงปราณบุรี มีค่า GE Scores รวมเท่ากับ 4.892, 3.158 และ 2.131 ตามลำดับ กลุ่มที่มีค่า GE Scores รวมปานกลาง จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่ามะกา มีค่า GE Scores รวมเท่ากับ 1.161 และแปลงที่มีค่า

GE Scores รวมต่ำจำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงท่าม่วง ที่มีค่า GE Scores รวมเท่ากับ 0.436 จะเห็นได้ว่าแปลงเก้าเลี้ยวมีศักยภาพสูงในการแบ่งแยกพันธุ์ที่มีผลผลิตน้ำตาลแตกต่างกันอย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแปลงทดสอบกับลักษณะผลผลิตน้ำตาล (Figure 3) ควรมี 2 แปลง จาก 2 กลุ่มของแปลงทดสอบที่มีความดีเด่นของพันธุ์ต่างกันโดยในกลุ่มที่ 1 ที่มีจำนวน 4 แปลง มีความดีเด่นของพันธุ์ในลักษณะผลผลิตน้ำตาลที่ใกล้เคียงกัน โดยสามารถใช้แปลงใดแปลงหนึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มได้ ซึ่งในกลุ่มนี้ แปลงเก้าเลี้ยวมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีเส้นสภาพแวดล้อมที่ยาวที่สุด ส่วนอีกกลุ่มมีเพียงแปลงเดียว คือ แปลงด่านมะขามเตี้ยซึ่งก็สามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์ได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละแปลงทดสอบได้รับปริมาณน้ำฝนและมีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Balestre *et al*. (2009) พบว่า สภาพแวดล้อมที่มีการตอบสนองแตกต่างจากสภาพแวดล้อมอื่นสูงจะแสดงค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง GE เพิ่มขึ้น สภาพแวดล้อมใดที่มีการตอบสนองต่อ GE เดียวกัน หรือมีการตอบสนองใกล้เคียงกันที่สุด สามารถทำการทดสอบและปรากฏผลเช่นเดิม สามารถเลือกสภาพแวดล้อมเดียวเป็นตัวแทนกลุ่มได้

Table 5 GE scores of sugar yield of 12 sugarcane varieties of 5 trials in central region

Sugarcane varieties	Locations					
	DanMakhamTier	KaoLiew	Pranburi	Tamaka	ThaMuang	Total[1]
KK3	**0.629**	**1.432**	**0.831**	-0.026	**0.131**	2.997
Kps07-10-6	-0.142	**0.170**	**0.012**	**0.073**	**0.015**	0.128
Kps07-30-3	-0.123	**0.521**	**0.162**	**0.114**	**0.046**	0.720
Kps07-6-2	-0.621	**0.170**	-0.179	**0.242**	**0.013**	-0.375
Kps08-1-26	-0.039	-0.167	-0.083	-0.009	-0.015	-0.313
Kps08-11-21	**0.474**	-0.531	-0.026	-0.239	-0.046	-0.368
Kps08-2-28	-0.142	-0.416	-0.225	-0.006	-0.038	-0.827
Kps08-2-29	**0.203**	-0.051	**0.061**	-0.079	-0.004	0.130
Kps08-2-33	**0.214**	-0.337	-0.051	-0.121	-0.029	-0.324
Kps08-2-35	-0.263	**0.153**	-0.043	**0.113**	**0.013**	-0.027
Kps08-3-8	-0.249	-0.362	-0.246	0.039	-0.034	-0.852
Kps08-6-11	0.059	-0.582	-0.212	-0.100	-0.052	-0.887
Total[2]	3.158	4.892	2.131	1.161	0.436	

Note: [1]sum of GE score values from all trials of each sugarcane variety with considering positive/negative

[2]sum of GE score values of all sugarcane varieties in each trial without considering positive/negative

The underline letters showed the positive of sum of GE score values from all trials of each sugarcane varieties

The bold letters showed the top four sugarcane varieties of GE score values of each trial

