

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558

1. ชุดโครงการวิจัย : การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพแห้งแล้ง
2. โครงการวิจัย : การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทนทานแล้ง
กิจกรรม : การวิจัยลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความทนทานแล้ง
3. ชื่อการทดลอง (ไทย) : การศึกษาและประเมินลักษณะความทนทานแล้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดย
ลักษณะทางสรีรวิทยา
ชื่อการทดลอง (อังกฤษ) : Study on Physiological Traits for Screening Drought Tolerance in Maize
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : ทศนีย์ บุตรทอง
ผู้ร่วมงาน : สุริพัฒน์ ไทยเทศ สุทัศน์ วงศ์ศุภไทย
: จำนงค์ ชัญถาวร กิตติมา อินทะเคหะ

5. บทคัดย่อ

ศึกษาและประเมินลักษณะความทนทานแล้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้และลูกผสม ดำเนินการในปี 2554-2558 ฤดูแล้ง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ภายใต้ 2 สภาพ คือ สภาพให้น้ำสม่ำเสมอ และสภาพขาดน้ำในระยะออกไหมเป็นระยะเวลา 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) 4 ซ้ำ 4 แถวต่อแปลงย่อย แถวยาว 5 เมตร ใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ และลักษณะทางสรีรวิทยาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรทั้ง 2 สภาพ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตสูงและมีความทนทานแล้ง ได้แก่ สายพันธุ์ [Nei452016-2 x Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B, [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB x PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB x Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B, CTS011074/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B, Nei462013, Nei462014, Nei542013, Nei532005 และ Tak Fa 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีความทนทานแล้ง ได้แก่ พันธุ์ NSX052014, NSX112017 และ NSX111044 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความกว้างฝัก ความยาวฝัก การปิดเปิดปากใบ ความชื้นสีเขียวของใบ และดัชนีพืชพรรณ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ คะแนนการแก่ของใบ คะแนนการม้วนของใบ และอุณหภูมิใบ แสดงให้เห็นว่าลักษณะผลผลิตขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางสรีรวิทยาดังกล่าว ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทนทานแล้ง ควรคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ที่มีจำนวนฝักต่อต้น ความกว้างฝัก ความยาวฝัก การปิดเปิดปากใบ ความชื้นสีเขียวของใบ และดัชนีพืชพรรณมาก อายุวัน

ออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ใกล้เคียงกัน ช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ คะแนนการแก่ของใบ คะแนนการม้วนของใบ และอุณหภูมิใบต่ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตต่ำ และดัชนีทนแล้งมากกว่า 1

คำสำคัญ : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สรีรวิทยา ทนแล้ง ดัชนี สภาพขาดน้ำ

ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

Abstract

Study on physiological traits for screening drought tolerance of inbred lines and hybrid maize was carried out during the dry season of 2011-2015, 18 hybrids and 65 inbred lines were evaluated in separate trials under well watered (WW) and water stress (WS) conditions at Nakhon Sawan Field Crops Research Center. A randomize complete block design was used with four replications. Individual plot consisted of four rows of five meters long with a row spacing of 75 cm. and 20 cm. between plants. Observation on grain yield components, some agronomic traits and physiological traits. Comparison of grain yield and some agronomic traits across 2 conditions showed that eight inbred lines namely [Nei452016-2 x Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B, [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB x PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB x Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B, CTS011074/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B, Nei462013, Nei462014, Nei542013, Nei532005 and Tak Fa 1 produced high yield and drought tolerance, three hybrids namely NSX052014, NSX112017 and NSX111044 produced high yield and drought tolerance for hybrid maize. Correlation analysis under water stress conditions showed that grain yield correlated positively with the number of ear per plant, 100 kernel weight, ear width, ear length, stomatal conductance, chlorophyll content and normalized difference vegetative index but correlated negatively with anthesis silking interval, leaf senescence, leaf rolling and leaf temperature. It indicated that yield potential correlated with physiological traits. Variety selection for high yield and drought tolerance, the traits for variety selection were an increased the number of ear per plant, 100 kernel weight, ear width, ear length, stomatal conductance, chlorophyll content and normalized difference vegetative index and decreased anthesis silking interval, leaf senescence, leaf rolling and leaf temperature available. Furthermore, less yield loss percentage and drought tolerance index more than one were used for variety selection also.

Keywords : maize, physiological traits, drought tolerance, drought index, water stress

