

การทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทางการค้า

Combining Ability Test for Selection of Maize Germplasm from Commercial Maize Hybrids

สิทธินันต์ จองโพธิ์^{1,*}, จงกลลดา พลายดี¹, นิพัทธ์มา พอบขุนทด¹ และ ศรันย์ หงษาคกรประเสริฐ¹
Sittihinan Jongpho^{1,*}, Chongkonlada Phlaidee¹, Nipatcha Pobkhunthod¹ and
Sarun Hongsakornprasert¹

¹ สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลพบุรี 15120

¹ Research and Development Station for Farmers, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Lopburi 15120

รับเรื่อง: 19 กรกฎาคม 2565 Received: 19 July 2022

ปรับแก้ไข: 24 สิงหาคม 2566 Revised: 24 August 2023

รับตีพิมพ์: 28 สิงหาคม 2566 Accepted: 28 August 2023

*Corresponding author: fagrsnj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การใช้เชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทางการค้าเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการพัฒนาสายพันธุ์แท้เพื่อสร้างลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะทางการเกษตรดี การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมทางการค้าโดยการทดสอบสมรรถนะการผสม

วิธีดำเนินการวิจัย: พันธุ์ลูกผสมทางการค้าที่ใช้ จำนวน 10 พันธุ์ นำมาผสมแบบพบก้นหมดได้ 45 คู่ผสม ปลุกทดสอบผลผลิตของลูกผสมดังกล่าวร่วมกับพันธุ์การค้า จำนวน 11 พันธุ์ รวม 56 ประชากร วางแผนการทดลองแบบ Rectangular Lattice Designs จำนวน 4 ซ้ำ ในฤดูต้นฝนและฤดูปลายฝน ปี พ.ศ. 2561 ใน 3 สถานที่

ผลการวิจัย: พันธุ์ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (General combining ability, GCA) เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญมีจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ P4554, CP801 และ KSX5402 ลูกผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (Specific combining ability, SCA) เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติและให้ผลผลิตเมล็ดสูงมีจำนวน 6 คู่ผสม ได้แก่ P4546 × PAC559, S6248 × PAC339, P4554 × S6248, P4554 × CP801, P4546 × KSX5402 และ CP801 × PAC559 และเมื่อจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของพันธุ์การค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 10 พันธุ์ โดยใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดในการสร้าง dendrogram ด้วยวิธี UPGMA สามารถแบ่งพันธุ์การค้าได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 4 พันธุ์ กลุ่มที่ 2 จำนวน 3 พันธุ์ และกลุ่มที่ 3 จำนวน 3 พันธุ์

สรุป: การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสด้วยค่า SCA และผลผลิตเมล็ดสูง และการสร้าง dendrogram ด้วยวิธี UPGMA จากค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดให้ผลสอดคล้องกัน การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของพันธุ์ลูกผสมทางการค้าดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสายพันธุ์แท้และลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะทางการเกษตรดีต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, พันธุ์ลูกผสมทางการค้า, สมรรถนะการผสมทั่วไป, สมรรถนะการผสมเฉพาะ, กลุ่มเฮเทอโรซิส

ABSTRACT

Background and Objectives: Using commercial maize hybrids as germplasm is a potential approach for developing inbred lines capable of producing high-yielding hybrids with desirable agronomic traits. The objective of this study was to classify the heterotic groups of commercial maize hybrids using combining abilities.

Methodology: Ten commercial hybrids were crossed in a diallel mating design to create 45 crosses. These 45 crosses, along with 11 commercial hybrids, comprising a total of 56 entries, were cultivated for yield trials. The trials were conducted using a 7 x 8 Rectangular Lattice design with four replications during both the early and late rainy seasons of 2018 at three different locations.

Main Results: Three hybrids exhibited positive and highly significant GCA (P4554, CP801, and KSX5402). Six hybrids (P4546 x PAC559, S6248 x PAC339, P4554 x S6248, P4554 x CP801, P4546 x KSX5402, and CP801 x PAC559) displayed positive SCA with significant differences and high yields. The dendrogram generated using UPGMA classified the 10 commercial hybrids into three groups based on grain yield.

Conclusions: The heterotic grouping based on SCA and high yield was consistent with the dendrogram created using UPGMA. This heterotic grouping of commercial maize hybrids proves valuable for the development of inbred lines and hybrids with high yields and favorable agronomic traits.

Keywords: Maize, commercial hybrids, general combining ability, specific combining ability, heterotic groups

บทนำ

การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งต้องคำนึงถึงการเลือกใช้เชื้อพันธุกรรม แผนการปรับปรุงพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ และการดำเนินงานที่ดี (Briggs and Knowles, 1970) การเลือกใช้พันธุกรรมจากพันธุ์ลูกผสมทางการค้ามาเป็นเชื้อพันธุกรรมในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มลักษณะทางการเกษตรที่ดีให้กับพันธุ์ลูกผสมได้ เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้ามีลักษณะ

ทางการเกษตรที่ดี ให้ผลผลิตสูง และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีจากการผ่านการปลูกทดสอบในหลายสถานที่หลายปีก่อนส่งเสริมพันธุ์สู่เกษตรกร (Pulam, 1997; Jompuk *et al.*, 2000; Phumichai *et al.*, 2008; Suwanatape *et al.*, 2020; Kumpai *et al.*, 2022) นอกจากนี้ Hallauer and Miranda (1981) พบว่า การผสมแบบพบกันหมดของลูกผสมในกลุ่มประชากรเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อการเตรียมข้อมูลในการวิเคราะห์ขั้นต้น ซึ่งสามารถประเมินได้จากสมรรถนะการผสมทั่วไป (General combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสม

