การจัดกลุ่มสถานที่ทดสอบพันธุ์อ้อยโดยวิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม

Grouping of Locations for Testing Sugarcane Varieties by GGE Biplot Method

วราภรณ์ แย้มเอ[1*] เรวัต เลิศฤทัยโยธิน[1,2] และอภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์[2]

Waraporn Yaem-em,[1*] Rewat Lersrutaiyotin[1,2] and Apiwich Songkrasin[2]

ABSTRACT

Study of grouping locations for testing varietal stability of sugarcane was conducted using Genotype plus Genotype by Environment (GGE) biplot method. Cane yield and CCS in plant cane and first ratoon cane of 19 locations were collected during 2008-2010 with 20 sugarcane varieties. RCBD with 4 replications, 4 rows per plot with 8-meters in length were applied. The standard varieties were K 88-92, K 95-84, KK 3, LK 92-11 and Kamphaeng Saen 94-13. Clustering the locations by GGE biplot of plant cane and ratoon cane, 4 groups of locations were classified and the sugarcane varieties having the highest GE scores in cane yield of plant cane and first ratoon cane were identified. Group 1 comprised of KK 3 and K 95-84, group 2 comprised of Kamphaeng Saen 01-1-12 and LK 92-11, group 3 comprised of Kamphaeng Saen 01-4-29 and Kamphaeng Saen 01-4-29 and group 4 comprised of Kamphaeng Saen 00-148 and Kamphaeng Saen 00-148. Clustering of locations by CCS, classified 4 groups of locations and the sugarcane varieties having the highest GE scores of plant cane and first ratoon cane were identified. Group 1 comprised of Kamphaeng Saen 00-105 and Kamphaeng Saen 01-3-5, group 2 comprised of Kamphaeng Saen 01-3-5 and Kamphaeng Saen 00-129, group 3 comprised of Kamphaeng Saen 94-13 and Kamphaeng Saen 01-1-12 and group 4 comprised of K 95-84 and Kamphaeng Saen 01-10-2. The outstanding sugarcane varieties having high GE scores of cane yield in plant cane were Kamphaeng Saen 01-1-12, Kamphaeng Saen 01-4-29 and Kamphaeng Saen 01-1-25, respectively, while those in ratoon cane were Kamphaeng Saen 01-4-29, LK92-11, and Kamphaeng Saen 01-1-12, respectively. The outstanding sugarcane varieties having high GE scores in CCS of plant cane were Kamphaeng Saen 94-13, Kamphaeng Saen 01-1-12 and Kamphaeng Saen 00-176, high GE scores in both cane yield and CCS of plant cane and ratoon cane were Kamphaeng Saen 01-1-12, Kamphaeng Saen 94-13, KK 3 and Kamphaeng Saen 00-129, respectively. Kamphaeng Saen 01-4-29 and K 88-92 had high GE scores only in cane yield and Kamphaeng Saen 00-176 had high GE scores only in CCS.

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Cane and Sugar Research and Development Center, Research and Development Institute at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140, Thailand.

[*]Communication author : Tel. 08-9246-6712, E-mail address : yaem_em@hotmail.com

respectively, while those in ratoon cane were Kamphaeng Saen 01-1-12, Kamphaeng Saen 94-13, Kamphaeng Saen 01-1-12 and Kamphaeng Saen 00-129, respectively. The sugarcane varieties having

Keywords: sugarcane, Genotype plus Genotype by Environment (GGE)

บทคัดย่อ

การจัดกลุ่มสถานที่เพื่อทดสอบเสถียรภาพของพันธุ์อ้อยโดยวิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GGE biplot) เก็บข้อมูลผลผลิตและซีซีเอสในอ้อยปลูกและอ้อยตอหนึ่งจาก 19 สถานที่ทดสอบ ระหว่างปี 2551-2553 มีพันธุ์อ้อยทดสอบ 20 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อยมี 4 แถว แต่ละแถวยาว 8 เมตร โดยมีอ้อยพันธุ์ K 88-92, K 95-84, KK 3, LK 92-11 และกำแพงแสน 94-13 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ และมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสนเป็นพันธุ์ทดสอบจำนวน 15 พันธุ์ พบว่า ลักษณะผลผลิตอ้อย สามารถจัดกลุ่มแปลงทดสอบเป็น 4 กลุ่ม ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอหนึ่งโดยพันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores สูงสุด ในกลุ่มที่ 1 ได้แก่ พันธุ์ KK 3 และ K 95-84 กลุ่มที่ 2 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 และLK 92-11 กลุ่มที่ 3 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 และกำแพงแสน 01-4-29 และกลุ่มที่ 4 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 00-148 และ กำแพงแสน 00-148 ตามลำดับ ลักษณะซีซีเอส สามารถจัดกลุ่มแปลงทดสอบได้เป็น 4 กลุ่มทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอหนึ่งเช่นกัน โดยพันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores สูงสุด ในกลุ่มที่ 1 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 00-105 และกำแพงแสน 01-3-5 กลุ่มที่ 2 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-3-5 และกำแพงแสน 00-129 กลุ่มที่ 3 ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 94-13 และกำแพงแสน 01-1-12 และกลุ่มที่ 4 ได้แก่ พันธุ์ K 95-84 และกำแพงแสน 01-10-2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพันธุ์อ้อยดีเด่นที่มีค่า GE scores สูงสุดจากการทดสอบ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 01-4-29 และกำแพงแสน 94-13 ในผลผลิตอ้อยปลูก พันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 LK 92-11 และกำแพงแสน 01-1-12 ในผลผลิตอ้อยตอหนึ่ง กำแพงแสน 94-13 กำแพงแสน 01-1-12 และกำแพงแสน 00-176 ในซีซีเอสอ้อยปลูก และกำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 94-13 และกำแพงแสน 00-129 ในซีซีเอสอ้อยตอหนึ่ง นอกจากนี้พบว่า พันธุ์อ้อยดีเด่นทั้งในลักษณะผลผลิตอ้อยและซีซีเอส ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 94-13 KK 3 และกำแพงแสน 00-129 ส่วนพันธุ์ที่มีความดีเด่นเฉพาะผลผลิตอ้อย ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 และ K 88-92 และพันธุ์ที่มีความดีเด่นเฉพาะซีซีเอส ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 00-176