6. คำนำ

แหล่งปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญของประเทศไทย คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา ลพบุรี สระแก้ว นครสวรรค์ เลย ตาก เชียงราย พะเยา อุทัยธานี ชัยภูมิ พิษณุโลก สระบุรี กำแพงเพชร และน่าน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตที่ต้องอาศัยน้ำฝน มักประสบปัญหาฝนทิ้งช่วง หรือ ฝนแล้ง (2-3 สัปดาห์) ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย และมีปริมาณน้อยกว่าปกติ โดยเฉพาะการขาดน้ำในช่วงวิกฤตของข้าวโพด คือ ช่วงออกดอก ทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าร้อยละ 50 สภาพแห้งแล้งนอกจากจะมีผลต่อผลผลิตแล้ว ยังมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช (Ribaut *et al.*, 1996) การปรับปรุงพันธุ์ทนทานแล้งนอกจากจะคัดเลือกพันธุ์โดยพิจารณาจากผลผลิตแล้ว ลักษณะทางสรีรวิทยาเป็นอีกดัชนีหนึ่งที่มีความสำคัญในการใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ เนื่องจากลักษณะดังกล่าวแสดงการถ่ายทอดได้สูง มีความสะดวก รวดเร็วในการปฏิบัติ (CIMMYT, 1999) นอกจากนี้การใช้ดัชนีทนแล้ง (drought index) และช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (anthesis silking interval, ASI) ยังสามารถช่วยในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งได้ดี (Fischer *et al.*, 1983) ลักษณะทางสรีรวิทยาอื่น ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวม อุณหภูมิพุ่มใบ ศักดิ์ของน้ำในใบ เปอร์เซ็นต์ใบแห้ง และช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (ASI) ยังสามารถใช้เป็นดัชนีประกอบการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทนทานแล้งได้อีกด้วย (สมชาย และพิเชษฐ์, 2551) เช่นเดียวกับการทดลองของ Weixing *et al.* (2008) พบว่า ผลผลิต พื้นที่ใบ และดัชนีทนแล้ง สามารถใช้เป็นตัวชี้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทนทานแล้ง ซึ่งหากมีการจัดการสภาพแปลงทดลองและสภาพแวดล้อมเพื่อการคัดเลือกพันธุ์ทนทานแล้งให้เหมาะสมกับช่วงเวลา (timing) ความเข้มข้น (stress intensity) และความสม่ำเสมอ (uniformity) ของแปลงทดลอง (Bänzinger *et al.*, 2000) การเลือกใช้ลักษณะสรีรวิทยา (physiological traits) ในการประกอบการคัดเลือกพันธุ์จะประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้จำนวน 65 สายพันธุ์ และพันธุ์ลูกผสมจำนวน 18 พันธุ์
2. ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 และปุ๋ยเคมีเกรด 46-0-0
3. สารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีน และอะลาคลอร์
4. เครื่องมือ SPAD 502 meter, Green Seeker Hand Held, Infrared Thermometer และ Leaf Porometer

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) 4 ซ้ำ 4 แถวต่อแปลงย่อย ดำเนินการในฤดูแล้ง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ภายใต้ 2 สภาพ คือ

1) สภาพให้น้ำสม่ำเสมอ : โดยการให้น้ำชลประทานอย่างสม่ำเสมอ ประมาณสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ

2) สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม : โดยการให้น้ำชลประทานอย่างสม่ำเสมอในระยะแรกจนถึงระยะก่อนออกไหม 2 สัปดาห์ เมื่อข้าวโพดมีใบคลี่เต็มที่ 9 ใบ ทำการหยุดให้น้ำ และเมื่อออกไหมได้ 2 สัปดาห์ จึงทำการให้น้ำต่อจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ

ปลูกเป็นแถวยาว 5.0 เมตร ใช้ระยะ 75x20 เซนติเมตร หยอด 2 เมล็ดต่อหลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม ทำการพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีน อัตรา 200 กรัมต่อไร่ ผสมกับอะลาคอร์ อัตรา 300 ซีซีต่อไร่ หลังปลูกขณะดินมีความชื้น ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 รองพื้นอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ โรยข้างแถว เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน แล้วพรวนดินกลบพูนโคนต้น ข้าวโพด เก็บเกี่ยว 2 แถวกลาง พื้นที่เก็บเกี่ยว 7.20 ตารางเมตร

การบันทึกข้อมูล

1) บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่

- ค่าวิเคราะห์ดิน ปริมาณน้ำฝน และวันปฏิบัติการ
- อายุวันออกไหม 50% (day to silking, Silk) อายุวันออกดอกตัวผู้ 50% (day to tasseling, Tass)
- ช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (anthesis silking interval, ASI)
- ความสูงต้น (plant height, Pt Ht) ความสูงฝัก (ear height, Ear Ht)
- จำนวนฝักต่อต้น (ear per plant, EPP)
- ความกว้างฝัก (ear width, EW) ความยาวฝัก (ear length, EL)
- น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (100 kernel weight, HKW)
- ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (moisture content, Moist)
- ผลผลิต (grain yield, GY) และองค์ประกอบผลผลิต
- คะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling, LR) ให้คะแนน 1-5 โดย 1=ใบปกติ 5=ใบห่อม้วนคล้ายใบหอม
- คะแนนการแก่ของใบ (leaf senescence, LS) ให้คะแนน 1-10 โดย 1=ใบปกติ 10=ใบเหี่ยวทั้งต้น
- วิเคราะห์ผลการทดลองใช้โปรแกรม MSTAT-C
- ดัชนีทนแล้ง (drought index, DI)

$$DI = \frac{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}} \times \frac{\text{ผลผลิตเฉลี่ยการทดลองในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}}{\text{ผลผลิตเฉลี่ยการทดลองในสภาพขาดน้ำ}}$$

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิต (yield loss)

$$\text{yield loss} = \frac{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ} - \text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}} \times 100$$

