Journal of Science and Technology Vol. 14, No. 2, 2025 วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 2568

การตรวจสอบพันธุ์อ้อยกำแพงแสนในอ้อยปลูกชุดปี 2016 ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Evaluation of 2016 Kamphaeng Saen Sugarcane Cultivars in Plant Cane Suitable for Sugarcane Planting Areas in the Central Region and the Northeastern Region

วัสสพันธ์ ชุ่มเย็น[1] และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน[1,2]*

Watsapan Chumyen[1*] and Rewat Lersrutaiyotin[1,2]

Received 5 August 2024, Revised 13 September 2024, Accepted 13 September 2024

ABSTRACT

Evaluation of sugarcane cultivars studying stability and potentiality of the important characters, namely cane yield, CCS, and sugar yield, which were the quantitative characters varying across diverse environments, was carried out using GGE biplot. The evaluation was done using 10 Kamphaeng Saen variety series 2016 with Kamphaeng Saen 01-12 and Khon Kaen 3 varieties as checking varieties. Tests of 9 varietal trials in the central region and 10 varietal trials in the northeastern region using RCBD with 3 replications were managed. It was found that the highest percentage of variance was from environmental factors, approximately 40 percent, followed by the interaction factors between the genetic and the environment, approximately 20 percent, and the genetic factors were approximately 10 percent. The sugarcane variety showing high potential in cane yield is Kamphaeng Saen 16-2-58; in CCS, Kamphaeng Saen 16-1-203; and in sugar yield, Kamphaeng Saen 01-12, Khon Kaen 3, Kamphaeng Saen 16-1-203, Kamphaeng Saen 16-2-25, and Kamphaeng Saen 16-2-58. Kamphaeng Saen varieties are suitable for sugarcane planting areas in the central region, including Kamphaeng Saen 16-1-203; in the northeastern region, Kamphaeng Saen 16-2-58 and Kamphaeng Saen 16-2-25.

Keywords : GGE biplot, Sugarcane stability, Yield potential, Multi-environment yield trial

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

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน 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, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

*Corresponding author: Tel. 09-1491-8194, E-mail address: watsapan.c@ku.th

บทคัดย่อ

ทำการตรวจสอบพันธุ์อ้อยกำแพงแสน โดยศึกษาเสถียรภาพและศักยภาพของพันธุ์อ้อยในลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะทางปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยใช้วิธี GGE biplot การทดลองนี้ ได้ทำการตรวจสอบพันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2016 จำนวน 10 พันธุ์ โดยมีพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ทดสอบในภาคกลาง 9 แปลง และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 10 แปลง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปัจจัยสภาพแวดล้อมสูงสุดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปัจจัยปฏิกิริยาสัมพันธ์ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยพันธุกรรมต่ำสุดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ GGE biplot พบว่า พันธุ์อ้อยที่แสดงความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อย ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 ในลักษณะซีซีเอส ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 ในลักษณะผลผลิตน้ำตาล ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 ขอนแก่น 3 กำแพงแสน 16-1-203 กำแพงแสน 16-2-25 และ กำแพงแสน 16-2-58 พันธุ์กำแพงแสนที่มีความเหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 และ กำแพงแสน 16-2-25

คำสำคัญ : GGE biplot เสถียรภาพของพันธุ์อ้อย ศักยภาพของผลผลิต การทดสอบในหลายสภาพแวดล้อม

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับที่ 2 ของโลก คิดเป็นมูลค่า 108,081 ล้านบาทต่อปี ในปีการผลิต 2564/65 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศประมาณ 11.02 ล้านไร่ ผลผลิตอ้อยประมาณ 92.05 ล้านตัน ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 9.66 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2565) รายงานว่า สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตอ้อยของประเทศไทยอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่แน่นอน มีหลายปัจจัย ซึ่งสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การเลือกใช้พันธุ์อ้อยที่ไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก ทั้งนี้ การประเมินพันธุ์อ้อยเป็นการนำพันธุ์อ้อยที่อยู่ในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์ของการปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงพันธุ์อ้อยที่แนะนำ มาปลูกทดสอบในพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสภาพพื้นที่ภูมิอากาศ ตลอดจนการดูแลของเกษตรกร พันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่และสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน นอกจากนี้ การประเมินพันธุ์อ้อยทำให้ทราบขอบเขตการส่งเสริมพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์ในพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย (เรวัต, 2551) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาพันธุ์พืชที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมแบบกว้าง พันธุ์พืชนั้นจะต้องมีเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะผลผลิตเมื่อนำไปปลูกในหลายสภาพแวดล้อม (ชูศักดิ์, 2562)

สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ โดยเฉพาะในลักษณะทางปริมาณของพืชที่มีพันธุกรรม (genotype) เหมือนกัน แต่มีการแสดงออกของลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าหรือลักษณะที่ให้วัดได้ (phenotype) ต่างกัน ซึ่งเป็นผลของลักษณะที่แสดงออกทางพันธุกรรมร่วมกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ P = G + E + (G x E) ซึ่ง P คือ ลักษณะการแสดงออกที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (phenotype) ที่สามารถสังเกตหรือตรวจวัดได้ G คือ ผลทางพันธุกรรม (genotype) E คือ การแสดงออกของสภาพแวดล้อม (environment) และ G x E คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (สุทัศน์, 2539) ซึ่งปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีผลกระทบต่อการคัดเลือกพันธุ์อ้อย (Jackson & McRae, 2001; Kimbeng *et al*., 2002) ดังนั้น การศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของพันธุ์อ้อยต่อสภาพแวดล้อม จึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่เพิ่ม

โอกาสการคัดเลือกพันธุ์อ้อยให้ได้พันธุ์ที่มีผลผลิตดีและคุณภาพสูง (ประเสริฐ และ พีระศักดิ์, 2541)