คำสำคัญ: อ้อย ยีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม

คำนำ

การทดสอบพันธุ์อ้อยเป็นการนำพันธุ์อ้อยที่มีลักษณะดีที่ผ่านการคัดเลือกรวมถึงพันธุ์อ้อยที่แนะนำมาปลูกทดสอบในพื้นที่ปลูกอ้อยต่างๆ ของประเทศ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ ตลอดจนการปฏิบัติดูแลของเกษตรกร พันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่และสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ทั้งลักษณะผลผลิตและค่าความหวาน ชูศักดิ์ (2551) กล่าวว่า นักปรับปรุงพันธุ์พยายามที่จะหาพันธุ์พืชที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมแบบกว้าง (widely adapted) ซึ่งหมายถึงพันธุ์พืชนั้นจะต้องมีเสถียรภาพของพันธุ์ในด้านผลผลิตเมื่อนำไปปลูกในหลายสภาพแวดล้อมการทดสอบพันธุ์อ้อยในสภาพแวดล้อมต่างๆ จะทำให้ทราบพันธุ์อ้อยที่สามารถให้ผลผลิตดีและสามารถปลูกในสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมได้ ทั้งนี้วิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (genotype + genotype x environment (GGE)) พัฒนาโดย Yan *et al.* (2000) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบในแง่มุมต่างๆของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม โดยสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในแง่มุมต่างๆ แสดงกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่ให้ผลการทดสอบพันธุ์ใกล้เคียงกัน ตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของสถานที่ที่ใช้ในการคัดเลือก และยังสามารถจัดลำดับพันธุ์ตามลักษณะที่แสดงออกในแต่ละสภาพแวดล้อม (Yan and Tinker, 2005) ทั้งนี้ ได้มีการศึกษาในอ้อยที่ Florida ประเทศสหรัฐอเมริกา (Glaz and Kang, 2008) ประเทศกัวเตมาลา (Queme *et al.,* 2010) และประเทศแอฟริกาใต้ (Ramburan and Zhou, 2011)

การวิจัยครั้งนี้ได้ปลูกทดสอบพันธุ์อ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อยต่างๆทั่วประเทศ เพื่อคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่ให้ผลผลิตและค่าความหวานสูง ตลอดจนมีเสถียรภาพของพันธุ์สูงเหมาะสมต่อพื้นที่ปลูกอ้อย นอกจากนี้ได้ศึกษาการจัดกลุ่มสถานที่ทดสอบพันธุ์อ้อยที่ได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์โดยวิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (Genotype plus Genotype by Environment: GGE biplot)

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2000 และ 2001 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำนวน 15 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน 00-58 กำแพงแสน 00-92 กำแพงแสน 00-105 กำแพงแสน 00-129 กำแพงแสน 00-148 กำแพงแสน 00-176 กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 01-1-25 กำแพงแสน 01-1-46 กำแพงแสน 01-3-5 กำแพงแสน 01-3-15 กำแพงแสน 01-4-29 กำแพงแสน 01-10-2 กำแพงแสน 01-11-6 และกำแพงแสน 01-41-5 และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน 94-13 LK 92-11 K 88-92 K 95-84 และ KK 3

ปลูกทดสอบในพื้นที่ปลูกอ้อยต่างๆทั่วประเทศจำนวน 19 แปลง ได้แก่ แปลงมุกดาหาร (Mukdahan:MD) แปลงร้อยเอ็ด (Roi Et:RE) แปลงบ้านเหลื่อม (Ban Lueam:BL) แปลงโนนสะอาด(Non Sa-at:NS) แปลงกำแพงเพชร (Kamphaeng Phet:KP) แปลงตากฟ้า(Tak Fa:TF) แปลงศรีเทพ (Si Thep:ST) แปลงชลบุรี (Chonburi:CB) แปลงสระแก้ว (Srakeaw:SK) แปลงปราณบุรี (Pran Buri:PB) แปลงชะอำ (Cha-am:CA) แปลงด่านมะขามเตี้ย (Dan Makham

