

## รายงานเรื่องเต็ม ผลการทดลองสิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558

แผนงานวิจัย	การวิจัยภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับระบบการผลิตภาคเกษตร
โครงการวิจัย	วิจัยและปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจสู่โลกร้อนและทนแล้ง
กิจกรรม	-
กิจกรรมย่อย	-
ชื่อการทดลอง	การพัฒนาพันธุ์พืชเศรษฐกิจทนร้อนและแล้ง The Development of Economic Crop Variety for Heat and Drought Tolerant
คณะผู้ดำเนินงาน	สมชาย บุญประดับ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล <sup>1</sup> ชูจำนงค์ ชัญถาวร <sup>2</sup> สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร

### บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองทางชีวเคมีของอ้อย 3 พันธุ์ต่อการขาดน้ำและภาวะอุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และประเมินศักยภาพการผลิตและลักษณะความทนแล้งและทนร้อนในระยะออกไหมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในปี 2557-2558 ผลการทดลอง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่แตกต่างกันในพันธุ์อ้อยที่ทนแล้ง และกิจกรรมเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง และ Proline มีบทบาทต่อภาวะ osmotic stress จากการขาดน้ำในอ้อย เติ้นชัดกว่าสาร Glycine beataine นอกจากนี้ยังพบการสะสมสารประกอบฟีนอลิกสูงในพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง ในขณะที่การประเมินการทนแล้งและทนร้อนของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม พบว่า ไม่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ใดแสดงอาการใบไหม้ และช่อดอกตัวผู้แห้ง ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงในพันธุ์อ่อนแอเมื่ออุณหภูมิสูง โดยสภาวะแห้งแล้งส่งผลให้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมสูญเสียผลผลิต 43-82 เปอร์เซ็นต์ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 5 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 อย่างมีนัยสำคัญ คือ S6248 DK9901 CP888 New P4546 และ P4545

รหัสการทดลอง 03-05-55-02-00-00-02-56

- 1 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
- 2 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

โดยผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ค่าการปิดเปิดของปากใบ และค่าดัชนีพืชพรรณ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความต่างของอายุถึงวันออกไหมและออกดอกตัวผู้ คະแนนฝัก คະแนนการแก่ของใบ คະแนนการม้วนของใบ และค่าอุณหภูมิใบ

### คำนำ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาว จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางพืชผล ปศุสัตว์ และการประมงอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จะมีอิทธิพลต่อการผลิตอาหาร ดังนี้ พื้นที่การเกษตรจะขยับเลื่อนไป และผลผลิตจะเปลี่ยนแปลงไป ปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ในการชลประทานได้ จะลดลง ทำให้สูญเสียพื้นที่เนื่องจากการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล และน้ำจะมีความเค็มมากขึ้น ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น มีผลกระทบต่อ การประมง เพราะจะทำให้อุณหภูมิของน้ำ กระแสน้ำ การไหลของน้ำจืด และการหมุนเวียนของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย พื้นที่ที่จะมีอากาศร้อนจัดจะแพร่ขยายขึ้นมาก ช่วงเวลาอากาศร้อนจะยาวนานขึ้น ฤดูหนาวหดสั้นลง ฤดูฝนคงระยะเวลาเดิม แต่ปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มสูงขึ้น และความผันผวนระหว่างฤดู และระหว่างปีเพิ่มสูงขึ้น (ศุภกร, 2557) ผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ พบว่า ภายในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อาจส่งผลกระทบต่อผลิตภัณ์ที่มวลรวมในประเทศของภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ลดลงถึงร้อยละ 7 ต่อปี ระดับน้ำทะเลอาจเพิ่มสูงขึ้นถึง 50 เซนติเมตร และสถานะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ เช่น อุทกภัย ภัยแล้ง และพายุหมุนเขตร้อน จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งล้วนแต่จะส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงต่อความมั่นคงทางด้านอาหาร (food security) และเกิดการแย่งชิงทรัพยากรธรรมชาติ ทำให้ชุมชนในระดับรากหญ้าและประชากรที่ยากจนนับล้าน ซึ่งมีความล่อแหลมสูงอยู่แล้ว ถูกบังคับให้ทนทุกข์ต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเพิ่มทวีคูณ (อัสมน, 2554)

สภาวะแห้งแล้งและร้อน นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในฤดูแล้ง การวิจัยปรับปรุงพันธุ์อ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ทนต่อสภาวะแห้งแล้งและร้อนจึงมีความสำคัญยิ่ง ทั้งนี้การพัฒนาพันธุ์พืชจึงมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพ

การผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไป โดยสนับสนุนการวิจัยพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อสร้างทางเลือกแก่เกษตรกร

จากปัญหาสภาวะโลกร้อน ส่งผลให้เกิดสภาวะแห้งแล้งและอุณหภูมิสูงแผ่กระจายกว้างขวางขึ้น ล้วนเป็นปัญหาหลักในระบบการเกษตรของทุกประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย การวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชให้มีความทนแล้งและร้อน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการรับมือกับปัญหาดังกล่าว ดังนั้น จึงควรประเมินพันธุ์อ้อยทนแล้งและทนร้อนในระยะแรก และประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถเลือกพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีและให้ผลผลิตสูงในสภาวะแห้งแล้งและร้อน สำหรับแนะนำให้เกษตรกรปลูก เพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

### อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

#### 1. การประเมินพันธุ์อ้อยทนแล้งและทนร้อนโดยชีวเคมีในช่วงแรกของการเจริญเติบโต

##### อุปกรณ์

พันธุ์อ้อยทนแล้งจำนวน 2-3 พันธุ์ ได้แก่ : ขอนแก่น 3, K88-92 และ/หรือ อุทอง 6 และพันธุ์อ้อยอ่อนแอต่อแล้ง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ : KPK 98-40 และ อุทอง 3

##### วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ ระยะเวลาที่นำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ได้แก่ 0, 3, 6 วัน โดยทำการทดลองใน 3 สภาพ คือ สภาพปกติมีการให้น้ำ (control – ทดสอบนอกตู้ควบคุม) สภาพขาดน้ำและอุณหภูมิปกติ (ไม่ให้น้ำ, อุณหภูมิ 33°C ความชื้น 55 %RH ในตู้ควบคุม) และ สภาพขาดน้ำและอุณหภูมิสูง (ไม่ให้น้ำ, อุณหภูมิ 39°C ความชื้น 55 % RH ในตู้ควบคุม) อย่างไรก็ตามไม่สามารถทดสอบที่ 6 วันได้ เพราะต้นอ้อยตายทั้งหมดหลังการทดสอบ และไม่สามารถทดสอบที่ 39°C ได้ เพราะตัวอย่างมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะพันธุ์ KPK 98-40 เนื่องจากตัวอย่างงอกน้อย โดยอ้อยที่ใช้ทดสอบได้มีเพียง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อ้อยทนแล้งจำนวน 2 พันธุ์ คือ : ขอนแก่น 3 และ K88-92 และพันธุ์อ้อยอ่อนแอต่อแล้ง จำนวน 1 พันธุ์ คือ KPK 98-40

#### 2. การประเมินศักยภาพผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมภายใต้สภาวะแห้งแล้งและร้อน

##### อุปกรณ์

พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมการค้าจากภาครัฐและเอกชน 11 พันธุ์ และพันธุ์ดีเด่นของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (DOA) 8 พันธุ์ รวม 19 พันธุ์ ดังนี้

Variety	Source	Variety	Source
1) Pac 777	Pacific Seed Co., Ltd.	11) NSX 042007	DOA
2) DK 9901	Monsanto Co., Ltd.	12) NSX 042022	DOA
3) DK 7979	Monsanto Co., Ltd.	13) NSX 052014	DOA
4) S 6248	Syngenta Co., Ltd.	14) NSX 102005	DOA
5) NK 48	Syngenta Co., Ltd.	15) NSX 112010	DOA
6) CP888 New	Bangkok Seed Industry Co., Ltd.	16) NSX 112012	DOA
7) CP 888 3G	Bangkok Seed Industry Co., Ltd.	17) NSX 112013	DOA
8) P 4554	Pioneer Co., Ltd.	18) NSX 112017	DOA
9) P 4546	Pioneer Co., Ltd.	19) NS 3 (check)	DOA
10) SW 4452	Kasetsart University		

ประเมินผลผลิตและลักษณะความทนแล้งและร้อนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจากภาครัฐและเอกชน และพันธุ์ลูกผสมดีเด่นของศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ รวมทั้งพันธุ์ตรวจสอบ (check) นครสวรรค์ 3 (NS 3) รวมทั้งสิ้น 19 พันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ ระหว่าง พฤศจิกายน 2557-มีนาคม 2558 ซึ่งมีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนสูง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำ ภายใต้อุณหภูมิ 2 สภาพแวดล้อม คือ สภาพแวดล้อมให้น้ำสม่ำเสมอ (well watered, WW) ตลอดฤดูปลูก และสภาพแวดล้อมขาดน้ำในระยะออกไหม (water stress, WS) เป็นเวลา 1 เดือน โดยในแต่ละสภาพแวดล้อม วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกพันธุ์ละ 4 แถว แถวยาว 5 เมตร ระยะปลูก 75 x 20 ซม. ใช้ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ หลังปลูกพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีน และอลาคลอร์ อัตรา 200 กรัม + 300 มล./ไร่ ขณะดินมีความชื้น เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 3 สัปดาห์ ทำการถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 โดยใช้ปุ๋ยยูเรียหยอดข้างต้นข้าวโพด อัตรา 20 กก./ไร่ การปฏิบัติอื่น ๆ จัดการตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 115-120 วัน โดยเก็บเกี่ยวจาก 2 แถวกลาง ยกเว้นต้นที่อยู่หัวท้ายแถว รวมพื้นที่เก็บเกี่ยว 7.20 ตารางเมตร/แปลงย่อย

บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ วันออกไหม วันออกดอกตัวผู้ ช่วงห่างระหว่างอายุ วันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (anthesis silking interval, ASI) ความสูงต้น ความสูงฝัก จำนวนต้นหัก-ล้ม ผลผลิต ความชื้นเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความทนแล้ง ได้แก่ คะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) คะแนนใบแก่ (leaf senescence score) ลักษณะทนร้อน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ใบไหม้ (leaf firing score) และเปอร์เซ็นต์ช่อดอกตัวผู้แห้งตาย (tassel blast score) และบันทึกข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยาที่สำคัญ ได้แก่ ค่าปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content) ค่าการปิดเปิดของปากใบ (stomata conductance) ค่าดัชนีพืชพรรณ (normalized difference vegetation index, NDVI) อุณหภูมิใบ (leaf temperature) และคำนวณหาค่าดัชนีความทนแล้ง (drought index, DI) ที่เสนอโดย

Fisher *et al.* (1983) โดยถ้า DI มีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงข้าวโพดพันธุ์นั้นมีความทนแล้ง หากค่า DI มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงถึงข้าวโพดพันธุ์นั้นมีความทนแล้งน้อยกว่าหรืออ่อนแอต่อสภาวะแล้ง

### ระยะเวลา (เริ่มต้น-สิ้นสุด)

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2558 รวม 2 ปี

### สถานที่ดำเนินการ

ดำเนินการที่ สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร และแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. การประเมินพันธุ์อ้อยทนแล้งและทนร้อนโดยชีวเคมีในช่วงแรกของการเจริญเติบโต

ผลการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองทางชีวเคมีของอ้อยต่อการขาดน้ำและภาวะอุณหภูมิสูงโดยทดสอบอ้อยพันธุ์ทนแล้ง ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์อุทง 6 และพันธุ์ K88-92 และพันธุ์อ่อนแอต่อแล้ง ได้แก่ พันธุ์ KPK 98-40 อายุประมาณ 2 เดือน เพาะในกระบะทราย ทดสอบในสภาพแล้งในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ด้วยสภาวะ ดังนี้ คือ อุณหภูมิ 33°C ความเข้มแสง 20,000 LUX ความชื้นสัมพัทธ์ 55% RH ให้แสงสว่าง/มืด : 14 ชม/10 ชม. นาน 0, 2 และ 4 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี 11 ชนิด ได้แก่

1) ภาวะเครียดออกซิเดชัน ได้แก่ ค่ากิจกรรมเอนไซม์ Ascorbate peroxidase (APX), Guaiacol peroxidase (GPX) และปริมาณสาร Hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) เพื่อศึกษาขบวนการในการทำลายอนุมูลอิสระโดยอนุมูลอิสระ ( $O_2^-$ ) ที่เกิดขึ้น จะถูกกำจัดให้ไปเป็นสาร  $H_2O_2$  ด้วยเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) แล้วถูกสลายต่อไปเป็นน้ำด้วยเอนไซม์ APX และ GPX หากมีการสะสมปริมาณสาร  $H_2O_2$  มาก จะเป็นพิษต่อระบบต่างๆ ของพืช รวมไปถึงสาร Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นสารหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นในขบวนการสลาย  $H_2O_2$  นี้ด้วยเช่นกัน และใช้เป็นตัวชี้วัดถึงการถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระจากขบวนการ lipid

peroxidation ผลการทดสอบอ้อยในสภาวะแล้งหลังการทดสอบ 4 วัน พบว่าค่าดังกล่าวเหล่านี้มีปริมาณมากขึ้นทั้ง 3 พันธุ์ที่ทดสอบเมื่อเทียบกับค่าของชุดควบคุม แต่มากกว่าค่าควบคุมที่เท่ากันขึ้นอยู่กับพันธุ์ ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ค่า APX พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากชุดควบคุม 2.94 เท่า (เฉลี่ย 3.65 : 1.24 unit) ในขณะที่ K88-92 และ KPK 98-40 มีค่าสูงกว่าค่าชุดควบคุม 1.29 เท่า (เฉลี่ย 2.53 : 1.96 unit) และ 1.92 เท่า (เฉลี่ย 2.40 : 1.25 unit) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่า GPX พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม 2.06 เท่า (เฉลี่ย 220.24 : 106.99 unit) ส่วน K88-92 และ KPK98-40 มีค่า 1.18 (เฉลี่ย 102.55 : 87.16 unit) และ 1.08 เท่า (เฉลี่ย 53.28 : 49.15 unit) ตามลำดับ

ส่วนปริมาณ  $H_2O_2$  พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม 2.06 เท่า (เฉลี่ย 73.99 : 35.89 mg/l) ส่วน K88-92 และ KPK98-40 มีค่า 1.78 (เฉลี่ย 68.27 : 38.29 mg/l) และ 1.61 เท่า (เฉลี่ย 114.36 : 71.03 mg/l) ตามลำดับ

และการวิเคราะห์ค่า MDA พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม 4.00 เท่า (เฉลี่ย 0.092 : 0.023 mM/g FW) ส่วน K88-92 และ KPK98-40 มีค่า 2.85 เท่า (เฉลี่ย 0.097 : 0.034 mM/g FW) และ 2.46 (เฉลี่ย 0.138 : 0.056 mM/g FW) ตามลำดับ

แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 มีกิจกรรมเอนไซม์ APX และ GPX สูงกว่าอีก 2 พันธุ์ ทั้งในระดับปริมาณและจำนวนเท่า ในขณะที่พันธุ์ KPK 98-40 พบว่ามีปริมาณ  $H_2O_2$  และ MDA สะสมสูงมากกว่าอีก 2 พันธุ์ และมีกิจกรรมเอนไซม์ GPX ต่ำอีกด้วย