2) บันทึกข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่

- ความเข้มข้นสีเขียวของใบพืช (chlorophyll content, CC) โดยใช้เครื่องมือ SPAD 502 meter บันทึกข้อมูลระยะออกดอกตัวผู้
- ค่าดัชนีพืชพรรณ (normalized difference vegetative index, NDVI) โดยใช้เครื่องมือ Green Seeker Hand Held บันทึกข้อมูลระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และระยะออกดอกตัวผู้
- อุณหภูมิใบ (leaf temperature, LT) วัดโดยใช้เครื่องมือ Infrared Thermometer
- การปิดเปิดปากใบ (stomatal conductance, SC) วัดโดยใช้เครื่องมือ Leaf Porometer

ระยะเวลาดำเนินการ (เริ่มต้น-สิ้นสุด) ตุลาคม 2553 - กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (ศวร.นว.)

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองพบว่า ปี 2554 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 12 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 410-994 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (742 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ [(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 × Nei9202)-178-3-1-1-BB × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B, [(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 × Nei9202)-178-3-1-1-BB × Nei452026]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B, [Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B และ [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB × Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B ให้ผลผลิต 994 987 938 และ 869 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34 33 26 และ 17 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกใหม่ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 1-206 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (73 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ [Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B และ [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB × Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B ให้ผลผลิต 206 และ 146 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 182 และ 101 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 78-100 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.01-2.21 (Table 1)

Table 1 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of inbred line under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2011

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
[Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B	938	206	572	78	2.21
[(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-	869	146	508	83	1.70

EPP	-0.660*	1								
HKW	-0.353	0.381	1							
EL	-0.652*	0.858**	0.700*	1						
EW	-0.654*	0.765**	0.763**	0.967**	1					
CC	-0.454	0.448	0.223	0.529	0.545	1				
NDVI	-0.257	0.500	0.241	0.469	0.382	-0.018	1			
LS	0.815**	-0.466	-0.368	-0.601*	-0.642*	-0.584*	-0.145	1		
LR	0.673*	-0.655*	-0.070	-0.462	-0.357	0.026	-0.647*	0.462	1	
GY	-0.485	0.851**	0.136	0.667*	0.538	0.514	0.544	-0.265	-0.451	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ปี 2555 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 12 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 290-1,000 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 5 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (742 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ [(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 × Nei9202)-178-3-1-1-BB × Nei452026]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B-B, [(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 × Nei9202)-178-3-1-1-BB × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B-B, [Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B-B, Nei452006 และ [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB × Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B-B ให้ผลผลิต 1,000 943 930 907 และ 875 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 35 27 25 22 และ 18 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 2-288 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ [Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B-B ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (161 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คิดเป็นร้อยละ 79 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 69-99 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.03-1.43 (Table 3)

Table 3 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of inbred line under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2012

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
[Nei452016-2 × Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B-B	930	288	609	69	1.43
[(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 × Nei9202)-178-3-1-1-BB × Nei452026]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B-B	1000	274	637	73	1.26
[(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB × Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B-B	875	228	552	74	1.20
[(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB × PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB × Nei452008]-F2-B-B-B-4-3-B-B-B-B	727	210	469	71	1.33
Nei462013	702	189	446	73	1.24

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
[(KS23(S)C2-285-2-1-1-1 x Nei9202)-178-3-1-1-BB x Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B-B	943	185	564	80	0.91
Nei452006	907	169	538	81	0.86
Nei452009	687	166	426	76	1.11
[(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB x PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-40-3-BBBB x Nei452008]-F2-B-B-B-7-3-B-B-B-B	789	109	449	86	0.64
Tak Fa 1	602	96	349	84	0.73
Tak Fa 3	451	17	234	96	0.17
Tak Fa 2	290	2	146	99	0.03
Mean	742	161	452	80	0.91
CV (%)	9.23	50.08	-	-	-
LSD (0.05)	99	116	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.932^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.213$) ความยาวฝัก ($r=0.717^{**}$) ความกว้างฝัก ($r=0.662^*$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.727^{**}$) ความชื้นสีเขียวของใบพืช ($r=0.643^*$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.592^*$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.728^{**}$) อุณหภูมิใบ ($r=-0.779^{**}$) คะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.593^*$) และคะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.786^{**}$) (Table 4)

Table 4 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of inbred lines under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2012