Tia:DMT) แปลงราชบุรี 1 (Kaem On Ratchabure:RB1) แปลงราชบุรี 2 (Berkprai Ratchabure:RB2) แปลงพนมทวน (Phanom Thuan:PT) แปลงท่าม่วง (Tha Muang:TM) แปลงกำแพงแสน (Kamphaeng Saen:KPS) แปลงอู่ทอง (U Thong:UT) และแปลงหนองหญ้าไซ (Nong Ya Sai:NYS) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกโดยการวางลำลงในร่องแบบต่อเนื่องกันให้ส่วนปลายและส่วนโคนของลำอ้อยแต่ละลำเหลื่อมกัน แล้วสับท่อนอ้อยให้แต่ละท่อนมี 2-3 ตา แต่ละร่องปลูกยาว 8 เมตร ใช้ลำอ้อย 10 ลำต่อร่อง การดูแลรักษาแตกต่างตามสถานที่ทดสอบ บันทึกข้อมูลเมื่ออ้อยอายุ 11-13 เดือน ได้แก่

1. ผลผลิตอ้อย โดยทำการชั่งน้ำหนักอ้อยทั้งหมดของแต่ละแปลงย่อย แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักต่อไร่ (ตัน/ไร่)

2. ซีซีเอส วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง saccharometer รุ่น NIR WII

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี GGE biplot ด้วยโปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) version 2.13.0 (Venables *et al*., 2012; ชูศักดิ์, 2555)

ผลและวิจารณ์

ความเหมาะสมของพันธุ์กับกลุ่มของสภาพแวดล้อม

การวิเคราะห์วิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ในลักษณะผลผลิตของอ้อยปลูก (Figure 1a) พบว่า GGE biplot สามารถอธิบายปฏิกิริยาสัมพันธ์ในรูปของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 (PCA 1 และ PCA 2) ได้ 56.8 เปอร์เซ็นต์ จากความแปรปรวนทั้งหมด โดยมีอ้อยพันธุ์ KK 3 กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 01-4-29 และกำแพงแสน 00-148 มีความเหมาะสมกับกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 7, 6, 4 และ 2 สถานที่ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้กลุ่มของสภาพแวดล้อม แสดงถึงสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันมีผลให้พันธุ์พืชบางพันธุ์มีการแสดงออกที่เหมือนกัน (Gauch and Zoebel, 1997) โดยที่มุมระหว่างแปลงทดสอบ (สภาพแวดล้อม) แสดงความสอดคล้องของพันธุ์ที่ดีเด่นในแต่ละแปลงทดสอบ โดยถ้ามุมแคบจะมีความสอดคล้องทางบวก มุมป้านจะมีความสอดคล้องทางลบ ส่วนทำมุมฉากจะไม่มีความสอดคล้อง สำหรับในอ้อยตอ (Figure 1b) พบว่า GGE biplot สามารถอธิบายปฏิกิริยาสัมพันธ์ในรูปของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ได้ 56.3 เปอร์เซ็นต์ จากความแปรปรวนทั้งหมด โดยมีอ้อยพันธุ์ K 95-84 LK 92-11 กำแพงแสน 01-4-29 และกำแพงแสน 00-148 มีความเหมาะสมกับแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 4, 3, 9 และ 3 สถานที่ตามลำดับ (Table 2) ในลักษณะซีซีเอสของอ้อยปลูก (Figure 2a) พบว่า GGE biplot สามารถอธิบายปฏิกิริยาสัมพันธ์ในรูปของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ได้ 67.0 เปอร์เซ็นต์ จากความแปรปรวนทั้งหมด โดยมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 00-105 กำแพงแสน 01-3-5 กำแพงแสน 94-13 และ K 95-84 มีความเหมาะสมกับแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 1, 1, 16 และ 1 สถานที่ตามลำดับ (Table 3) สำหรับในอ้อยตอ (Figure 2b) พบว่า GGE biplot สามารถอธิบายปฏิกิริยาสัมพันธ์ในรูปของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ได้ 65.3 เปอร์เซ็นต์ จากความแปรปรวนทั้งหมดโดยมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-3-5 กำแพงแสน 00-129 กำแพงแสน 01-1-12 และกำแพงแสน 01-10-2 มีความเหมาะสมกับแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 1, 2, 15 และ 1 สถานที่ตามลำดับ (Table 4)

Table 1 The three sugarcane varieties with highest GE scores for cane yield in plant cane of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

E.G.	Locations	Sugarcane varieties						PC1
		1st	GE	2nd	GE	3th	GE	
1	DMT	KK 3	1.838	Kps 00-58	1.121	Kps 01-1-25	1.119	0.299
	SK	KK 3	2.570	Kps 01-1-25	1.760	Kps 00-58	1.551	0.595
	CB	KK 3	4.496	Kps 01-1-25	3.680	Kps 01-1-12	2.901	1.585
	CA	KK 3	2.829	Kps 01-1-25	2.357	Kps 01-1-12	1.898	1.034
	PT	KK 3	1.007	Kps 01-1-25	0.867	Kps 01-1-12	0.726	0.394
	TF	KK 3	3.913	Kps 01-1-25	3.592	Kps 01-1-12	3.215	1.732
	NYS	KK 3	3.344	Kps 01-1-25	3.224	Kps 01-1-12	3.022	1.620
2	KPS	Kps 01-1-12	1.400	Kps 01-1-25	1.361	KK 3	1.257	0.744
	NS	Kps 01-1-12	4.335	Kps 01-1-25	3.929	Kps 01-4-29	3.298	2.289
	RB1	Kps 01-1-12	2.781	Kps 01-1-25	2.436	Kps 01-4-29	2.181	1.464
	KP	Kps 01-1-12	2.928	Kps 01-4-29	2.566	Kps 01-1-25	2.216	1.524
	ST	Kps 01-1-12	2.284	Kps 01-4-29	2.010	Kps 01-1-25	1.719	1.188
	RB2	Kps 01-1-12	2.612	Kps 01-4-29	2.569	Kps 00-148	1.921	1.339
3	TM	Kps 01-4-29	2.193	Kps 01-1-12	2.116	Kps 00-148	1.779	1.079
	UT	Kps 01-4-29	3.208	Kps 01-1-12	3.006	Kps 00-148	2.756	1.527
	MD	Kps 01-4-29	2.735	Kps 00-148	2.617	Kps 01-1-12	2.407	1.211
	BL	Kps 01-4-29	2.686	Kps 00-148	2.590	Kps 01-1-12	2.352	1.183
4	RE	Kps 00-148	4.689	Kps 01-4-29	4.633	Kps 01-1-12	3.928	1.966
	PB	Kps 00-148	1.551	Kps 01-4-29	1.469	Kps 01-1-12	1.209	0.602

