การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยปลูกพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Stability Analysis in Plant Cane of Kamphaeng Saen Sugarcane Varieties Series 2007 and 2008 Using GGE Biplot Method in the Northeastern Region

พิมพ์นารา เสือสกุล [1*] และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน [1,2]

Pimnara Sueasakun [1*] and Rewat Lersrutaiyotin [1,2]

Received 15 July 2020, Accepted 3 December 2020

ABSTRACT

Cane yield, sugar yield and CCS are the quantitative characters often vary across diverse environments due to significant genotype by environment interaction using GGE biplot. This study aimed to evaluate the stability and outstanding in plant cane of Kamphaeng Saen sugarcane varieties series 2007 and 2008 from 6 trials in sugarcane planting areas of the Northeastern region. Each trial was designed to use randomized complete block design with 3 replications being composed of 11 Kamphaeng Saen sugarcane varieties and Khon Kaen 3 as the checked variety. Considering the factors affecting the variation of the characters, it was found that cane yield had the high percentage sum square of 64.97 percent in the environment factor and had low percentage sum square of 6.63 percent in genetic factor. From the results of GGE biplot evaluation, it was found that the Kamphaeng Saen sugarcane varieties that had the outstanding and good stability was Kamphaeng Saen 07-6-2 in sugar yield and cane yield and Kamphaeng Saen 08-2-35 in CCS. Trials that had high potential in discriminating the outstanding of sugarcane verieties was Khon Buri in cane yield, Phimai in sugar yield and Don Tan in CCS. These trials could be used to represent locations for further studies.

Keywords: GGE biplot, stability, sugarcane

บทคัดย่อ

ผลผลิตอ้อย ผลผลิตน้ำตาล และซีซีเอส เป็นลักษณะทางปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เนื่องจากอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม สามารถวิเคราะห์เสถียรภาพและความดีเด่นของพันธุ์อ้อยในอ้อยปลูกโดยใช้วิธี GGE biplot การทดลองนี้จึงวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 จากแปลงทดสอบ 6 แปลง ในพื้นที่ปลูกอ้อยของ

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

[*]Corresponding author: Tel. 08-8243-6322, E-mail address: pimnara.sue@ku.th

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ละแปลงทดสอบ วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 11 พันธุ์ และพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ตรวจสอบ จากการพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยต่อความแปรปรวนของลักษณะ พบว่า%ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมของผลผลิตอ้อยสูงถึง 64.97% ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากพันธุกรรมมีค่าต่ำเพียง 6.63% จากผลการวิเคราะห์ GGE biplot พบว่า อ้อยพันธุ์กำแพงแสนที่มีศักยภาพและมีเสถียรภาพที่ดี คือ พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ในผลผลิตน้ำตาลและผลผลิตอ้อย และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ในลักษณะซีซีเอส แปลงทดสอบที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีที่สุด ได้แก่ แปลงครบุรี ในลักษณะผลผลิตอ้อย แปลงพิมายในผลผลิตน้ำตาล และแปลงดอนตาลในลักษณะซีซีเอส แปลงทดสอบนี้สามารถใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาครั้งต่อไปได้

คำสำคัญ: จีจีอี ไบพลอท เสถียรภาพของพันธุ์ อ้อย

คำนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือนับได้ว่าเป็นแหล่งปลูกอ้อยสำคัญของประเทศ เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดประมาน 5.3 ล้านไร่ และมีผลผลิตทั้งหมดประมาณ 58 ล้านตัน ซึ่งเป็นสัดส่วนมากที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคอื่นๆ อย่างไรก็ตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เหมาะสมมากมีเพียง 0.4%เท่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) ส่งผลให้ผลผลิตอ้อย ผลผลิตน้ำตาล และค่าซีซีเอส ของพันธุ์อ้อยมีการตอบสนองในแต่ละพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน โดยที่การตอบสนองของลักษณะต่างๆ นั้น เป็นผลมาจากอิทธิพลของพันธุกรรมร่วมกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Mohammadi *et al*., 2007) การใช้พันธุ์อ้อยให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิตจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่มีเสถียรภาพ โดยเสถียรภาพของพันธุ์ หมายถึงพันธุกรรมที่แสดงผลผลิตค่อนข้างคงที่หรือมีความแปรปรวนของผลผลิตน้อยในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย (Sabaghnia *et al*., 2006) โดยการศึกษานี้ได้นำวิธี GGE biplot มาวิเคราะห์เสถียรภาพและความดีเด่นของพันธุ์อ้อย ซึ่ง GGE หมายถึง อิทธิพลหลักของพันธุกรรมกับอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของความแปรปรวนที่เกิดจากการปลูกทดสอบพันธุ์พืชในหลายสภาพแวดล้อม ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงเป็นกราฟไบพลอทของข้อมูลการปลูกทดสอบในสภาพแวดล้อมต่างๆ จึงทำให้สามารถแปลผลข้อมูลการปลูกทดสอบนั้นได้ง่ายขึ้น โดย Yan *et al.* (2000) ได้เสนอไบพลอทมาตรฐานและเพิ่มการลากเส้นต่อระหว่างพันธุ์ที่อยู่ไกลจากจุดกำเนิดในแต่ละมุมเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygon) นอกจากนี้ยังลากเส้นตรงจากจุดกำเนิดไปตัดกับส่วนของเส้นที่ลากเชื่อมต่อในลักษณะตั้งฉาก เส้นตรงเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นรูปหลายเหลี่ยมเป็นส่วนๆ ซึ่งพันธุ์ที่อยู่ตรงมุมจะเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตที่ดีที่สุดในส่วนนั้น ซึ่งจะให้ผลที่สอดคล้องกับค่า inner-product property (GE scores) ที่ได้จากการนำเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของพันธุกรรม (PC1 และ PC2) คูณกับเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของสภาพแวดล้อม (PC1 และ PC2) หากได้ค่า inner-product property (GE scores) ที่เป็นบวกแสดงว่าพันธุ์จะให้ผลผลิตสูงกับสภาพแวดล้อมนั้น (ชูศักดิ์, 2559) ดังนั้นถ้าพันธุ์นั้นให้ค่า GE scores รวมจากทุกสภาพแวดล้อมสูงแสดงว่าให้ผลผลิตที่ดีในหลายสภาพแวดล้อม ส่วนสภาพแวดล้อมหากพิจารณาศักยภาพของการแยกความแตกต่างของพันธุ์ จากการรวมค่า GE scores ของพันธุ์อ้อยในแต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งการรวมค่านี้จะรวมตัวเลขโดยไม่พิจารณาค่าบวกและค่าลบของค่า GE scores ในแต่ละสภาพแวดล้อม หากได้ค่ารวมสูงจะมีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดี ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการแปลผลกราฟไบพลอท

ของ Yan *et al.* (2000) ที่ว่าสภาพแวดล้อมเมื่อลากเส้นจากจุดกำเนิดแล้วพบว่าอยู่ห่างไกลจากจุดกำเนิด (GE scores รวมสูง) จะเป็นสภาพแวดล้อมที่มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของพันธุ์ได้มากหรือมีการตอบสนองของพันธุ์ที่ดี นอกจากนี้ยังสามารถบอกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพและให้ผลผลิตสูงได้จากกราฟไบพลอท อีกรูปแบบหนึ่งที่อ่านผลจากแกน Average environment axis (AEA) และแกนที่ลากมาตั้งฉากตัดจุดกำเนิดซึ่งอธิบายเสถียรภาพของพันธุ์ โดยพันธุ์ที่อยู่ทางด้านขวาของจุดตัดบนแกน AEA แสดงถึงพันธุ์ที่มีผลผลิตสูง นอกจากนี้บนแกน AEA จะปรากฏพิกัดของพันธุกรรมในอุดมคติ (Ideal genotype) (Yan & Tinker, 2006) ซึ่งพันธุ์ที่มีพิกัดที่เข้าใกล้พิกัดพันธุกรรมในอุดมคติแสดงว่าเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพและให้ผลผลิตสูง (Laurie & Booyse, 2015) นอกจากนี้ Ramburan & Zhou (2011) ได้ใช้วิธี GGE biplot เพื่อประเมินเสถียรภาพทางพันธุกรรมและระดับของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของพันธุ์อ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนของอุตสาหกรรมน้ำตาลในแอฟริกาใต้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการคัดเลือก เช่นเดียวกับการวิเคราะห์เสถียรภาพของผลผลิตในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายของข้าวลูกผสมโดยใช้วิธี GGE Biplot ด้วยเช่นกัน (Akter *et al.,* 2015) การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอ้อยพันธุ์กำแพงแสนชุดปี 2007 และ 2008 ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แล้วทำการวิเคราะห์เสถียรภาพและความดีเด่นของพันธุ์ ด้วยวิธี GGE biplot เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับอ้อยแต่ละพันธุ์ ที่สามารถนำไปแนะนำในพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกอ้อยพันธุ์กำแพงแสนชุดปี 2007 และ 2008 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 พันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 พันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 พันธุ์กำแพงแสน 08-1-26 พันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 พันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 พันธุ์กำแพงแสน 08-3-8 พันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 พันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 พันธุ์กำแพงแสน 08-11-21 และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-28 โดยมีพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK3) เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อย มี 3 แถว แถวยาว 8 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร ในส่วนของการดูแลรักษานั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละแปลงทดสอบ โดยมีแปลงทดสอบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 6 แปลง ซึ่งแสดงรายละเอียดของสถานที่ตั้ง เนื้อดินและปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ปลูกทดสอบของแต่ละแปลงทดสอบไว้ใน Table 1 โดยมีระยะเวลาในการปลูกทดสอบในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2561