Yan *et al*. (2000) ได้ศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม โดยวิธียีโนไทป์ร่วมกับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype + genotype × environment : GGE) ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลภาพความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในรูปแบบตารางสองทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับประเมิน โดยการตรวจสอบความดีเด่นในลักษณะเสถียรภาพและศักยภาพของพันธุ์ตลอดจนการตรวจสอบสภาพแวดล้อมซึ่งสามารถจำแนกพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้ โดยใช้วิธี GGE biplot ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ในหลายสภาพแวดล้อมในรูปแบบกราฟิก (Authrapun *et al*., 2016; Suriharn & Lertrat, 2007; Yan & Kang, 2002) การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบพันธุ์อ้อยกำแพงแสนชุดปี 2016 ในอ้อยปลูกที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการประเมินเสถียรภาพและศักยภาพ สอดคล้องกับรายงายของ ศศิประภา และเรวัต (2563) รายงานว่าพันธุ์กำแพงแสน 07-30-3 มีศักยภาพในการให้ผลผลิตและเสถียรภาพที่ดี ในลักษณะซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาล และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-33 ในลักษณะผลผลิตอ้อยในภาคกลาง และรายงานของ พิมพ์นารา และเรวัต (2563) รายงานว่า พันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตและเสถียรภาพที่ดี ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-6-2 ในลักษณะผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาล และพันธุ์กำแพงแสน 08-2-35 ในลักษณะซีซีเอส ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกอ้อยพันธุ์กำแพงแสนชุดปี 2016 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน 16-1-102 กำแพงแสน 16-1-191 กำแพงแสน 16-1-203 กำแพงแสน 16-1-282 กำแพงแสน 16-1-288 กำแพงแสน 16-1-71 กำแพงแสน 16-10-12 กำแพงแสน 16-2-25 กำแพงแสน 16-2-58 และกำแพงแสน 16-2-75 โดยมีพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย และพันธุ์กำแพงแสน 01-12 เป็นพันธุ์กำแพงแสนที่มีการปรับตัวที่ดีและมีเสถียรภาพที่ดี

แต่ละแปลงทดสอบวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อยมี 3 แถว แถวยาว 8 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร ใช้ท่อนพันธุ์อ้อย 10 ลำต่อร่อง โดยวางลำปลูกลงในร่องแบบต่อเนื่องกันให้ส่วนปลายและส่วนโคนของลำอ้อยแต่ละลำเหลื่อมกัน แล้วสับท่อนอ้อยให้แต่ละท่อนมี 2-3 ตา การจัดการและการดูแลรักษาขึ้นอยู่กับเกษตรกรที่ดูแลแปลงทดสอบนั้น ๆ

ทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เมื่ออ้อยมีอายุ 9-11 เดือน ทำการทดสอบทั้งหมด 19 แปลง โดยแบ่งเป็นภาคกลางจำนวน 9 แปลง ได้แก่ แปลงหนองไผ่ (NP) จ.เพชรบูรณ์ แปลงกาญจนบุรี (KBI) อ.ท่าม่วง แปลงตากฟ้า (TF) จ.นครสวรรค์ แปลงบึงสามัคคี (BSK) จ.กำแพงเพชร แปลงบางกระทุ่ม (BKT) จ.พิษณุโลก แปลงสระแก้ว (SKW) อ.วัฒนานคร แปลงสระโบสถ์ (SB) จ.ลพบุรี แปลงสระบุรี (SBI) อ.วังม่วง และแปลงตรอน (TR) จ.อุตรดิตถ์

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 10 แปลง ได้แก่ แปลงโกสุมพิสัย (KS) จ.มหาสารคาม แปลงกุมภวาปี (KP) และแปลงบ้านผือ (BP) จ.อุดรธานี แปลงขอนแก่น (KKN) อ.ภูเวียง แปลงครบุรี (KB) และแปลงพิมาย (PM) จ.นครราชสีมา แปลงวังสะพุง (WSP) และแปลงหนองหิน (NH) จ.เลย แปลงคูเมือง (KM) จ.บุรีรัมย์ และแปลงสกลนคร (SNK) อ.กุสุมาลย์ เริ่มทำการทดสอบตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

1. **ผลผลิตอ้อย** ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยจำนวน 3 ลำที่แก่ที่สุดของแต่ละกอ(ลำใหญ่และสูงที่สุดในกอนั้น) นำมาชั่งน้ำหนักแล้วหาค่าเฉลี่ยต่อลำหน่วยเป็น

กิโลกรัม และนับจำนวนลำต่อแถว แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตอ้อยหน่วยเป็นตันต่อไร่ ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตอ้อย} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำ} \times \text{จำนวนลำต่อแถว} \times \text{พื้นที่ 1 ไร่ } (1{,}600 \text{ ตร.ม.})}{\text{พื้นที่แปลงย่อย } (8 \times 1.5 \text{ ตร.ม.}) \times 1{,}000}$$

2. **ซีซีเอส** (CCS : Commercial Cane Sugar) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยจำนวน 3 ลำที่แก่ที่สุดของแต่ละกอ วิเคราะห์โดยเครื่อง Saccharometer รุ่น NIR WII

3. ผลผลิตน้ำตาล คำนวณผลผลิตน้ำตาล ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตน้ำตาล} = \frac{\text{ผลผลิตอ้อย } (\text{ตันต่อไร่}) \times \text{ซีซีเอส}}{100}$$

การคำนวณ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ GGE Biplot โดยใช้โปรแกรม R (R – language and environment for statistical computing and graphics) version 3.6.3 (ชูศักดิ์, 2552; Venables *et al.,* 2009) โดยได้แสดงค่า inner-product property (GE scores) ที่ได้จากการนำเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของพันธุกรรม(PC1 และ PC2) คูณกับเมตริกซ์ตัวประกอบหลักของสภาพแวดล้อม (PC1 และ PC2) ได้ inner-product property (GE scores) ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ มีความเหมาะสมที่พืชจะให้ผลผลิตสูง โดยในแต่ละลักษณะที่ศึกษาจะระบุพันธุ์อ้อยที่ได้คะแนน GE Scores สูงสุด 3 อันดับแรก (วราภรณ์, 2556)

