เปรียบเทียบวิธีรีเกรสชันเส้นตรง กับวิธีอิทธิพลหลักของยีโนไทป์บวกกับปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมในการใช้ประเมินเสถียรภาพของพันธุ์อ้อยกำแพงแสน

Comparison of Eberhart and Russell Method and GGE Method used for the Study of the Yield Stability of Kamphaeng Saen Sugarcane Varieties

ศุภนัส แสบงบาล[1] และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน[2,3]*

Supanus Sabangban[1*] and Rewat Lersrutaiyotin[2,3]

ABSTRACT

The present research compared the methods of Eberhart and Russell and GGE method for their ability to evaluate cane yield stability of Khamphaeng saen sugarcane varieties. Data from twenty yield trials of twenty sugarcane varieties grown in 20 Thailand locations were analyzed. A significant difference of ANOVA of yield data of the 20 environments was observed only in GGE method. The GGE method was more effective in evaluating G x E interaction than LR by Eberhart and Russell method. From correlation coefficient study, GE scores of GGE method were related to cane yields calculated by both data and ranking. The stability parameter of LR by Eberhart and Russell was not related to the cane yield and GGE score. As GE score was calculated by using both cane yield and stability parameter, the calculation of GE score was more important in cane yield than in yield stability.

Key words: AMMI, Eberhart and Russell, GGE, Stability.

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบผลของการศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์อ้อยโดยวิธีรีเกรสชันเส้นตรง linear regression (LR) ตาม Eberhart และ Russell และ วิธีอิทธิพลหลักของยีโนไทป์บวกกับปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสิ่งแวดล้อม (GGE) โดยใช้ลักษณะผลผลิตอ้อยของอ้อยปลูกจำนวน 20 พันธุ์ จากแปลงเปรียบเทียบพันธุ์จำนวน 20 แปลง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าวิธี GGE มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี linear regression ของ Eberhart และ Russell โดยสามารถตรวจสอบพบนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธ์กับสภาพแวดล้อม ในขณะที่วิธี Eberhart และ Russell ไม่สามารถตรวจพบนัยสำคัญ และจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตอ้อย พบว่าค่าเสถียรภาพของวิธี LR โดย Eberhart และ Russell และค่า GE มีความสอดคล้องกับข้อมูล

[1*]คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Khamphaeng saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[2]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Khamphaeng saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Cane and Sugar Research and Development Center, Kasetsart University, Khamphaeng saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[*]Corresponding author: Tel.08-9621-2909, E-mail address: tle015@hotmail.com

ของลักษณะ (ผลผลิตอ้อย) จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลและลำดับ แต่ไม่พบความสอดคล้องกับค่าเสถียรภาพที่คำนวณโดยวิธี LR ของ Eberhart และ Russell ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า GGE ซึ่งคำนวณโดยใช้การประมวลข้อมูลของลักษณะและเสถียรภาพ จะให้ความสำคัญกับข้อมูลของลักษณะมากกว่าค่าเสถียรภาพของพันธุ์