Table 1 Location, soil texture, and precipitation (Nov/2017-Nov/2018) of the 6 trials

Locations	Soil texture	Precipitation (mm)
Kosum Phisai (Wangkanai Sugar, Kosum Phisai District, Maha Sarakham)	sandy loam	1016
Kumphawapi (Kumphawapi Sugar,Kumphawapi District, Udon Thani)	sandy loam	1440
Phimai (Korach Industry, Phimai District, Nakhon Ratchasima)	sand	1106
Prasat (Surin Sugar, Prasat District, Surin)	sandy loam	1214
Dontan (Dontan District, Mukdahan)	loamy sand	1791
Khonburi (Khonburi Sugar, Khonburi District, Nakhon Ratchasima)	sandy loam	960

การเก็บข้อมูล

ผลผลิตอ้อย

ชั่งน้ำหนักอ้อยทั้งหมดของแต่ละแปลงย่อยซึ่งจะเก็บผลผลิตหมดทั้ง 3 แถว รวมเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 36 ตารางเมตร แล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อย(ตันต่อไร่) โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{ผลผลิตอ้อย (ตันต่อไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อยที่เก็บเกี่ยว (กก.)} \times \text{พื้นที่ 1 ไร่ (1,600 ตร.ม.)}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (1.5x3x8 ตร.ม.)} \times 1000}$$

ค่าซีซีเอส

สุ่มตัวอย่างอ้อยจำนวน 3 ลำ ซึ่งเป็นลำที่แก่ที่สุดของแถวกลางของแต่ละแปลงย่อยขณะเก็บเกี่ยวเพื่อวิเคราะห์ค่าซีซีเอส ด้วยเครื่อง Saccharomat รุ่น NIR-WII

ผลผลิตน้ำตาล

คำนวณโดยสูตรดังนี้

$$\text{ผลผลิตน้ำตาล (ตัน/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อย (ตันต่อไร่)} \times \text{ค่าความหวาน (ซีซีเอส)}}{100}$$

การคำนวณ

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) และวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ด้วยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกกับปฏิสัมพันธ์พันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GGE biplot) รวมถึงคำนวณค่า GE scores ตามวิธีของชูศักดิ์ (2559) ด้วยโปรแกรม R (R – language and environment for statistical computing and graphics) (Venables *et al*., 2009) ร่วมกับโปรแกรม PBTools version 1.4 (IRRI, 2014)

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์อ้อยจำนวน 12 พันธุ์ ของแปลงทดสอบจำนวน 6 แปลง พบว่าลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล มีอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมสูงมาก (Table 2) โดยเฉพาะผลผลิตอ้อยมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนสูงสุดถึง 64.97% ในขณะที่ซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนใกล้เคียงกันอยู่ที่ 40.82% และ 37.46% ตามลำดับ เนื่องจากแปลงทดสอบมีความแตกต่างกันมากเช่นในลักษณะของเนื้อดินและปริมาณน้ำฝนที่ได้รับ (Table 3) ซึ่งมีผลต่อผลผลิตอ้อยมาก จากนั้นเมื่อพิจารณาความเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม พบว่าทั้ง 3 ลักษณะมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนทางพันธุกรรม โดยผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม เท่ากับ 8.87, 22.83 และ 20.10% ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมเท่ากับ 6.63, 6.84 และ 11.41% ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าทั้ง 3 ลักษณะมีอิทธิพลจากพันธุกรรมที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Luo *et al.,* (2015) ชี้ให้เห็นว่าทั้ง 3 ลักษณะนอกจากจะได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมมากที่สุดแล้ว ยังมีอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่แสดงถึงการปรับตัวของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และตามด้วยอิทธิพลจากพันธุกรรม

Table 2 Combined analysis for cane yield, CCS and sugar yield of 12 sugarcane varieties evaluate across 6 environments

SOV	Df	Sugar yield				Cane yield				CCS			
		SS	%SS	MS	F	SS	%SS	MS	F	SS	%SS	MS	F
ENV	5	32.01	37.46	6.4	32.03***	5618.2	64.97	1123.64	47.91***	508.61	40.82	101.72	35.34***
REP(ENV)	12	2.4		0.2	1.09	281.4		23.45	2.20*	34.54		2.88	1.14
GEN	11	9.75	11.41	0.89	4.85***	573.1	6.63	52.1	4.88***	85.21	6.84	7.75	3.07**
ENVxGEN	55	17.18	20.1	0.31	1.71**	767.2	8.87	13.95	1.31	284.44	22.83	5.17	2.05***
Residuals	132	24.12		0.18		1408		10.67		333.2		2.52	
Total	215	85.46				8647.9				1246			
CV(%)		32.06				14.79				25.11			

Note: *** Indicate significance at P<0.001 probability level

** Indicate significance at P<0.01 probability level

* Indicate significance at P<0.05 probability level

Table 3 Means for cane yield, CCS and sugar yield of 12 sugarcane varieties evaluated across 6 trials in November, 2018

Sugarcane varieties	Sugar yield (tons/rai)		Cane yield (tons/rai)		CCS	
Khon Kaen 3	1.86	a	15.67	a	12.12	a
Kamphaeng Sean 07-10-6	1.38	bcd	12.86	bcd	11.27	bcd
Kamphaeng Sean 07-30-3	1.55	bc	14.59	ab	11.10	bcd
Kamphaeng Sean 07-6-2	1.60	b	15.38	a	10.97	bcde
Kamphaeng Sean 08-1-26	1.22	de	11.97	de	10.46	cde
Kamphaeng Sean 08-11-21	1.26	de	11.44	de	11.32	bc
Kamphaeng Sean 08-2-28	1.03	e	11.08	de	10.35	cde
Kamphaeng Sean 08-2-29	1.43	bcd	14.42	abc	9.64	de
Kamphaeng Sean 08-2-33	1.17	de	12.40	cde	9.82	de
Kamphaeng Sean 08-2-35	1.09	de	10.38	e	11.37	ab
Kamphaeng Sean 08-3-8	1.18	de	12.83	bcd	9.76	cde
Kamphaeng Sean 08-6-11	1.30	cde	13.04	bcd	10.30	e

Note: Means within columns followed by the same letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level

ศักยภาพของพันธุ์ต่อผลผลิตน้ำตาล

ผลผลิตน้ำตาลของพันธุ์กำแพงแสน 11 พันธุ์และพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแปลงทดสอบ พบว่า อิทธิพลความแปรปรวนของอิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมโดยมีค่า PC1 และ PC2 รวมเท่ากับ 69.11 % (Figure 1) และ (Figure 2) ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับรายงานของ Krisnawati & Adie (2018) ที่อธิบายอิทธิพลของความแปรปรวนได้ 60.87 % จากการศึกษาผลผลิตเมล็ดในการทดสอบพันธุ์ถั่วเหลืองจากหลายสภาพแวดล้อมด้วยวิธี GGE biplot เมื่อพิจารณาศักยภาพของพันธุ์ พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีและผลผลิตสูงที่สุด (Figure 2) โดยที่เจตษฎา และคณะ (2559) ที่รายงานผลของพันธุ์ถั่วลิสงที่มีตำแหน่งอยู่ตรงกับพิกัดของพันธุกรรมในอุดมคติจะเป็นพันธุ์ที่แสดงให้เห็นถึงให้ผลผลิตสูงในทุกสภาพแวดล้อมและมีเสถียรภาพของพันธุ์ พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.86 ตัน/ไร่ (Table 3) แสดงความดีเด่นที่แปลงพิมาย แปลงปราสาท แปลงโกสุมพิสัย แปลงครบุรี และแปลงกุมภวาปี (Figure 1) ในขณะที่พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.60 ตัน/ไร่ 1.55 ตัน/ไร่ และ 1.43 ตัน/ไร่ ตามลำดับ มีผลผลิตสูงรองลงมาจากขอนแก่น 3 (Table 3) ซึ่งแสดงศักยภาพดีจาก 5 แปลงทดสอบข้างต้นเช่นกัน (Figure 1) ในทางกลับกันพบว่า พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีเสถียรภาพที่ดีกว่าขอนแก่น 3 (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kadir *et al.* (2018) ที่รายงานว่า พันธุ์ที่อยู่ในพิกัดที่เข้าใกล้แกน AEA มากกว่าจะเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง แสดงให้เห็นว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 เป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตน้ำตาลดีและมีเสถียรภาพของพันธุ์ที่ดีด้วย นอกจากนี้พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 แสดงความดีเด่นเฉพาะที่แปลงดอนตาล (Figure 1) มีค่าเฉลี่ยที่ 1.38 ตัน/ไร่ (Table 3)