เฉพาะ (Specific combining ability, SCA) และ Vasal (1994) รายงานว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปมีความสำคัญในทุกลักษณะที่ศึกษา โดยอิทธิพลของสมรรถนะการผสมทั่วไปมีความสำคัญมากกว่าอิทธิพลของสมรรถนะการผสมเฉพาะ Gardner and Eberhart (1966) พบว่า สามารถปรับปรุงผลผลิตของข้าวโพดให้เพิ่มขึ้นได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ผสมเปิดที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง และสามารถเพิ่มผลผลิตจากเฮเทอโรซิสของลูกผสมที่แสดงออกได้เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ดีที่สุด และการผสมแบบพบกันหมดนั้นสามารถประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม (Genetic diversity) เมื่อพ่อแม่เป็นประชากรผสมแบบสุ่ม ส่วนการศึกษาในประเทศไทย Jompuk *et al.* (2000) และ Suwanatape *et al.* (2020) ได้ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมทางการค้า พบว่า พันธุ์ลูกผสมเดี่ยวทางการค้ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง โดยเฉพาะพันธุ์ที่มาจากต่างบริษัทหรือหน่วยงาน สอดคล้องกับการศึกษาของ Mikel and Dudley (2006) ที่สำรวจสายพันธุ์แท้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งอยู่ภายใต้ U.S. Patent หรือ U.S. Plant Variety Protection Act (PVPA) ในช่วงปี ค.ศ. 1980–2004 เมื่อจัดกลุ่มสายพันธุ์แท้ที่สำรวจโดยประวัติพันธุกรรม (Pedigree) พบว่า สายพันธุ์ดังกล่าวมาจากกลุ่มเชื้อพันธุกรรม Oh43, Lancaster, Oh07-Midland, Iodent, Stiff Stalk, Argentine Maiz Amargo backgrounds และพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (Commercial hybrid derived) ซึ่งยังพบความหลากหลายทางพันธุกรรมจาก 2 กลุ่มเชื้อพันธุกรรม 2 กลุ่มสุดท้ายอีกด้วย นอกจากนี้ Phumichai *et al.* (2008) ได้ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมทางการค้า จำนวน 7 พันธุ์ พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มพันธุกรรมของพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวได้เป็น 3 กลุ่ม โดยจากการประเมินสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ระหว่าง SSR-based Genetic Distance (GD) กับ grain yield-based GD และ SCA พบว่า SSR-based GD มีสหสัมพันธ์สูงกับ SCA มากกว่า grain yield-based GD การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมทางการค้าโดยการประเมินสมรรถนะการผสม เพื่อการใช้ประโยชน์พันธุ์ลูกผสมทางการค้าในการพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าจากภาครัฐและเอกชนที่ใช้ในการผสมเพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมและจัดกลุ่มเฮเทอโรซิส จำนวน 10 พันธุ์ (No. 1–10) และพันธุ์การค้าที่ร่วมทดสอบ จำนวน 11 พันธุ์ (No. 1–11) แสดงใน Table 1

การสร้างลูกผสมระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้า

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้า จำนวน 10 พันธุ์ (No. 1–10) ดังแสดงใน Table 1 ในฤดูต้นฝน ปี พ.ศ. 2560 ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา โดยปลูกจำนวน 20 แถวต่อพันธุ์ แถวยาว 5.20 เมตร ระยะปลูก 0.75 × 0.20 เมตร แต่ละพันธุ์แบ่งปลูก 2 ครั้ง ครั้งละ 10 แถว โดยครั้งแรกและครั้งที่ 2 ปลูกห่างกัน 5 วัน ผสมระหว่างพันธุ์โดยใช้แผนการผสมแบบพบกันหมด (Diallel mating design) โดยไม่สลับพ่อแม่ (No reciprocal crosses) ใช้จำนวนต้นทั้งหมดภายใน 20 แถว เป็นทั้งต้นพ่อและต้นแม่ โดยในการผสมใช้วิธีเก็บรวมละอองเกสร (Bulk pollen) ได้ลูกผสมทั้งหมด 45 คู่ผสม

Table 1 Eleven commercial maize hybrids from public and private sectors used in this study

No.	Commercial maize hybrid	Source
1	S7328	Syngenta Seeds (Thailand) Company Limited
2	S6248	Syngenta Seeds (Thailand) Company Limited
3	DK9955	Monsanto Thailand Company Limited
4	PAC559	Pacific Seeds (Thailand) Company Limited
5	PAC339	Pacific Seeds (Thailand) Company Limited
6	P4546	Pioneer Hi-Bred (Thailand) Company Limited
7	P4554	Pioneer Hi-Bred (Thailand) Company Limited
8	CP801	Charoen Pokphand Produce Company Limited
9	TS1004	Thai Seed Research Company Limited
10	KSX5402	National Corn and Sorghum Research Center, Kasetsart University
11	NS3	Department of Agriculture

การปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสม

การปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าดำเนินการในฤดูต้นฝน (ปลูกเดือนเมษายน) และฤดูปลายฝน (ปลูกเดือนสิงหาคม) ปี พ.ศ. 2561 ใน 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (National Corn and Sorghum Research Center, NCSRC หรือ Suwan Farm) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร (Research and Development Station for Farmers) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกอสุริยง จังหวัดลพบุรี และสถานีวิจัยลพบุรี (Lopburi Research Center) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกอเจริญ จังหวัดลพบุรี ในการปลูกทดสอบประกอบด้วย ลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้า จำนวน 45 คู่ผสม และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าที่ร่วมทดสอบ จำนวน 11 พันธุ์ DK9955, P4554, S7328, P4546, S6248, CP801, PAC339, PAC559, TS1004, KSX5402 และ NK3 รวม 56 ประชากร วางแผนการทดลองแบบ 7 × 8 Rectangular Lattice จำนวน 4 ซ้ำ (Oupadissakoon,

1994) ปลูก 2 แถวต่อแปลงย่อย แถวยาว 5.20 เมตร ระยะปลูก 0.75 × 0.20 เมตร

การดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช atrazine + alachlor อัตรา 500 กรัมต่อไร่ + 640 ซีซีต่อไร่ หลังให้น้ำทันทีในขณะที่ดินมีความชื้น ให้น้ำทุก 7 วัน ตลอดฤดูปลูก หลังจากปลูก 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 1 สูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 วันนับจากวันให้น้ำครั้งแรก ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 45 วัน ดูแลตลอดจนถึงการเก็บเกี่ยว

การบันทึกข้อมูล

ผลผลิตเมล็ด (Grain yield)

แต่ละแปลงย่อยเก็บเกี่ยวข้าวโพดจากทั้ง 2 แถว แล้วชั่งน้ำหนักทั้งหมด และคำนวณเป็นผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นของเมล็ด 15 เปอร์เซ็นต์ ตามสมการ [1]

$$\text{ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดรวมซึ่ง} \times (100 - \% \text{ความชื้นเมล็ด}) \times \% \text{เมล็ดที่กระเทาะได้} \times 1,600}{(100 - 15) \times 100 \times \text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ตารางเมตร)}} \text{----- [1]}$$

เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ด (Grain moisture)
 สุ่มตัวอย่างเมล็ด จำนวน 100 กรัม ของแต่ละแปลงย่อยที่กระเทาะจากฝักที่เพิ่งเก็บเกี่ยว แล้วนำไปวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ EE-KU รุ่นเกษตร 60 ปี

เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (Grain shelling percentage)