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์อ้อยจำนวน 12 พันธุ์ ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ของภาคกลางจำนวน 9 แปลงทดสอบ (Table 1) พบว่า ในลักษณะผลผลิตอ้อย และซีซีเอส มีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมสูงสุดเท่ากับ 30.72 และ 26.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา คือ เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเท่ากับ 15.18 และ 24.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในลักษณะผลผลิตน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสูงสุดเท่ากับ 22.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมเท่ากับ 20.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากพันธุกรรมต่ำสุดเท่ากับ 9.43, 12.12 และ 11.32 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมสูงกว่าของพันธุกรรมถึง 2 เท่า สอดคล้องกับรายงานของ ปิยธิดา และคณะ (2565) พบว่า ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ อิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ และอิทธิพลจากพันธุกรรมต่ำสุดในภาคกลาง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 10 แปลงทดสอบ (Table 2) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลสูงสุดเท่ากับ 57.90, 47.52 และ 54.42 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในภาคกลาง สอดคล้องกับรายงานของ ธิศวรรน และเรวัต (2562) พบว่า ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงกว่าภาคกลาง รองลงมา คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม เท่ากับ 11.92, 17.28 และ 14.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากพันธุกรรมต่ำสุดเท่ากับ 5.89, 9.81 และ 7.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกับรายงานของ รจนา และเรวัต (2555) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของพันธุกรรมต่ำสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Table 1 Analysis of variance and percentage of sum squares in cane yield, CCS and sugar yield of 12 sugarcane varieties of 9 varietal trials in central region

AOV	Df	Cane yield		CCS		Sugar yield	
		SS	%SS	SS	%SS	SS	%SS
ENV	8	1,977.39	30.72	324.32	26.26	10.24	20.20
REP(ENV)	18	535.94		91.51		3.27	
GEN	11	606.63	9.43	149.66	12.12	5.74	11.32
ENV : GEN	88	976.79	15.18	300.13	24.30	11.39	22.46
CV%		34.75		17.44		41.36	

Table 2 Analysis of variance and percentage of sum squares in cane yield, CCS and sugar yield of 12 sugarcane varieties of 10 varietal trials in northeastern region

AOV	Df	Cane yield		CCS		Sugar yield	
		SS	%SS	SS	%SS	SS	%SS
ENV	9	10,108.50	57.90	969.98	47.52	88.11	54.42
REP(ENV)	20	1,205.30		43.02		10.17	
GEN	11	1,028.90	5.89	200.19	9.81	11.97	7.39
ENV : GEN	99	2,080.60	11.92	352.74	17.28	23.79	14.69
CV%		38.24		18.29		44.34	

Note: ENV is environment

REP(ENV) is replication

GEN is genetic

ENV: GEN is interaction between environment and genetic

ค่า GE scores ของพันธุ์ในภาคกลาง

ค่า GE scores ของพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ แสดงถึงความเหมาะสมและความดีเด่นของพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ทดสอบ ดังนั้น พันธุ์ที่มีค่า GE scores สูงในแต่ละพื้นที่เป็นการบ่งบอกถึงพันธุ์ที่ดีเด่นในพื้นที่นั้น และถ้ามี GE scores สูงหลายพื้นที่ บ่งบอกว่าเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพที่ดี และมีผลผลิตที่ดี (Yan *et al.*, 2000) พันธุ์ที่มีผลผลิตที่ดีในสภาพแวดล้อมนั้นจะมีค่า GE scores ที่เป็นบวก ซึ่งสภาพแวดล้อมที่มีการตอบสนองของพันธุ์ที่ดี จะสามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์ได้ นอกจากนี้ ยังสามารถบอกพันธุ์ไหนให้ผลผลิตสูงและมีเสถียรภาพอีกด้วย

Table 3 แสดงผลรวมของค่า GE scores ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ของพันธุ์อ้อย 12 พันธุ์ จาก 9 แปลงทดสอบ ของภาคกลาง ในลักษณะผลผลิตอ้อย พบว่า มีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ20.225 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 16.006 พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่าGE scores รวมเท่ากับ 11.713 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 9.566 ตามลำดับ

ในลักษณะซีซีเอส พบว่ามีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 7.2279 พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 7.109 และ

พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 5.648 ตามลำดับ

ในลักษณะผลผลิตน้ำตาล พบว่า มีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 1.839 พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 1.677 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 1.309 และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 1.118 ตามลำดับ

ค่า GE scores ของพันธุ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Table 3 แสดงผลรวมของค่า GE scores ในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ของพันธุ์อ้อย 12 พันธุ์ จาก 10 แปลงทดสอบ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในลักษณะผลผลิตอ้อย พบว่า มีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 32.499 พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 28.817 และพันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 13.183 ตามลำดับ

ในลักษณะซีซีเอส พบว่ามีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 14.053 พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 12.020 และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 4.465 ตามลำดับ

ในลักษณะผลผลิตน้ำตาล พบว่า มีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่น 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 4.157 พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 3.066 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.434 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.143 และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่า GE scores รวมเท่ากับ 0.102 ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Yan *et al.* (2000) รายงานว่า พันธุ์ที่มีค่า GE scores รวมสูง บ่งบอกว่าเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี ต่อศักดิ์ และคณะ (2559) รายงานว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า GE scores รวมสูงในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Table 3 Total GE scores of cane yield, CCS and sugar yield of 12 sugarcane varieties of 19 varietal trials in central region and northeastern region

Sugarcane varieties	ToTal GE scores in varieties					
	Cane yield		CCS		Sugar yield	
	Central	Northeastern	Central	Northeastern	Central	Northeastern
KK3	9.566	13.183	7.109	14.053	1.677	3.066
KPS01-12	11.713	28.817	5.648	12.020	1.839	4.157
KPS16-1-102	-12.840	-9.622	1.775	-4.231	-0.834	-1.250
KPS16-1-191	-4.907	-3.510	-0.412	0.446	-0.123	-0.193
KPS16-1-203	4.655	-6.125	7.279	4.465	1.118	0.102
KPS16-1-282	-8.598	-8.246	1.797	-0.832	-0.589	-0.971
KPS16-1-288	-17.182	-26.877	3.861	-3.495	-1.229	-2.506
KPS16-1-71	-16.954	-16.511	-8.777	-0.884	-1.918	-1.526
KPS16-10-12	-2.211	4.854	-8.702	-4.271	-1.037	-0.746
KPS16-2-25	16.006	-0.669	2.277	1.040	1.309	0.434
KPS16-2-58	20.225	32.499	-11.178	-14.127	-0.048	0.143
KPS16-2-75	0.524	-7.793	-0.681	-4.188	-0.166	-0.713