เมื่ออธิบายศักยภาพพันธุ์ต่อแปลงทดสอบโดยพิจารณาค่า GE scores (Table 4) พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมสูงสุดเท่ากับ 3.01 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 ถึง 5 แปลงทดสอบโดยแปลงพิมาย มีค่า GE scores อยู่ที่ 1.09 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุด แสดงว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 ดีเด่นมากในแปลงนี้ ส่วนแปลงปราสาท แปลงโกสุมพิสัย แปลงครบุรี และแปลงกุมภวาปี มีค่า GE scores เท่ากับ 0.65, 0.44, 0.29 และ 0.25 ตามลำดับ และมีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง จากค่า GE scores ทั้ง 6 แปลงของพันธุ์ขอนแก่น 3 ไม่พบแปลงใดมีค่าเป็นลบ

พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 1.01 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ากำแพงแสน 07-6-2 มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลง พิมาย ที่มีค่า GE scores อยู่ที่ 0.35 นอกจากนี้มีแปลงที่มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 3 จำนวน 2 แปลง แปลงที่ค่า GE scores เป็นอันดับ 4 จำนวน 2 แปลง และแปลงที่ค่า GE scores เป็นอันดับ 7 จำนวน 1 แปลง ซึ่งค่า GE scores ทั้ง 6 แปลงของพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ไม่พบแปลงใดมีค่าเป็นลบ

พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.81 เมื่อพิจารณาค่า GE scores พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 2 จำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงพิมาย แปลงปราสาทและแปลงครบุรี ที่มีค่า GE scores อยู่ที่ 0.33, 0.33 และ 0.25 ตามลำดับ นอกจากนี้พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 5 จำนวน 2 แปลง และแปลงที่มีค่า GE scores เป็นลบ จำนวน 1 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.42 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 จำนวน 1 แปลง คือแปลงดอนตาล มีค่า GE scores เท่ากับ 0.65 นอกจากนี้มีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 2 จำนวน 2 แปลง แปลงที่มีค่า GE

scores เป็นอันดับ 6 จำนวน 1 แปลง นอกจากนี้ แปลงที่มีค่า GE scores เป็นลบ จำนวน 2 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.38 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 4 จำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงพิมาย แปลงโกสุมพิสัย และแปลงกุมภวาปี มีค่า GE scores อยู่ที่ 0.14, 0.04 และ 0.03 ตามลำดับ นอกจากนี้พบแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 5 จำนวน 2 แปลง และแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 6 จำนวน 1 แปลง

ซึ่งที่ค่า GE scores ของผลการทดลอง Table 4 ที่ได้อภิปรายไปข้างต้นสอดคล้องกับผลการทดลองใน Figure 1 ที่การอธิบายศักยภาพในการให้ผลผลิตน้ำตาลของพันธุ์ในแต่ละแปลงทดสอบ โดยพันธุ์ที่ให้ค่า GE scores รวมสูงมีตำแหน่งอยู่ตรงมุมของภาพ ซึ่งแสดงความดีเด่นในแปลงทดสอบใกล้เคียง โดย Yan *et al.* (2000) ได้รายงานว่าพันธุ์ที่อยู่ตรงมุมของภาพหรือมีค่า inner-product property (GE scores) ที่เป็นบวกสูงสุดของแปลงทดสอบ เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตน้ำตาลที่สูงในสภาพแวดล้อมนั้น

ศักยภาพของแปลงทดสอบต่อผลผลิตน้ำตาล

เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของแปลงทดสอบ พบว่า แปลงพิมายสามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยในผลผลิตน้ำตาลได้มากในพื้นที่ทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ควรเพิ่มแปลงปราสาทและแปลงดอนตาล โดยทั้งสองแปลงสามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยได้มาก โดยมีพันธุ์อ้อยดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาลที่แตกต่างกัน (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ukalski & Klisz (2016) ที่พบว่าเส้นของสภาพแวดล้อมที่ยาวจากจุดกำเนิดจะสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีในการศึกษาการคัดเลือกไม้ป่าในหลายสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังให้ผลสอดคล้องกับ GE scores ที่พบว่าแปลงที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีที่สุด ได้แก่ แปลงพิมาย มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 3.99 ตามด้วยแปลงปราสาท แปลงดอนตาล แปลงครบุรี และแปลงโกสุมพิสัย มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 3.06, 2.76, 2.21 และ 2.10 ตามลำดับ ซึ่งมีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดี ส่วนแปลงกุมภวาปีที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่า GE scores รวมที่ 1.12 (Table 4)

Table 4 GE scores in sugar yield of 12 sugarcane varieties from 6 trials

Sugarcane varieties	Location						
	KhonBuri	DonTan	KosumPhisai	Kumphawapi	Phimai	Prasat	Total [1]
Khon Kaen 3	**0.29**	**0.31**	**0.44**	**0.25**	**1.09**	**0.65**	3.01
Kamphaeng Saen 07-10-6	-0.45	**0.65**	**0.37**	**0.16**	0.05	-0.36	0.42
Kamphaeng Saen 07-30-3	**0.25**	-0.13	0.01	0.02	**0.33**	**0.33**	0.81
Kamphaeng Saen 07-6-2	0.02	0.20	**0.20**	**0.10**	**0.35**	0.14	1.01
Kamphaeng Saen 08-1-26	-0.01	-0.06	-0.06	-0.03	-0.12	-0.05	-0.35
Kamphaeng Saen 08-11-21	0.07	-0.07	-0.03	-0.01	0.05	0.08	0.10
Kamphaeng Saen 08-2-28	-0.50	**0.21**	-0.06	-0.07	-0.73	-0.69	-1.85
Kamphaeng Saen 08-2-29	0.05	0.02	0.04	0.03	0.14	0.10	0.38
Kamphaeng Saen 08-2-33	**0.22**	-0.48	-0.34	-0.16	-0.29	0.07	-0.98
Kamphaeng Saen 08-2-35	-0.12	-0.18	-0.23	-0.13	-0.52	-0.29	-1.47
Kamphaeng Saen 08-3-8	-0.03	-0.14	-0.15	-0.08	-0.28	-0.13	-0.81
Kamphaeng Saen 08-6-11	0.21	-0.32	-0.19	-0.08	-0.05	**0.16**	-0.26
Total [2]	2.21	2.76	2.10	1.12	3.99	3.06	

Note: The bold letters showed the top three of GE scores of sugarcane varieties in each trial

The underline letters showed the positive of sum of GE scores values from all trials of each sugarcane variety

