

การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวในสภาพแล้งโดยการวิเคราะห์ไบพลอต ของจีโนไทป์ x ผลผลิต x ลักษณะ

Yardlong Bean Line Selection Under a Drought Condition Based on Genotype x Yield x Trait (GYT) Biplot Analysis

ปราโมทย์ พรสุริยา*, วชิราภรณ์ เรือนแป้น, ณัฐฐา เรือนแป้น

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

Pramote Pornsuriya*, Wachiraporn Ruanpan, Nathaya Ruanpan

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources,

Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110

Received 30 January 2024; Received in revised 5 April 2024; Accepted 19 April 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและคัดเลือกสายพันธุ์/พันธุ์ถั่วฝักยาว 25 จีโนไทป์ ที่ปลูกในสภาพแล้ง โดยพิจารณาจากผลรวมของผลผลิตกับลักษณะทางพืชสวนที่สำคัญ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไบพลอตของจีโนไทป์ x ผลผลิต x ลักษณะ (GYT biplot analysis) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าถั่วฝักยาว 25 จีโนไทป์มีความแตกต่างกันในลักษณะค่าความเขียวของใบและน้ำหนักฝัก ($p < 0.05$) ส่วนลักษณะอายุดอกแรกบาน ความยาวฝัก ความกว้างฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และผลผลิตต่อต้น ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของ GYT พบว่าองค์ประกอบที่ 1 และ 2 (PC1 and PC2) มีสัดส่วนของความแปรปรวนรวมกันเป็น 94.5 เปอร์เซ็นต์ ของความแปรปรวนขององค์ประกอบทั้งหมด ส่วนผลการวิเคราะห์ GYT biplot พบว่าจีโนไทป์ที่มีอันดับความดีเด่นของผลผลิตร่วมกับลักษณะอื่นๆ ในอันดับที่ 1 - 10 โดยมีค่า GYT scores เป็นบวก ได้แก่ จีโนไทป์ G1 (No.33P), G11 (P4T8), G2 (BP2), G10 (No.33G), G25 (Nawa3), G13 (Suwan), G23 (No.38P), G3 (P10T26), G14 (No.19G) และ G4 (BP1) ตามลำดับ ซึ่งเป็นจีโนไทป์ที่ควรพิจารณาในการคัดเลือกไว้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในสภาพแล้งต่อไปเนื่องจากมีความดีเด่นของผลผลิตร่วมกับลักษณะอายุดอกแรกบาน ค่าความเขียวของใบ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก

คำสำคัญ: องค์ประกอบหลัก; การวิเคราะห์หลายตัวแปร; การวิเคราะห์เชิงกราฟิก

Abstract

The objective of this study was to evaluate and select 25-yardlong bean genotypes/cultivars under drought conditions, emphasizing the integrated effects of yield and key horticultural traits using genotype x yield x trait (GYT) biplot analysis. The 25-yardlong bean genotypes were arranged in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Significant differences were observed among genotypes for leaf greenness and pod weight ($p < 0.05$). However, there were no significant variations ($p > 0.05$) in days to first anthesis, pod length, pod width, number of seeds per pod, and yield per plant across the genotypes. Principal component analysis of the GYT biplot revealed that the first two components (PC1 and PC2) accounted for 94.5% of the total variance. The GYT biplot analysis identified the top-performing genotypes in terms of yield and other horticultural traits. The genotypes that ranked highest (ranks 1-10 with positive GYT scores) were G1 (No.33P), G11 (P4T8), G2 (BP2), G10 (No.33G), G25 (Nawa3), G13 (Suwan), G23 (No.38P), G3 (P10T26), G14 (No.19G), and G4 (BP1). These genotypes should be prioritized in future breeding programs under drought conditions due to their exceptional yields and key horticultural traits, including days to first anthesis, leaf greenness, pod length, pod width, and number of seeds per pod.

Keywords: Principal components; Multivariate analysis; Graphical analysis

1. บทนำ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) เป็นพืชผักกินผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลและทั่วทุกภาคของประเทศไทย จากข้อมูลการผลิตพืชรายจังหวัดของกรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่า ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวทั่วประเทศประมาณ 40,234 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 61,104 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 1,032 กิโลกรัมต่อไร่ [1] นอกจากการปลูกถั่วฝักยาวเพื่อบริโภคและจำหน่ายเป็นผักสดภายในประเทศแล้ว ประเทศไทยยังผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศอีกด้วย โดยในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยส่งออกเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวจำนวน 114.26 ตัน มูลค่า 274.24 ล้านบาท [2]

ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่ต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกเพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่สูงและฝักมีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม ในการปลูกถั่วฝักยาวยังไม่มีพันธุ์

ทนแล้งที่โดดเด่นสำหรับการปลูกในสภาพพื้นที่ที่ผันผวนจากความแห้งแล้ง ซึ่งปัญหาสภาวะแห้งแล้งทั้งที่มีสาเหตุมาจากฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ (climate change) จัดว่าเป็นปัญหาสำคัญในระดับต้นๆของการผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงพลเมืองโลก [3] ภัยแล้งเป็นปัจจัยทางชีวภาพที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชโดยเฉพาะในพื้นที่เขตอบอุ่นและเขตร้อน [4] โดยทั่วไปพืชจะมีกลไกในการทนทานต่อความแห้งแล้งได้ 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ การหนีแล้ง (drought escape) การเลี่ยงแล้ง (drought avoidance) และความทนแล้ง (drought tolerance) [5] ซึ่งจากการศึกษาของ Lestari et al. [6] พบว่าในถั่วฝักยาว 8 พันธุ์มีกลไกในการทนแล้งทั้งแบบการหนีแล้ง การเลี่ยงแล้ง และความทนแล้ง ในขณะที่จากการศึกษาความแปรปรวนตามธรรมชาติและพื้นฐานของการควบคุมของยีนสำหรับการตอบสนองของถั่วฝักยาวต่อสภาพแล้งด้วยวิธี microarray gene expression analyses โดย