คำสำคัญ: เสถียรภาพ อ้อย รีเกรสชันเส้นตรง AMMI

คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum spp.*) เป็นพืชที่มีความสำคัญในฐานะพืชอุตสาหกรรมของประเทศไทยมาเป็นเวลายาวนาน โดยอุตสาหกรรมอ้อย และน้ำตาลทรายในปัจจุบันมีมูลค่าการผลิตรวมกว่าปีละ 50,000 ล้านบาท มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศประมาณ 6.5 ล้านไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2550) แต่อย่างไรก็ตามปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย คือ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ยังต่ำอยู่มากเมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลกสาเหตุสำคัญประการหนึ่งมาจากการเลือกใช้พันธุ์ที่ไม่เหมาะสมต่อพื้นที่ เนื่องจากสภาพการปลูกอ้อยในภูมิภาคต่างๆ มีความแตกต่างกัน ทำให้ ต้องมีการทดสอบพันธุ์ และเลือกใช้พันธุ์ที่มีความเหมาะสมในการตอบสนองในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ โดยการคำนวณเสถียรภาพของพันธุ์ซึ่งมีการคำนวณหลายวิธี Alwala *et al.* (2010) ได้เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ LR ของ Eberhart and Russell กับวิธี GGE โดยใช้ข้าวโพดพบว่าวิธี LR ของ Eberhart and Russell ให้ข้อมูลเสถียรภาพพันธุ์และการปรับตัวที่เป็นประโยชน์แต่ไม่สามารถทำนายลักษณะผลผลิตได้ต่างจากวิธี GGE ที่ให้สัดส่วนทั้งจากเสถียรภาพและผลผลิตทั้งยังสามารถทำนายลักษณะผลผลิตได้ความเหนือกว่าของ GGE อีกประการคือ สามารถทดสอบพันธุ์ได้มากโดยใช้สภาพแวดล้อมที่น้อย Namorato *et al*. (2009) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ LR ของ Eberhart and Russell กับวิธี GGE โดยใช้ข้าวโพดพบว่าวิธีการวิเคราะห์โดย GGE มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี LR ของ Eberhart and Russell ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงของ Eberhart and Russell (1966) ซึ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยของผลผลิตและเสถียรภาพของพันธุ์จากสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน กับวิธีอิทธิพลหลักของยีนไทป์บวกกับปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GGE) (Yan, 2000) ซึ่งพิจารณาค่า GE ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของลักษณะร่วมกับเสถียรภาพของพันธุ์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ความดีเด่นที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละวิธี โดยนำผลจากแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ที่ได้จากการทดสอบในพื้นที่ปลูกอ้อยของภูมิภาคต่างๆ 20 แปลง และมีพันธุ์อ้อยทดสอบจำนวน 20 พันธุ์ เพื่อหาวิธีประเมินเสถียรภาพพันธุ์ที่เหมาะสมกับอ้อยพันธุ์กำแพงแสน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้อมูลที่ได้จากแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ที่มีการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อย มี 4 แถว ยาว 8 เมตร มีพันธุ์อ้อย 20 พันธุ์ จำนวน 20 แปลง (Table 1) พันธุ์อ้อยที่ใช้ได้แก่ พันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2000 – 2001 จำนวน 15 พันธุ์ คือ กำแพงแสน (Kamphaeng Saen; Kps) 00-58, 00-92, 00-105, 00-129, 00-148, 00-176, 01-1-12, 01-1-25, 01-1-46, 01-3-5, 01-3-15, 01-4-29, 01-10-2, 01-11-6 และ 01-41-5 และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 5 พันธุ์ คือ กำแพงแสน 94-13, LK 92-11, KK 3, K 95-84 และ K 88-92

Table 1 Locations of yield trials

Amphurs	Provinces
Muang	Mukdaharn
Muang	Roi-et
Banleam	Nakornratchasima
Nongsaeng	Udonthani
Nonsaad	Udonthani
Tamuang	Kanchanaburi
Panomtuan	Kanchanaburi
Kamphaengsaen	Nakornpathom
Uthong	Suphanburi
Nongyasai	Suphanburi
Danmakhamtia	Kanchanaburi
Jombeung	Ratchaburi
Jombeung	Ratchaburi
Chaum	Petchaburi
Parnburi	Prajoubkirikhan
Klongkung	Kamphangpetch
Srithep	Petchaboon
Takfa	Nakornsawan
Panthong	Chonburi
Muang	Srakaew

โมเดลคณิตศาสตร์ Linear regression ตามวิธี Eberhart and Russell ที่ใช้วิเคราะห์เป็น ดังนี้ $Y_{ij}= \mu + G_i + E_j + GE_{ij}$

Y= ผลผลิตพันธุ์ที่ i สิ่งแวดล้อมที่ j

μ = ผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง

G = อิทธิพลของพันธุ์ที่ i

E = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ j

GE = ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากอิทธิของ พันธุ์ และ สภาพแวดล้อม

วิธีการวิเคราะห์ GGE มีโมเดลคณิตศาสตร์ ดังนี้ $Y_{ij} - \mu - E_j = G_i + GE_{ij}$

หรือสามารถเขียนได้ในอีกรูปแบบคือ

$Y_{ij} - \mu - E_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$

Y = ค่าเฉลี่ยของลักษณะของพันธุ์ที่ i สิ่งแวดล้อมที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยการทดลอง

E = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ j

λ_n = ค่า singular value ของแกนองค์ประกอบหลักที่ n

ξ_{i1} = คะแนนองค์ประกอบของพันธุ์ที่ i แกนองค์ประกอบหลักที่ 1

ξ_{i2} = คะแนนองค์ประกอบของพันธุ์ที่ i แกนองค์ประกอบหลักที่ 2

η_{j1}= คะแนนองค์ประกอบสภาพแวดล้อมที่ j แกนองค์ประกอบหลักที่ 1

η_{j2} = คะแนนองค์ประกอบสภาพแวดล้อมที่ j แกนองค์ประกอบหลักที่ 2

ε_{ij}= ส่วนเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุ

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าของค่าเฉลี่ย และเสถียรภาพระหว่างลำดับของค่าเฉลี่ยและเสถียรภาพของ วิธี GGE และ วิธี LR ของ Eberhart และ Russell โดยในการวิเคราะห์โดยวิธี Eberhart และ Russell พันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) เข้าใกล้ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนจากความสัมพันธ์แบบถดถอย (Sb) มีค่าเข้าใกล้ 0 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพ (Tiawari *et al*., 2011) ในขณะที่วิธี GGE พิจารณาจากค่า GE คำนวณโดยใช้โปรแกรม R (ชูศักดิ์, 2551)

ผลและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ LR ด้วยวิธี Eberhart และ Russell ไม่พบนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสิ่งแวดล้อม (Table 2) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของปฏิกิริยาสัมพันธ์พบว่าเป็นการกำหนดให้พันธุ์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในลักษณะเส้นตรง แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี GGE พบนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Table 3) โดยเมื่อพิจารณาส่วนประกอบพบว่า เป็นการกำหนดตามองค์ประกอบหลัก (principle components) ดังนั้นการวิเคราะห์ GGE มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการตรวจสอบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม ค่าเฉลี่ยผลผลิต (Table 4) พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง ได้แก่พันธุ์ Kps01-1-12 Kps01-1-25 Kps01-4-29 Kps94-13 และขอนแก่น 3 โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อยปลูกเท่ากับ 17.72, 17.51, 17.27, 16.78 และ 16.27 ตัน/ไร่ ตามลำดับโดยพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยอ้อยปลูกที่ต่ำสุด ได้แก่ พันธุ์ Kps01-3-15 Kps01-41-6 และ Kps01-11-6 มีผลผลิตอ้อยปลูกเท่ากับ 11.9.5, 12.05 และ 12.08 ตัน/ไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า b จากการวิเคราะห์เสถียรภาพ LR ของ Eberhart และ Russell (Table 4) พบว่ามีค่า b ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีเสถียรภาพต่ำ คือพันธุ์ K88-92 และ K95-84 โดยพันธุ์ K88-92 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (b=1.287) และพันธุ์ K95-84 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงกว่าค่าเฉลี่ย (b=0.768) ดังนั้นพันธุ์ K88-92 เป็นพันธุ์ที่จะให้ผลผลิตอ้อยสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่สูง แต่จะมีผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตที่ต่ำ ในขณะที่พันธุ์ K95-84 เป็นพันธุ์ที่

ให้ผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่สูงแต่มีผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำ ส่วนพันธุ์อ้อยอื่นมีผลผลิตอ้อยที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของผลผลิตในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจัดเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี ได้แก่พันธุ์ Kps01-3-5 Kps01-4-29 Kps00-105 Kps01-41-5 K88-92 และ Kps01-1-12 โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 0.948, 0.943, 1.1, 1.102, 1.17 และ 1.205 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ Kps01-3-15 K95-84 Kps00-58 Kps00-148 Kps00-129 Kps00-176 มีเสถียรภาพของผลผลิตต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้ค่า Sb ของทุกพันธุ์ที่ศึกษาไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GGE พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติในอิทธิพลของพันธุ์ อิทธิพลของสภาพแวดล้อม และอิทธิพลของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม Table 3 เมื่อพิจารณาค่า GE รวม (Table 4) พบว่า พันธุ์ที่ให้ค่า GE สูง 6 ลำดับแรก ได้แก่ พันธุ์ Kps01-1-12 Kps01-1-25 Kps01-4-29 Kps94-13 KK3 และK88-92 มีค่า GE เท่ากับ 49.313, 44.453, 39.403, 32.51, 26.327 และ 19.456 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของผลผลิต ค่าเสถียรภาพ (b) จากการวิเคราะห์ LR ของ Eberhart และ Russell และ GE จากการวิเคราะห์ GGE และระหว่างลำดับของพันธุ์ในลักษณะค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อย ค่า b และค่า GE (Table 5) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่า b และลำดับพันธุ์ของค่า b ไม่มีนัยสำคัญกับค่าเฉลี่ยของผลผลิต และลำดับพันธุ์ของผลผลิต และกับค่า GE และลำดับพันธุ์ของค่า GE แต่พบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของผลผลิต และ ลำดับพันธุ์ของผลผลิตกับค่า GE และลำดับพันธุ์ของค่า GE

แสดงว่าการคำนวณค่า GE ให้ความสำคัญกับผลผลิต มากกว่าเสถียรภาพ โดยเฉพาะการพิจารณาเสถียรภาพที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นเส้นตรง (b) โดยที่ลำดับของพันธุ์อ้อยเมื่อพิจารณาจากค่า GE และผลผลิตมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยดัง Table 5