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

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

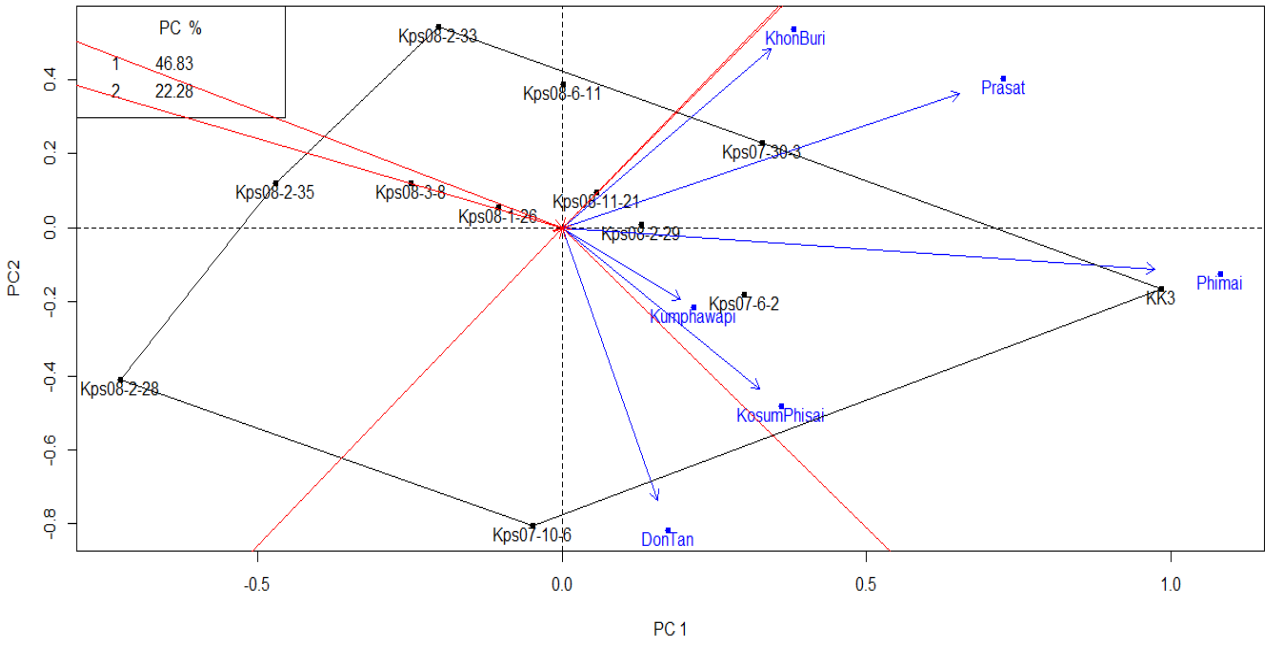

Figure 1 GGE biplot in sugar yield of 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area

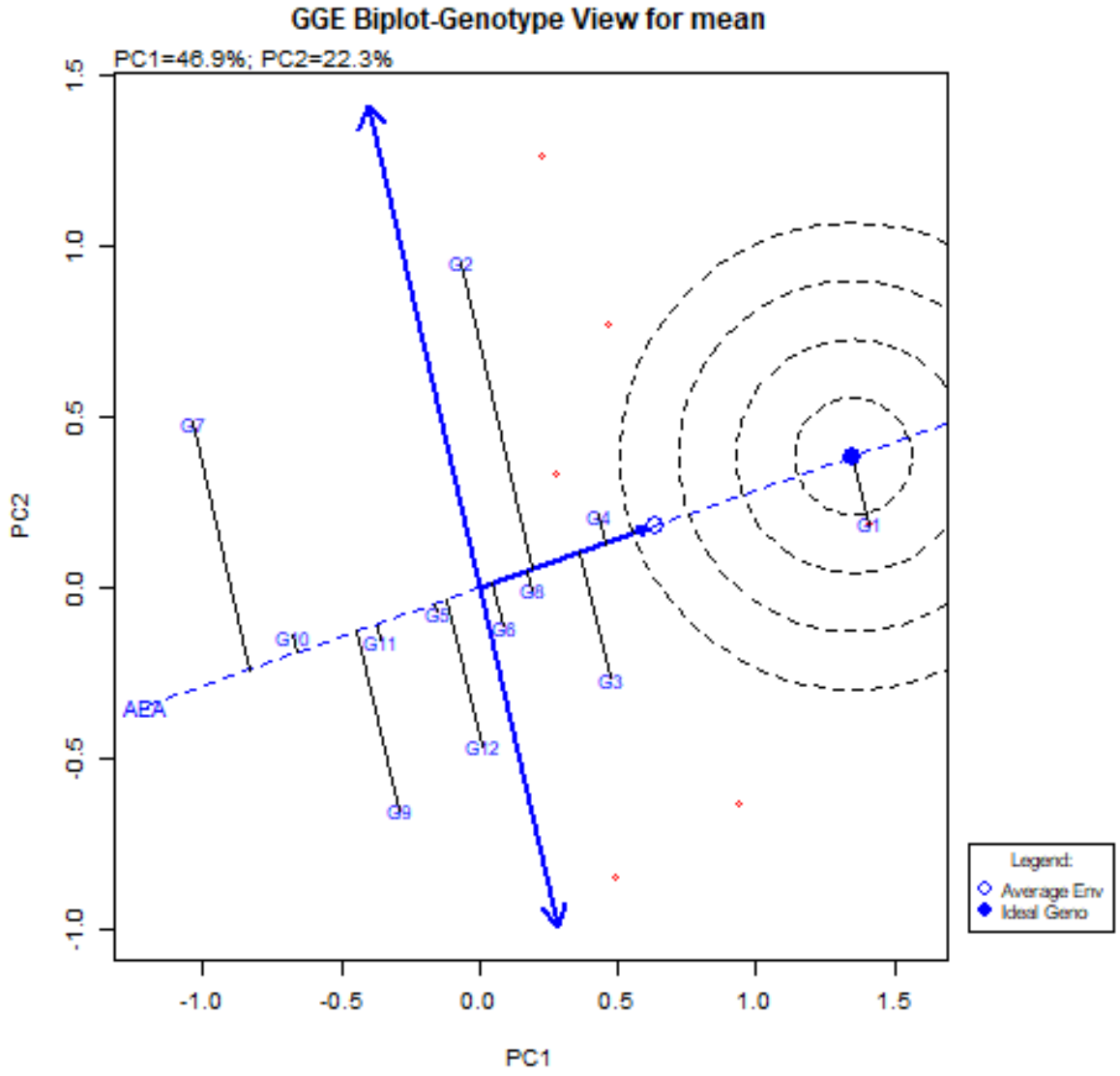

Figure 2 GGE biplot in sugar yield shows the mean performance and stability of the 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area. G1=KK3, G2=Kps 07-10-6, G3=Kps 07-30-3, G4=Kps 07-6-2, G5=Kps 08-1-26, G6=Kps 08-11-21, G7=Kps 08-2-28, G8=Kps 08-2-29, G9=Kps 08-2-33, G10=Kps 08-2-35, G11=Kps 08-3-8, G12=Kps 08-6-11

ศักยภาพของพันธุ์ต่อผลผลิตอ้อย

ผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 11 พันธุ์ และพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละแปลงทดสอบ สามารถอธิบายอิทธิพลความแปรปรวนของอิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม โดยมีค่า PC1 และ PC2 รวมเป็น 76.92 % (Figure 3) และ (Figure 4) เป็นค่าที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับรายงานของ Xu *et al.* (2014) ที่อธิบายอิทธิพลของความแปรปรวนได้ 68.3 % จากการศึกษาผลผลิตเส้นใยในการทดสอบพันธุ์ฝ้ายจากหลายสภาพแวดล้อม และหากลุ่มแปลงด้วยวิธี GGE biplot จากผลการพิจารณาศักยภาพของพันธุ์ต่อผลผลิตอ้อยในการทดลองนี้ พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีและผลผลิตสูง (Figure 4) สอดคล้องกับ Susanto *et al.* (2015) ได้รายงานว่าพันธุ์ข้าวที่มีพิกัดตรงกับพันธุกรรมในอุดมคติและเข้าใกล้แกน AEA ว่าเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงและมีเสถียรภาพในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของข้าวในเขตชลประทานของอินโดนีเซีย โดยพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.38 ตัน/ไร่ (Table 3) แสดงความดีเด่นที่แปลงพิมาย แปลงโกสุมพิสัย แปลงดอนตาลและแปลงกุมภวาปี (Figure 3) ในขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.67 ตัน/ไร่ โดยแสดงความดีเด่นที่แปลงพิมาย แปลงโกสุมพิสัย แปลงปราสาท และแปลงครบุรี (Figure 3) เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพและผลผลิตสูง (Figure 4) และพบว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 14.42 ตัน/ไร่ (Table 3) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงรองลงมาและมีเสถียรภาพสูง (Figure 4) ในส่วนของพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 และพันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 14.59 ตัน/ไร่ และ 13.04 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 3) แสดงความดีเด่นที่แปลงปราสาทและแปลงครบุรี (Figure 3)

ทั้งนี้สามารถอธิบายความชัดเจนของศักยภาพพันธุ์ต่อแปลงทดสอบได้จากค่า GE scores จาก Table 5 โดยพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีค่า GE scores รวมสูงสุดเท่ากับ 15.45 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 จำนวน 3 แปลง โดย แปลงพิมายมีค่า GE scores สูงถึง 4.58 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 มีความดีเด่นมากในแปลงนี้ และแปลงโกสุมพิสัยและแปลงดอนตาล มีค่า GE scores อยู่ที่ 4.02 และ 1.98 ตามลำดับ โดยพบแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง ทั้งนี้แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 5 และ 6 ซึ่งจากค่า GE scores ทั้ง 6 แปลงของพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ไม่พบแปลงใดมีค่าเป็นลบและให้ค่าเป็นบวกสูงในหลายแปลง

พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 13.77 ทั้งนี้รองจากพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ถึงแม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยจากทุกแปลงที่สูงกว่า แต่เนื่องจากพันธุ์ขอนแก่น 3 มีเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะผลผลิตอ้อยที่ต่ำกว่าจึงทำให้มีค่า GE scores ต่ำกว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 เพียง 1 แปลงได้แก่แปลงปราสาท มีค่า GE scores เท่ากับ 3.00 นอกจากนี้มีแปลงที่มีค่า GE scoreเป็นอันดับ 2 จำนวน 2 แปลง มีค่า GE scores เป็นอันดับ3 จำนวน 2 แปลง และแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 4 จำนวน 1 แปลง ซึ่งจากค่า GE scores ทั้ง 6 แปลงของพันธุ์ขอนแก่น 3 ก็ไม่พบแปลงใดมีค่าเป็นลบและให้ค่าเป็นบวกสูงในเกือบทุกแปลง

พันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 10.25 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ากำแพงแสน 08-2-29 มีค่า GE scores ที่อยู่เพียงอันดับ 3 จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงพิมายและแปลงปราสาท ที่มีค่า GE scores อยู่ที่ 2.91 และ 2.21 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแปลงที่ค่า GE scores อยู่ในอันดับ 4 จำนวน 3 แปลง และแปลงที่ค่า GE scores อยู่ในอันดับที่ 5 จำนวน 1 แปลง ซึ่งจากค่า GE

scores ทั้ง 6 แปลงของพันธุ์กำแพงแสน 08-2-29 ไม่พบแปลงใดมีค่าเป็นลบ

พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 9.06 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 2 จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงครบุรีและแปลงปราสาท มีค่า GE scores อยู่ที่ 3.44 และ 2.76 ตามลำดับ นอกจากนี้ แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 4 และ 5 และแปลงที่มีค่า GE scores เป็นลบจำนวน 2 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 มีค่า GE scores เป็นบวกที่ต่ำเท่ากับ 1.00 อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์กำแพงแสน 08-6-11 มีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 1 จำนวน 1 แปลงได้แก่ แปลงครบุรี มีค่า GE scores อยู่ที่ 4.02 และมีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นบวกที่อันดับที่ 4

ซึ่งจากค่า GE scores ของ Table 5 ที่ได้อภิปรายไปข้างต้นสอดคล้องกับผลใน Figure 3 ในการอธิบายศักยภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์ในแต่ละแปลงทดสอบ ตามการชี้แจงของ Njei *et al.* (2020) ที่รายงานว่าพันธุ์ที่อยู่ตรงมุมจะเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตที่ดีที่สุดในสภาพแวดล้อมนั้นหรือมีค่า inner-product property (GE scores) ที่เป็นบวกที่มีค่าสูงแสดงว่าพันธุ์จะให้ผลผลิตสูงและมีเสถียรภาพดี

ศักยภาพของแปลงทดสอบต่อผลผลิตอ้อย

เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของแปลงทดสอบ พบว่า แปลงพิมายสามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยในผลผลิตอ้อยได้มากในพื้นที่ทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังพบว่า แปลงครบุรีและแปลงโกสุมพิสัย ก็มีศักยภาพในการแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยเช่นกันแต่จำแนกพันธุ์ดีเด่นได้แตกต่างกัน (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Sharma *et al.* (2020) ที่ได้รายงานว่าเส้นของสภาพแวดล้อมที่ยาวจากจุดกำเนิดจะสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของผลผลิตเมล่อน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่า GE scores ที่พบว่าแปลงที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างความดีเด่นของพันธุ์ได้ดีที่สุด ได้แก่ แปลงครบุรี มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 29.90 ตามด้วยแปลงพิมาย แปลงปราสาท และแปลงโกสุมพิสัย โดยมีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของความดีเด่นของพันธุ์ได้สูงใกล้เคียงกัน มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 27.65, 25.36 และ 22.47 ตามลำดับ ส่วนแปลงกุมภวาปีและแปลงดอนตาล มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของความดีเด่นของพันธุ์ที่ต่ำ มีค่า GE scores เท่ากับ 12.43 และ 11.38 ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 GE scores in cane yield of 12 sugarcane varieties from 6 trials

Sugarcane varieties	Location						
	KhonBuri	DonTan	KosumPhisai	Kumphawapi	Phimai	Prasat	Total[1]
Khon Kaen 3	**2.87**	**0.87**	**2.45**	0.68	**3.90**	**3.00**	13.77
Kamphaeng Saen 07-10-6	-4.92	**1.77**	**2.10**	**2.23**	-0.05	-2.66	-1.53
Kamphaeng Saen 07-30-3	**3.44**	-0.05	0.81	-0.33	2.44	**2.76**	9.06
Kamphaeng Saen 07-6-2	0.75	**1.98**	**4.02**	**2.00**	**4.58**	2.12	15.45
Kamphaeng Saen 08-1-26	-1.21	-0.43	-1.16	-0.35	-1.78	-1.32	-6.25
Kamphaeng Saen 08-11-21	-0.55	-0.78	-1.65	-0.76	-1.99	-1.04	-6.77
Kamphaeng Saen 08-2-28	-4.78	0.39	-0.53	**0.79**	-2.76	-3.60	-10.49
Kamphaeng Saen 08-2-29	2.09	0.67	1.85	0.53	**2.91**	**2.21**	10.25
Kamphaeng Saen 08-2-33	1.78	-1.31	-2.04	-1.50	-1.34	0.46	-3.95
Kamphaeng Saen 08-2-35	-2.66	-1.36	-3.34	-1.20	-4.74	-3.20	-16.50
Kamphaeng Saen 08-3-8	-0.82	-0.27	-0.73	-0.21	-1.15	-0.87	-4.04
Kamphaeng Saen 08-6-11	**4.02**	-1.49	-1.79	-1.86	-0.03	2.15	1.00
Total[2]	29.90	11.38	22.47	12.43	27.65	25.36	

Note: The bold letters showed the top three of GE scores of sugarcane varieties in each trial

The underline letters showed the positive of sum of GE scores values from all trials of each sugarcane variety

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

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

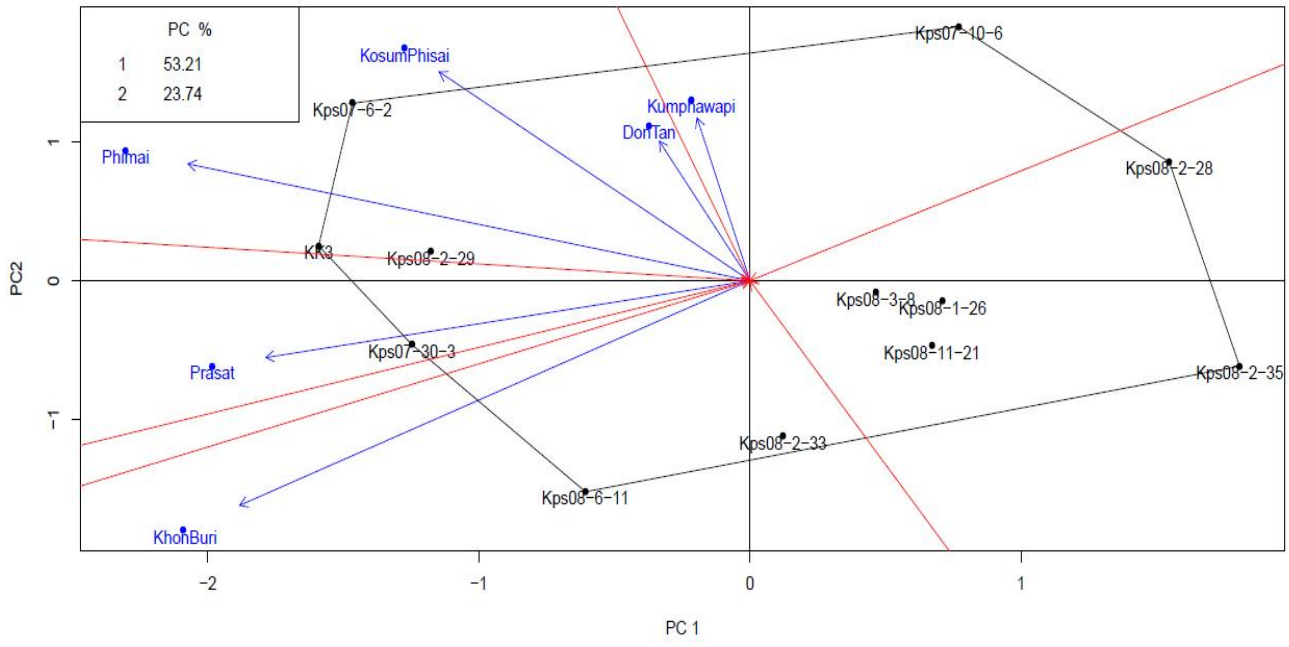

Figure 3 GGE biplot in cane yield of 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area.