คำนวณเปอร์เซ็นต์กะเทาะจากสัดส่วนของน้ำหนักเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ดรวมซึ่ง ดังสมการ [2]

$$\text{เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักเมล็ดรวมซึ่ง}} \times 100 \text{----- [2]}$$

ความสูงต้น (Plant height)

วัดความสูงจากโคนต้นระดับผิวดินจนถึงข้อของใบธงใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย หลังจากข้าวโพดออกดอกเรียบร้อยแล้วไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ หรือก่อนเก็บเกี่ยว แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย

ความสูงฝัก (Ear height)

ต้นที่สุ่มวัดความสูงต้นจะวัดความสูงฝักด้วยโดยวัดความสูงจากโคนต้นระดับผิวดินจนถึงข้อของฝักบนสุด ใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย

วันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ (Days to 50% silking)

วันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ นับจากวันที่ให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ต้นข้าวโพดออกไหม ร้อยละ 50 ของจำนวนต้นทั้งหมดในแปลงย่อย

วันสลัดละอองเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ (Days to 50% anthesis)

วันสลัดละอองเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ นับจากวันที่ให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ต้นข้าวโพดสลัดละอองเกสรตัวผู้ร้อยละ 50 ของจำนวนต้นทั้งหมดในแปลงย่อย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การปลูกทดสอบมีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลอง Rectangular Lattice และวิเคราะห์การทดลองร่วม 3 สถานที่ 2 ฤดูปลูก โดยวิเคราะห์สมรรถนะการผสมทั่วไป (General combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (Specific combining ability, SCA) โดยใช้ Griffing (1956) Model I Method 4 ซึ่งมีรายละเอียดแบบจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$X_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + b_k + E_{ijk}$$

โดย X_{ijk} = ค่าสังเกตในซ้ำที่ k ของลูกผสมที่เกิดจากตัวผู้ที่ i กับตัวเมียที่ j, μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร, $g_i + g_j$ = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์พ่อแม่ที่ i หรือ j, s_{ij} = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมเฉพาะของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์พ่อแม่ที่ i กับ j, b_k = อิทธิพลเนื่องจากซ้ำที่ k และ E_{ijk} = สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องพันอยู่กับค่าสังเกตตามลำดับ

การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิส

การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของลูกผสมทางการค้าใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ และสร้าง dendrogram ด้วยวิธี unweighted pair group method using arithmetic average (UPGMA) ด้วยโปรแกรม R (R Core Team, 2020)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะทางเกษตรของลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรก และพันธุ์การค้า จำนวน 11 พันธุ์ ที่ปลูกทดสอบในฤดูต้นฝนและในฤดูปลายฝน ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร และสถานีวิจัยลพบุรี (Table 2) พบว่า ทุกลักษณะ ได้แก่ ผลผลิตเมล็ด วันออกไหมและวันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงต้นและฝัก เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก มีผลผลิตสูง ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ S6248 ($1,246 \pm 122$ กิโลกรัมต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ผลผลิตพบว่า ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 5 อันดับแรก ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ S6248 อยู่ในช่วง 1–5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอายุวันออกไหมและวันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 2 อันดับแรก มีอายุวันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ S6248 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงอันดับที่ 1 และ 9 มีอายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ S6248 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยวันออกไหมและวันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก และพันธุ์การค้า เท่ากับ 55 วัน ในขณะที่ ค่าเฉลี่ยลักษณะความสูงต้นและฝัก เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะของลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก และพันธุ์การค้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 10 คู่ผสมแรกจาก 45 คู่ผสม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

โดยมีค่าเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมของ 45 คู่ผสม 1,151 กิโลกรัมต่อไร่ คู่ผสม P4546 $\times$ PAC559 ให้ผลผลิตสูงสุด $1,306 \pm 197$ กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ S6248 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบกับที่ให้ผลผลิตสูงสุด (High check) มีผลผลิตอยู่ที่ $1,246 \pm 122$ กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีผลผลิตมากกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ S6248 มีจำนวน 5 คู่ผสม P4546 $\times$ PAC559 ($1,306 \pm 197$ กิโลกรัมต่อไร่) P4554 $\times$ CP801 ($1,272 \pm 202$ กิโลกรัมต่อไร่) P4546 $\times$ KSX5402 ($1,270 \pm 205$ กิโลกรัมต่อไร่) CP801 $\times$ PAC559 ($1,269 \pm 96$ กิโลกรัมต่อไร่) และ P4554 $\times$ S6248 ($1,252 \pm 228$ กิโลกรัมต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้า 1,156 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 10 คู่ผสมแรก มีผลผลิตมากกว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้า ทั้ง 10 คู่ผสม ค่าเฉลี่ยวันสลัดละอองเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ และวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 10 คู่ผสมแรกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยสำหรับวันสลัดละอองเกสรตัวผู้ 55 วัน และวันออกไหม 55 วัน ทุกคู่ผสมมีวันสลัดดอกตัวผู้และวันออกไหมใกล้เคียงกัน โดยวันสลัดออกดอกตัวผู้ออกก่อนไม่เกิน 1 วัน สำหรับความสูงต้นและความสูงฝัก พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 10 คู่ผสมแรก มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นและความสูงฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 221 เซนติเมตร ขณะที่ค่าเฉลี่ยความสูงต้นและความสูงฝักของการทดลองเท่ากับ 211 และ 110 เซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กะเทาะการทดลองเท่ากับ 82.66 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 10 คู่ผสมแรก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Table 2 Mean grain yield at 15% moisture and agronomic characteristics of the top high-yielding 10 crosses and 11 hybrid checks from combined yield trials at 3 locations in the 2018 early and late rainy seasons