E.G. = Environmental Group

Table 2 The three sugarcane varieties with highest GE scores for cane yield in ratoon cane of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

E.G.	Locations	Sugarcane varieties						PC1
		1st	GE	2nd	GE	3th	GE	
1	SK	K 95-84	2.497	Kps 01-10-2	1.578	KK 3	1.522	0.718
	PB	K 95-84	0.690	KK 3	0.552	Kps 01-10-2	0.545	0.301
	DMT	K 95-84	2.011	KK 3	1.946	LK 92-11	1.885	1.143
	RB1	K 95-84	3.037	KK 3	2.994	LK 92-11	2.908	1.769
2	RB2	LK 92-11	1.086	KK 3	1.073	Kps 01-10-2	0.982	0.700
	KP	LK 92-11	2.092	KK 3	2.052	Kps 01-4-29	1.914	1.362
	CA	LK 92-11	1.788	KK 3	1.743	Kps 01-4-29	1.661	1.174
3	ST	Kps 01-4-29	2.925	LK 92-11	2.621	Kps 01-1-12	2.485	1.922
	UT	Kps 01-4-29	2.111	LK 92-11	1.852	Kps 01-1-12	1.768	1.376
	KPS	Kps 01-4-29	1.648	LK 92-11	1.437	Kps 01-1-12	1.375	1.072
	TM	Kps 01-4-29	1.412	LK 92-11	1.218	Kps 01-1-12	1.169	0.915
	CB	Kps 01-4-29	1.860	LK 92-11	1.504	Kps 01-1-12	1.474	1.177
	MD	Kps 01-4-29	2.266	Kps 00-148	1.812	LK 92-11	1.808	1.427
	TF	Kps 01-4-29	3.238	Kps 00-148	2.705	LK 92-11	2.531	2.026
	RE	Kps 01-4-29	2.341	Kps 00-148	2.045	Kps 94-13	1.854	1.453
	NYS	Kps 01-4-29	1.897	Kps 00-148	1.593	Kps 94-13	1.484	1.186
4	NS	Kps 00-148	1.391	Kps 01-4-29	1.021	Kps 94-13	0.953	0.570
	PT	Kps 00-148	4.579	Kps 00-92	3.148	Kps 00-176	2.924	1.201
	BL	Kps 00-148	2.289	Kps 00-176	1.784	Kps 00-92	1.590	0.441

E.G. = Environmental Group

Table 3 The three sugarcane varieties with highest GE scores for CCS in plant cane of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

E.G.	Locations	Sugarcane varieties						PC1
		1st	GE	2nd	GE	3th	GE	
1	NS	Kps 00-105	1.885	Kps 01-3-5	1.777	Kps 94-13	1.448	1.032
2	DMT	Kps 01-3-5	0.784	Kps 00-105	0.710	Kps 94-13	0.704	0.493
3	RB2	Kps 94-13	1.069	Kps 01-3-5	0.870	Kps 01-1-12	0.788	0.717
	CA	Kps 94-13	1.895	Kps 01-3-5	1.562	Kps 01-1-12	1.391	1.272
	CB	Kps 94-13	1.101	Kps 01-1-12	0.833	Kps 01-3-5	0.810	0.729
	RB1	Kps 94-13	1.779	Kps 01-1-12	1.361	Kps 01-3-5	1.246	1.171
	SK	Kps 94-13	2.038	Kps 01-1-12	1.565	Kps 01-3-5	1.402	1.339
	KP	Kps 94-13	1.929	Kps 01-1-12	1.501	Kps 00-176	1.362	1.260
	PB	Kps 94-13	1.210	Kps 01-1-12	0.951	Kps 00-176	0.887	0.786
	TM	Kps 94-13	2.144	Kps 01-1-12	1.698	Kps 00-176	1.612	1.388
	ST	Kps 94-13	1.432	Kps 01-1-12	1.135	Kps 00-176	1.080	0.926
	RE	Kps 94-13	2.573	Kps 01-1-12	2.051	Kps 00-176	1.978	1.661
	KPS	Kps 94-13	1.686	Kps 01-1-12	1.344	Kps 00-176	1.298	1.088
	UT	Kps 94-13	0.692	Kps 00-176	0.566	Kps 01-1-12	0.562	0.442
	NYS	Kps 94-13	1.231	Kps 00-176	1.007	Kps 01-1-12	0.999	0.787
	MD	Kps 94-13	1.460	Kps 00-176	1.210	Kps 01-1-12	1.190	0.931
	TF	Kps 94-13	1.597	Kps 00-176	1.355	KK 3	1.317	1.015
	PT	Kps 94-13	0.982	Kps 00-176	0.872	KK 3	0.865	0.619
4	BL	K 95-84	1.571	Kps 94-13	1.478	KK 3	1.406	0.923