เสถียรภาพของพันธุ์ในภาคกลาง

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและเสถียรภาพของพันธุ์ พบว่าพันธุ์ในอุดมคติควรจะมีอิทธิพลหลักที่ 1 (PC 1) มีค่าสูง คือ มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูง และอิทธิพลหลักที่ 2 (PC 2) ใกล้กับค่าศูนย์ แสดงว่ามีเสถียรภาพของพันธุ์สูง (ชูศักดิ์, 2562; Yan, 2001) โดยพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตอ้อย (Figure 1) ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อยสูงสุด แต่มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ รองลงมา ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีเสถียรภาพปานกลาง พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีเสถียรภาพสูง และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีเสถียรภาพสูงเช่นกัน แต่มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ

พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะซีซีเอส (Figure 2) ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 ที่มีค่าเฉลี่ยซีซีเอสสูงสุด แต่มีเสถียรภาพปานนกลาง รองลงมา ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 แต่มีเสถียรภาพต่ำ ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีเสถียรภาพสูง พันธุ์กำแพงแสน 16-1-288 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 พันธุ์กำแพงแสน 16-1-282 และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-102 มีค่าเฉลี่ยและเสถียรภาพปานกลาง

พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตน้ำตาล (Figure 3) ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำตาลสูงสุดและมีเสถียรภาพสูง รองลงมา ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 แต่ทว่ามีเสถียรภาพต่ำ ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำตาลปานกลาง แต่มีเสถียรภาพสูงสุด

เสถียรภาพของพันธุ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและเสถียรภาพของพันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตอ้อย (Figure 4) ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อยสูงสุด แต่มีเสถียรภาพปานกลาง รองลงมา ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีเสถียรภาพปานกลาง ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 3 มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ยปานกลาง แต่มีเสถียรภาพสูง

พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะซีซีเอส (Figure 5) ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าเฉลี่ยในลักษณะซีซีเอสสูงสุดและมีเสถียรภาพค่อนข้างดี รองลงมา ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 ที่มีเสถียรภาพค่อนข้างดีเช่นกัน ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่าซีซีเอสเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ แต่มีเสถียรภาพสูงสุด

พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตน้ำตาล (Figure 6) ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำตาลสูงสุดและมีเสถียรภาพสูง รองลงมา ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีเสถียรภาพสูงเช่นกัน ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 และพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำตาลและเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ กานต์รวี และเรวัต (2564) รายงานว่า ในลักษณะผลผลิตอ้อย พันธุ์กำแพงแสน 07-29-1 มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ยค่อนข้างสูงและมีเสถียรภาพสูง ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 3 มีเสถียรภาพปานกลางแต่มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ยสูงสุด ในลักษณะซีซีเอสและผลผลิตน้ำตาลที่มีเสถียรภาพสูง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 07-29-1 และขอนแก่น 3 ตามลำดับ แสดงว่า พันธุ์กำแพงแสน 07-29-1 เหมาะสมในการปลูกในสภาพแวดล้อมทั่วไป

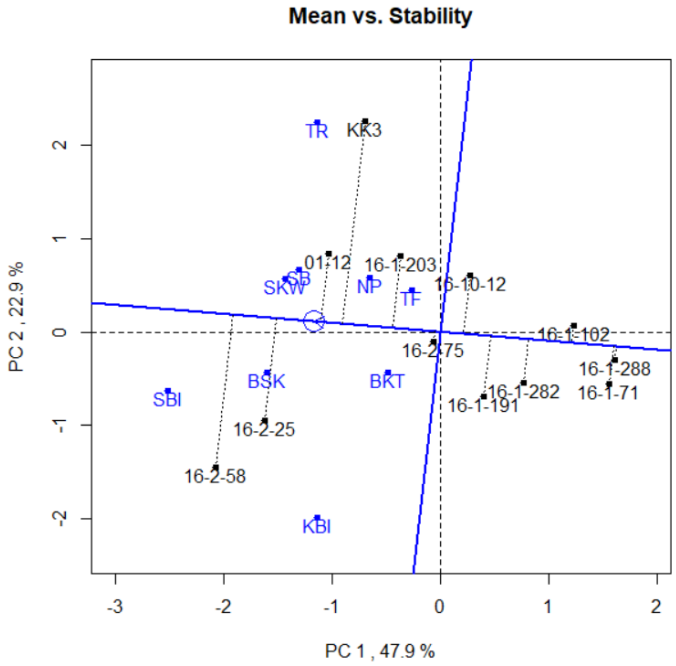

Figure 1 Mean and stability of 12 varieties of 9 varietal trials of cane yield in central region

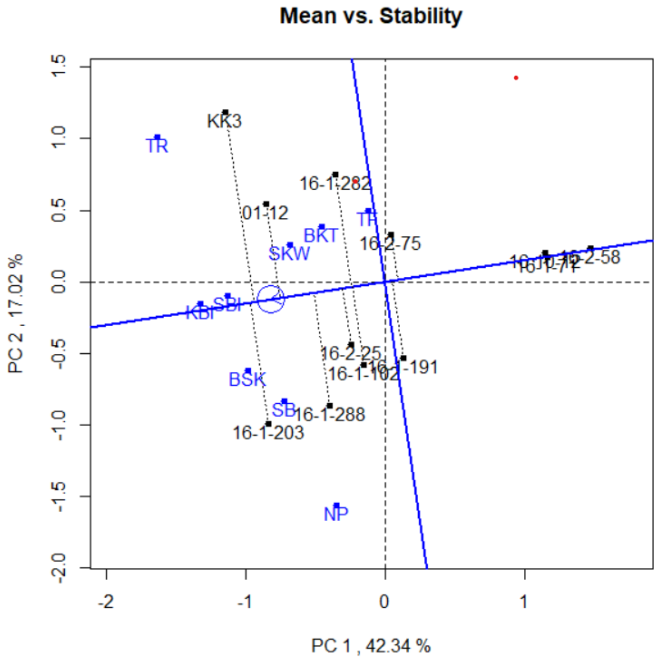

Figure 2 Mean and stability of 12 varieties of 9 varietal trials of CCS in central region