Xu et al. [7] พบว่า APG genes มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะความต้านทานแล้งของถั่วฝักยาว โดยกลไกในการทนแล้งแบบการเลี่ยงแล้ง (drought avoidance)

การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวให้มีความทนทานสภาพแห้งแล้ง โดยยังคงให้ผลผลิตอยู่ในระดับสูงที่น่าพอใจ ในขณะที่ยังคงให้ลักษณะอื่นที่ดีตามที่ต้องการด้วยนั้น เป็นการคัดเลือกหลายลักษณะพร้อมๆ กันโดยใช้ดัชนีการคัดเลือก [8] ซึ่งอาจมีความยุ่งยากในการตั้งค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละลักษณะให้แม่นยำ ส่วนการใช้สถิติสหสัมพันธ์ (correlations) จะเหมาะสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร แต่หากมีลักษณะจำนวนมากก็จะไม่เหมาะสม ดังนั้นในการคัดเลือกหลายลักษณะพร้อม ๆ กันนั้นจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์สถิติแบบหลายตัวแปร (multivariate analysis) การวิเคราะห์ GYT biplot ซึ่งเป็นวิธีการที่เสนอโดย Yan & Frégeau-Reid [9] จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากเป็นการพิจารณาจากผลรวมของผลผลิตกับลักษณะอื่น ๆ ที่สำคัญที่ต้องการคัดเลือกสามารถจัดกลุ่มและจัดอันดับตามความดีเด่นของจีโนไทป์โดยแสดงผลลัพธ์ออกมาให้เห็นเป็นกราฟไบพลอตเพื่อการคัดเลือกได้ โดยมีงานวิจัยการคัดเลือกพันธุ์พืชโดยใช้วิธี GYT biplot ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์หรือสายพันธุ์ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวบาร์เลย์ [10] ถั่วพุ่ม [11] และ เรพซีด [12] เป็นต้น ในขณะที่งานวิจัยการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวในสภาพแล้งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่ปลูกในสภาพแล้งโดยพิจารณาจากผลผลิตร่วมกับลักษณะที่สำคัญอื่นๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไบพลอตของจีโนไทป์ x ผลผลิต x ลักษณะ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาประกอบกับวิธีการอื่น ๆ ในการคัดเลือกเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดีมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ได้นำสายพันธุ์และพันธุ์ถั่วฝักยาวจำนวน 25 จีโนไทป์ จากแหล่งพันธุ์กรรมต่าง ๆ ได้แก่ สายพันธุ์ที่คัดเลือกจากการผสมข้ามพันธุ์ในการศึกษาก่อนหน้านี้ [13] พันธุ์การค้า และสายพันธุ์ท้องถิ่น มาปลูกประเมินทดสอบในสภาพแล้งในโรงเรือนป้องกันฝนสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี ระยะเวลาทำการทดลอง ตุลาคม-ธันวาคม 2564 โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน ในช่วงเวลาการทดลองดังแสดงใน Figure 1 [14] วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์จำนวน 3 ซ้ำ (3 บล็อกปลูก) โดยมีถั่วฝักยาว 2 ต้นต่อหน่วยทดลอง (experimental unit) การจำลองการทดลองในสภาพการขาดน้ำ (drought stress; DS) โดยควบคุมการให้น้ำให้มีความชื้นในดินระหว่าง 80-100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นสนาม ตั้งแต่ปลูกจนถึงอายุ 30 วัน หลังจากนั้นจึงเริ่มดัดให้น้ำและควบคุมการให้น้ำโดยให้มีความชื้นในดินต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นสนามตลอดการเก็บเกี่ยว โดยวัดความชื้นของดินสัปดาห์ละ 2 ครั้งในทุกหน่วยทดลองด้วย WET Sensor type WET2 (Delta-T Devices Ltd., UK.) การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ค่าความเขียวของใบ วัดด้วย SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta Camera Co., Ltd., Japan) ที่อายุ 49 และ 56 วันหลังปลูก (ซึ่งเป็นระยะที่พืชได้รับผลกระทบจากสภาวะแล้ง) อายุดอกแรกบาน ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก (เฉลี่ยจาก 5 ฝักต่อต้น) และผลผลิตต่อต้น เก็บเกี่ยวฝักสดที่อายุประมาณ 8 วันหลังดอกบาน โดยเก็บวันเว้นวัน ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 4 สัปดาห์) การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STAR [15] การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ

ใช้ในการคัดเลือกโดยการเตรียมตารางข้อมูลและการปรับค่าข้อมูลสำหรับกราฟวิเคราะห์ GYT biplot ทำตามวิธีการของ Yan & Frégeau-Reid [9] โดยการนำข้อมูลผลผลิตต่อต้นไปคูณกับลักษณะที่ต้องการในทางเพิ่มลักษณะ ได้แก่ ค่าความเขียวของใบ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก ส่วนลักษณะที่ต้องการในทางลด ได้แก่ อายุดอกแรกบาน นำข้อมูลผลผลิตต่อต้นหารด้วยอายุดอกแรกบาน จากนั้นนำข้อมูล

มาปรับให้เป็นค่ามาตรฐานตามสูตรของ Yan & Frégeau-Reid [9] สำหรับการวิเคราะห์ GYT biplot วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PBTtools [16] การหาค่า GYT scores ของจีโนไทป์คำนวณเช่นเดียวกับวิธีการหาค่า GE scores ซึ่งอธิบายไว้โดย Jompuk [17] โดยการนำเมตริกส์ขององค์ประกอบที่ 1 และ 2 (PC1 and PC2) ของจีโนไทป์ (G) มาคูณกับเมตริกส์ขององค์ประกอบที่ 1 และ 2 (PC1 and PC2) ของผลผลิต x ลักษณะ (YT)