E.G. = Environmental Group

Table 4 The three sugarcane varieties with highest GE scores for CCS in ratoon cane of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

E.G.	Locations	Sugarcane varieties						PC1
		1st	GE	2nd	GE	3th	GE	
1	NS	Kps 01-3-5	1.142	Kps 00-129	1.058	Kps 00-92	0.887	0.487
2	KPS	Kps 00-129	2.188	LK 92-11	1.757	Kps 00-176	1.723	1.498
	PT	Kps 00-129	0.399	Kps 01-1-12	0.336	LK 92-11	0.331	0.298
3	CB	Kps 01-1-12	0.922	Kps 00-129	0.887	LK 92-11	0.760	0.724
	UT	Kps 01-1-12	1.085	Kps 00-129	0.969	LK 92-11	0.842	0.819
	ST	Kps 01-1-12	1.739	Kps 00-129	1.485	LK 92-11	1.301	1.283
	KP	Kps 01-1-12	1.928	Kps 00-129	1.597	Kps 94-13	1.439	1.399
	PB	Kps 01-1-12	1.622	Kps 94-13	1.216	KK 3	1.085	0.997
	DMT	Kps 01-1-12	1.532	Kps 00-129	1.177	Kps 94-13	1.145	1.071
	TM	Kps 01-1-12	1.937	Kps 94-13	1.452	KK 3	1.300	1.207
	NYS	Kps 01-1-12	1.587	Kps 94-13	1.190	KK 3	1.065	0.988
	RB1	Kps 01-1-12	1.543	Kps 00-129	1.225	KK 3	1.153	1.097
	TF	Kps 01-1-12	2.469	Kps 94-13	1.853	KK 3	1.640	1.477
	CA	Kps 01-1-12	1.292	Kps 94-13	0.969	KK 3	0.858	0.774
	MD	Kps 01-1-12	1.625	Kps 94-13	1.221	KK 3	1.063	0.917
	RE	Kps 01-1-12	1.894	Kps 94-13	1.424	KK 3	1.235	1.054
	BL	Kps 01-1-12	1.508	Kps 94-13	1.135	KK 3	0.974	0.808
	RB2	Kps 01-1-12	1.069	Kps 94-13	0.806	KK 3	0.681	0.541
4	SK	Kps 01-10-2	0.550	K 88-92	0.298	Kps 00-92	0.294	-0.218