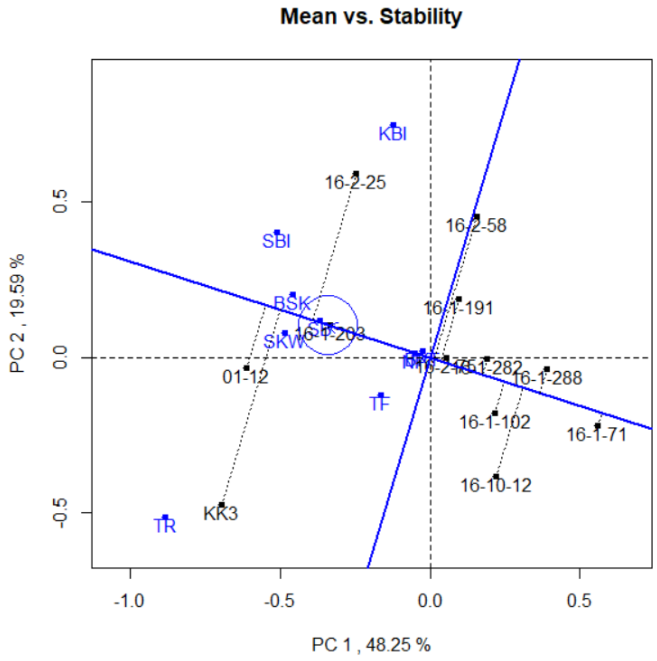

Figure 3 Mean and stability of 12 varieties of 9 varietal trials of sugar yield in central region

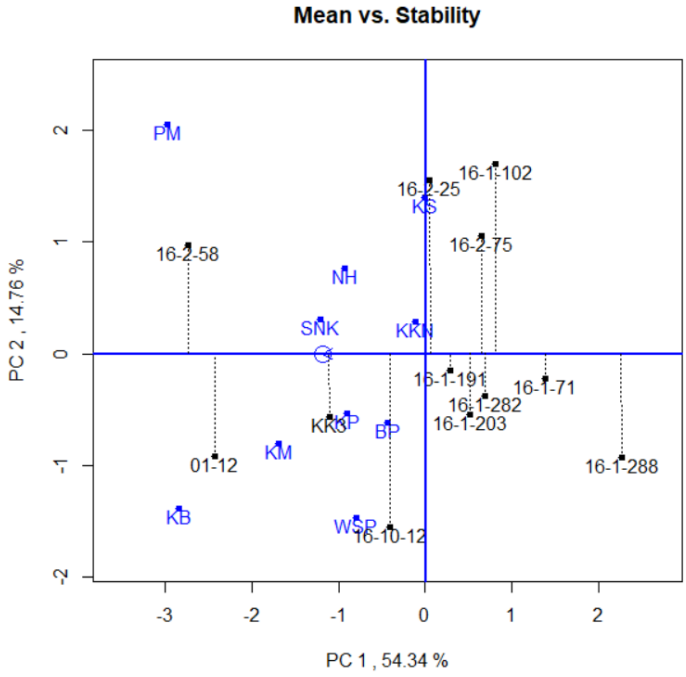

Figure 4 Mean and stability of 12 varieties of 10 varietal trails of cane yield in northeastern region

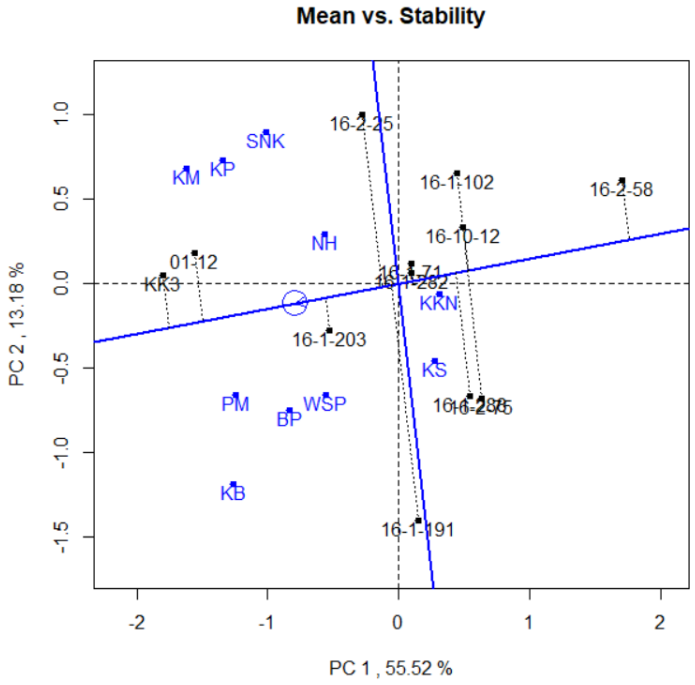

Figure 5 Mean and stability of 12 varieties of 10 varietal trails of CCS in northeastern region