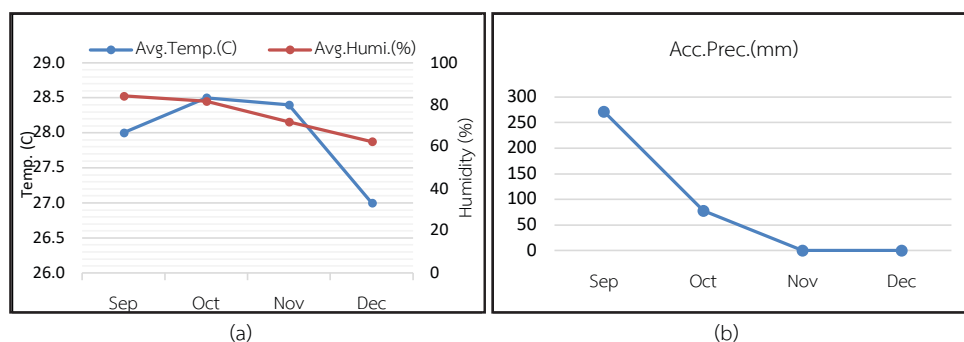


Figure 1 (a) Average temperature (°C) and average humidity (%) in each month from Sep-Dec 2021

(b) Accumulated precipitation (mm) in each month from Sep-Dec 2021

Source: Thai Meteorological Department Automatic Weather System [14]

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการเปรียบเทียบลักษณะทางพืชสวนและผลผลิตของถั่วฝักยาว 25 จีโนไทป์ ในสภาพแล้ง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในการเปรียบเทียบลักษณะทางพืชสวนและผลผลิตของถั่วฝักยาว 25 จีโนไทป์ ที่ปลูกในสภาพแล้ง พบว่าลักษณะที่ศึกษาส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ได้แก่ อายุดอกแรกบาน ความยาวฝัก ความกว้างฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และผลผลิตต่อต้น โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 25 สายพันธุ์ ในลักษณะดังกล่าวคือ 32.79 วัน 58.18 เซนติเมตร 0.64 เซนติเมตร 16.90 เมล็ดต่อฝัก และ 297 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างกันได้แก่ ค่าความเขียวของใบ ($p < 0.05$) โดยสายพันธุ์ที่มีค่าความเขียวของใบมากเป็น 5 อันดับแรก ได้แก่ สายพันธุ์ P10T26, No.19G, No.33P, No.23G และ BPP (50.52,

50.12, 49.78, 49.70 และ 49.12 SPAD-unit ตามลำดับ) โดยมีค่าเฉลี่ยของทุกสายพันธุ์เท่ากับ 42.50 SPAD-unit และลักษณะน้ำหนักฝัก ($p < 0.05$) โดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักต่อฝักมากเป็น 5 อันดับแรก ได้แก่ สายพันธุ์ Nawa3, P4T8, Suwan, No.33P และ No.22G (30.98, 29.58, 29.55, 28.44 และ 28.32 กรัม ตามลำดับ) โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักของทุกสายพันธุ์เท่ากับ 26.00 กรัม (Table 1)

จากการที่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ในหลายๆ ลักษณะ โดยเฉพาะในลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ผลผลิตต่อต้น และความยาวฝัก หรือแม้แต่ในลักษณะที่มีนัยสำคัญ เช่น ค่าความเขียวของใบเมื่อเรียงลำดับสายพันธุ์จากมากไปน้อยพบว่าสายพันธุ์ลำดับที่ 1-21 กลับไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม

เมื่อพิจารณาในเบื้องต้นจากค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) (Table 1) พบว่าสายพันธุ์ถั่วฝักยาวมีความแปรปรวนของลักษณะที่สามารถนำมาคัดเลือกได้ โดยลักษณะผลผลิตต่อต้นเป็นลักษณะที่มีความแปรปรวนมากที่สุด (20.03 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ค่าความเขียวของใบ และน้ำหนักฝัก (16.10 และ 13.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ดังนั้นในการคัดเลือกหลาย ๆ ลักษณะพร้อม ๆ กันจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติที่เพิ่มมากขึ้นนอกเหนือจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะ เช่น การใช้วิธีการ linear selection indexes ในหลายๆ รูปแบบ [18] และการคัดเลือกโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ GYT biplot [9]

3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ (principal component analysis) ของ จีโนไทป์ x ผลผลิต x ลักษณะ (GYT)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของ GYT พบว่าองค์ประกอบที่ 1 และ 2 (PC1 and PC2) มีสัดส่วนของความแปรปรวนรวมกันเป็น 94.5 เปอร์เซ็นต์ ของความแปรปรวนขององค์ประกอบทั้งหมด 6 องค์ประกอบ โดยที่องค์ประกอบที่ 1 และ 2 มีสัดส่วนของความแปรปรวน 86.7 และ 7.8 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.01$ และ $p > 0.05$) ตามลำดับ การที่องค์ประกอบหลักที่มีสัดส่วนของความแปรปรวนสูงบ่งชี้ว่าวิธีการและข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือสูง และทำให้มีความสามารถในการจำแนกตัวแปรได้ดี [19]

3.3 ผลการวิเคราะห์ GYT biplot เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมของ ผลผลิต x ลักษณะ (Y*T combination)