Crosses	Grain yield at 15% moisture (kg/rai)	Relative to (%)			Days to 50%			Height (cm)			Grain moisture (%)	Grain shelling (%)
		High yield check	Check mean	Cross mean	Mean	Anthesis	Silking	Plant	Ear			
P4546 × PAC559	1,306 ± 197 ^a	105	113	114	113	56 ± 0.8 ^{abc}	56 ± 1.0 ^{abc}	214 ± 12.1 ^{af}	111 ± 9.2 ^{a-d}	19.6 ± 1.0 ^{af}	84.0 ± 2.0 ^{abc}	
P4554 × CP801	1,272 ± 202 ^{ab}	102	110	111	111	56 ± 0.4 ^{ab}	55 ± 0.6 ^{am}	212 ± 16.1 ^{af}	107 ± 10.0 ^{a-d}	19.1 ± 1.3 ^{bj}	83.9 ± 2.5 ^{abc}	
P4546 × KSX5402	1,270 ± 205 ^{ab}	102	110	110	110	55 ± 0.8 ^{cm}	55 ± 1.5 ^{ah}	216 ± 10.3 ^{ae}	111 ± 8.1 ^{a-d}	19.5 ± 1.2 ^{ah}	82.7 ± 3.1 ^{bf}	
CP801 × PAC559	1,269 ± 96 ^{ab}	102	110	110	110	55 ± 0.8 ^{al}	55 ± 1.3 ^{cm}	210 ± 9.4 ^{af}	111 ± 6.1 ^{a-d}	18.5 ± 1.7 ^{ak}	83.6 ± 1.7 ^{ae}	
P4554 × S6248	1,252 ± 228 ^{abc}	101	108	109	109	55 ± 1.4 ^{ag}	55 ± 0.5 ^{ak}	221 ± 13.0 ^{ad}	110 ± 11.8 ^{a-d}	19.2 ± 0.9 ^{bj}	82.9 ± 2.6 ^{bf}	
DK9955 × KSX5402	1,238 ± 128 ^{a-d}	99	107	108	108	55 ± 0.5 ^{ai}	55 ± 0.5 ^{am}	222 ± 10.1 ^{abc}	109 ± 10.3 ^{a-d}	20.3 ± 1.2 ^a	85.9 ± 2.2 ^a	
S6248 × PAC339	1,236 ± 159 ^{ae}	99	107	107	107	55 ± 1.0 ^{aj}	55 ± 1.0 ^{bm}	222 ± 17.2 ^{ab}	117 ± 11.0 ^{ab}	18.7 ± 1.6 ^{ek}	83.3 ± 1.3 ^{bf}	
P4546 × CP801	1,236 ± 104 ^{ae}	99	107	107	107	55 ± 0.6 ^{cm}	55 ± 0.8 ^{ag}	214 ± 13.6 ^{af}	111 ± 12.1 ^{a-d}	17.3 ± 2.6 ^l	83.2 ± 2.5 ^{bf}	
DK9955 × P4554	1,228 ± 160 ^{ae}	99	106	107	107	55 ± 1.2 ^{dm}	56 ± 0.5 ^{ae}	221 ± 21.2 ^{ae}	116 ± 11.9 ^{abc}	19.0 ± 1.0 ^{bk}	82.2 ± 2.1 ^{bf}	
P4554 × S7328	1,198 ± 140 ^{af}	96	104	104	104	55 ± 0.5 ^{ak}	55 ± 0.5 ^{am}	220 ± 9.1 ^{ad}	111 ± 6.0 ^{ab}	19.4 ± 0.7 ^{ai}	81.7 ± 4.0 ^{bf}	
Mean (Crosses)	1,150	108	100	99	100	55	55	221	116	19.08	82.36	
DK9955	1,130 ± 151 ^{bj}	91	98	98	98	55 ± 0.8 ^{cm}	54 ± 1.9 ^{em}	217 ± 8.2 ^{ae}	116 ± 6.1 ^{ab}	19.1 ± 2.1 ^{bj}	82.4 ± 2.6 ^{bf}	
P4554	1,204 ± 127 ^{ag}	97	104	105	105	55 ± 0.8 ^{ak}	55 ± 1.0 ^{aj}	220 ± 11.4 ^{ae}	110 ± 8.2 ^{a-d}	19.0 ± 1.1 ^{bk}	82.4 ± 2.2 ^{bf}	
S7328	1,202 ± 170 ^{ag}	96	104	105	104	55 ± 1.0 ^{ag}	55 ± 1.4 ^{al}	212 ± 9.7 ^{af}	115 ± 7.9 ^{a-d}	19.5 ± 1.4 ^{ag}	82.3 ± 2.5 ^{bf}	
P4546	1,191 ± 180 ^{ah}	96	103	104	104	54 ± 0.7 ^{hm}	54 ± 1.3 ^{hm}	211 ± 9.4 ^{af}	107 ± 6.1 ^{a-d}	18.8 ± 1.1 ^{ck}	83.1 ± 1.7 ^{bf}	
S6248 (High yield check)	1,246 ± 122 ^{ae}	100	93	92	92	54 ± 0.9 ^{em}	54 ± 0.5 ^{cm}	208 ± 15.4 ^{af}	108 ± 10.2 ^{a-d}	19.8 ± 1.8 ^{ad}	82.8 ± 1.5 ^{bf}	
CP801	1,132 ± 169 ^{bj}	91	98	98	98	54 ± 0.8 ^{dm}	54 ± 0.6 ^{cm}	208 ± 16.0 ^{af}	110 ± 12.7 ^{a-d}	18.8 ± 1.5 ^{dk}	84.2 ± 2.5 ^{ab}	
PAC339	1,195 ± 157 ^{ag}	96	103	104	104	54 ± 0.9 ^{gm}	54 ± 0.6 ^{em}	198 ± 8.0 ^f	107 ± 9.1 ^{a-d}	19.8 ± 1.5 ^{abc}	83.8 ± 2.2 ^{ad}	
PAC559	1,157 ± 273 ^{bi}	93	100	101	101	54 ± 0.9 ^{gm}	54 ± 1.3 ^{em}	225 ± 9.0 ^a	104 ± 8.1 ^{bcd}	19.9 ± 1.4 ^{ab}	83.4 ± 2.6 ^{af}	
TS1004	1,202 ± 199 ^{ag}	96	104	104	104	54 ± 1.0 ^m	54 ± 1.4 ^m	210 ± 20.5 ^{af}	121 ± 17.3 ^a	18.4 ± 1.6 ^{hk}	78.7 ± 2.2 ^g	
KSX5402	998 ± 125 ^{kl}	80	86	87	87	54 ± 1.5 ^m	54 ± 1.8 ^{lm}	207 ± 12.5 ^{bf}	109 ± 13.8 ^{a-d}	19.2 ± 0.8 ^{bj}	84.0 ± 2.7 ^{abc}	
	1,060 ± 153 ^{sl}	85	92	92	92	55 ± 0.9 ^{dm}	54 ± 1.0 ^{dm}	217 ± 10.5 ^{ae}	113 ± 7.0 ^{a-d}	18.6 ± 0.8 ^{ek}	81.2 ± 1.8 ^{ef}	

Table 2 Cont.