**2) สารป้องกันแรงดันออสโมติก (osmoprotectant)** เมื่ออยู่ในภาวะที่มีแรงดันออสโมติกภายนอกเซลล์สูง จากสภาวะขาดน้ำ หรือเกลือสูง ได้แก่ ปริมาณสาร Proline เป็นกรดอะมิโนที่ทำปฏิกิริยากับส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีน และเพิ่มความยืดหยุ่นของโปรตีน และสาร Glycine betaine ซึ่งเป็น amphoteric quaternary amine ทำหน้าที่เป็น compatible solutes ที่พืชสร้างขึ้น เพื่อปรับความเครียดของในเซลล์ (Osmotic adjustment)

ผลจากการศึกษาพบว่าทุกพันธุ์มีการสร้างสาร Proline สูงขึ้นอย่างเด่นชัดตั้งแต่วันที่ 2 และมีปริมาณมากขึ้นในวันที่ 4 ของการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้าง Glycine betaine ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นที่ไม่เด่นชัดมาก (ภาพที่ 1)

ผลการวิเคราะห์ค่า Proline หลังการทดสอบ 4 วัน พบว่า พันธุ์ขอนแก่น3 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากชุดควบคุม 5.9 เท่า (เฉลี่ย 12.59 : 2.13  $\mu\text{mol/g}$ ) ในขณะที่ K88-92 และ KPK 98-40 มีค่าสูงกว่าค่าชุดควบคุม 5.4 เท่า (เฉลี่ย 8.95 : 1.65  $\mu\text{mol/g}$ ) และ 5.3 เท่า (เฉลี่ย 17.89 : 3.36  $\mu\text{mol/g}$ ) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ KPK 98-40 มีการสร้าง Proline เฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์อื่น

ผลการวิเคราะห์ค่า Glycine betaine หลังการทดสอบ 4 วัน พบว่า พันธุ์ขอนแก่น3 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากชุดควบคุม 1.27 เท่า (เฉลี่ย 36.66 : 28.81  $\text{nmol/g}$ ) ในขณะที่ K88-92 และ KPK 98-40 มีค่าสูงกว่าค่าชุดควบคุม 1.13 เท่า (เฉลี่ย 21.94 : 19.45  $\text{nmol/g}$ ) และ 1.36 เท่า (เฉลี่ย 26.22 : 19.27  $\text{nmol/g}$ ) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ KPK 98-40 มีการสร้าง Glycine beataine เฉลี่ยต่ำกว่าพันธุ์อื่น

**3) ผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสง** ได้แก่ ค่า Chlorophyll แปะง และน้ำตาลรวม หลังการทดสอบ 4 วัน พบว่าค่า Chlorophyll รวมของทุกพันธุ์มีค่าลดลงเฉลี่ยประมาณ 2-3 เท่า แต่ปริมาณแปงงและน้ำตาลรวมประมาณ 2 เท่า

**4) ผลต่อขบวนการเมตาบอลิซึมอื่น** ได้แก่ ค่าโปรตีนรวม และสารประกอบฟีนอลิก หลังการทดสอบ 4 วัน พบว่าค่าโปรตีนรวมไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ยกเว้นพันธุ์ K88-92 ซึ่งต้องทดสอบซ้ำซึ่งพบว่าโปรตีนต่ำลงอย่างมาก แต่พบว่าสารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณสูงขึ้นมา (ภาพที่ 2) เช่นเดียวกับพันธุ์ KPK98-40 ส่วนพันธุ์ขอนแก่น3 พบว่าสารนี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

## 2. การประเมินศักยภาพผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมภายใต้สภาวะแห้งแล้งและร้อน

จากการประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมการค้าและพันธุ์ดีเด่นจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน 19 พันธุ์ ในช่วงฤดูแล้งที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนสูง และความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำ ภายใต้ 2 สภาพแวดล้อม คือ สภาพแวดล้อมให้น้ำสม่ำเสมอและสภาพขาดน้ำในระยะออกไหมเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าไม่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ใดแสดงอาการใบไหม้ (leaf firing) และช่อดอกตัวผู้แห้งตาย (tassel blast) ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงในพันธุ์อ่อนแอต่อสภาวะร้อน (อุณหภูมิสูง) ทั้งนี้ เนื่องจากสภาพอากาศในแปลงทดลองในช่วงที่ข้าวโพดอยู่ในระยะออกดอกจนถึงช่วงแรกของการสะสมน้ำหนักเมล็ด ไม่ก่อให้เกิดความเครียดจากสภาวะร้อน (heat stress) กล่าวคือ ในระยะดังกล่าว สภาพแปลงทดลองมีอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดน้อยกว่า 35 และ 23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในระดับดังกล่าว ไม่ทำให้พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ทดสอบเกิดสภาพเครียดจากสภาวะร้อน โดย Zaidi and Seetharam (2013) และ Patil *et al.* (2014) รายงานว่า พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อ่อนแอต่อสภาวะร้อนจะแสดงอาการใบไหม้ และช่อดอกตัวผู้แห้งตาย กระทบต่อผลผลิตที่ต่อเมื่ออุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมากกว่า 35 และ 23 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมจะมีความทนต่อสภาวะร้อนมากกว่าข้าวโพดสายพันธุ์แท้ ดังนั้น ในการศึกษาเกี่ยวกับความทนต่อสภาวะร้อน จึงต้องพิจารณาเลือกสถานที่และกำหนดช่วงเวลาปลูกให้เหมาะสม โดยพิจารณาข้อมูลสภาพภูมิอากาศในระยะยาวของพื้นที่ทำการทดลองประกอบ ทั้งนี้ เพื่อจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการแสดงออกของพันธุกรรม และอาจกล่าวได้ว่า ผลผลิตที่ลดลงของการทดลองนี้มีอิทธิพลจากสภาวะแห้งแล้งเป็นหลัก