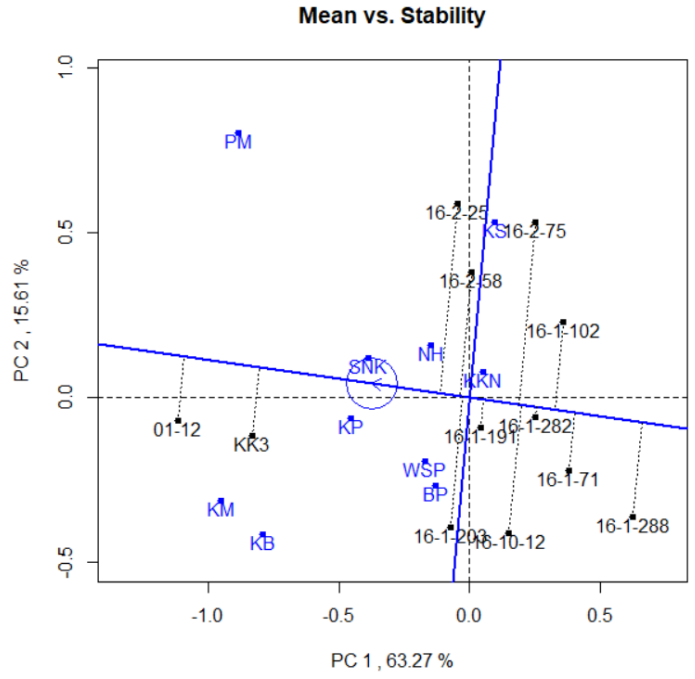

Figure 6 Mean and stability of 12 varieties of 10 varietal trails of sugar yield in northeastern region

ความดีเด่นของพันธุ์กับพื้นที่ในภาคกลาง

จาก Figure 7 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 และพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อย ในกลุ่มแปลงเดียวกัน เช่น ที่แปลงสระบุรี (SBI) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 ที่มีความดีเด่นที่แปลงตรอน (TR)

จาก Figure 8 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีความดีเด่นในลักษณะซีซีเอสในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงหนองไผ่ (NP) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 ที่มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงตรอน (TR)

จาก Figure 9 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาลโดยทั่วไปในแปลงทดสอบของภาคกลาง โดยที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงตรอน (TR) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 ที่มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงกาญจนบุรี (KBI)

ความดีเด่นของพันธุ์กับพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จาก Figure 10 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อย ในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงพิมาย (PM) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 ที่มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงครบุรี (KB)

จาก Figure 11 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 มีความดีเด่นในลักษณะซีซีเอส โดยทั่วไปในแปลงทดสอบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงครบุรี (KB) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 ที่มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงสกลนคร (SNK)

จาก Figure 12 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์กำแพงแสน 01-12 และขอนแก่น 3 มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาล โดยทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงบ้านผือ (BP) ซึ่งตรงข้ามกับพันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 และกำแพงแสน 16-2-25 ที่มีความดีเด่นในกลุ่มแปลง เช่น ที่แปลงพิมาย (PM) สอดคล้องกับรายงานของ Ukalski (2016) รายงานว่าเส้นของสภาพแวดล้อมที่ยาวจากจุดกำเนิดมากเท่าไหร่ จะสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ได้ดี ในการศึกษาการคัดเลือกไม้ป่าในหลายสภาพแวดล้อม Balestre *et al*. (2009) รายงานว่า สภาพแวดล้อมที่มีการตอบสนองแตกต่างจากสภาพแวดล้อมอื่นสูงจะแสดงค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์เพิ่มขึ้น สภาพแวดล้อมใดที่มีการตอบสนองใกล้เคียงกัน สามารถทำการทดสอบและปรากฏผลเช่นเดิม สามารถเลือกสภาพแวดล้อมเดียวเป็นตัวแทนกลุ่มได้

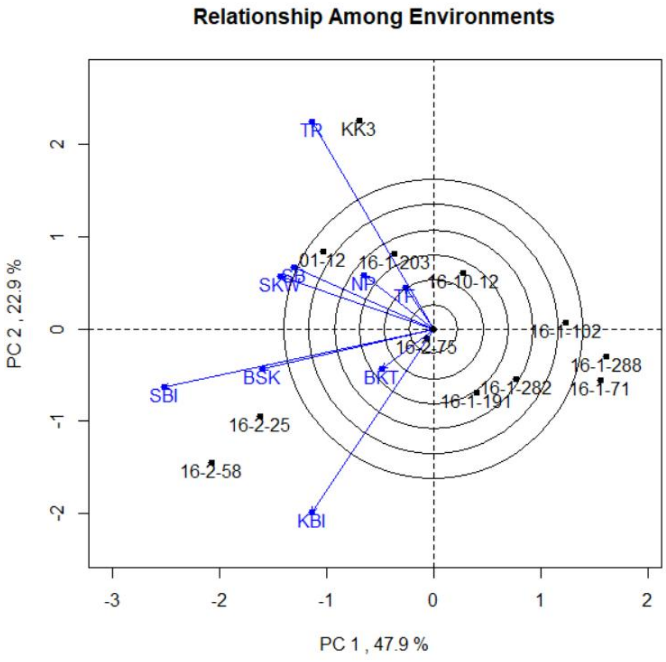

Figure 7 Relationship among environments of 12 varieties of 9 varietal trails of cane yield in central region

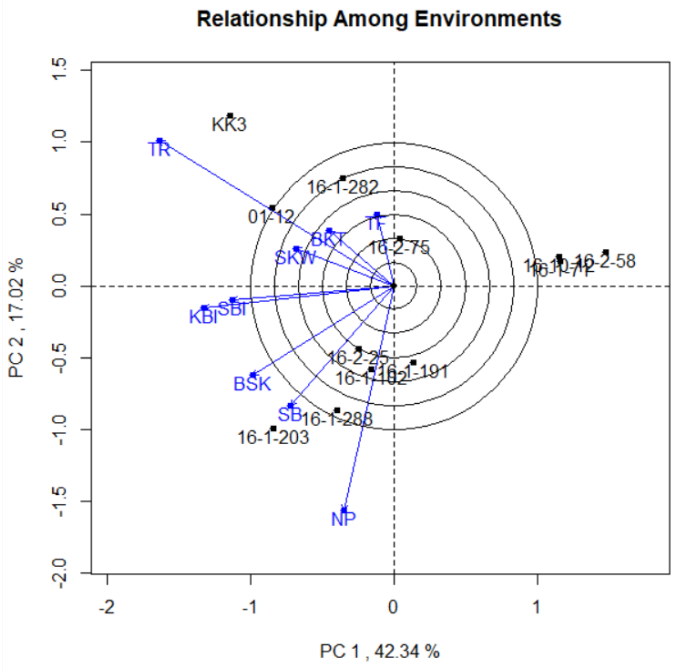

Figure 8 Relationship among environments of 12 varieties of 9 varietal trails of CCS in central region