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1											
EPP	-0.730 ^{**}	1										
HKW	-0.546	0.142	1									
EL	-0.582 [*]	0.707 [*]	0.498	1								
EW	-0.771 ^{**}	0.705 [*]	0.688 [*]	0.873 ^{**}	1							
LT	0.669 [*]	-0.808 ^{**}	-0.041	-0.546	-0.591 [*]	1						
SC	-0.550	0.568 [*]	0.024	0.255	0.305	-0.782 ^{**}	1					
CC	-0.866 ^{**}	0.617 [*]	0.755 ^{**}	0.770 ^{**}	0.883 ^{**}	-0.440	0.313	1				
NDVI	-0.596 [*]	0.606 [*]	0.771 ^{**}	0.772 ^{**}	0.840 ^{**}	-0.278	0.090	0.767 ^{**}	1			
LR	0.746 ^{**}	-0.826 ^{**}	-0.136	-0.712 ^{**}	-0.742 ^{**}	0.801 ^{**}	-0.543	-0.609 [*]	-0.465	1		
LS	0.794 ^{**}	-0.579 [*]	-0.276	-0.436	-0.654 [*]	0.610 [*]	-0.530	-0.673 [*]	-0.315	0.745 ^{**}	1	
GY	-0.728 ^{**}	0.932 ^{**}	0.213	0.717 ^{**}	0.662 [*]	-0.779 ^{**}	0.727 ^{**}	0.643 [*]	0.592 [*]	-0.786 ^{**}	-0.593 [*]	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ปี 2556 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 30 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 95-541 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 6 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (267 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ Nei462013 Nei502012 Nei462014 Nei411010 Tak Fa 1 และ Nei502015 ให้ผลผลิต 541 519 447 425 418 และ 412 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 103 95 67 59 56 และ 54 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 0-190 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (42 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ Nei502010, Nei462013, Nei462014 และ Nei502009 ให้ผลผลิต 190 183 123 และ 117 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 353 336 194 และ 178 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 47-100 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0-3.34 (Table 5)

Table 5 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of inbred line under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2013

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Nei502010	362	190	276	47	3.34
Nei462013	541	183	362	66	2.15
Nei462014	447	123	285	72	1.75
Nei502009	304	117	210	62	2.44
Nei502012	519	99	309	81	1.21
Nei502015	412	86	249	79	1.33
Nei502028	246	85	166	65	2.20
Nei452009	320	44	182	86	0.87
Nei411009	320	39	179	88	0.77
Nei411005	163	33	98	80	1.28
Nei411013	247	33	140	87	0.85
Nei411010	425	32	229	92	0.48
Tak Fa 1	418	30	224	93	0.45
Tak Fa 3	220	28	124	87	0.81
Nei411003	369	23	196	94	0.40
Nei411020	247	19	133	92	0.50
Nei411032	187	18	102	91	0.60
Nei411012	118	11	64	91	0.56
Nei411014	105	10	57	91	0.60

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Nei411007	185	8	96	96	0.27
Nei502027	118	8	63	93	0.44
Nei502007	293	7	150	98	0.15
Nei502011	130	7	69	94	0.35
Nei502017	190	6	98	97	0.20
Nei502021	241	5	123	98	0.13
Nakhon Sawan 1	209	5	107	98	0.14
Nei411004	194	4	99	98	0.12
Nei411016	271	0	135	100	0
Nakhon Sawan 2	95	0	47	100	0
Tak Fa 2	106	0	53	100	0
Mean	267	42	154	87	0.81
CV (%)	28.32	117.28	-	-	-
LSD (0.05)	106	69	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.876^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.275$) ความยาวฝัก ($r=0.337$) ความกว้างฝัก ($r=0.394^*$) ความเข้มสีเขียวของใบพืช ($r=0.710^{**}$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.464^{**}$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.653^{**}$) คะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.628^{**}$) และคะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.340$) (Table 6)

Table 6 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of inbred lines under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2013

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1									
EPP	-0.780 ^{**}	1								
HKW	-0.011	0.240	1							
EL	-0.291	0.460 [*]	0.569 ^{**}	1						
EW	-0.337	0.524 ^{**}	0.567 ^{**}	0.925 ^{**}	1					
CC	-0.234	0.592 ^{**}	0.396 [*]	0.377 [*]	0.406 [*]	1				
NDVI	-0.298	0.441 [*]	0.476 ^{**}	0.467 ^{**}	0.561 ^{**}	0.476 ^{**}	1			
LR	0.030	-0.339	-0.567 ^{**}	-0.499 ^{**}	-0.528 ^{**}	-0.461 [*]	-0.720 ^{**}	1		
LS	0.250	-0.597 ^{**}	-0.574 ^{**}	-0.550 ^{**}	-0.612 ^{**}	-0.667 ^{**}	-0.822 ^{**}	0.819 ^{**}	1	
GY	-0.653 ^{**}	0.876 ^{**}	0.275	0.337	0.394 [*]	0.710 ^{**}	0.464 ^{**}	-0.340	-0.628 ^{**}	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ปี 2557 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 16 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 184-643 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 3 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (384 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ CTS013060/(AMATLCOHS167-1-1-1-2F/R)-BBBBB/Nei402004-B-B-B-B, Tak Fa 1 และ P390Am/CMLC4F230-B-2-1-2-3-B-B-B-B-B ให้ผลผลิต 643 643 และ 483 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67 67 และ 26 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 9-270 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ CTS011074/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B-B และ Tak Fa 1 ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (103 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ให้ผลผลิต 270 และ 266 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 162 และ 119 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 41-97 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.11-2.21 (Table 7)

Table 7 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of inbred line under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2014