Crosses	Grain yield at 15% moisture (kg/rai)	Relative to (%)			Days to 50%			Height (cm)			Grain moisture (%)	Grain shelling (%)
		High yield check	Check mean	Cross mean	Mean	Anthesis	Silking	Plant	Ear			
Mean (Check)	1,156	108	101	100	100	55	55	212	110		19.21	82.86
Mean trial	1,151	108	100	100	100	55	55	211	110		19.10	82.66
F-test	**	-	-	-	-	**	**	**	**		**	**
LSD _{0.05}	117.59	-	-	-	-	1.44	1.47	20.36	14.82		1.78	3.79
LSD _{0.01}	155.42	-	-	-	-	1.90	1.94	26.78	19.48		2.34	4.98
CV (%)	17.01	-	-	-	-	1.89	1.94	6.96	9.71		6.70	3.30

^{a-m} Means with different letter within a column were significantly differ (P < 0.01). ** Significant at P < 0.01, CV = coefficient of variation.

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis of variance) จากค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ของลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 45 คู่ผสม และพันธุ์การค้า จำนวน 11 พันธุ์ ที่ปลูกทดสอบในฤดูต้นฝนและฤดูปลายฝน ปี พ.ศ. 2561 และใน 3 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร และสถานีวิจัยลพบุรี (Table 3) พบว่า สภาพแวดล้อมและพันธุ์ส่งผลทำให้ผลผลิตเมล็ดที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ขณะที่ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมไม่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation, CV) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ($CV = 17.01$ เปอร์เซ็นต์)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดของลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 45 คู่ผสม และพันธุ์การค้า จำนวน 11 พันธุ์ ที่ปลูกทดสอบในฤดูต้นฝนและฤดูปลายฝน ปี พ.ศ. 2561 และใน 3 สถานที่

ใน Table 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดของลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้าและพันธุ์การค้ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ $P < 0.01$ เมื่อปลูกที่สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร และสถานีวิจัยลพบุรี และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ เมื่อปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ โดยพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด คือ ฤดูต้นฝนที่สถานีวิจัยลพบุรี มีค่าเฉลี่ยเมล็ดผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1,255 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ฤดูปลายฝนที่สถานีวิจัยลพบุรี (1,245 กิโลกรัมต่อไร่) ฤดูต้นฝนที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (1,159 กิโลกรัมต่อไร่) ฤดูปลายฝนที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (1,127 กิโลกรัมต่อไร่) ฤดูต้นฝนที่สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร (1,104 กิโลกรัมต่อไร่) และฤดูปลายฝนที่สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพเกษตรกร (1,072 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ โดยสัมประสิทธิ์การแปรผันของแต่ละสภาพแวดล้อมมีค่าอยู่ระหว่าง 11.38–16.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทำให้ค่อนข้างมั่นใจกับผลผลิตที่วัดได้ว่าเป็นผลมาจากพันธุกรรมของข้าวโพดแต่ละคู่ผสม

Table 3 Combined analysis of variance for grain yield at 15% moisture of 45 crosses and 11 hybrid checks from combined yield trials at 3 locations in the 2018 early and late rainy seasons

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value	Significant level
Environments (E)	5	41,343,350	8,268,670	54.65	**
Replication / E	18	2,723,532	151,307		
Varieties (G)	55	11,783,909	214,253	5.538	**
G × E	275	10,328,321	37,558	0.971	
Pooled error	990	38,300,060	38,687		
Total	1,343				
CV (%)	17.01				

** Significant at $P < 0.01$, CV = coefficient of variation.

สมรรถนะการผสมทั่วไป

สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) ของพันธุ์การค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 10 พันธุ์ และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ของลูกผสมระหว่างพันธุ์การค้าดังกล่าว จำนวน 45 คู่ผสม ในลักษณะผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (Table 5) พบว่า พันธุ์ที่มีค่า GCA เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญมีจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ P4554, CP801 และ KSX5402 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์ดังกล่าวมีความถี่ของยีนที่สูงในลักษณะผลผลิตเมล็ด สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตสูง และนำไปพัฒนาพันธุ์ลูกผสมต่อไป ลูกผสมที่มีค่า SCA เป็นบวกและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ได้แก่ P4546 × PAC559, P4546 × TS1004 และ S6248 × PAC339 และลูกผสมที่มีค่า SCA เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ DK9955 × PAC339, P4554 × S6248, P4554 × CP801, P4546 × KSX5402, CP801 × PAC559 และ PAC339 × TS1004 ซึ่งพ่อแม่สำหรับการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ดีเด่นสามารถคัดเลือกอย่างง่ายได้จากสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) (Phumichai *et al.*, 2008)

หากพิจารณาจากผลการศึกษาใน Table 5 พบว่า ลูกผสมที่ให้ค่า SCA เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติและให้ผลผลิตเมล็ดสูง ได้แก่ P4546 × PAC559 (141.31; $P < 0.01$; 1,305 กิโลกรัมต่อไร่), S6248 × PAC339 (120.56; $P < 0.01$; 1,238 กิโลกรัมต่อไร่),

P4554 × S6248 (65.21; $P < 0.05$; 1,270 กิโลกรัมต่อไร่), P4554 × CP801 (64.17; $P < 0.05$; 1,272 กิโลกรัมต่อไร่), P4546 × KSX5402 (69.54; $P < 0.05$; 1,269 กิโลกรัมต่อไร่) และ CP801 × PAC559 (74.03; $P < 0.05$; 1,252 กิโลกรัมต่อไร่) โดยพันธุ์พ่อแม่ของลูกผสมทั้ง 6 คู่ผสมนี้มี 3 พันธุ์ ที่ให้ค่า GCA สูงดังกล่าวข้างต้น จึงสามารถที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์แท้และพัฒนาพันธุ์ลูกผสมได้

เมื่อจัดกลุ่มเฮทเทอโรซิสของพันธุ์การค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 10 พันธุ์ โดยใช้ค่า SCA สร้าง dendrogram ด้วยวิธี UPGMA โดยให้แต่ละกลุ่มมีค่า SCA เฉลี่ยจากทุกคู่ผสมภายในกลุ่มต่ำที่สุด สามารถแยกได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 1) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (G1) ประกอบด้วย พันธุ์ PAC559, TS1004, P4554 และ KSX5402 กลุ่มที่ 2 (G2) ประกอบด้วย พันธุ์ S6248, DK9955 และ CP801 และกลุ่มที่ 3 (G3) ประกอบด้วย พันธุ์ S7328, P4546 และ PAC339 โดยมีค่า SCA เฉลี่ยจากทุกคู่ผสมภายในกลุ่ม คือ -240.37, -173.84 และ -107.88 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 6) โดยเมื่อผสมข้ามระหว่างพันธุ์การค้าที่อยู่ต่างกลุ่มเฮทเทอโรซิส ลูกผสมส่วนใหญ่จะมีค่า SCA เป็นบวก โดยค่า SCA เฉลี่ยของการผสมระหว่างกลุ่ม G1 × G2, G1 × G3 และ G2 × G3 เท่ากับ 174.39, 306.32 และ 41.33 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งการจัดกลุ่มเฮทเทอโรซิสด้วยค่า SCA และผลผลิตเมล็ดสูง และการสร้าง dendrogram ด้วยวิธี UPGMA จากค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดให้ผลสอดคล้องกัน