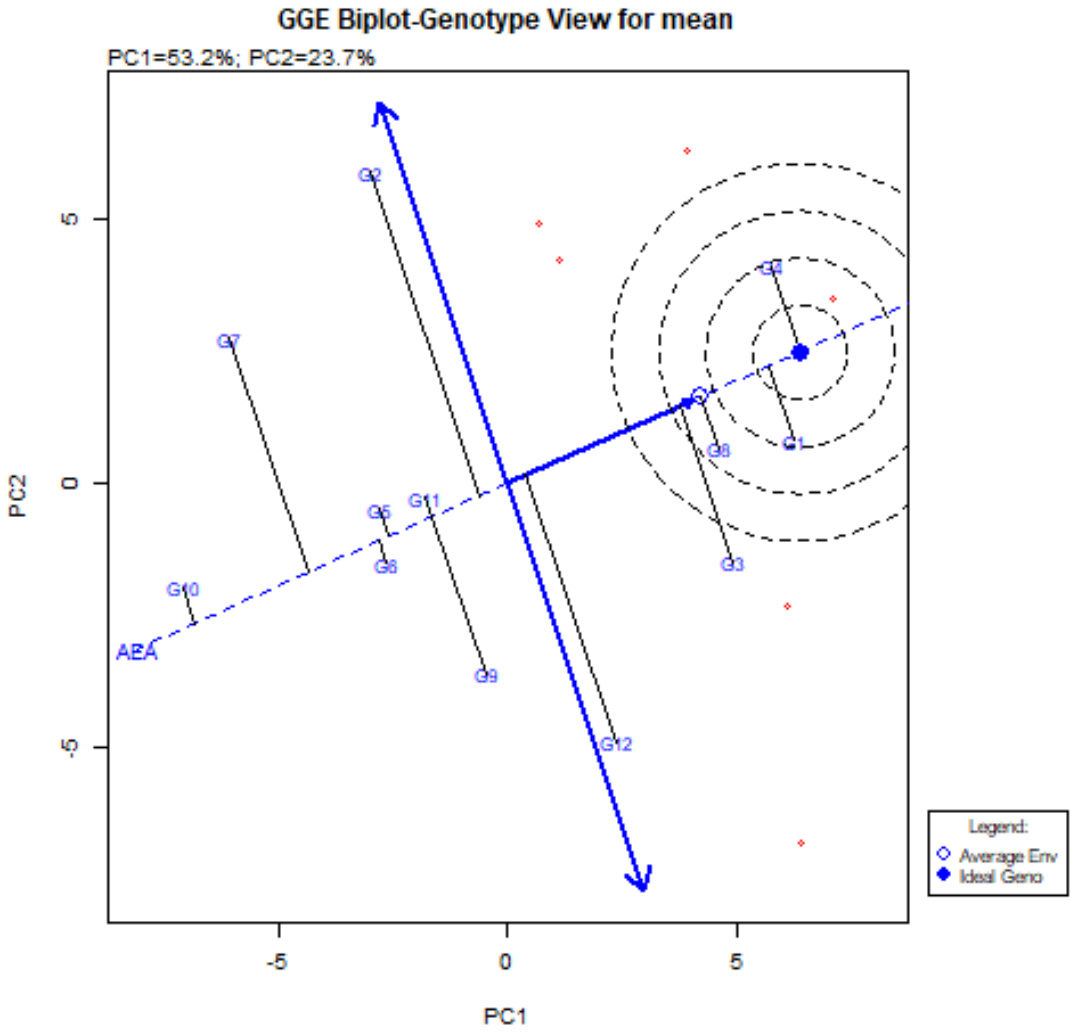

Figure 4 GGE biplot in cane yield shows the mean performance and stability of the 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area. G1=KK3, G2=Kps 07-10-6, G3=Kps 07-30-3, G4=Kps 07-6-2, G5=Kps 08-1-26, G6=Kps 08-11-21, G7=Kps 08-2-28, G8=Kps 08-2-29, G9=Kps 08-2-33, G10=Kps 08-2-35, G11=Kps 08-3-8, G12=Kps 08-6-11

ศักยภาพของพันธุ์ต่อค่าซีซีเอส

ค่าซีซีเอสของพันธุ์กำแพงแสน 11 พันธุ์และพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละแปลงทดสอบ สามารถอธิบายอิทธิพลความแปรปรวนของอิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมโดยมีค่า PC1 และ PC2 รวมเป็น 72.71 % (Figure 5) และ (Figure 6) ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับ Oliveira *et al.* (2019) ที่อธิบายอิทธิพลของความแปรปรวนได้ 60.01 % เมื่อพิจารณาศักยภาพของพันธุ์อ้อยต่อค่าซีซีเอส พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่มีค่าซีซีเอสสูงที่สุดแต่มีเสถียรภาพไม่ดี (Figure 6) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Jeberson *et al.* (2017) ที่รายงานพันธุ์ที่อยู่ห่างจากแกน AEA เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพที่ไม่ดี ถึงแม้ว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 12.12 ซีซีเอส (Table 3) แสดงความดีเด่นหรือให้ค่าซีซีเอสสูงที่สุดที่แปลงพิมาย แปลงปราสาท แปลงโกสุมพิสัย และแปลงกุมภวาปี (Figure 5) ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.27 ซีซีเอส เป็นพันธุ์ที่ให้ค่าซีซีเอสสูงรองลงมาแต่ก็เสถียรภาพไม่ดีเช่นกัน (Figure 6) โดยแสดงความดีเด่นที่แปลงดอนตาล แปลงครบุรีและแปลงโกสุมพิสัย (Figure 5) ในขณะที่พันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.37 ซีซีเอส (Table 3) แต่เป็นพันธุ์ที่ค่อนข้างมีเสถียรภาพ (Figure 6) ในส่วนของพันธุ์กำแพงแสน 08-11-21 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.32 ซีซีเอส (Table 3) ก็มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำโดยแสดงความดีเด่นที่แปลงกุมภวาปี แปลงพิมาย และแปลงปราสาท (Figure 5)

ศักยภาพพันธุ์ต่อแปลงทดสอบสามารถอธิบายได้จากค่า GE scores จาก Table 6 โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมสูงสุดเท่ากับ 6.09 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 เป็นจำนวนถึง 3 แปลง ได้แก่ แปลงพิมายที่มีค่า GE scores สูงถึง 3.03 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุด ดังนั้นพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความดีเด่นมากในแปลงนี้ ตามด้วยแปลงปราสาท และแปลงโกสุมพิสัย มีค่า GE scores เท่ากับ 1.90 และ 0.82 ตามลำดับ โดยมีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 4 จำนวน 1 แปลง และแปลงที่มีค่า GE scores เป็นลบเพียง 1 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 07-10-6 มีค่า GE scores รวมสูงเท่ากับ 5.59 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ามีค่า GE scores สูงสุดเป็นอันดับที่ 1 จำนวน 2 แปลง ได้แก่แปลงดอนตาลและแปลงครบุรี มีค่า GE scores เท่ากับ 4.57 และ 1.88 ตามลำดับ นอกจากนี้แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง แต่มีแปลงที่มีค่า GE scores เป็นลบ จำนวน 3 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 มีค่า GE scores รวมค่อนข้างสูงเท่ากับ 3.07 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ากำแพงแสน 08-2-35 มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 2 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงดอนตาล โดยมีค่า GE scores อยู่ที่ 1.68 มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 3 จำนวน 2 แปลง มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 5 จำนวน 2 แปลง และแปลงที่ค่า GE scores เป็นลบ จำนวน 1 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 08-11-21 มีค่า GE scores รวมค่อนข้างสูงเท่ากับ 2.33 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ามีค่า GE scores เป็นอันดับ 1 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงกุมภวาปี มีค่า GE scores อยู่ที่ 0.69 นอกจากนี้แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 2 จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงพิมายและแปลงปราสาท มีค่า GE scores อยู่ที่ 2.28 และ 1.58 ตามลำดับ แปลงที่มีค่า GE scores เป็นอันดับที่ 4 จำนวน 1 แปลง และแปลงที่มีค่าGE scores เป็นลบ จำนวน 2 แปลง

พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE scores รวมเป็นบวกเท่ากับ 1.03 เมื่อพิจารณาค่า GE scores ในแต่ละแปลงทดสอบ พบว่ามีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 3 จำนวน 1 แปลง ได้แก่ แปลงพิมาย ที่มีค่า GE scores อยู่ที่ 0.53 นอกจากนี้พันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีค่า GE

scores อยู่ในอันดับ 4 จำนวน 1 แปลง มีค่า GE scores อยู่ในอันดับ 5 จำนวน 3 แปลง และมีค่า GE scores เป็นลบ จำนวน 1 แปลง