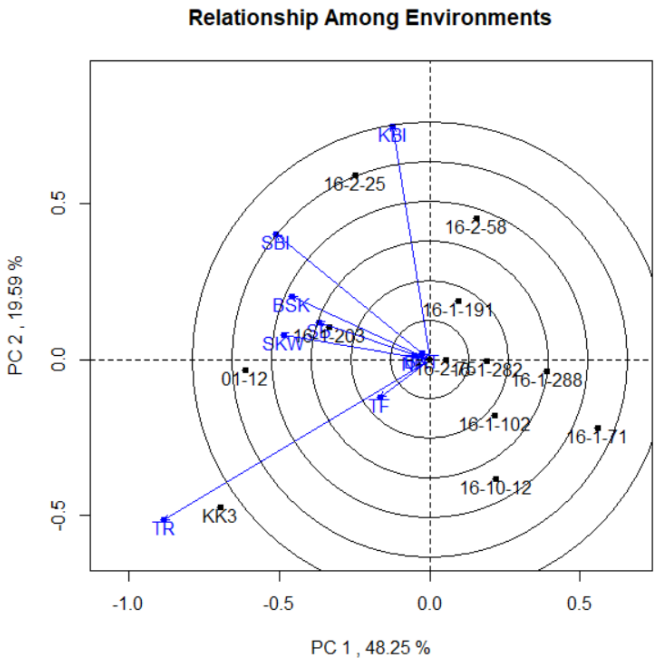

Figure 9 Relationship among environments of 12 varieties of 9 varietal trails of sugar yield in central region

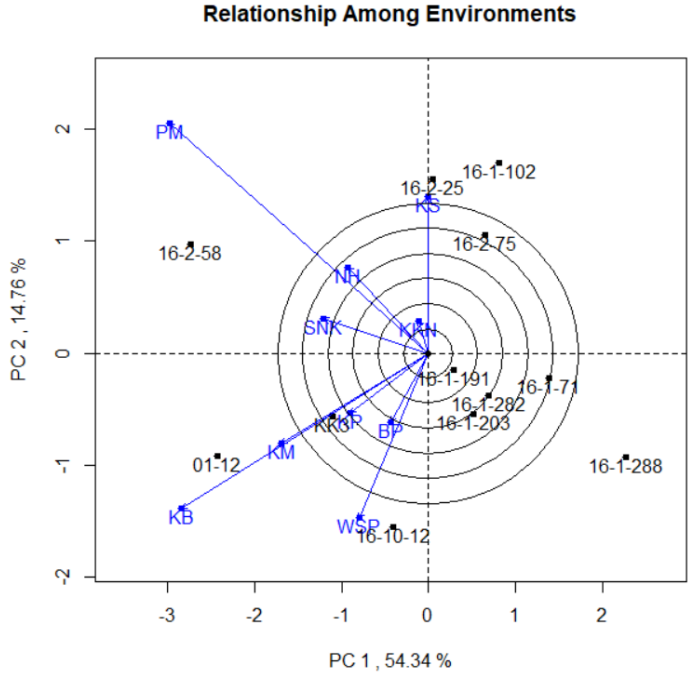

Figure 10 Relationship among environments of 12 varieties of 10 varietal trails of cane yield in northeastern region

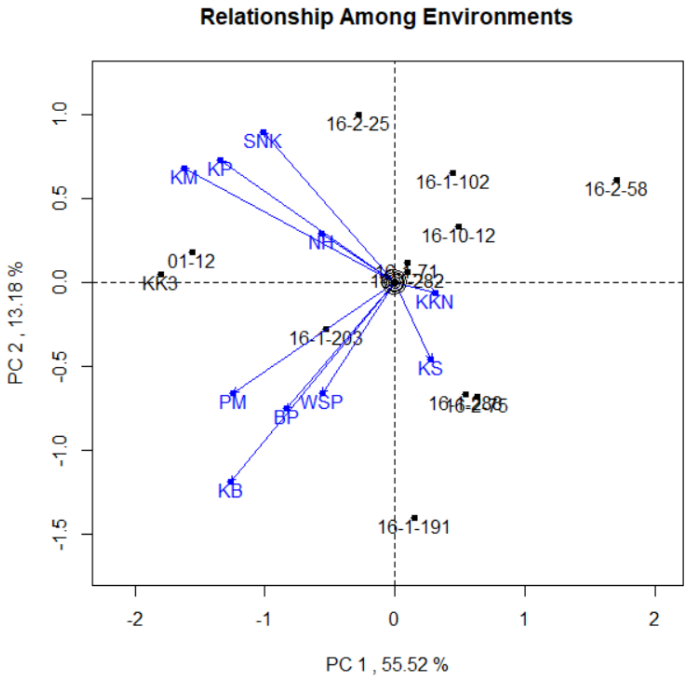

Figure 11 Relationship among environments of 12 varieties of 10 varietal trails of CCS in northeastern region

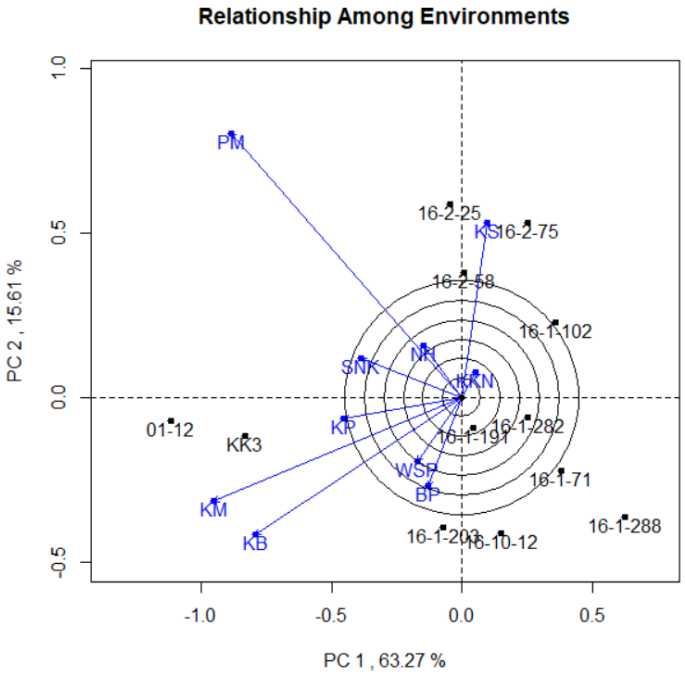

Figure 12 Relationship among environments of 12 varieties of 10 varietal trails of sugar yield in northeastern region