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
CTS011074/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B-B	456	270	363	41	2.21
Tak Fa 1	643	226	435	65	1.31
DTPYC9-F46-3-9-1-2-B-B-B-B-B	423	166	295	61	1.46
CML425/P31C4S5B-6-#-#-BB-B-B-B-B-B	397	136	266	66	1.27
CTS011106/SW92145-2P9S2-##-4-BBB/SW92145-2EV-7-3-BBBB-B-B-B-B	226	133	180	41	2.20
CA00106/EY-DMR-G-C5-S2-B-B-2-1-B-B-B-B-B-B-B	245	132	188	46	2.00
CML429/EY-DMR-G-C5-S2-B-B-3-1-B-B-B-B-B-B-B	415	122	269	71	1.10
CTS011008/EY-DMR-G-C5-S2-B-B-3-1-B-B-B-B/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B-B-B-B	275	101	188	63	1.37
EY-DMR-G-C5-S2-B-B-3-1-B-B-B-B-B-B-B	252	92	172	63	1.36
CTS011072/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/P31DMR-88-3#-B*14-B-B-B-B	184	55	119	70	1.11
MIRTC5AmF40-1-2-3-2-2-1-B-B-B-B-B	312	50	181	84	0.59
P390Am/CMLC4F230-B-2-1-2-3-B-B-B-B-B	483	48	265	90	0.37
CTS013060/(AMATLCOHS167-1-1-1-2F/R)-BBBBB/Nei402004-B-B-B-B	643	46	344	93	0.26
Pop.147-137-1-B-B-B-B-B-B-B	463	33	248	93	0.26
Pop.147-F2#136-4-1-B-1-B-B-B-B-B-B-B	400	29	214	93	0.27
CTS011034/Pop.147-F2#105-2-1-B-1-B-B/SW92145-2P9S2-	332	9	171	97	0.11

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
##-4-BBB-B-B-B-B					
Mean	384	103	244	71	1.08
CV (%)	15.04	44.63	-	-	-
LSD (0.05)	82	65	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.833^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.409$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.251$) ความชื้นสีเขียวของใบพืช ($r=0.767^{**}$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.562^*$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.571^*$) อุณหภูมิใบ ($r=-0.542$) คะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.616^*$) และคะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.738^{**}$) (Table 8)

Table 8 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of inbred lines under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2014

	ASI	EPP	HKW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1									
EPP	-0.676 ^{**}	1								
HKW	-0.022	0.200	1							
LT	0.544 [*]	-0.624 ^{**}	-0.177	1						
SC	0.115	0.183	0.391	0.020	1					
CC	-0.554 [*]	0.820 ^{**}	0.275	-0.722 ^{**}	0.019	1				
NDVI	-0.501 [*]	0.665 ^{**}	-0.019	-0.664 ^{**}	0.196	0.551 [*]	1			
LR	0.478	-0.806 ^{**}	-0.160	0.546 [*]	-0.178	-0.576 [*]	-0.769 ^{**}	1		
LS	0.429	-0.794 ^{**}	-0.083	0.601 [*]	-0.301	-0.593 [*]	-0.842 ^{**}	0.906 ^{**}	1	
GY	-0.571 [*]	0.833 ^{**}	0.409	-0.542 [*]	0.251	0.767 ^{**}	0.562 [*]	-0.738 ^{**}	-0.616 [*]	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ปี 2558 ชุดที่ 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุยาว 10 พันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 1,505-1,849 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุยาว 4 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบนครสวรรค์ 3 (1,557 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ได้แก่ พันธุ์ NSX052014 CP888New NSX112017 และ NSX042022 ให้ผลผลิต 1,849 1,843 1,699 และ 1,686 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 19 18 9 และ 8 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 388-776 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม NSX112017 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบนครสวรรค์ 3 (551 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คิดเป็น

ร้อยละ 41 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 54-78 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.69-1.43 (Table 9)

Table 9 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of late hybrid maize under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2015

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
NSX112017	1699	776	1238	54	1.43
NSX052014	1849	689	1269	63	1.17
NSX102003	1588	601	1094	62	1.18
NSX102005	1659	531	1095	68	1.00
NSX042007	1505	497	1001	67	1.03
NSX042022	1686	448	1067	73	0.83
NSX112014	1538	406	972	74	0.83
NSX112013	1655	388	1021	77	0.73
CP888New	1843	407	1125	78	0.69
NS3 (Check)	1557	551	1054	65	1.11
Mean	1658	529	1094	68	1.00
CV (%)	4.66	20.15	-	-	-
LSD (0.05)	112	155	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.864^{**}$) ความยาวฝัก ($r=0.204$) ความกว้างฝัก ($r=0.574$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.909^{**}$) ความเข้มข้นสีเขียวของใบ ($r=0.859^{**}$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.647^*$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.590$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=-0.195$) คะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.282$) คะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.364$) และอุณหภูมิใบ ($r=-0.539$) (Table 10)

Table 10 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of late hybrid maize under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2015