จากการประเมินผลผลิตจากทั้งสองสภาพแวดล้อม พบว่า ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ แปรปรวนอยู่ในช่วง 1,381-1,657 กิโลกรัม/ไร่ (เฉลี่ย 1,519 กิโลกรัม/ไร่) ในขณะที่ในสภาวะขาดน้ำมีความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตมากกว่าในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ โดยพิจารณาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่า (ตารางที่ 1) โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 282-814 กิโลกรัม/ไร่ (เฉลี่ย 506 กิโลกรัม/ไร่) นอกจากนี้ สภาวะขาดน้ำในระยะออกไหมเป็นเวลา 1 เดือน ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำให้จำนวนฝักต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ความยาวฝัก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนัก 100 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของสุทัศน์ และคณะ (2556) ที่พบว่า สภาวะแห้งแล้งทำให้จำนวนฝักต่อต้น ขนาดฝัก และจำนวนเมล็ดต่อแถวลดลง ในทางตรงข้าม กลับส่งผลให้อายุวันออกไหมเฉลี่ยยาวนานขึ้น จาก 63 วัน เป็น 68 วัน และอายุวันออกช่อดอกตัวผู้เฉลี่ยยาวนานขึ้นจาก 62 วัน เป็น 65 วัน มีผลทำให้ความต่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้มีความแปรปรวนมากขึ้นจากเดิม -1 ถึง 3 วัน เป็น 0 ถึง 6 วัน การที่ช่วงอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ต่างกันมาก จะส่งผลกระทบให้การผสมเกสรติดไม่ดี จึงทำให้ฝักติดเมล็ดน้อยหรือไม่ติดเมล็ดเลย ทำให้ผลผลิตลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในพันธุ์อ่อนแอหรือพันธุ์ไม่ทนแล้ง (สุริพัฒน์ และคณะ, 2556)

เมื่อพิจารณาผลผลิต การสูญเสียผลผลิต และค่าดัชนีความทนแล้งเป็นรายพันธุ์ (ตารางที่ 2) พบว่า ในสภาพแวดล้อมให้น้ำสม่ำเสมอ มี 5 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าและต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากพันธุ์นครสวรรค์ 3 (1,463 กิโลกรัม/ไร่) ได้แก่ S6248 DK9901 CP888 New P4546 และ P4545 ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 1,657 1,614 1,587, 1,580 และ 1,575 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ร้อยละ 8-13 ส่วนในสภาวะขาดน้ำในระยะออกไหม พบว่า มี 2 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าและต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากพันธุ์นครสวรรค์ 3 (501 กิโลกรัม/ไร่) ได้แก่ NSX 112017 (814 กิโลกรัม/ไร่) และ S6248 (733 กิโลกรัม/ไร่) สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ร้อยละ 46-62 เมื่อเฉลี่ยทั้ง 2 สภาพแวดล้อม พบว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6 ลำดับแรก ได้แก่ S6248 P4546 NSX 112017 P4554 DK7979 และ NSX052014 โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,195 1,130 1,127 1,120 1,117 และ 1,116 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ร้อยละ 14-22 เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิต อันเนื่องจากสภาวะขาดน้ำ พบว่า มีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 43-82 เปอร์เซ็นต์ (พันธุ์นครสวรรค์ 3 เท่ากับ 66 เปอร์เซ็นต์) สำหรับค่าดัชนีความทนแล้ง พบว่า มีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 0.53-1.70 (นครสวรรค์ 3 เท่ากับ 1.03) โดยพบว่า พันธุ์ที่มีค่าดัชนีความทนแล้งสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีจำนวน 7 พันธุ์ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ NSX 112017 (1.70) S6248 (1.33) NSX 052014 (1.31) P4546 (1.29) DK7979 (1.28) P4554 (1.27) และ CP888 3G (1.06) พันธุ์เหล่านี้ถือเป็นพันธุ์ที่น่าสนใจเนื่องจากมีความทนแล้งสูง



จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation,  $r$ ) ระหว่างผลผลิต (grain yield, GY) ลักษณะรอง (secondary traits) และลักษณะทางสรีรวิทยา (physiological traits) ที่สำคัญ ได้แก่ ความต่างของอายุวันออกไหมและดอกตัวผู้ (anthesis silking interval, ASI) จำนวนฝักต่อต้น (ears per plant, EPP) คะแนนฝัก (ear aspect, EARASP) คะแนนการแก่ของใบ (leaf senescence, LSE) คะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling, LRO) ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content, CHC) ค่าการปิดเปิดของปากใบ (stomatal conductance, STC) ค่าอุณหภูมิใบ (leaf temperature, LTR) และค่าดัชนีพืชพรรณ (normalized difference vegetation index, NDVI) (ตารางที่ 3) พบว่า ในสภาวะขาดน้ำในระยะออกไหม ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ( $r = 0.647^{**}$ ) ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ( $r = 0.606^{**}$ ) ค่าการปิดเปิดของปากใบ ( $r = 0.359^{**}$ ) และค่าดัชนีพืชพรรณ ( $r = 0.287^*$ ) แสดงว่า พันธุ์ที่มีผลผลิตสูงจะมีจำนวนฝักต่อต้น ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ค่าการปิดเปิดของปากใบ และค่าดัชนีพืชพรรณสูงด้วย ในทางตรงข้าม ลักษณะความต่างของอายุวันออกไหมและช่อดอกตัวผู้ คะแนนฝัก คะแนนการแก่ของใบ คะแนนการม้วนของใบ และอุณหภูมิใบ มีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิต แสดงว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาวะขาดน้ำในระยะออกไหม จะมีอายุวันออกไหมและดอกตัวผู้ใกล้เคียงกัน มีรูปทรงฝักดี มีเปอร์เซ็นต์ใบแก่ และการม้วนของใบน้อย และมีอุณหภูมิของใบต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Grudloyma *et al.* (2005) และ Vongsupathai *et al.* (2011) ที่พบว่า การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต้องคัดเลือกพันธุ์ที่มีความต่างของอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ และคะแนนการม้วนของใบน้อย ดังนั้น ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเพื่อผลผลิตสูงทนแล้งภายใต้สภาวะขาดน้ำในระยะออกไหม จึงสามารถพิจารณาลักษณะรอง และลักษณะทางสรีรวิทยาเข้ามาช่วยประกอบการตัดสินใจคัดเลือกพันธุ์ ซึ่งลักษณะที่ศึกษาดังกล่าวมีสหสัมพันธ์สูงกับลักษณะผลผลิต

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

#### 1) การประเมินพันธุ์อ้อยทนแล้งและทนร้อนในช่วงแรกของการเจริญเติบโต

จากการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองทางชีวเคมีของอ้อย 3 พันธุ์ต่อการขาดน้ำและภาวะอุณหภูมิสูง ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่แตกต่างกัน ในพันธุ์ที่ทนแล้ง พบว่า กิจกรรมเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง และพบว่า Proline มีบทบาทต่อภาวะ osmotic stress จากการขาดน้ำในอ้อย เหนือกว่าสาร Glycine betaine นอกจากนี้ยังพบการสะสมสารประกอบฟีนอลิกสูงในพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง สำหรับข้อเสนอแนะ คือ ตัวอย่างที่ใช้ทดลองมีจำนวนจำกัด สาเหตุเกิดการงอกน้อย พันธุ์ KPK 98-40 ค่อนข้างอ่อนแอ และงอกน้อย

ได้ต้นไม่ตรงตามเป้าหมาย ทำให้ต้องลดจำนวนการทดลอง และการทดสอบที่ 39 °C พบว่าอ้อยเหี่ยวและแห้งตายตั้งแต่วันที่ 2 จึงต้องงดการทดสอบนี้

2) การประเมินศักยภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมภายใต้สภาวะแห้งแล้งและร้อน

ไม่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ใดแสดงอาการใบไหม้ (leaf firing) และช่อดอกตัวผู้แห้ง (tassel blast) ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงในพันธุ์อ่อนแอเมื่ออุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดสูงกว่า 35 และ 23 องศาเซลเซียสตามลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในระยะข้าวโพดออกดอกจนถึงระยะแรกของการสะสมน้ำหนักเมล็ด ดังนั้น ผลผลิตที่ลดลงจึงเป็นผลจากสภาวะแห้งแล้งเป็นหลัก โดยพบว่า สภาวะแห้งแล้งส่งผลให้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมสูญเสียผลผลิต 43-82 เปอร์เซ็นต์ มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 5 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า และแตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ตรวจสอบนครสวรรค์ 3 ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ได้แก่ S6248 DK9901 CP888 New P4546 และ P4545 โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,657 1,614 1,587 1,580 และ 1,575 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 2 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าและแตกต่างทางสถิติจากพันธุ์นครสวรรค์ 3 ในสภาพขาดน้ำในช่วงออกไหมนาน 1 เดือน ได้แก่ NSX112017 (814 กิโลกรัม/ไร่) และ S6248 (733 กิโลกรัม/ไร่) พันธุ์ที่มีค่าดัชนีความทนแล้งสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ( $DI = 1.03$ ) มี 7 พันธุ์ ได้แก่ NSX112017 S6248 NSX 052014 P4546 DK7979 P4554 และ CP888 3G โดยมีค่า 1.70 1.33 1.31 1.29 1.28 1.27 และ 1.06 ตามลำดับ สภาวะขาดน้ำในช่วงออกไหม 1 เดือน มีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ความยาวฝัก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนัก 100 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะลดลง ในทางกลับกัน ส่งผลให้อายุวันออกไหมและอายุวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ยยาวขึ้น ความต่างระหว่างอายุวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้สูงขึ้น ผลผลิตมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ค่าการปิดเปิดของปากใบ และค่าดัชนีพืชพรรณ (normalized difference vegetation index) และมีความสัมพันธ์ทางลบกับความต่างของอายุถึงวันออกไหมและออกดอกตัวผู้ คະแนนฝัก คະแนนการแก่ของใบ คະแนนการม้วนของใบ และค่าอุณหภูมิใบ