E.G. = Environmental Group

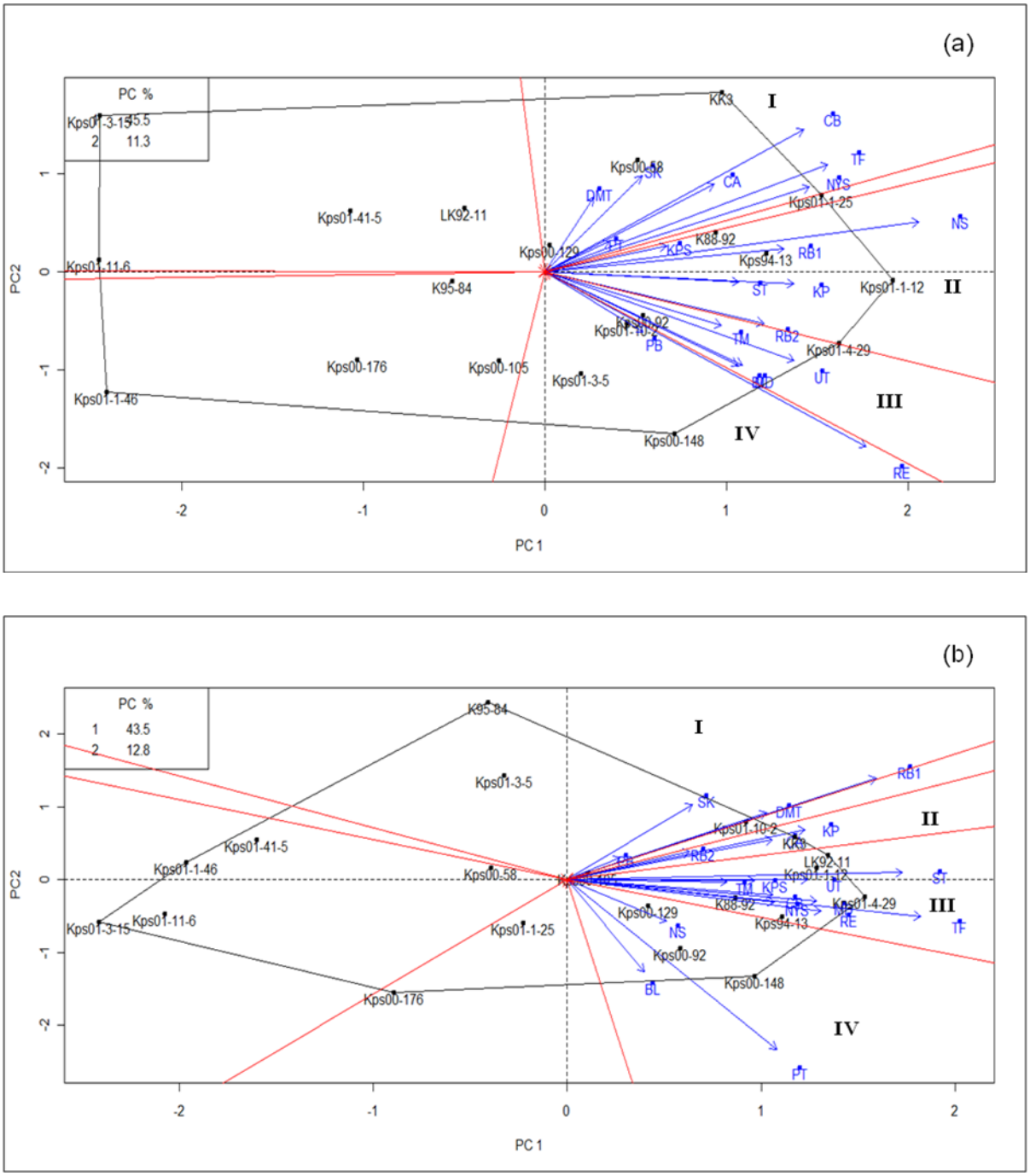

Figure 1 GGE biplot for cane yield in plant cane (a) and first ratoon cane (b) of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

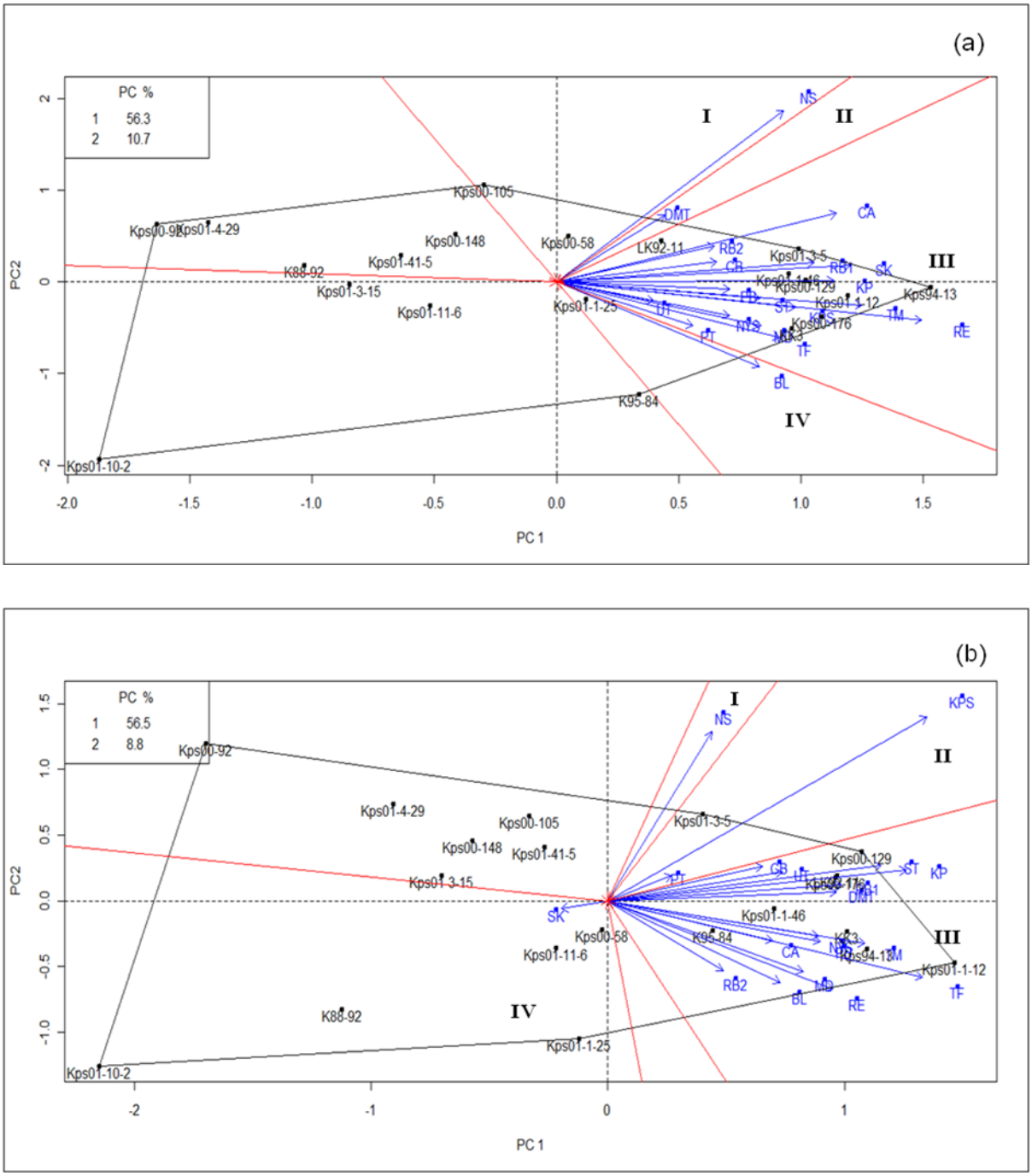

Figure 2 GGE biplot for CCS in plant cane (a) and first ratoon cane (b) of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