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1											
EPP	-0.543	1										
HKW	-0.004	-0.197	1									
EL	-0.020	0.383	-0.811**	1								
EW	-0.489	0.387	0.365	-0.419	1							
LT	0.452	-0.530	0.074	0.068	-0.159	1						
SC	-0.523	0.717*	0.085	-0.025	0.554	-0.623	1					
CC	-0.774**	0.733*	-0.020	-0.008	0.782**	-0.597	0.808**	1				
NDVI	-0.739*	0.236	0.272	-0.648*	0.749*	-0.257	0.308	0.774**	1			
LR	-0.091	0.093	0.024	0.417	-0.295	0.353	-0.361	-0.244	-0.364	1		
LS	0.560	-0.230	-0.229	0.336	-0.605	0.563	-0.473	-0.713*	-0.661*	0.440	1	
GY	-0.590	0.864**	-0.195	0.204	0.574	-0.539	0.909**	0.859**	0.647*	-0.282	-0.364	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ชุดที่ 2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้น 10 พันธุ์ พบว่า ในสภาพการให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 1,188-1,527 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม NSX052014 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบนครสวรรค์ 3 (1,409 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คิดเป็นร้อยละ 8 (Table 11) สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 290-741 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม NSX111044 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบนครสวรรค์ 3 (460 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คิดเป็นร้อยละ 61 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 43-76 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.60-1.44 (Table 11)

Table 11 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of early hybrid maize under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2015

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
NSX111044	1303	741	1022	43	1.44
NSX111014	1390	693	1041	50	1.27
NSX111011	1342	627	985	53	1.19
NSX111009	1280	607	943	53	1.20
NSX111005	1350	511	930	62	0.96
NSX052014	1527	511	1019	67	0.85
NSX111021	1331	434	882	67	0.83
NSX111058	1188	386	787	67	0.83
NSX111053	1227	290	758	76	0.60
NS3(Check)	1409	460	934	67	0.83

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Mean	1335	526	930	61	1.00
CV (%)	4.36	32.73	-	-	-
LSD (0.05)	85	250	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.785^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.057$) ความยาวฝัก ($r=0.312$) ความกว้างฝัก ($r=0.554$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.821^{**}$) ความชื้นสีเขียวของใบ ($r=0.727^*$) อุณหภูมิใบ ($r=0.338$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.421$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.450$) คะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.522$) และคะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.281$) (Table 12)

Table 12 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of early hybrid maize under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2015

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1											
EPP	-0.528	1										
HKW	0.104	-0.101	1									
EL	-0.037	0.208	0.117	1								
EW	0.336	0.272	0.578	0.274	1							
LT	-0.368	0.527	0.411	-0.089	0.296	1						
SC	-0.424	0.633*	0.032	0.053	0.493	0.215	1					
CC	-0.603	0.494	-0.219	-0.169	0.024	0.095	0.618	1				
NDVI	-0.211	0.443	0.359	-0.142	0.135	0.157	0.159	0.383	1			
LR	0.078	-0.375	0.226	0.243	-0.262	0.256	-0.730*	-0.588	-0.438	1		
LS	0.296	-0.281	0.531	0.333	0.191	0.202	-0.556	-0.589	0.123	0.637*	1	
GY	-0.450	0.785**	0.057	0.312	0.554	0.338	0.821**	0.727*	0.421	-0.522	-0.281	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ชุดที่ 3 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้อายุยาว 12 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 174-874 กิโลกรัม/ไร่ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (519 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ได้แก่ สายพันธุ์ Nei542013 Nei452006 Nei532005 และ Tak Fa 1 ให้ผลผลิต 874 811 752 และ 724 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 68 56 45 และ 40 ตามลำดับ สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 0-176 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ Nei542013

และ Nei532005 ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (56 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ให้ผลผลิต 176 และ 163 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 215 และ 192 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 78-100 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0-2.06 (Table 13)

Table 13 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of late inbred lines under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFCRC during dry season, 2015

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Nei542013	874	176	525	80	1.87
Nei532005	752	163	458	78	2.02
Tak Fa 3	530	65	298	88	1.13
Nei452009	649	60	355	91	0.86
Tak Fa 1	727	58	392	92	0.74
CL-RCY031=(CL-02410*CML-287)-B-9-1-1-2-B*7	324	43	184	87	1.23
CLQ-RCYQ54=(CML176 x CL-G2501)-B-3-1-B-B-B	191	42	116	78	2.06
Nei452006	811	27	419	97	0.31
Ki60	419	21	220	95	0.46
Nakhon Sawan 1	605	11	308	98	0.16
CL-RCY015 = (CML-285*CL-00356)-B-1-1-B*9	174	6	90	96	0.34
Ki48	178	0	89	100	0.00
Mean	519	56	288	90	0.93
CV (%)	20.14	84.37	-	-	-
LSD (0.05)	151	68	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.891^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.424$) ความยาวฝัก ($r=0.466$) ความกว้างฝัก ($r=0.477$) ช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหม และวันออกดอกตัวผู้ ($r=0.299$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.550$) ความชื้นสีเขียวของใบ ($r=0.710^{**}$) และดัชนีพีช

พรรณ (r=0.535) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับคะแนนการม้วนของใบ (r=-0.421) คะแนนการแก่ของใบ (r=-0.059) และอุณหภูมิใบ (r=-0.686*) (Table 14)

Table 14 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of late inbred lines under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2015