Table 2 Analysis of variance by Eberhart and Russell

Source of variances	df	Mean square
total	399	24.1
varieties	19	60.3***
Environment+VxEnv	380	22.2
Env(linear)	1	6822.8
VxEnv(linear)	19	5
pooled deviations	360	4.3
pooled error	1140	8.2

*,** significant at 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively

Table 3 Analysis of variance by GGE

SOV	df	Mean square
Environment	19	1436.38**
Genotype	19	30.01**
Block/Environment	60	241.14**
GE Interaction	361	18.09**
Residual	1140	

*,** significant at 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively

Table 5 b value and b rank correlation among GE value, GE rank, yield and yield ranks

	B value	Order of b	yield	Order of yield
GE value	0.247		0.996**	
Order of GE		-0.015		0.989**
yield	0.206			
Order of yield		-0.013		

*,** significant at 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively

Table 4 Mean yield, yield ranks, regression coefficient score, regression coefficient ranks, GE score and GE score ranks of 20 sugarcane varieties.

Genotype	Mean yield (ton/rai)	Ranking by yield	Regression coefficient	Ranking by Regression coefficient	Summary GE value	ranking of GE
K88-92	16.11[ab]	7	1.287**	20	19.456	6
K95-84	14.995[bc]	13	0.768*	19	-11.543	14
LK92-11	14.873[bc]	14	1.001	2	-12.628	15
KK3	16.276[ab]	5	1.191	18	26.327	5
Kps94-13	16.783[ab]	4	0.977	4	32.51	4
Kps00-58	15.688[abc]	10	1.067	10	9.968	10
Kps00-92	15.693[abc]	9	0.868	17	12.432	9
Kps00-105	14.838[bc]	15	0.956	5	-4.597	13
Kps00-129	14.997[bc]	12	1.129	16	-2.513	12
Kps00-148	16.091[ab]	8	1.056	8	18.286	7
Kps00-176	13.745[cd]	17	0.892	13	-24.174	16
Kps01-1-12	17.721[a]	1	1	1	49.313	1
Kps01-1-25	17.507[a]	2	0.928	12	44.453	2
Kps01-1-46	12.053[d]	19	0.978	3	-63.438	19
Kps01-3-5	15.142[bc]	11	1.128	15	2.925	11
Kps01-3-15	11.952[d]	20	0.945	6	-66.985	20
Kps01-4-29	17.268[a]	3	0.944	7	39.403	3
Kps01-10-2	16.162[ab]	6	0.941	9	16.96	8
Kps01-11-6	12.084[d]	18	0.879	14	-60.463	18
Kps01-41-5	13.774[cd]	16	1.068	11	-25.695	17

*,** significant at 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively

2 different letters indicate statistically significant at 5% by Duncan

สรุป

จากการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธี LR ของ Eberhart and Russell และวิธี GGE พบว่าวิธีวิเคราะห์ GGE มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี LR ของ Eberhart and Russell โดยสามารถตรวจสอบนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ในขณะที่วิธีวิเคราะห์ LR ของ Eberhart and Russell ไม่สามารถตรวจพบนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีวิเคราะห์ LR ของ Eberhart and Russell มีการกำหนดเสถียรภาพของพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมเป็นลักษณะเส้นตรงเท่านั้น

ผลของการวิเคราะห์โดยวิธี GGE พบว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลของลักษณะ (ผลผลิตอ้อย) ทั้งโดยการคำนวณโดยใช้ข้อมูล และลำดับของผลผลิต แต่ไม่พบความสอดคล้องกับค่าเสถียรภาพที่คำนวณโดยวิธี LR ของ Eberhart and Russell ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า GGE ซึ่งคำนวณโดยการประมวลข้อมูลของลักษณะและเสถียรภาพให้ความสำคัญกับผลผลิตอ้อยมากกว่าค่าเสถียรภาพ

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2551. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R.พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2550. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2550/51.สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

Received 25 January 2012

Accepted 16 May 2012

Alwala, S., T. Kwolek., M. McPherson., J. Pellow and D. Meyer. 2010. A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. Field Crops Research. 119: 225-230.

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

Namorato, herald., Glauco Vieira Miranda., Leandro Vango de Souza., Lucimar Rodrigues Oliveira.,Rodrigo Oliveira DeLima and Eder Eduardo Mantovani. 2009. Comparison biplot multivariate analyses with Eberhart and Russell method for genotype x environment interaction. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 9: 299-307.

Tiawari, D.K., P. Pandey., R.K. Singh., S.P. Singh and S.B. Singh. 2011. Genotype x environment interaction and stability analysis in elite clone of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Intenational Journal of Plant Breeding and Genetics. 5(1): 93-98.

Yan, W., L.A. Hunt., Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40: 597-6