จากมุมมองเวกเตอร์ของ GYT biplot (Figure 2) ซึ่งจากกราฟไบพลอตนี้สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ได้จากมุมระหว่างเส้นเวกเตอร์ของผลรวมของผลผลิตกับลักษณะ โดยหากเป็นมุมแหลมแสดงว่ามีความสัมพันธ์ใน

ทางบวกกันสูง ถ้าเป็นมุมป้านแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวกกันน้อย และหากตั้งฉากกันแสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน [20] ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากกราฟใน Figure 2 พบว่า ผลรวมของผลผลิตกับลักษณะ 5 ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกันสูง ได้แก่ ผลรวมของผลผลิตกับอายุดอกแรกบาน, ความยาวฝัก, ความกว้างฝัก, น้ำหนักฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ในขณะที่ผลรวมของผลผลิตกับค่าความเขียวของใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกน้อยกับผลรวมของผลผลิตกับ 5 ลักษณะข้างต้น เนื่องจากมีเส้นเวกเตอร์ที่แยกออกมาและทำมุมป้านกับเส้นเวกเตอร์ทั้ง 5 เส้นของผลรวมของผลผลิตกับ 5 ลักษณะดังกล่าว อย่างไรก็ตามลักษณะที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกน้อยก็มีความสำคัญเนื่องจากอาจส่งอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางลักษณะอื่นๆ ที่ส่งผลต่อผลผลิตได้ จากการรายงานของ Pornsuriya et al. [21] ในการวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) ของสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่ปลูกในสภาพแล้ง 36 จีโนไทป์ พบว่าค่าความเขียวของใบ (SPAD) ส่งอิทธิพลโดยอ้อมต่อผลผลิตต่อต้น ในขณะที่น้ำหนักฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลผลิตต่อต้น

3.4 ผลการวิเคราะห์ GYT biplot สำหรับการจัดกลุ่มของจีโนไทป์

กราฟ GYT biplot สำหรับการจัดกลุ่มของจีโนไทป์แสดงเป็นแผนภาพรูปหลายเหลี่ยม (polygon) ดังแสดงใน Figure 3 โดยมีเส้นจากจุดศูนย์กลาง 4 เส้นแบ่งกราฟออกเป็น 4 ส่วน จากภาพพบว่าจีโนไทป์กลุ่มที่อยู่ในส่วนที่กว้างที่สุดของกราฟได้แก่ G1, G11, G2, G10, G25, G13, G23, G3 และ G14 ซึ่งมีผลรวมของผลผลิตกับลักษณะทั้ง 6 ลักษณะอยู่ในส่วนนี้ แสดงว่ากลุ่มจีโนไทป์ดังกล่าวให้ผลรวมที่ดีระหว่างผลผลิตกับลักษณะทั้งหมด โดยที่จีโนไทป์ G1 (No.33P) ซึ่งอยู่ตรงจุดยอดของรูปหลายเหลี่ยมในส่วนนี้เป็นจีโนไทป์ที่มีค่าผลรวมของผลผลิตกับลักษณะทั้งหมดที่มากที่สุด [9]

Table 1 Comparison of mean values for the horticultural traits and yield per plant of 25-yardlong bean genotypes.

No.	Genotypes	Horticultural traits and yield						
		DA	LG	PL	PW	PWE	SP	YP
G1	No.33P	32.67	49.78 ab	59.38	0.68	28.44 a-c	17.57	411
G2	BP2	32.67	45.00 a-c	59.77	0.65	27.21 a-d	16.67	342
G3	P10T26	32.67	50.52 a	51.67	0.63	23.73 b-d	17.73	318
G4	BP1	33.00	37.47 a-d	58.93	0.61	24.46 a-d	17.70	305
G5	No.37G	33.00	41.77 a-d	56.25	0.56	21.27 d	14.60	295
G6	No.30P	33.00	41.17 a-d	52.40	0.69	27.68 a-d	15.80	283
G7	LxBP1	33.33	35.20 cd	60.13	0.60	25.87 a-d	15.90	302
G8	BPP	33.33	49.12 ab	57.47	0.63	24.73 a-d	17.07	291
G9	ChiaS	33.33	36.67 b-d	61.20	0.64	27.47 a-d	17.80	270
G10	No.33G	34.00	47.20 a-c	55.33	0.64	23.81 b-d	16.97	351
G11	P4T8	33.67	46.97 a-c	58.80	0.70	29.58 ab	15.63	359
G12	Nigro	34.00	39.28 a-d	57.93	0.62	24.35 b-d	17.63	293
G13	Suwan	34.33	39.55 a-d	56.00	0.65	29.55 ab	17.00	319
G14	No.19G	34.33	50.12 ab	59.63	0.66	27.06 a-d	16.40	298
G15	No.3P	34.33	30.90 d	54.90	0.65	26.10 a-d	17.23	298
G16	No.40P	31.67	40.70 a-d	58.87	0.65	26.47 a-d	16.17	274
G17	No.22G	32.00	38.02 a-d	61.93	0.67	28.32 a-c	17.87	281
G18	No.32P	32.00	43.80 a-d	51.33	0.63	22.51 cd	15.67	254
G19	No.25G	32.00	43.80 a-d	59.40	0.57	21.42 d	17.90	294
G20	No.18G	32.33	48.10 a-c	55.00	0.62	23.62 a-d	17.50	231
G21	No.10P	31.33	41.20 a-d	62.10	0.62	28.04 a-c	16.43	208
G22	No.23G	31.67	49.70 ab	63.10	0.63	27.07 a-d	17.77	262
G23	No.38P	31.33	41.58 a-d	55.77	0.65	25.24 a-d	16.73	313
G24	No.20G	31.67	40.02 a-d	61.17	0.62	25.11 a-d	18.07	256
G25	Nawa3	32.00	34.85 cd	66.10	0.66	30.98 a	16.93	320
F-test		ns	*	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)		9.14	16.10	10.36	6.96	12.65	13.39	20.03