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1											
EPP	0.391	1										
HKW	0.608*	0.499	1									
EL	0.893**	0.506	0.766**	1								
EW	0.911**	0.588	0.744**	0.880**	1							
LT	-0.161	-0.754**	-0.471	-0.299	-0.312	1						
SC	0.516	0.480	0.248	0.554	0.420	-0.437	1					
CC	0.244	0.681*	0.251	0.270	0.457	-0.605*	0.237	1				
NDVI	0.028	0.567	0.360	0.099	0.228	-0.677*	0.144	0.263	1			
LR	-0.302	-0.133	0.086	-0.166	-0.264	0.123	-0.293	-0.451	-0.166	1		
LS	-0.150	-0.015	0.102	-0.014	-0.088	-0.081	-0.115	-0.447	0.616*	0.217	1	
GY	0.299	0.891**	0.424	0.466	0.477	-0.686*	0.550	0.710**	0.535	-0.421	-0.059	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

ชุดที่ 4 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้อายุสั้น 12 สายพันธุ์ พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 411-710 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ Nei462013 ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (533 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คิดเป็นร้อยละ 33 สภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลผลิตอยู่ในช่วง 10-266 กิโลกรัม/ไร่ มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ Nei462013 และ Nei412001 ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยการทดลอง (105 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ให้ผลผลิต 266 และ 219 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 154 และ 109 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตทั้ง 2 สภาพพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตอยู่ในช่วง 55-98 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีทนแล้งอยู่ในช่วง 0.12-2.27 (Table 15)

Table 15 Mean grain yield (kg/rai), yield loss (%) and drought index (DI) of early inbred lines under well watered (WW) and water stress (WS) at NSFRC during dry season, 2015

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Nei462013	710	266	488	62	1.90
Nei412001	490	219	355	55	2.27
Nei502010	594	136	365	77	1.16

Pedigree	Grain yield (kg/rai) ^{1/}			Yield loss (%)	DI
	WW	WS	Mean		
Tak Fa1	598	125	362	79	1.06
CTS011074/P31C4S5B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B-B-1-B-B-B	516	113	314	78	1.11
Nei502007	496	100	298	80	1.03
Nei502015	597	92	345	85	0.78
Nei541006	600	86	343	86	0.72
Nei541022	473	80	276	83	0.86
Nei411016	438	21	230	95	0.25
Nakhon Sawan 1	468	11	240	98	0.12
G18C23-30-1-3-1-B-B-B-B-B-B-B-B-B-1-B-B-B	411	10	210	97	0.13
Mean	533	105	319	81	0.95
CV (%)	12.83	57.08	-	-	-
LSD (0.05)	98	87	-	-	-

^{1/} grain yield at 15 % moisture content

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r=0.802^{**}$) น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r=0.321$) ความยาวฝัก ($r=0.772^{**}$) ความกว้างฝัก ($r=0.715^{**}$) การปิดเปิดปากใบ ($r=0.551$) ความเข้มสีเขียวของใบ ($r=0.769^{**}$) และดัชนีพืชพรรณ ($r=0.950^{**}$) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ ($r=-0.540$) คะแนนการม้วนของใบ ($r=-0.587^*$) คะแนนการแก่ของใบ ($r=-0.857^{**}$) และอุณหภูมิใบ ($r=-0.372$) (Table 16)

Table 16 Correlation coefficient (r) between grain yield and physiological traits of early inbred lines under water stress (WS) at NSWFCRC during dry season, 2015

	ASI	EPP	HKW	EL	EW	LT	SC	CC	NDVI	LR	LS	GY
ASI	1											
EPP	-0.529	1										
HKW	-0.344	0.202	1									
EL	-0.528	0.495	0.071	1								
EW	-0.843 ^{**}	0.604 [*]	0.485	0.532	1							
LT	0.462	-0.559	-0.001	-0.331	-0.275	1						
SC	-0.254	0.599 [*]	-0.151	0.455	0.407	-0.183	1					
CC	-0.718 ^{**}	0.582 [*]	0.128	0.680 [*]	0.617 [*]	-0.613 [*]	0.483	1				
NDVI	-0.603 [*]	0.789 ^{**}	0.337	0.814 ^{**}	0.662 [*]	-0.452	0.490	0.793 ^{**}	1			

LR	0.372	-0.579*	-0.620*	-0.426	-0.317	0.336	-0.260	-0.487	-0.628*	1		
LS	0.771**	-0.669*	-0.135	-0.839**	-0.747**	0.459	-0.431	-0.855**	-0.827**	0.471	1	
GY	-0.540	0.802**	0.321	0.772**	0.715**	-0.372	0.551	0.769**	0.950**	-0.587*	-0.857**	1