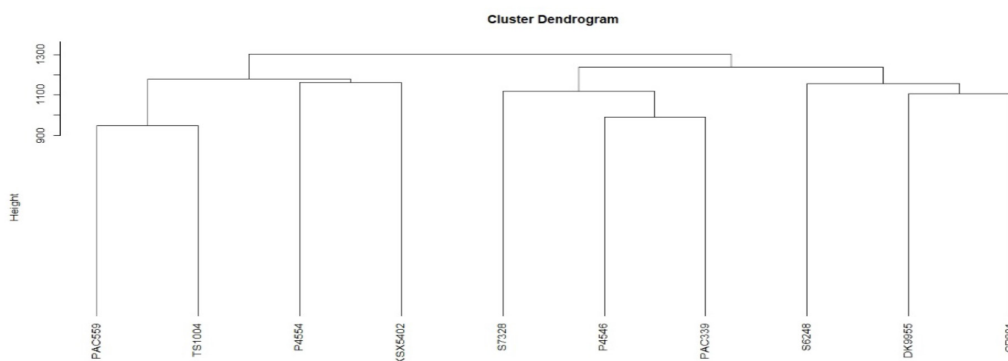


Figure 1 UPGMA dendrogram for 10 commercial maize hybrids based on differences in grain yield at 15% moisture

Table 4 Mean grain yield at 15% moisture of the top high-yielding 10 crosses and 11 hybrid checks from yield trials at 3 locations in the 2018 early and late rainy seasons

Crosses	Grain yield at 15% moisture (kg/rai)									
	Rainy season			Suwan Farm			Pa-Niet			Lopburi
	Early	Late	Mean	Early	Late	Mean	Early	Late	Mean	
P4546 × PAC559	1,309 ± 225 ^{ABC}	1,303 ± 171 ^A	1,306 ± 198 ^A	1,297 ± 251 ^{AB}	1,147 ± 144 ^{BL}	1,272 ± 202 ^{AB}	1,288 ± 336 ^{A-D}	1,291 ± 273 ^{AB}	1,459 ± 86 ^A	1,456 ± 96 ^{AB}
P4554 × CP801	1,253 ± 215 ^{A-G}	1,292 ± 189 ^{AB}	1,272 ± 202 ^{AB}	1,286 ± 160 ^{AB}	1,236 ± 152 ^{B-H}	1,269 ± 205 ^{AD}	1,241 ± 260 ^{A-E}	1,234 ± 230 ^{A-E}	1,393 ± 225 ^{A-E}	1,380 ± 186 ^{A-E}
P4546 × KSX5402	1,345 ± 230 ^A	1,193 ± 181 ^{A-D}	1,269 ± 205 ^{AD}	1,304 ± 169 ^A	1,098 ± 118 ^{BL}	1,252 ± 96 ^{A-E}	1,369 ± 187 ^A	1,278 ± 121 ^{ABC}	1,425 ± 334 ^{ABC}	1,444 ± 303 ^{ABC}
CP801 × PAC559	1,337 ± 107 ^{AB}	1,167 ± 86 ^{A-E}	1,252 ± 96 ^{A-E}	1,264 ± 129 ^{AB}	946 ± 30 ^{E-M}	1,270 ± 228 ^{ABC}	1,359 ± 171 ^{AB}	1,291 ± 159 ^A	1,291 ± 21 ^A	1,486 ± 68 ^A
P4554 × S6248	1,298 ± 277 ^{AD}	1,243 ± 179 ^{ABC}	1,270 ± 228 ^{ABC}	1,297 ± 306 ^{AB}	1,276 ± 188 ^{B-G}	1,236 ± 128 ^{A-E}	1,220 ± 234 ^{A-E}	1,199 ± 116 ^{A-F}	1,362 ± 291 ^{A-F}	1,394 ± 233 ^{A-D}
DK9955 × KSX5402	1,262 ± 133 ^{AG}	1,211 ± 124 ^{A-D}	1,236 ± 128 ^{A-E}	1,251 ± 89 ^{ABC}	1,169 ± 107 ^{B-E}	1,201 ± 114 ^{C-M}	1,211 ± 116 ^{A-F}	1,171 ± 126 ^{A-G}	1,373 ± 194 ^{A-F}	1,373 ± 138 ^{A-G}
S6248 × PAC339	1,278 ± 167 ^{A-F}	1,199 ± 152 ^{A-D}	1,238 ± 159 ^{A-E}	1,239 ± 235 ^{A-D}	1,201 ± 114 ^{C-M}	1,236 ± 104 ^{A-E}	1,189 ± 146 ^{A-H}	1,161 ± 127 ^{A-I}	1,315 ± 120 ^{A-H}	1,327 ± 214 ^{A-I}
P4546 × CP801	1,295 ± 113 ^{A-E}	1,176 ± 94 ^{AD}	1,236 ± 104 ^{A-E}	1,263 ± 119 ^{AB}	1,029 ± 153 ^{BL}	1,144 ± 87 ^{B-H}	1,298 ± 109 ^{ABC}	1,255 ± 81 ^{AD}	1,419 ± 111 ^{AD}	1,463 ± 47 ^{AB}
DK9955 × P4546	1,144 ± 108 ^{A-J}	1,144 ± 65 ^{A-F}	1,144 ± 87 ^{B-H}	1,163 ± 119 ^{A-E}	1,164 ± 41 ^{ABC}	1,195 ± 140 ^{AG}	1,065 ± 75 ^{E-L}	1,029 ± 61 ^{E-K}	1,277 ± 129 ^{A-H}	1,260 ± 94 ^{B-J}