ซึ่งจากค่า GE scores ของ Table 6 พบว่าค่า GE scores ของซีซีเอสเป็นผลจากค่าเฉลี่ยซีซีเอสมากกว่าเสถียรภาพค่อนข้างมาก ที่ได้อภิปรายไปข้างต้นสอดคล้องกับผลใน Figure 5 ในการอธิบายศักยภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์ในแต่ละแปลงทดสอบ ตามการชี้แจงของ Singh *et al.* (2019) พันธุ์ที่อยู่ตรงมุมจะเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตที่ดีที่สุดในสภาพแวดล้อมนั้นและหากค่า inner-product property (GE scores) ที่เป็นบวกแสดงว่าพันธุ์จะให้ผลผลิตสูงกับสภาพแวดล้อมนั้นเช่นกัน

ศักยภาพของแปลงทดสอบต่อค่าซีซีเอส

เมื่อพิจารณาแปลงทดสอบที่เหมาะสมต่อการเป็นตัวแทนของแปลงทดสอบสำหรับประเมินค่าซีซีเอสของพันธุ์อ้อยควรเป็นแปลงพิมายและแปลงดอนตาล โดยทั้งสองแปลงสามารถแยกความดีเด่นของพันธุ์อ้อยได้มาก โดยมีพันธุ์อ้อยดีเด่นในลักษณะซีซีเอสที่แตกต่างกัน (Figure 5) ซึ่งสอดคล้องกับ Pagi *et al.* (2017) ที่ได้รายงานว่าเส้นของสภาพแวดล้อมที่ยาวจากจุดกำเนิดจะสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีในการศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตเมล็ดผักโขมในสภาพแวดล้อมต่างๆ ของอินเดีย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่า GE scores ที่พบว่าแปลงที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีที่สุด ได้แก่ แปลงดอนตาล มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 16.54 รองลงมา ได้แก่ แปลงพิมาย มีค่า GE scores รวมอยู่ที่ 13.61 ส่วนแปลงปราสาท และครบุรีมีศักยภาพใกล้เคียงกัน มีค่า GE scores รวม 8.76 และ 8.05 ตามลำดับ โดยที่แปลงโกสุมพิสัยและแปลงกุมภวาปี มีศักยภาพที่ต่ำใกล้เคียงกัน มีค่า GE scores รวม อยู่ที่ 4.78 และ 3.62 ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 GE scores in CCS of 12 sugarcane varieties from 6 trials

Sugarcane varieties	Location						
	KhonBuri	DonTan	KosumPhisai	Kumphawapi	Phimai	Prasat	Total[1]
Khon Kaen 3	-0.83	0.55	**0.82**	**0.62**	**3.03**	**1.90**	6.09
Kamphaeng Saen 07-10-6	**1.88**	**4.57**	**0.65**	-0.67	-0.28	-0.56	5.59
Kamphaeng Saen 07-30-3	-0.16	0.07	0.14	0.11	**0.53**	0.34	1.03
Kamphaeng Saen 07-6-2	0.20	-0.13	-0.20	-0.15	-0.72	-0.45	-1.44
Kamphaeng Saen 08-1-26	-0.36	-0.47	0.05	**0.18**	0.50	**0.36**	0.25
Kamphaeng Saen 08-11-21	-1.29	-1.29	0.35	**0.69**	**2.28**	**1.58**	2.33
Kamphaeng Saen 08-2-28	**1.45**	**1.41**	-0.42	-0.78	-2.63	-1.81	-2.79
Kamphaeng Saen 08-2-29	-0.31	-1.46	-0.41	0.02	-0.76	-0.37	-3.29
Kamphaeng Saen 08-2-33	-0.50	-2.41	-0.69	0.02	-1.29	-0.63	-5.50
Kamphaeng Saen 08-2-35	**0.50**	**1.68**	**0.38**	-0.12	0.47	0.16	3.07
Kamphaeng Saen 08-3-8	-0.04	-0.96	-0.39	-0.10	-0.99	-0.55	-3.02
Kamphaeng Saen 08-6-11	-0.56	-1.55	-0.28	0.17	-0.14	0.04	-2.31
Total[2]	8.05	16.54	4.78	3.62	13.61	8.76	

Note: The bold letters showed the top three of GE scores of sugarcane varieties in each trial

The underline letters showed the positive of sum of GE scores values from all trials of each sugarcane variety

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

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

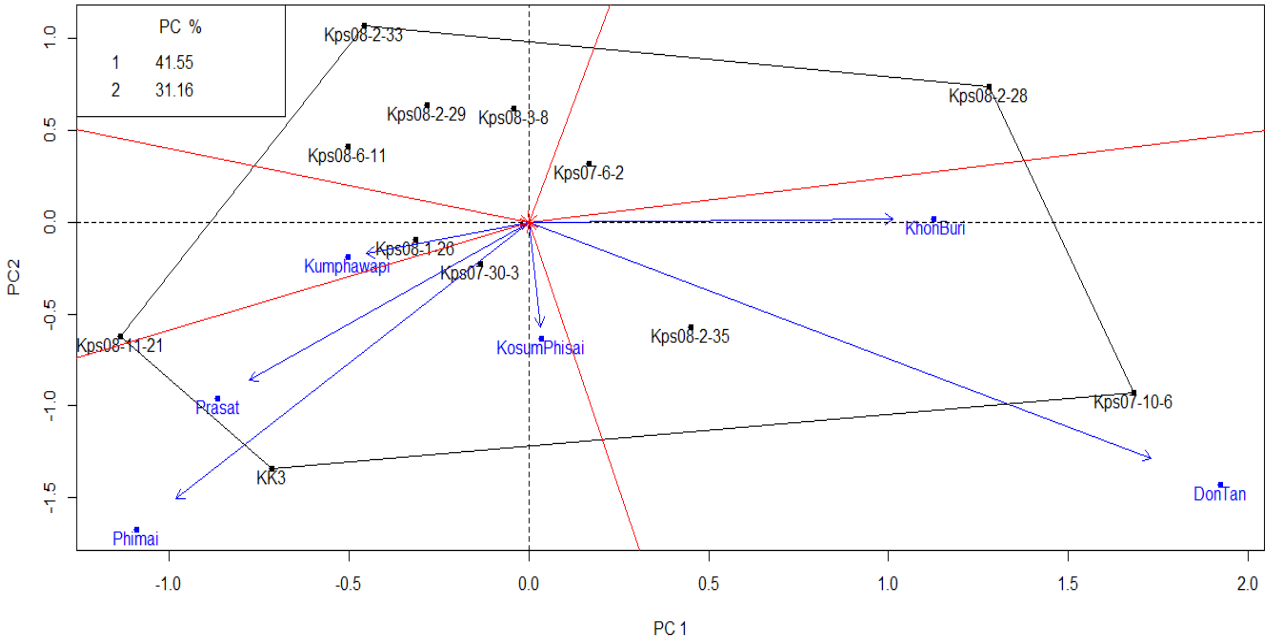

Figure 5 GGE biplot in CCS of 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area