Where, DA = days to first anthesis, LG = leaf greenness (SPAD unit), PL = pod length (cm), PW = pod width (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g)

ns and * = non-significant and significant at $p < 0.05$, respectively

Means in a column followed by the same letter are not significantly different at DMRT0.05

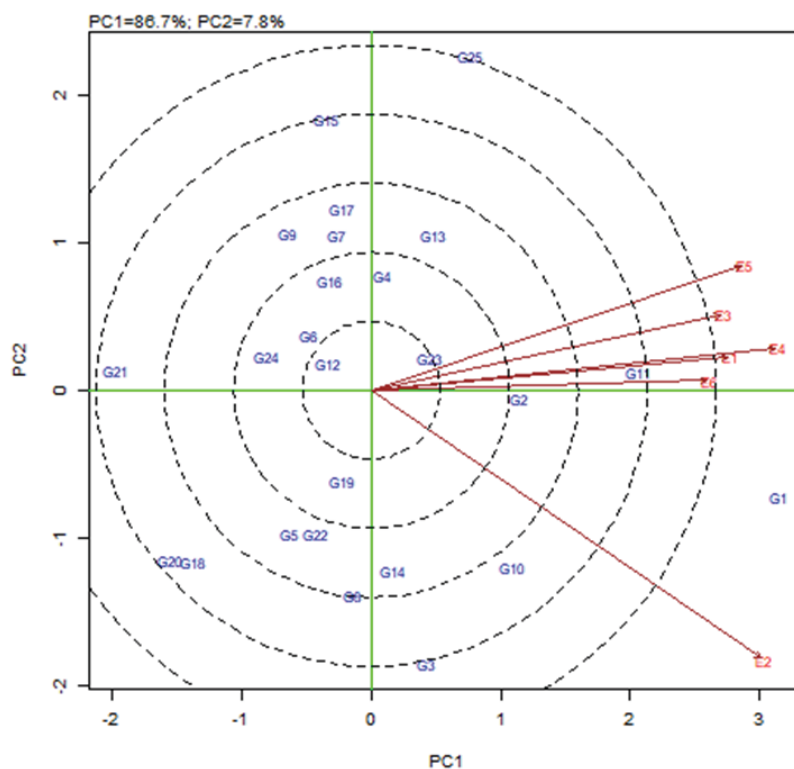


Figure 2 Vector view of the genotype $\times$ yield $\times$ trait (GYT) biplot of the 25-yardlong bean genotypes. Coding for yield and trait combinations: E1 = YP/DA, E2 = YP*LG, E3 = YP*PL, E4 = YP*PW, E5 = YP*PWE, E6 = YP*SP; Coding for genotype was presented in Table 1. Where, DA = days to first anthesis, LG = leaf greenness (SPAD unit), PL = pod length (cm), PW = pod width (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g).

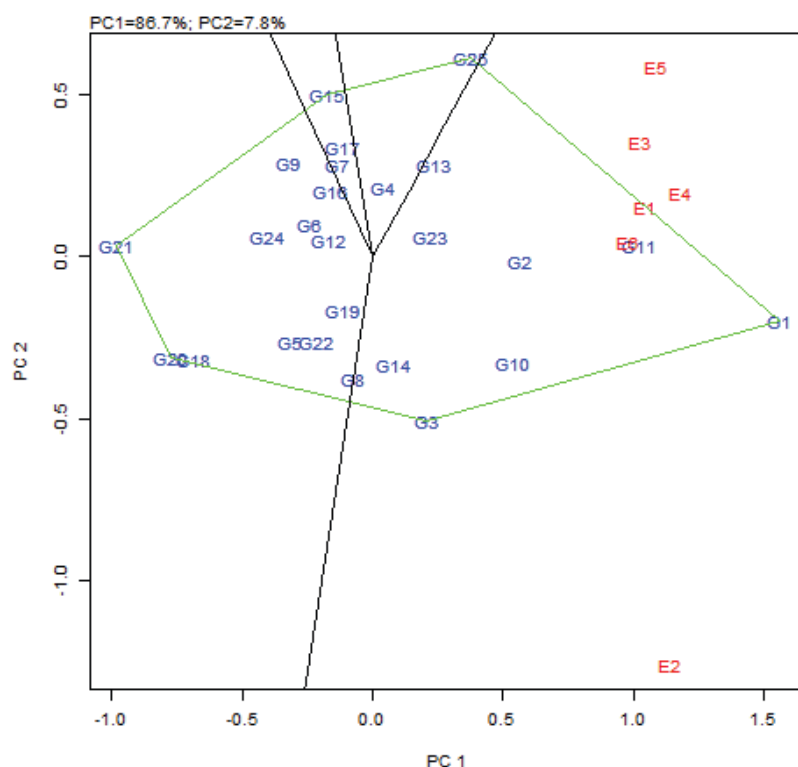


Figure 3 Polygon view of the genotype x yield x trait (GYT) biplot of the 25-yardlong bean genotypes. Coding for yield and trait combinations: E1 = YP*DA, E2 = YP*LG, E3 = YP*PL, E4 = YP*PW, E5 = YP*PWE, E6 = YP*SP; Coding for genotype was presented in Table 1. Where, DA = days to first anthesis, LG = leaf greenness (SPAD unit), PL = pod length (cm), PW = pod width (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g).