<u>พันธุ์อ้อยดีเด่น</u>

จากการวิเคราะห์วิธียีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (Table 5) พบว่า ในลักษณะผลผลิตของอ้อยปลูก พันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores เฉลี่ยเป็นค่าบวกและมีค่าสูง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 01-4-29 และกำแพงแสน 01-1-25 มีค่าเท่ากับ 2.351, 1.957 และ 1.913 ตามลำดับ ในอ้อยตอพันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores เฉลี่ยเป็นค่าบวกและมีค่าสูงได้แก่ กำแพงแสน 01-4-29 LK 92-11 และ

กำแพงแสน 01-1-12 เท่ากับ 1.779, 1.541 และ 1.477 ตามลำดับ สำหรับลักษณะซีซีเอสในอ้อยปลูก พบว่า พันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores เฉลี่ยเป็นค่าบวกและมีค่าสูง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 94-13 กำแพงแสน 01-1-12 และกำแพงแสน 00-176 มีค่า GE scores เฉลี่ย เท่ากับ 1.497, 1.165 และ 1.058 ตามลำดับ ในอ้อยตอ พันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores เฉลี่ยเป็นค่าบวกและมีค่าสูง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 94-13 และกำแพงแสน 00-129 มีค่า เท่ากับ 1.332, 0.996 และ 0.968 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาพันธุ์อ้อยที่มีค่า GE scores ที่มีค่าสูงในทุกลักษณะที่ศึกษา พบว่ามีจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KK 3 กำแพงแสน 94-13 กำแพงแสน 00-129 และกำแพงแสน 01-1-12 โดยพันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 ให้ค่า GE score สูงในลักษณะผลผลิต ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ (2.351 และ1.477 ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 94-13 และ KK 3 ตามลำดับ โดยที่พันธุ์กำแพงแสน 00-129 มีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนในลักษณะซีซีเอส พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 และกำแพงแสน 94-13 มีค่าสูงใกล้เคียงกัน รองลงมาได้แก่ พันธุ์ KK 3 และกำแพงแสน 00-129 ที่มีค่าสูงใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าพันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 มีศักยภาพสูงทั้งในลักษณะผลผลิตและซีซีเอส ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ รองลงมา ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 94-13 KK 3 และกำแพงแสน 00-129 นอกเหนือจากพันธุ์อ้อยที่ตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้ดีที่กล่าวมาแล้ว ยังมีพันธุ์อ้อยที่มีความดีเด่นเฉพาะผลผลิตทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 และ K 88-92 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์อ้อยที่มีความดีเด่นเฉพาะซีซีเอส ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 00-176 ทั้งนี้การแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตและซีซีเอสอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงสลับกันเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกซึ่งต้องทำการศึกษาถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมในการศึกษาครั้งต่อไป

<u>การเลือกสภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบพันธุ์</u>

Balestre *et al*. (2009) กล่าวว่า สภาพแวดล้อมที่มีการตอบสนองแตกต่างจากสภาพแวดล้อมอื่นสูง จะแสดงค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง GE เพิ่มขึ้น และแนะนำให้มีการศึกษาเสถียรภาพและการปรับตัวของพันธุ์ในสภาพแวดล้อมนั้น ซึ่งในแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อม สถานที่ทดสอบ ที่ให้ความแตกต่างของพันธุ์โดยพิจารณาจากการมีค่า GE scores ที่สูงของพันธุ์อ้อยที่ทดสอบในสถานที่ทดสอบนั้น (Figure 1 และ 2) โดย Yan (2001) กล่าวว่า ความห่างของระยะจากจุดกำเนิดของแต่ละสภาพแวดล้อมบ่งบอกถึงความสามารถของแปลงทดสอบในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ สำหรับลักษณะผลผลิตของอ้อยปลูก ได้แก่ ชลบุรี (CB) ตากฟ้า (TF) และหนองหญ้าไซ (NYS) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ I หนองแสง (NS) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ II อู่ทอง (UT) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ III และร้อยเอ็ด (RE) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ IV (Figure 1a, Table 1) และในผลผลิตของอ้อยตอ ได้แก่ แก้มอัน ราชบุรี (RB1) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ I กำแพงเพชร (KP) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ II ตากฟ้า (TF) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ III และพนมทวน (PT) ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่ IV (Figure 1b, Table 2) ในส่วนลักษณะซีซีเอสพบว่า มีกลุ่มสภาพแวดล้อมที่เป็นกลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มที่ 3 ซึ่งมีสถานที่ทดสอบเท่ากับ 17 และ 16 สถานที่ ในอ้อยปลูกและอ้อยตอ ตามลำดับ ดังนั้นควรเลือกใช้สถานที่ทดสอบ 1 สถานที่ ในกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 ซึ่งมีสถานที่ทดสอบ 1-2 สถานที่ ส่วนกลุ่มที่ 3 ในอ้อยปลูก ควรเลือกใช้ร้อยเอ็ด (RE) เป็นหลักและควรเพิ่ม ท่าม่วง (TM) สระแก้ว (SK) กำแพงเพชร (KP) และชลบุรี (CA)