สรุปผลการทดลอง

พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 มีศักยภาพและแสดงความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อยสูงสุด ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 2 พันธุ์ แต่ทว่ามีเสถียรภาพปานกลาง ส่วนลักษณะซีซีเอส พบว่าพันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 แสดงความดีเด่นในลักษณะซีซีเอส โดยมีค่าเฉลี่ยปานกลาง แต่มีเสถียรภาพสูง โดยที่พันธุ์เปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยสูง แต่มีเสถียรภาพปานกลาง เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำตาล พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 01-12 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แสดงความดีเด่นและมีเสถียรภาพสูง รองลงมา คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 แต่มีเสถียรภาพต่ำ ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 16-2-25 มีค่าเฉลี่ยและเสถียรภาพปานกลางในภาคกลาง พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 มีเสถียรภาพสูงในภาคกลาง แต่มีเสถียรภาพต่ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้ง 2 พันธุ์

พันธุ์กำแพงแสนที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคกลาง ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-1-203 โดยเฉพาะแปลงหนองไผ่ และแปลงสระบุรี พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน 16-2-58 และ กำแพงแสน 16-2-25 โดยเฉพาะแปลงพิมาย และแปลงครบุรี

แปลงทดสอบที่มีพันธุ์ดีเด่นค่อนข้างแตกต่างกัน และมีศักยภาพในการแบ่งแยกพันธุ์ดีเด่นที่สูงในลักษณะผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ได้แก่ แปลงกาญจนบุรี (KBI) และแปลงตรอน (TR) ในภาคกลาง และแปลงพิมาย (PM) และแปลงครบุรี (KB) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพันธุ์ที่แสดงความดีเด่นในแปลงดังกล่าว มีพันธุ์ที่แสดงความดีเด่นแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

กานต์รวี ศรีพวงผกาพันธุ์ และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2564). การประเมินเสถียรภาพผลผลิตในอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 52*(1), 71-89.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2552). *สถิติการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2562). *วิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ต่อศักดิ์ เอกสิทธิกุล, เรวัต เลิศฤทัยโยธิน และ อภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์. (2559). การตรวจสอบความดีเด่นของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนชุดปี2007 ในลักษณะผลผลิตของอ้อยปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยการวิเคราะห์ GGE biplot. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 5*(1), 29-41.

ธิศวรรน บัวเฉียง และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2562). การประเมินเสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 ในอ้อยตอโดยการวิเคราะห์ GGE. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, *8*(2), 1-11.

ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. (2541). การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์อ้อยภายใต้ท้องที่ปลูกแตกต่างกัน. *รายงานการประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทราย ครั้งที่ 3.* (น. 15-29). สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

ปิยธิดา อินทร์สุข, วัลลีย์ อมรพล, มนตรี ปานตู และ กาญจนา หนูแก้ว. (2565). การประเมินผลผลิตและเสถียรภาพผลผลิตอ้อยโคลนอู่ทองในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ. *วารสารวิชาการเกษตร, 41*(2), 129-141.

พิมพ์นารา เสือสกุล และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2563). การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยปลูกพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 9*(3), 35-59.

รจนา อุดมสัย และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2555). การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์อ้อยกำแพงแสน ชุดปี 2000-2003 ในอ้อยปลูก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 1*(1), 1-13.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2551). *คู่มือการขยายพันธุ์อ้อย*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ แย้มเอม. (2556). *การใช้วิธี GGE biplot ตรวจสอบการตอบสนองของพันธุ์อ้อยต่อปัจจัยสภาพแวดล้อม*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. iThesis Kasetsart University. https://www-lib-ku-ac-th.kasetsart.idm.oclc.org/KUthesis/2556/waraporn-yae-all.pdf

ศศิประภา นุตตะโร และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2563). การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคกลาง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 9*(3), 16-34.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2565). *รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65*. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2565 และแนวโน้มปี 2566*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. (2539). *การปรับปรุงพันธุ์พืช*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Authrapun, J., Lertsuchatavanich, U., Rungmekarat, S., Rajchanu-wong, P., Promchote, P., Jindaluang, W., Duangpatra, P., Samutthong, N., Tabngeon, S., & Duangpatra, J. (2016). Yield stability analysis of multi-environment yield trials in peanut breeding lines. *Proceedings of 54th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics*. (pp. 430-437). The Thailand Research Fund.

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

Jackson, P., & McRae, T. A. (2001). Selection of Sugarcane Clones in Small Plots: Effects of Plot Size and Selection Criteria. *Crop Science, 41*(2), 315-322. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.412315x

Kimbeng, C. A., Rattey, A. R. & Hetherington, M. (2002). Interpretation and implications of genotype by environment interactions in advanced stage sugarcane selection trials in central Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research, 53*(9), 1035-1045. https://doi.org/10.1071/AR01190

Suriharn, B. & Lertrat, K.. (2007). Multi-location trials of waxy corn varieties in Thailand. *Khon Kaen Agriculture Journal, 35*(4), 469-476.

Ukalski, K. & Klisz, M. (2016). Application of GGE biplot graphs in multi-environment trials on selection of forest trees. *Folia Forestalia Polonica Series. A-Forestry, 58*(584), 228-239.

Venables, W. N., Smith, D.M. & The R Core Team. (2009). *An Introduction to R*. https://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf

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. https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351111x

Yan, W. & Kang, M. S. (2002). *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC Press.

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. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x