* Significant at the 5 % level

** Significant at the 1 % level

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและประเมินลักษณะความทนทานแล้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสมในฤดูแล้ง ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้มีอายุวันออกไหมยาวนานขึ้นเมื่อเทียบกับในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ในขณะที่อายุวันออกดอกตัวผู้ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่งผลให้มีช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้มากขึ้น ลักษณะความสูงต้นและความสูงฝักในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอมีความสูงต้นสูงกว่าในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม แต่มีความสูงฝักต่ำกว่า ในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้บางสายพันธุ์ไม่ติดฝักหรือติดฝักน้อย ทำให้ไม่สามารถบันทึกข้อมูลผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญบางลักษณะได้ เช่น เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนแถวเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อแถว และน้ำหนัก 100 เมล็ด ค่าเฉลี่ยของการทดลองลักษณะดังกล่าวในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหมจึงต่ำกว่าในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ซึ่งสายพันธุ์หรือพันธุ์ที่มีความทนทานแล้ง จะให้ผลผลิตสูงทั้ง 2 สภาพ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตน้อย และดัชนีทนแล้งมากกว่า 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตสูงและทนทานแล้ง ได้แก่ สายพันธุ์ [Nei452016-2 x Nei452026]-F2-B-B-B-4-2-B-B-B, [(KS23(S)C2-190-1-2-1-BBBB x PIONEER3006-4-1-3-1-BBB)-103-2-BBBB x Nei452008]-F2-B-B-B-3-1-B-B-B, CTS011074/P31C455B-38-#-#-2-B-B-B-B/CML421-B-B-B-B, Nei462013, Nei462014, Nei542013, Nei532005 และ Tak Fa 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและทนทานแล้ง ได้แก่ พันธุ์ NSX052014, NSX112017 และ NSX111044

การคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทนทานแล้ง นอกจากพิจารณาลักษณะผลผลิตแล้ว ยังสามารถคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์จากลักษณะทางสรีรวิทยาได้อีกด้วย กล่าวคือการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง และมีความทนทานแล้ง ควรคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหม ที่มีจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความกว้างฝัก ความยาวฝัก การปิดเปิดปากใบ ความเข้มข้นของใบ และดัชนีพืชพรรณมาก และคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ที่มีอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ใกล้เคียงกัน ช่วงห่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ คะแนนการแก่ของใบ คะแนนการม้วนของใบ และอุณหภูมิใบน้อย จะทำให้มีโอกาสประสบความสำเร็จในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงและทนทานแล้งตามไปด้วย นอกจากนี้สามารถใช้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตและดัชนีทนแล้งประกอบการพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ด้วย โดยสายพันธุ์หรือพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตต่ำ แสดงว่า มีความทนทานแล้งมากกว่าสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตสูง สายพันธุ์ที่มีดัชนีทนแล้งมากกว่า

1 แสดงว่ามีความทนทานแล้ง ทางตรงกันข้าม ถ้าสายพันธุ์ที่มีดัชนีทนแล้งน้อยกว่า 1 แสดงว่า มีความทนทานแล้งน้อยกว่า หรืออ่อนแอต่อสภาวะแล้ง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา เป็นดัชนีประกอบการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ทนทานแล้ง ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความแม่นยำสูง เนื่องจากการแสดงการถ่ายทอดสูง สะดวก และรวดเร็วในการปฏิบัติ ซึ่งหากมีการจัดการสภาพแปลงทดลองและสภาพแวดล้อมเพื่อการคัดเลือกพันธุ์ทนทานแล้งให้เหมาะสมกับช่วงเวลา (timing) ความเข้มข้น (stress intensity) และความสม่ำเสมอ (uniformity) ของแปลงทดลอง การพิจารณาเลือกใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาในการประกอบการคัดเลือกพันธุ์จึงจะประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น ในอนาคตจำเป็นต้องมีการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาในลักษณะอื่น ๆ เช่น ลักษณะการแสดงออกของราก (root phenotypic) และกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เป็นต้น เพื่ออธิบายลักษณะความทนทานแล้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเพื่อเป็นดัชนีประกอบการคัดเลือกพันธุ์ในอนาคตต่อไป

11. คำขอบคุณ

การทดลองครั้งนี้ได้รับความร่วมมือ การสนับสนุน และอำนวยความสะดวก ในการปฏิบัติงานจาก นักวิชาการ เจ้าพนักงาน ตลอดจนผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

12. เอกสารอ้างอิง

สมชาย บุญประดับ และพิเชษฐ ฤกษ์ลอยมา. 2551. การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความทนทานแล้งในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. หน้า 26. ใน : รายงานความก้าวหน้างานวิจัยประจำปี 2551 ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์.

Bänzinger, M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize : From Theory to Practice. Mexico, D.F. : CIMMYT. 68p.

CIMMYT. 1999. CIMMYT 1997/98 World maize facts and trends ; Maize production in drought stressed environments: Technical options and research resource allocation. Mexico D.F.: CIMMYT. To cite part I : Heisey, P.W. and G.O. Edmeades 1999. Maize production in drought-stressed environments.

Fischer, K.S., E.C. Johnson, and G.O. Edmeades, 1983. *Breeding and Selection for Drought Resistance in Tropical Maize*. CIMMYT, Mexico. 16 p.

Ribaut JM, Hoisington DA, Deutsch J., Gonzalez de Leon D. (1996). Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize: 1 Flowering parameters and the anthesis-silking interval. TAG 92, 905-914.

Weixing Zhang, Zhi ZHAO, Guangxiao BAI, Fangjing FU. 2008. Study and evaluation of drought resistance of different genotype maize inbred lines. *Front. Agric. China*. 2(4): 428-434.