3.5 ผลการวิเคราะห์ GYT biplot สำหรับการจัดอันดับตามความดีเด่นของจีโนไทป์เพื่อการคัดเลือก

ผลการวิเคราะห์ GYT biplot สามารถจัดเรียงอันดับตามความดีเด่นของจีโนไทป์ ซึ่งพิจารณาจากผลรวมของผลผลิตกับลักษณะอื่นๆ ที่สำคัญ เมื่อพิจารณาจาก Figure 4 เส้นแกนนอนที่มีหัวลูกศรด้านขวามือด้านเดียวคือเส้น average tester axis (ATA) โดยหัวลูกศรชี้ไปยังค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลผลิตกับลักษณะที่เพิ่มมากขึ้นของจีโนไทป์ โดยมีเส้นกราฟแกนแนวตั้งที่มีหัวลูกศรทั้ง 2 ด้าน ซึ่งเป็นเส้นที่แบ่งจีโนไทป์ออกเป็น 2 ส่วน กลุ่มจีโนไทป์ที่อยู่ด้านขวามือของเส้นเป็นจีโนไทป์ที่มีการแสดงออกของผลรวมระหว่างผลผลิตกับลักษณะต่างๆ

ได้ดีเหนือค่าเฉลี่ย ได้แก่ ส่วนกลุ่มจีโนไทป์ที่เหลื่อที่อยู่ด้านซ้ายมือของเส้นก็จะมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย [9] ดังนั้นเมื่อพิจารณาจาก Figure 4 พบว่าจีโนไทป์ที่มีอันดับความดีเด่นของผลผลิตร่วมกับลักษณะอื่นๆ ในอันดับที่ 1-10 ซึ่งเป็นกลุ่มจีโนไทป์ที่อยู่ด้านขวามือของเส้น ATC ได้แก่ จีโนไทป์ G1 (No.33P), G11 (P4T8), G2 (BP2), G10 (No.33G), G25 (Nawa3), G13 (Suwan), G23 (No.38P), G3 (P10T26), G14 (No.19G) และ G4 (BP1) ตามลำดับ โดยทั้ง 10 จีโนไทป์นี้มีค่า GYT scores ที่เป็นค่าบวกจากมากไปน้อยคือ 10.11, 6.63, 3.68, 3.43, 2.50, 1.55, 1.46, 1.31, 0.52 และ 0.29 ตามลำดับ (Table 2) ดังนั้นทั้ง 10 จีโนไทป์นี้จึงควรนำมาพิจารณา

ในการคัดเลือกไว้สำหรับการปลูกในสภาพแล้งเนื่องจากมีความดีเด่นของผลผลิตร่วมกับลักษณะอายุดอกแรกบาน, ค่าความเขียวของใบ, ความยาวฝัก, ความกว้างฝัก,

น้ำหนักฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ในขณะที่จีโนไทป์ที่เหลือมีค่า GYT scores เป็นลบและเป็นกลุ่มจีโนไทป์ที่ตำแหน่งอยู่ทางด้านซ้ายมือของเส้น ATC (Figure 4)

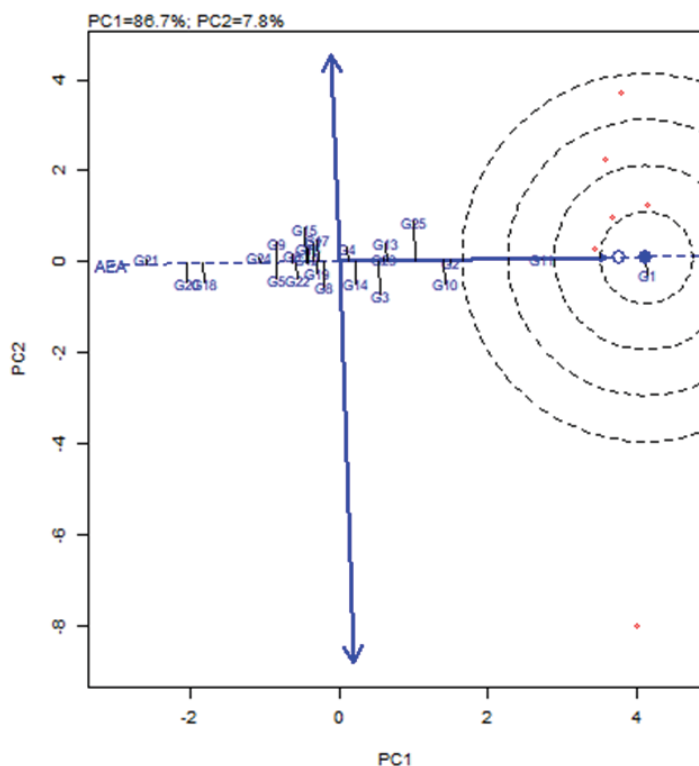


Figure 4 Average tester coordinate (ATC) view of the genotype $\times$ yield $\times$ trait biplot to rank the genotypes based on the overall superiority and their strengths and weaknesses of the 25-yardlong bean genotypes. Coding for yield and trait combinations: E1 = YP/DA, E2 = YP*LG, E3 = YP*PL, E4 = YP*PW, E5 = YP*PWE, E6 = YP*SP; Coding for genotype was presented in Table 1. Where, DA = days to first anthesis, LG = leaf greenness (SPAD unit), PL = pod length (cm), PW = pod width (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g). (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g)

Table 2 GYT scores ranking of the yardlong bean genotypes (only genotypes with positive values are shown).