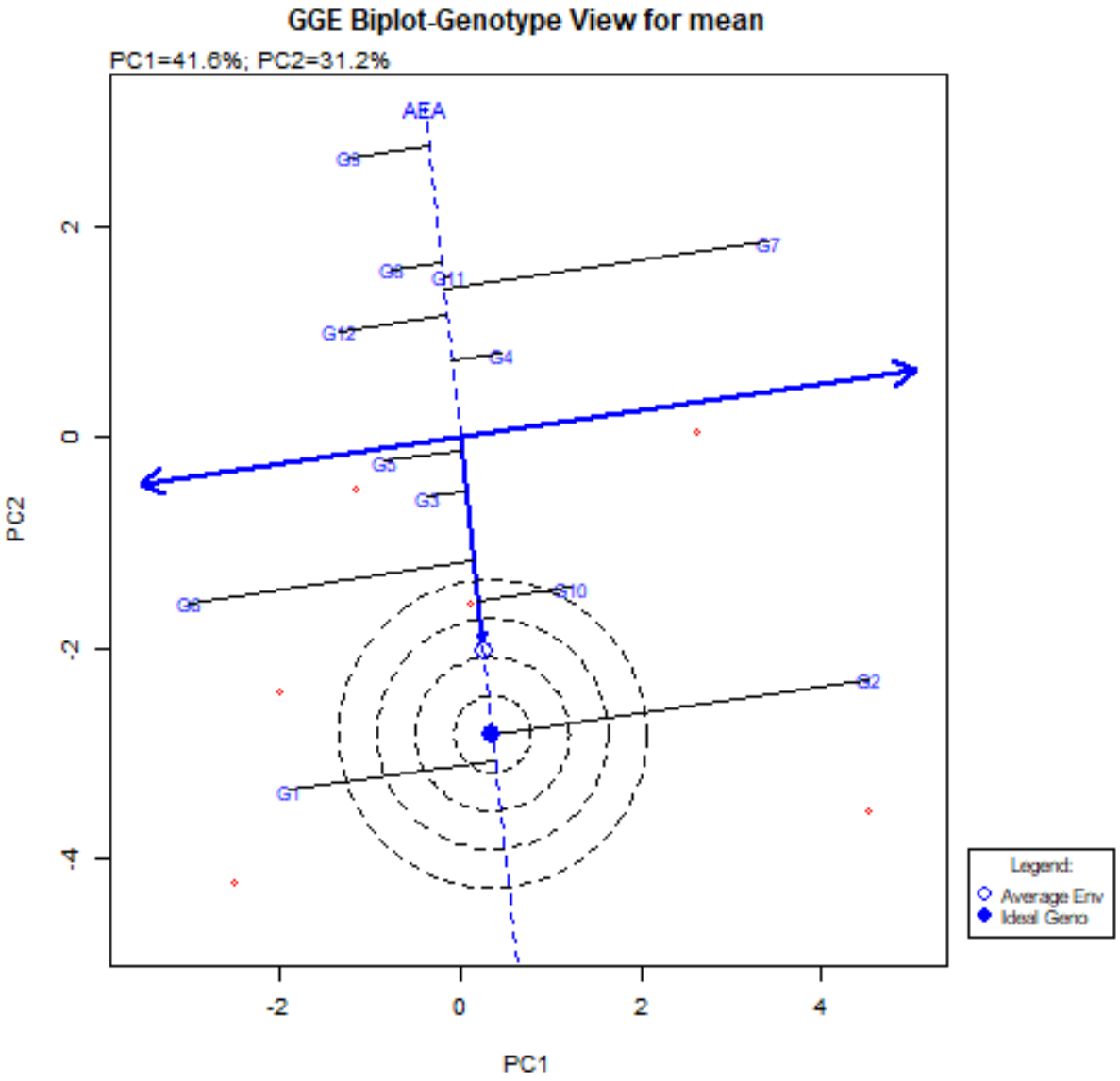

Figure 6 GGE biplot in CCS shows the mean performance and stability of the 12 sugarcane varieties from 6 trials of northeastern area. G1=KK3, G2=Kps 07-10-6, G3=Kps 07-30-3, G4=Kps 07-6-2, G5=Kps 08-1-26, G6=Kps 08-11-21, G7=Kps 08-2-28, G8=Kps 08-2-29, G9=Kps 08-2-33, G10=Kps 08-2-35, G11=Kps 08-3-8, G12=Kps 08-6-11

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธี GGE-biplot ของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนจำนวน 11 พันธุ์ โดยมีพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ใน 6 แปลงทดสอบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถสรุปได้ว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสนที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ดีและมีเสถียรภาพที่ดีสามารถปรับตัวได้กว้างในสภาพแวดล้อมต่างๆ ในลักษณะผลผลิตน้ำตาลและผลผลิตอ้อย ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 และในลักษณะซีซีเอส ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ในส่วนของแปลงทดสอบสรุปได้ว่าแปลงที่มีศักยภาพในการแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดีในลักษณะผลผลิตอ้อย ได้แก่ แปลงครบุรี ในลักษณะซีซีเอส ได้แก่ แปลงดอนตาล และลักษณะผลผลิตน้ำตาล ได้แก่ แปลงพิมาย ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของแปลงในการศึกษาครั้งต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

เจตษฎา อุตรพันธ์, อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ประกาย ราชณุวงษ์, ปาริชาติ พรมโชติ, วิทยา จินดาหลวง, ปิยะ ดวงพัตรา, นพศูล สมุทรทอง, สุเมศ ทับเงิน และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. (2559). การวิเคราะห์เสถียรภาพผลผลิตของสายพันธุ์ถั่วลิสงจากการทดสอบในหลายสภาพแวดล้อม. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54.* (น.430-437). กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2559). *วิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช.* (น. 305-313). กรุงเทพฯ: นีโอดิจิตอล.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2562). *รายงานพื้นที่การปลูกอ้อยปีการผลิต 2561/2562.* สืบค้นจาก www.ocsb.go.th.

Akter, A., Hasan, M. J., Kulsum, U., Rahman, M. H., Khatun, M., & Islam, M. R. (2015). GGE biplot analysis for yield stability in multi-environment trials of promising hybrid rice (Oryza sativa L.). *Bangladesh Rice Journal*, *19*(1), 1-8.

IRRI. (2014). *Biometrics and breeding informatics*. The Philippines, Laguna: International Rice Research Institute Los Baños

Jeberson, M. S., Kant, L., Kishore, N., Rana, V., Walia, D. P., & Singh, D. (2017). AMMI and GGE biplot analysis of yield stability and adaptability of elite genotypes of bread wheat (Triticum aestivum L.) for Northern Hill Zone of India. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, *8*(5), 635-641.

Kadir, M., MUSA, Y., NUR, A., EFENDI, R., & SYAHRUDDIN, K. (2018). GGE-biplot analysis of yield stability in environment trial of tropical wheat (Triticum aestivum L.) genotype under dry season in Indonesia. *Research on Crops*, *19*(4).

Krisnawati, A., & Adie, M. M. (2018). GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in soybean promising lines. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, *3*(2), 72-81.

Laurie, S. M., & Booyse, M. (2015). Employing the GGE SREG model plus Elston index values for multiple trait selection in sweetpotato. *Euphytica*, *204*(2), 433-442.

Luo, J., Pan, Y. B., Que, Y., Zhang, H., Grisham, M. P., & Xu, L. (2015). Biplot evaluation of test environments and identification of mega-environment for sugarcane cultivars in China. *Scientific reports*, *5*(1), 1-11.

Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee, M., Rostaee, M., & Pourdad, S. S. (2007). Biplot analysis of multi-environment trials for identification of winter wheat megaenvironments in Iran. *World Journal of Agricultural Sciences*, *3*(4), 475-480.

Njei, A. M., Iwo, G. A., Ittah, M. A., Edet, O. E., & Emu, E. R. (2020). GGE biplot analysis of multi-location yield trial of ginger (Zingiber Officinale Rosc.) Genotypes in South-Eastern, Nigeria. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, *10*(1), 485-503.

Oliveira, T. R. A. D., Carvalho, H. W. L. D., Oliveira, G. H. F., Costa, E. F. N., Gravina, G. D. A., Santos, R. D. D., & Carvalho, J. L. S. D. (2019). Hybrid maize selection through GGE biplot analysis. *Bragantia*, *78*, 166-174.

Pagi, N., Prajapati, N., Pachchigar, K., Dharajiya, D., Solanki, S. D., Soni, N., & Patel, P. (2017). GGE biplot analysis for yield performance of grain amaranth genotypes across different environments in western India. *J Exp Biol Agric Sci*, *5*(3), 368-376.

Ramburan, S., & Zhou, M. (2011, August). Investigating sugarcane genotype x environment interactions under rainfed conditions in South Africa using variance components and biplot analysis. In *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association* (Vol. 84, pp. 345-358).

Sabaghnia, N., Dehghani, H., & Sabaghpour, S. H. (2006). Nonparametric methods for interpreting genotype× environment interaction of lentil genotypes. *Crop science*, *46*(3), 1100-1106.

Sharma, S. P., Leskovar, D. I., Crosby, K. M., & Ibrahim, A. M. H. (2020). GGE biplot analysis of genotype-by-environment interactions for melon fruit yield and quality traits. *HortScience*, *55*(4), 533-542.

Singh, C., Gupta, A., Gupta, V., Kumar, P., Sendhil, R., Tyagi, B. S., ... & Singh, G. P. (2019). Genotype x environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *19*, 309-318.

Susanto, U., Rohaeni, W. R., Johnson, S. B., & Jamil, A. (2015). GGE biplot analysis for genotype x environment interaction on yield trait of high Fe content rice genotypes in Indonesian irrigated environments. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, *37*(3), 265-275.

Ukalski, K., & Klisz, M. (2016). Application of GGE biplot graphs in multi-environment trials on selection of forest trees. *Folia Forestalia Polonica*, *58*(4), 228-239.

Venables,W.N., Smith, D.M.,& the R Development Core Team. (2009). An Introduction to R. Available Retrieved January 24, 2020, from www.R-project.org,

XU, N. Y., Fok, M., Zhang, G. W., Jian, L. I., & ZHOU, Z. G. (2014). The application of GGE biplot analysis for evaluat ng test locations and mega-environment investigation of cotton regional trials. *Journal of Integrative Agriculture*, *13*(9), 1921-1933.

Yan, W., & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian journal of plant science*, *86*(3), 623-645.

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.