P4554 × S7328	1,187 ± 167 ^{A-I}	1,203 ± 112 ^{A-D}	1,195 ± 140 ^{AG}	1,215 ± 175 ^{A-E}	1,234 ± 103 ^{BE}	1,130 ± 151 ^{B-J}	1,125 ± 176 ^{C-L}	1,084 ± 122 ^{B-J}	1,315 ± 149 ^{A-H}	1,287 ± 113 ^{A-J}
Mean (Crosses)	1,169	1,132	1,150	1,160	1,120	1,111	1,021 ± 206 ^{F-M}	1,010 ± 121 ^{F-L}	1,077	1,249
DK9955	1,130 ± 132 ^{B-J}	1,131 ± 170 ^{A-F}	1,130 ± 151 ^{B-J}	1,135 ± 95 ^{A-E}	1,130 ± 214 ^{F-M}	1,204 ± 127 ^{AG}	1,125 ± 141 ^{C-L}	1,103 ± 142 ^{A-J}	1,010 ± 95 ^{F-L}	1,255 ± 176 ^{B-K}
P4554	1,198 ± 108 ^{A-H}	1,209 ± 147 ^{A-D}	1,204 ± 127 ^{AG}	1,202 ± 110 ^{A-E}	1,170 ± 147 ^{F-M}	1,202 ± 170 ^{AG}	1,081 ± 169 ^{F-L}	1,066 ± 67 ^{C-J}	1,103 ± 72 ^{A-J}	1,312 ± 151 ^{A-I}
S7328	1,167 ± 209 ^{A-J}	1,238 ± 132 ^{ABC}	1,202 ± 170 ^{AG}	1,208 ± 229 ^{A-E}	1,334 ± 69 ^{F-M}	1,191 ± 180 ^{A-H}	1,134 ± 307 ^{C-L}	1,098 ± 112 ^{A-J}	1,066 ± 228 ^{C-J}	1,210 ± 262 ^{G-K}
P4546	1,248 ± 216 ^{AG}	1,134 ± 144 ^{A-F}	1,191 ± 180 ^{A-H}	1,181 ± 223 ^{A-E}	1,104 ± 140 ^{G-M}	1,246 ± 122 ^{A-E}	1,198 ± 116 ^{A-H}	1,171 ± 69 ^{A-H}	1,098 ± 117 ^{A-J}	1,306 ± 179 ^{A-J}
S6248	1,273 ± 129 ^{A-F}	1,220 ± 114 ^{A-D}	1,246 ± 122 ^{A-E}	1,206 ± 169 ^{A-E}	1,044 ± 190 ^{H-M}	1,132 ± 169 ^{B-J}	1,068 ± 147 ^{E-L}	1,048 ± 112 ^{D-K}	1,171 ± 103 ^{A-H}	1,377 ± 83 ^{A-F}
CP801	1,140 ± 178 ^{A-J}	1,125 ± 160 ^{A-F}	1,132 ± 169 ^{B-J}	1,119 ± 217 ^{A-E}	1,060 ± 121 ^{F-M}	1,195 ± 157 ^{AG}	1,121 ± 85 ^{C-L}	1,079 ± 103 ^{B-J}	1,048 ± 171 ^{D-K}	1,229 ± 247 ^{C-K}
PAC339	1,230 ± 172 ^{A-H}	1,160 ± 142 ^{A-F}	1,195 ± 157 ^{AG}	1,196 ± 197 ^{A-E}	1,155 ± 210 ^{I-M}	1,157 ± 273 ^{B-I}	1,100 ± 337 ^{C-L}	1,060 ± 214 ^{D-K}	1,079 ± 233 ^{B-J}	1,313 ± 112 ^{A-I}
PAC559	1,123 ± 316 ^{B-J}	1,191 ± 230 ^{A-D}	1,157 ± 273 ^{B-I}	1,155 ± 122 ^{A-E}	1,206 ± 77 ^{J-M}	1,202 ± 199 ^{AG}	1,179 ± 418 ^{A-I}	1,102 ± 114 ^{A-J}	1,060 ± 244 ^{D-K}	1,158 ± 231 ^{C-L}
TS1004	1,229 ± 239 ^{A-H}	1,174 ± 159 ^{A-D}	1,202 ± 199 ^{AG}	1,211 ± 160 ^{A-E}	1,132 ± 234 ^{K-LM}	998 ± 125 ^{J-KL}	817 ± 156 ^N	813 ± 44 ^L	1,102 ± 140 ^{A-J}	1,322 ± 130 ^{A-I}
KSX5402	964 ± 158 ^I	1,032 ± 92 ^{C-F}	998 ± 125 ^{J-KL}	1,008 ± 190 ^{CDE}	1,321 ± 164 ^{L-M}	1,060 ± 153 ^{GL}	1,012 ± 101 ^{G-M}	1,000 ± 91 ^{F-L}	813 ± 129 ^L	887 ± 68 ^M
NS 3	1,056 ± 158 ^{G-J}	1,064 ± 148 ^{B-F}	1,060 ± 153 ^{GL}	1,056 ± 108 ^{A-E}	1,007 ± 100 ^M	1,056 ± 108 ^{A-E}	1,012 ± 101 ^{G-M}	1,000 ± 91 ^{F-L}	1,000 ± 266 ^{F-L}	1,149 ± 253 ^{H-L}