Rank	No.	Genotype	GYT scores						Total
			YP/DA	YP*LG	YP*PL	YP*PW	YP*PWE	YP*SP	
1	G1	No.33P	1.61	2.04	1.53	1.82	1.58	1.53	10.11
2	G11	P4T8	1.08	1.13	1.06	1.22	1.13	1.01	6.63
3	G2	BP2	0.59	0.67	0.58	0.67	0.61	0.56	3.68
4	G10	No.33G	0.51	1.02	0.43	0.57	0.39	0.51	3.43
5	G25	Nawa3	0.49	-0.34	0.61	0.57	0.77	0.4	2.50
6	G13	Suwan	0.29	-0.09	0.34	0.34	0.42	0.25	1.55
7	G23	No.38P	0.25	0.18	0.25	0.28	0.28	0.22	1.46
8	G3	P10T26	0.14	0.87	0.04	0.15	-0.07	0.18	1.31
9	G14	No.19G	0.04	0.51	-0.03	0.03	-0.1	0.07	0.52
10	G4	BP1	0.08	-0.22	0.12	0.09	0.17	0.05	0.29

Where, DA = days to first anthesis, LG = leaf greenness (SPAD unit), PL = pod length (cm), PW = pod width (cm), PWE = pod weight (g), SP = no. of seeds/pod, YP = yield/plant (g)

จากผลการเปรียบเทียบแต่ละลักษณะของจีโนไทป์ถั่วฝักยาวจาก Table 1 นั้น อาจทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะอื่นๆ ที่โดดเด่นด้วยไปพร้อมกันนั้นทำได้ยาก ในขณะที่การวิเคราะห์ GYT biplot เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ในการคัดเลือกสายพันธุ์พืชโดยคำนึงถึงผลผลิตร่วมกับลักษณะอื่นๆ ที่สำคัญ โดยสามารถจัดกลุ่มและเรียงลำดับของจีโนไทป์สำหรับการคัดเลือกออกมาให้เห็นได้จากกราฟไบพลอตและยังพิจารณาได้จากค่า GYT scores ของจีโนไทป์ได้อีกด้วย โดยที่ลักษณะที่ควรนำมาวิเคราะห์ร่วมกับผลผลิตควรเป็นลักษณะที่สำคัญที่จะส่งผลต่อความสำเร็จของพันธุ์พืชนั้น ๆ [9] จากการที่การทดลองในครั้งนี้เป็นการทดสอบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวในสภาพแล้ง ดังนั้นนอกจากผลผลิตแล้ว ลักษณะฝัก ได้แก่ ความยาวฝัก, ความกว้างฝัก, น้ำหนักฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ยังเป็นลักษณะที่สำคัญต่อความสำเร็จของพันธุ์ถั่วฝักยาว และยังเป็นลักษณะที่มีผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจัดกลุ่มพันธุ์ของการปลูกถั่วฝักยาวในสภาพแล้ง [22]

โดยมีรายงานการวิจัยระบุว่าลักษณะดังกล่าวส่งผลในทางบวกโดยตรงต่อผลผลิตต่อต้น [23, 24, 25] ในขณะที่ยอดดอกแรกบานเร็วก็เป็นลักษณะที่ต้องการในการปรับปรุงพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ทนแล้งจะมีอายุดอกแรกบานเร็วกว่าสายพันธุ์ปกติ ส่งผลให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่า ซึ่งการเก็บเกี่ยวได้เร็วเป็นกลไกความทนทานต่อสภาพแล้งแบบการหนีแล้ง (drought escape) เกิดจากพืชจะสร้างวัฏจักรการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตให้เร็วขึ้นเพื่อหนีจากสภาพแล้งที่พืชต้องเผชิญ [26] ส่วนค่าความเขียวของใบเป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ [27] โดยพบว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อต้นสูงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงด้วย [28] ซึ่งค่าความเขียวของใบ (SPAD) ส่งอิทธิพลโดยอ้อมต่อผลผลิตต่อต้นในขณะที่น้ำหนักฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลผลิตต่อต้นของสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่ปลูกในสภาพแล้ง [21] จากการศึกษาของ Rahana [29] โดยใช้แผนผสมพันธุ์ line x tester รายงานว่าการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้งในถั่วฝักยาวเป็นผลของยีนที่ไม่เป็นแบบบวก

(non-additive gene action) มากกว่ายีนที่เป็นแบบบวก (additive gene action) ดังนั้นจึงควรปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการผสมข้ามพันธุ์และทำการคัดเลือกด้วยวิธีบันทึกประวัติ [29]

4. สรุป

ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่ปลูกในสภาพแล้งโดยพิจารณาจากผลผลิตร่วมกับลักษณะอื่นๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไบพล็อตของจีโนไทป์ x ผลผลิต x ลักษณะ พบว่าจีโนไทป์ที่มีความดีเด่นของผลผลิตร่วมกับลักษณะอายุดอกแรกบาน ค่าความเขียวของใบ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก โดยมีค่า GYT scores เป็นค่าบวกมากตามลำดับ ได้แก่ G1 (No.33P), G11 (P4T8), G2 (BP2), G10 (No.33G), G25 (Nawa3), G13 (Suwan), G23 (No.38P), G3 (P10T26), G14 (No.19G) และ G4 (BP1)

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการประเมินและคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวทนต่อสภาพแล้งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ในการสนับสนุนทุนในการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2564