และในอ้อยตอ ควรใช้ ตากฟ้า (TF) เป็นหลัก ควรเพิ่มท่าม่วง (TM) กำแพงแสน (KPS) ร้อยเอ็ด (RE) ศรีเทพ (ST) และเมื่อพิจารณาทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ สถานที่ที่ควรเลือก ได้แก่ ร้อยเอ็ด (RE) และตากฟ้า (TF) โดยที่ Balestre *et al*. (2009) และ Yan *et al*. (2007) กล่าวว่า สภาพแวดล้อมใดที่มีการตอบสนองต่อ GE เดียวกันสามารถยกเลิกได้ หากทำการทดสอบและปรากฏผลเช่นเดิมสามารถเลือกสภาพแวดล้อมเดียวเป็นตัวแทนของกลุ่มได้

Table 5 The highest GE score of the cane yield, CCS in plant cane and first ratoon cane of 20 sugarcane varieties tested over 19 locations.

Varieties	Cane yield		CCS	
	Plant cane	Ratoon cane	Plant cane	Ratoon cane
K 88-92	1.179	1.011	-1.007	-1.013
K 95-84	-0.578	-0.556	0.323	0.404
LK 92-11	-0.514	1.541	0.420	0.877
KK 3	**1.292**	**1.338**	**0.939**	**0.917**
Kps 94-13	**1.509**	**1.296**	**1.497**	**0.996**
Kps 00-58	0.685	-0.460	0.051	-0.021
Kps 00-92	0.642	0.707	-1.598	-1.548
Kps 00-105	-0.358	0.117	-0.284	-0.308
Kps 00-129	**0.046**	**0.491**	**0.996**	**0.968**
Kps 00-148	0.796	1.162	-0.401	-0.522
Kps 00-176	-1.317	-0.980	1.058	0.870
Kps 01-1-12	**2.351**	**1.477**	**1.165**	**1.332**
Kps 01-1-25	1.913	-0.240	0.118	-0.101
Kps 01-1-46	-3.031	-2.278	0.930	0.638
Kps 01-3-5	0.192	-0.423	0.971	0.356
Kps 01-3-15	-2.938	-2.768	-0.826	-0.638
Kps 01-4-29	1.957	1.779	-1.390	-0.827
Kps 01-10-2	0.529	1.036	-1.838	-1.936
Kps 01-11-6	-3.015	-2.379	-0.506	-0.196
Kps 01-41-5	-1.285	-1.870	-0.620	-0.246

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ยีโนไทป์บวกกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ในการทดสอบพันธุ์อ้อยแบ่งกลุ่มสถานที่ทดสอบ 19 สถานที่ ออกเป็น 4 กลุ่ม ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ และในผลผลิตอ้อยและซีซีเอส โดยผลผลิตอ้อยมีการกระจายของจำนวนสถานที่ทดสอบในกลุ่มต่าง ๆใกล้เคียงกัน ในขณะที่ซีซีเอสพบกลุ่มที่มีสถานที่ทดสอบจำนวนมากแตกต่างจากกลุ่มอื่น แสดงว่าลักษณะซีซีเอสมีความจำเพาะของสถานที่ต่ำกว่าผลผลิตอ้อย ทั้งนี้พบพันธุ์อ้อยดีเด่นทั้งในลักษณะผลผลิตอ้อยและซีซีเอสได้แก่ กำแพงแสน 01-1-12 กำแพงแสน 94-13 KK 3 และกำแพงแสน 00-129 โดยพบพันธุ์ที่ดีเด่นเฉพาะผลผลิตอ้อยในอ้อยปลูกและอ้อยตอได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 และ K 88-92 ตามลำดับ พันธุ์ดีเด่นเฉพาะซีซีเอสได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 00-176 นอกจากนี้ ผลการทดลองแสดงถึงสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบพันธุ์อ้อย โดยเป็นกลุ่มสถานที่ที่สามารถเลือกใช้ทดสอบพันธุ์อ้อยเนื่องจากมีพันธุ์อ้อยดีเด่นใกล้เคียงกัน และสถานที่เฉพาะเนื่องจากมีพันธุ์อ้อยดีเด่นเฉพาะสถานที่

เอกสารอ้างอิง

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

_____. 2555. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. (อัดสำเนา)

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

Gauch, G.H. and R.W. Zobel. 1997. Interpreting mega-environments and targeting genotypes. Crop Sci. 37:311-326.

Glaz, B., and M.S. Kang. 2008. Location contributions determined via GGE biplot analysis of multienvironment sugarcane genotype-performance trials. Crop Sci. 48:941-950.

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

Ramburan, S., and M. Zhou. 2011. Investigation sugarcane genotype x environment interactions under rainfed conditions in South Africa using variance components and biplot analysis. Proc S Afr Sug Technol Ass. 84:245-362

Venables, W.N., D.M. Smith and the R Development Core Team. 2012. An Introduction to R. Available Source: http://www.R-project.org, June 23: 2012.

Yan, W. 2001. GGE biplot -A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal. 93: 1111-1118.

_____ and N.A. Tinker. 2005. Biplot analysis of multi- environment trial data: Principles and applications. Can. J. Plant Sci. 86: 623-645.

_____, L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Sci**. 40: 597-605.

_____, M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Sci**. 47: 641-653.

Received 24 December 2012

Accepted 18 April 2013