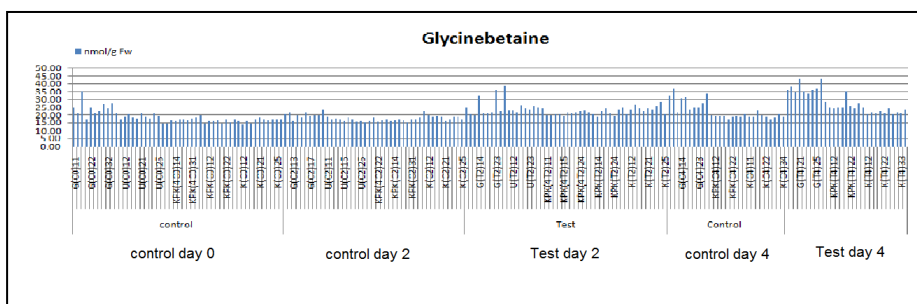
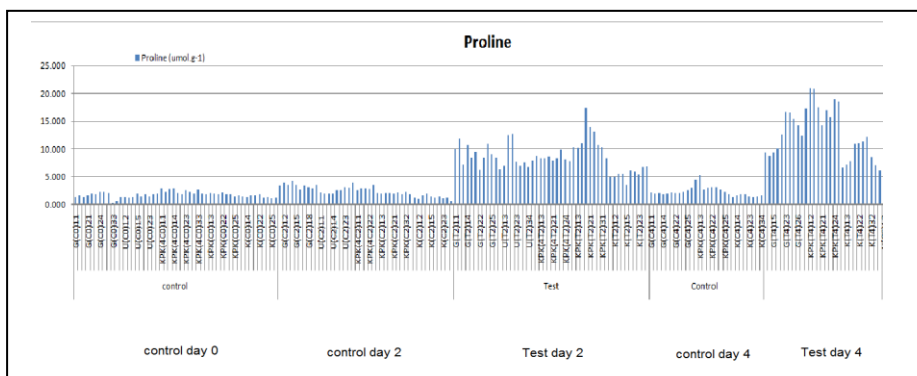
### การนำไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลพันธุ์อ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปรับตัวได้ดีและให้ผลผลิตสูงในสภาวะแห้งแล้งและร้อนสำหรับแนะนำให้เกษตรกรปลูก เพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

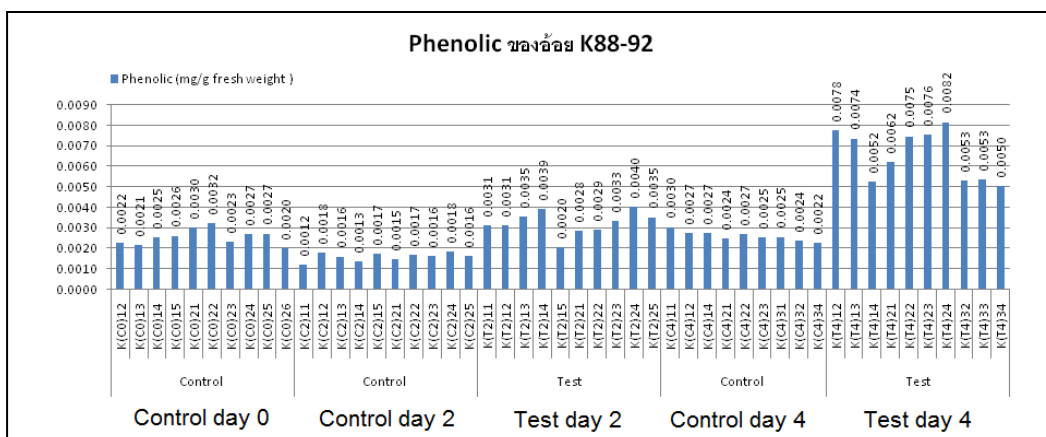
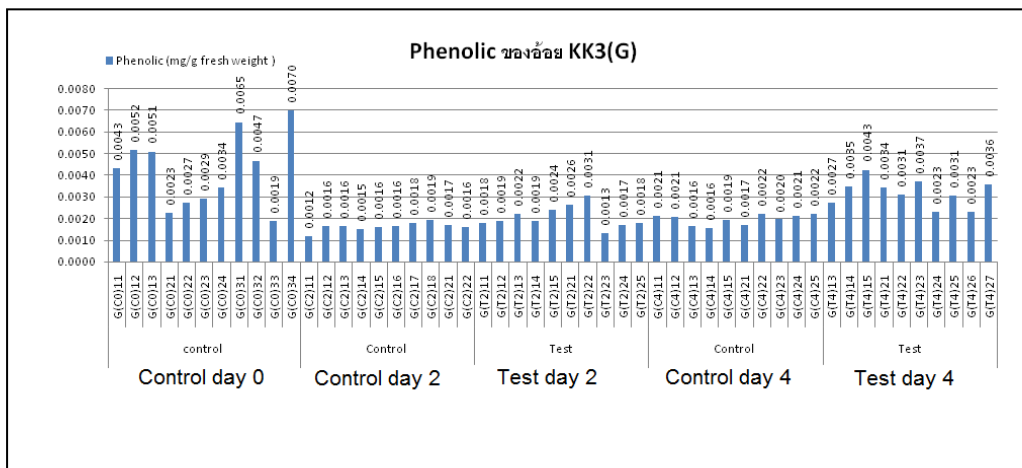
### เอกสารอ้างอิง