6. References

- [1] The Department of Agricultural Extension, Report on Agricultural Statistics (Ror Tor. 01), Vegetables Group, Country Level, Available Source: <https://production.doae.go.th/site/login>, March 27, 2022. (in Thai)
- [2] Office of Agricultural Economics, Volume and Value of Exports of Controlled Seeds for Trade in 2018 - 2022, Available Source: <https://golink.icu/jsaHiXI>, August 22, 2023. (in Thai)
- [3] Budak, H., Kantar, M., and Yucebilgili Kurtoglu, K., 2013, Drought tolerance in modern and wild wheat, *Sci. World J.* 2013: 1-16.
- [4] Fathi, A. and Tari, D.B., 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. *Int. J. Life Sci.* 10(1): 1-6.
- [5] Leonardis, A. M. D., Petrarulo, M., Vita, P. D. and Mastrangelo, A. M., 2012, Genetic and Molecular Aspects of Plant Response to Drought in Annual Crop Species, pp. 45-74, In Giuseppe, M. and Dichio B. (eds.), *Advances in Selected Plant Physiology Aspects*, InTech Publisher.
- [6] Lestari, M. W., Arfarita, N., Sharma, A., and Purkait, B., 2019, Tolerance mechanisms of Indonesian plant varieties of yardlong beans (*Vigna unguiculata* sub sp. *sesquipedalis*) against drought stress, *Indian J. Agric. Res.* 53(2): 223-227.
- [7] Xu, P., Moshelion, M., Wu, X., Halperin, O., Wang, B., Luo, J., Wallach, R., Wu, X., Lu, Z. and Li, G., 2015, Natural variation and gene regulatory basis for the responses of asparagus beans to soil drought. *Front. Plant Sci.* 6: 891.
- [8] Bernardo, R., 2002. *Breeding for Quantitative Traits in Plants* (Vol. 1), Stemma Press, Woodbury, Minnesota, 369 p.
- [9] Yan, W., and Frégeau-Reid, J., 2018, Genotype by yield* trait (GYT) biplot: A novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Sci. Rep.* 8: 1-10.

- [10] Kendal, E., 2020, Evaluation of some barley genotypes with genotype by yield* trait (GYT) biplot method. *Poljopr. Sumar.* 66(2): 137-150.
- [11] da Cruz, D.P., de Oliveira, T.R.A., Gomes, A.B.S., Gravina, L.M., Rocha, R.S., da Costa Jaeggi, M.E.P., Pereira, I.M., Entringer, G.C., de Amaral Gravina, G., Vivas, M. and Daher, R.F., 2020. Selection of cowpea lines for multiple traits by GYT biplot analysis. *J. Agric. Stud.* 8(2): 124-137.
- [12] Gholizadeh, A., Oghan, H. A., Alizadeh, B., Rameeh, V., Payghamzadeh, K., Bakhshi, B., Dalili, S.A., Kia, S. and Shariati, F., 2023, Phenotyping new rapeseed lines based on multiple traits: Application of GT and GYT biplot analyses. *Food Sci Nutr.* 1(2): 853-862.
- [13] Pornsuriya, P., Pornsuriya, P. and Chittawanij, A., 2019, Augmented analysis for yield and pod characteristics of yardlong bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. spp. *sesquipedalis* Verdc.) lines, *IJAT* 15(6): 975-984.
- [14] Thai Meteorological Department Automatic Weather System, Monthly Meteorological Summary of Average Data. Available Source: http://www.awsobservation.tmd.go.th/web/climate/climate_report_monthly.asp, April 2, 2024
- [15] International Rice Research Institute, 2014, Statistical Tool for Agricultural Research, Plant Breeding, Genetics and Biotechnology Division, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 400 p.
- [16] International Rice Research Institute, 2014b, Plant Breeding Tools User's Manual, Biometrics and Breeding Informatics, Plant Breeding, Genetics and Biotechnology Division, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 198 p.
- [17] Jompuk, C., 2016, Quantitative Genetic Analysis Methods in Plant Breeding. Neo Digital, Bangkok. (in Thai)
- [18] Céron-Rojas, J. J., & Crossa, J., 2018. Linear selection indices in modern plant breeding, Springer Nature, Cham, Switzerland, 256 p.
- [19] Yang, R. C., Crossa, J., Cornelius, P. L., and Burgueño, J., 2009, Biplot analysis of genotypex environment interaction: Proceed with caution, *Crop Sci.* 49(5): 1564-1576.
- [20] Yan, W. and Tinker, N. A., 2006, Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications, *Can. J. Plant Sci.* 86(3): 623-645.
- [21] Pornsuriya, P., Kwun-on, P., Chittawanij, A. and Chinaworn, S., 2022, A Comparison of Yardlong Bean Lines Under Drought-Stress Condition, pp. 2022(4): rspg010 (1-10), In Science, Technology and Social Sciences Procedia, 4, rspg010, Walailak University, Nakhon Si Thammarat. (in Thai)

- [22] Pornsuriya, P., Chittawanij, A., Marubodee, R., and Kitsanachandee, R., 2023, Clustering of yardlong bean lines and cultivars grown under a drought condition, RMUTSB Acad. J. 11(2): 199-210.
- [23] Ullah, M. Z., Hasan, M. J., Rahman, A. H. M. A., and Saki, A. I., 2011. Genetic variability, character association and path analysis in yard long bean, SAARC J. Agric. 9(2): 9-16.
- [24] Rambabu, E., Reddy, K. R., Kamala, V., Saidaiah, P., and Pandravada, S. R., 2016. Correlation and Path Analysis for Quality, Yield and Yield Components in Yardlong Bean (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp. ssp. *sesquipedalis* Verdc.), Environment and Ecology 34(4): 1655-1661.
- [25] Nanda, M., Rathod, V., Chavan, M.L., Gasti, V.D. and Nandimath, S.T., 2022. Correlation and path analysis study in Yardlong bean genotypes. J. Pharm. Innov. 11(3): 2344-2347.
- [26] Mitra, J., 2001, Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants, Curr. Sci. 80(6): 758-763.
- [27] Yadava, U. L., 1986, A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves, HortScience 21(6): 1449-1450.
- [28] Pornsuriya, P., Kwun-on, P., Chittawanij, A. and Marubodee, R., 2023. Breeding and Variety Trial of Yardlong Bean for Drought Tolerance. Research Report, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 81 p. (in Thai)
- [29] Rahana, S. N., 2022. Gene action and gene expression analysis in yardlong bean (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis* (L.) Verdcourt) for drought tolerance (Doctoral dissertation, Department of Plant Breeding and Genetics, College of Agriculture, Vellayani).