Table 4 Cont.

Crosses	Grain yield at 15% moisture (kg/rai)									
	Rainy season			Suwan Farm			Pa-Niet		Lopburi	
	Early	Late	Mean	Early	Late	Mean	Early	Late	Early	Late
Mean (Check)	1,160	1,153	1,156	1,153	1,151	1,152	1,078	1,050	1,257	1,229
Mean trial	1,167	1,136	1,151	1,159	1,127	1,143	1,104	1,072	1,255	1,245
F-test	**	**	**	*	*	**	**	**	**	**
LSD _{0.05}	134.42	147.27	117.59	158.53	179.73	169.15	123.83	132.74	143.18	135.53
LSD _{0.01}	177.67	194.65	155.42	-	-	-	163.66	175.45	189.25	179.13
CV (%)	14.25	16.04	17.01	16.93	11.38	14.15	13.88	15.22	14.12	13.46

^{a-m} Means with different letters within a column were significantly differ ($P < 0.05$). * Significant at $P < 0.05$, ** significant at $P < 0.01$, CV = coefficient of variation. Suwan Farm = National Corn and Sorghum Research Center, Pa-Niet = Research and Development Station for Farmers, Lopburi = Lopburi Research Center.

Table 5 Estimates of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects (Upper diagonal) from diallel crosses of 10 commercial hybrids for grain yield at 15% moisture (Lower diagonal, kg/rai) from data combined over two seasons (Early and late rainy seasons) in 2018

	DK9955	P4554	S7328	P4546	S6248	CP801	PAC339	PAC559	TS1004	KSX5402	GCA
DK9955	-	39.54	-14.33	-22.55	-15.83	-71.39*	63.12*	-65.00*	30.14	56.29	0.8
P4554	1,228	-	25.88	-61.43*	65.21*	64.17*	-2.52	-13.15	-58.84	-58.87	37.0*
S7328	1,123	1,195	-	-43.08	0.72	-50.22	13.18	41.41	10.51	15.91	-13.8
P4546	1,144	1,149	1,111	-	-87.18**	45.22	-143.94**	141.31**	102.10**	69.54*	13.5
S6248	1,136	1,270	1,130	1,071	-	-20.66	120.56**	37.66	-89.75**	-10.75	-2.1
CP801	1,109	1,272	1,108	1,236	1,149	-	-14.01	74.03*	36.06	-63.21*	29.4*
PAC339	1,178	1,158	1,115	984	1,238	1,136	-	-82.41*	73.26*	-27.24	-28.9
PAC559	1,088	1,177	1,170	1,305	1,178	1,252	1,032	-	-127.84**	-6.02	-0.5
TS1004	1,116	1,049	1,068	1,157	980	1,137	1,122	1,070	-	24.35	-72.1**
KSX5402	1,236	1,158	1,198	1,269	1,166	1,146	1,126	1,178	1,139	-	36.8*

(-) Not determine, * significant at $P < 0.05$, ** significant at $P < 0.01$.

Table 6 Specific combining ability (SCA) for grain yield at 15% moisture of intra-group and inter-group from diallel crosses of 10 commercial hybrids from data combined over two seasons (Early and late rainy seasons) in 2018

Intra-group					
G1		G2		G3	
Crosses	SCA	Crosses	SCA	Crosses	SCA
P4554 × PAC559	-13.15	S7328 × P4546	-43.08	DK9955 × S6248	-15.83
P4554 × TS1004	-58.84	S7328 × PAC339	13.18	DK9955 × CP801	-71.39
P4554 × KSX5402	-58.87	P4546 × PAC339	-143.94	S6248 × CP801	-20.66
PAC559 × TS1004	-127.84				
PAC559 × KSX5402	-6.02				
TS1004 × KSX5402	24.35				
Average G1	-240.37	Average G2	-173.84	Average G2	-107.88
Inter-group					
G1 × G2		G1 × G3		G2 × G3	
Crosses	SCA	Crosses	SCA	Crosses	SCA
DK9955 × P4554	39.54	P4554 × S7328	25.88	DK9955 × S7328	-14.33
DK9955 × PAC559	-65.00	P4554 × P4546	-61.43	DK9955 × P4546	-22.55
DK9955 × TS1004	30.14	P4554 × PAC339	-2.52	DK9955 × PAC339	63.12
DK9955 × KSX5402	56.29	S7328 × PAC559	41.41	S7328 × S6248	0.72
P4554 × S6248	65.21	P4546 × PAC559	141.31	S7328 × CP801	-50.22
P4554 × CP801	64.17	PAC339 × PAC559	-82.41	P4546 × S6248	-87.18
S6248 × PAC559	37.66	PAC339 × TS1004	73.26	P4546 × CP801	45.22
S6248 × TS1004	-89.75	PAC339 × KSX5402	-27.24	CP801 × PAC339	-14.01
S6248 × KSX5402	-10.75	P4546 × TS1004	102.10	S6248 × PAC339	120.56
CP801 × PAC559	74.03	P4546 × KSX5402	69.54		41.33
CP801 × TS1004	36.06	S7328 × KSX5402	15.91		
CP801 × KSX5402	-63.21	S7328 × TS1004	10.51		
Average G1 × G2	174.39	Average G1 × G3	306.32	Average G2 × G3	41.33

สรุป

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมทางการค้าจำนวน 10 พันธุ์ สามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสได้จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 4 พันธุ์ (PAC559, TS1004, P4554 และ KSX5402) กลุ่มที่ 2 จำนวน 3 พันธุ์ (S7328, P4546 และ PAC339) และกลุ่มที่ 3 จำนวน 3 พันธุ์ S6248, DK9955 และ CP801 โดยลูกผสมที่ให้ค่า SCA เป็นบวกและแตกต่างทางสถิติและให้ผลผลิตเมล็ดสูง มีจำนวน 6 คู่ผสม ได้แก่ P4546 × PAC559, S6248 × PAC339, P4554 × S6248, P4554 × CP801, P4546 × KSX5402 และ CP801 × PAC559 และพันธุ์ที่ให้ค่า GCA สูงมีจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ P4554, CP801 และ KSX5402 ซึ่งการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของพันธุ์ลูกผสมทางการค้าเหล่านี้ด้วยค่า

SCA และผลผลิตเมล็ดสูง และการสร้าง dendrogram ด้วยวิธี UPGMA จากค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดจะเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสายพันธุ์แท้และลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะทางการเกษตรที่ดีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยโครงการวิจัยเรื่อง การทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อการค้าเลือกซื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทางการค้า รหัสโครงการ PRP6205030120

เอกสารอ้างอิง

- Briggs, F.N. and P.F. Knowles. 1970. Introduction to Plant Breeding. University of California, Davis, California, USA.
- Gardner, C.O. and A.S. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. *Biometrics*. 22(3): 439–452.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463–493. <https://doi.org/10.1071/BI9560463>.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Iowa, USA. 468 pp.
- Jompuk, C., K. Samphantharak and S. Chowchong. 2000. Genetic diversity of corn hybrids from different sources in Thailand as verified by their heterotic pattern and inbreeding depression. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 34: 205–209.
- Kumpai, S., S. Jenweerawat, P. Kittipadakul, C. Jompuk and T. Prasartsrisupab. 2022. Heterotic grouping of lines derived from commercial field corn hybrids using grain yield together, pp. 85–93. *In Proc the 60th Kasetsart University Annual Conference*, February 21–23, 2022. (in Thai)

- Mikel, M.A. and J.W. Dudley. 2006. Evolution of North American dent corn from public to proprietary germplasm. *Crop Sci.* 46(3): 1193–1205. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.10-0371>.
- Oupadissakoon, S. 1994. *Statistics of Experimental Planning. Volume 2.* Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 439 pp. (in Thai)
- Phumichai, C., W. Doungchan, P. Puddhanon, S. Jampatong, P. Grudloyma, C. Kirdsri, J. Chunwongse and T. Pulam. 2008. SSR-based and grain yield-based diversity of hybrid maize in Thailand. *Field Crops Res.* 108(2): 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.04.009>.
- Pulam, T. 1997. *Sweet Corn, Breeding and Commercial Cultivation.* OS Printing House, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- R Core Team. 2020. *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Suwanatape, T., S. Jampatong and C. Jompuk. 2020. Genetic diversity of commercial field corn hybrids in Thailand as verified by SSR Markers and their inbreeding depression. *Curr. Appl. Sci. Technol.* 20(3): 429–439. <https://doi.org/10.14456/cast.2020.28>.
- Vasal, S.K. 1994. High quality protein corn, pp. 79–121. *In* A.R. Hallauer, ed. *Specialty Corns.* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.