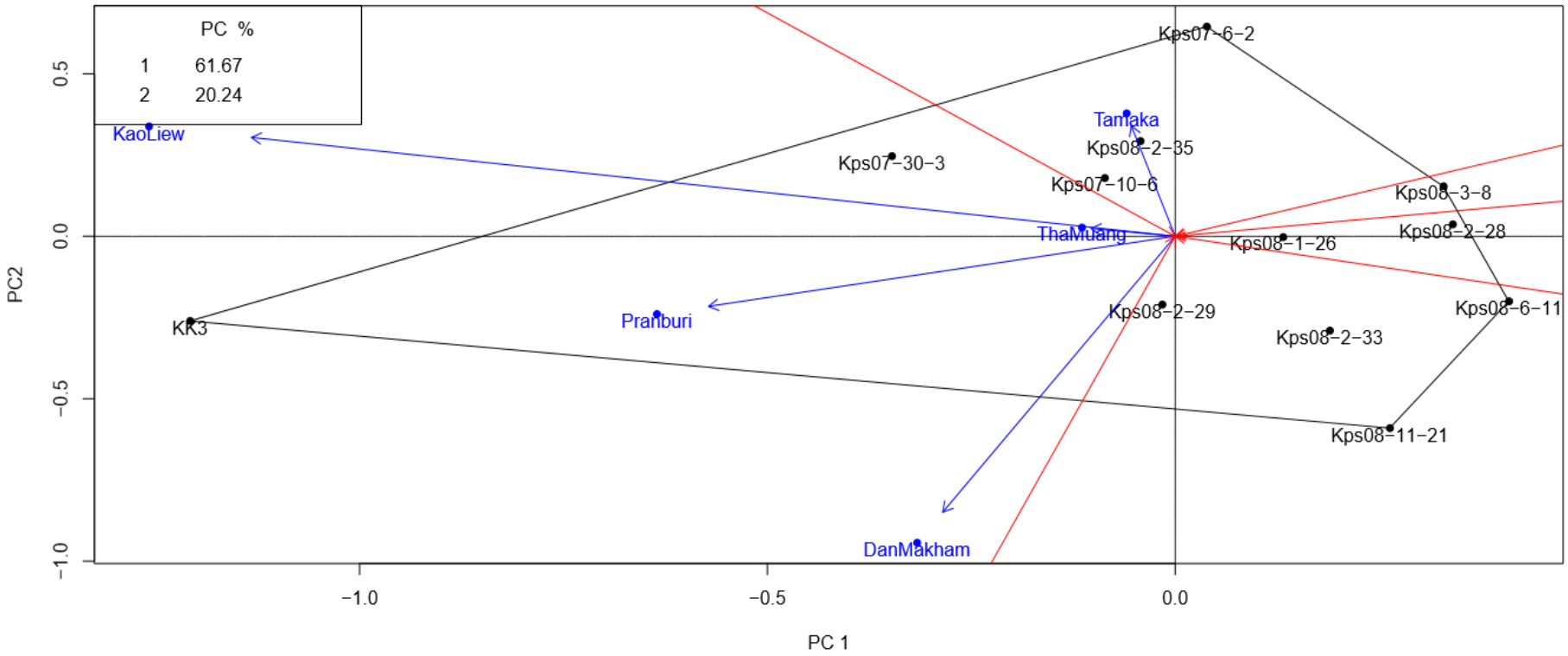

Figure 3 GGE biplot in sugar yield of 12 sugarcane varieties from 5 trials of central region

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยใช้วิธี GGE biplot ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลของพันธุ์อ้อย 12 พันธุ์ จาก 5 สถานที่ในภาคกลาง สามารถกำหนดพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อยได้ โดยอ้อยพันธุ์กำแพงแสนที่สามารถปรับตัวได้กว้างในสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งมีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ดีและมีเสถียรภาพที่ดี ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 ในลักษณะซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาล และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 ในลักษณะผลผลิตอ้อย ส่วนแปลงทดสอบที่เหมาะสมในภาคกลางสำหรับการแบ่งแยกพันธุ์ที่ดีเด่นในลักษณะต่างๆ ได้แก่ แปลงเก้าเลี้ยวเหมาะสมในลักษณะผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาล และแปลงท่ามะกาในลักษณะซีซีเอส

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2552). *การปลูกอ้อย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

กิตติศักดิ์ ฉันทวุฒิพร. (2549). *เสถียรภาพผลผลิตของคะน้า 10 สายพันธุ์*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2551). *สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2559). *วิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช*. (น. 304-310). กรุงเทพฯ: นีโอดิจิตอล.

ธิศวรรณ บัวเฉียง และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2562). การประเมินเสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนชุดปี 2007 ในอ้อยตอ โดยการวิเคราะห์ GGE. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, *8*(2), 1-14.

พลัง สุริหาร และกมล เลิศรัตน์. (2550). การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวหลายสภาพแวดล้อมในประเทศไทย. *วารสารแก่นเกษตร, 35*(4): 469-476.

ศุภนัส แสบงบาล. (2555). *การประเมินเสถียรภาพของพันธุ์อ้อยกำแพงแสนโดยวิธี Eberhart และ Russe และวิธี AHMI และ GGE*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. (2562). *รายงานการผลิต 2560/2562*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2563 สืบค้นจาก www.ocsb.go.th.

Balestre, M., de Souza, J. C., Von Pinho, R. G., de Oliveira, R. L., & Paes, J. M. V. (2009). Yield stability and adaptability of maize hybrids based on GGE biplot analysis characteristics. *Crop Breeding & Applied Biotechnology*, *9*(3), 219-228.

Ferraro, D. O., Rivero, D. E., & Ghersa, C. M. (2009). An analysis of the factors that influence sugarcane yield in Northern Argentina using classification and regression trees. *Field crops research*, *112*(2-3), 149-157.

Hunsigi, G. (1993). *Production of Sugarcane.* (p. 779). Amsterdam: Elsevier.

Kaya, Y., Akçura, M., & Taner, S. (2006). GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *30*(5), 325-337.

Mndolwa, E. J., Msolla, S. N., Porch, T. G., & Miklas, P. N. (2019). GGE biplot analysis of yield stability for Andean dry bean accessions grown under different abiotic stress regimes in Tanzania. *African Crop Science Journal*, *27*(3), 413-425.

Queme, J. L., Orozco, H., & Melgar, M. (2010). GGE biplot analysis used to evaluate cane yield of sugarcane (Saccharum spp.) cultivars across sites and crop cycles. In *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol* (Vol. 27, pp. 1-7).

Venables, W.N., Smith, D.M., & The R Development Core Team. (2009). *An Introduction to R.* Retrieved February, 29, 2020 from http://www.R-project.org,.

Voltas, J., Lopez-Corcoles, H., & Borras, G. (2005). Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. *European Journal of Agronomy*, *22*(3), 309-324.

Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop science*, *40*(3), 597-605.

Yan, W. (2001). GGEbiplot—A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy journal*, *93*(5), 1111-1118.

Yan, W., & Tinker, N. A. (2005). An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype× environment interaction. *Crop Science*, *45*(3), 1004-1016.