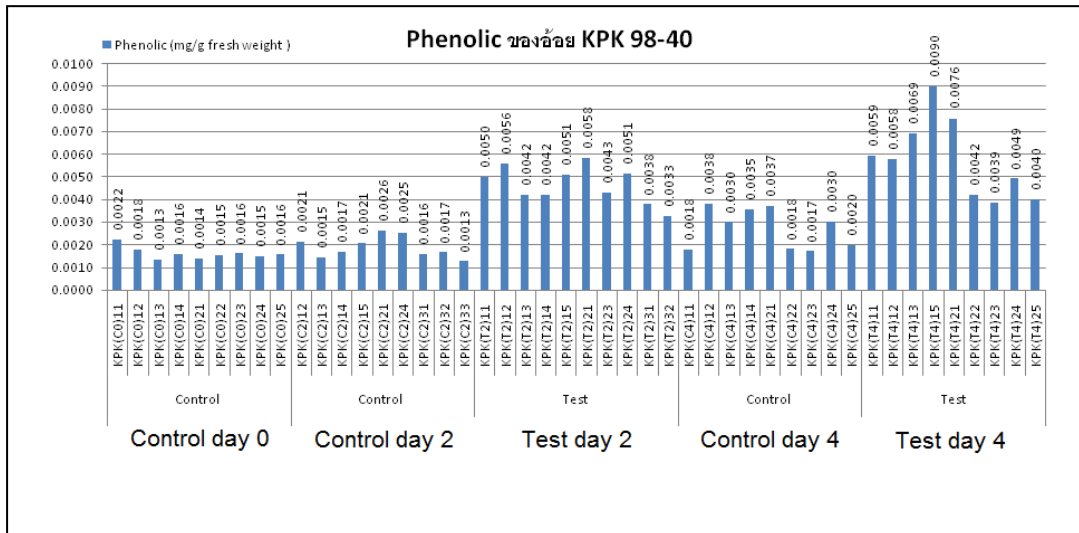
สุทัศน์ย์ วงศ์ศุภไทย พิเชษฐ์ กรุดลอยมา สุริพัฒน์ ไทยเทศ ทศนีย์ บุตรทอง กัญจนชญา ตัดโส และ

- อมรรัตน์ ภูโต. 2556. การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความทนทานแล้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น. 269- 275. ในการประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 36. 5-7 มิถุนายน 2556 โรงแรมอัสวรณ, หนองคาย
- สุริพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา ทศนีย์ บุตรทอง สุทัศนีย์ วงศ์ศุภไทย และจำนงค์ ชัญญาวาร. 2556. การประเมินคุณลักษณะของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้สภาพแห้งแล้งและธาตุ ไนโตรเจนต่ำ, น. 57-65. ใน การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 36. 5-7 มิถุนายน 2556 โรงแรมอัสวรณ, หนองคาย
- ศุภกร ชินวรรณ. 2557. การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับยุทธศาสตร์การพัฒนา.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 52 หน้า.
- อัสมน ลิ้มสกุล. 2554. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 240 หน้า.
- Fisher , K. S., Johnson, E. C. and Edmeades, G. O. 1983. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. CIMMYT, Mexico. 16 p.
- Grudloyma, P., Budthong, T. and Kamlar, N. 2005. Identification of tropical late yellow maize under water stress conditions. Pages 132-135. *In* Proceedings of the 9<sup>th</sup> Asian regional Maize Workshop, Sep. 5-9, 2005. Beijing, China.
- Patil, A., Kuchanur, P.H., Patil, B.V., Janagoudar, B.S., Seetharama, K., Vinayan, M., Babu, R. and Zaidi., P.H. 2014. Selection of heat tolerance maize (*Zea mays* L.) germplasm using early generation cross performance. Page 45. *In* Proceeding of the 12<sup>th</sup> Asian maize conference and expert consultation on maize for food, feed, nutrition and environmental security (abstracts), 30 Oct.-1 Nov., 2014. Bangkok, Thailand.
- Vongsupathai, S., Thaitad, S., Budthong, T. and Grudloyma, P. 2011. Precision phenotyping for improving drought stress tolerance in maize. Pages 17-18. *In* 11<sup>th</sup> Asian Maize Conference, Nov. 7-11, 2011. Nanning, Guangxi, China.
- Zaidi, P. H. and K. Seetharam. 2013. Phenotyping for heat stress tolerance. *In* The manual for training course, " Precision Phenotyping for Heat Stress Tolerance in Maize", ICRISAT, Hyderabad, India., 6-7 May 2013.

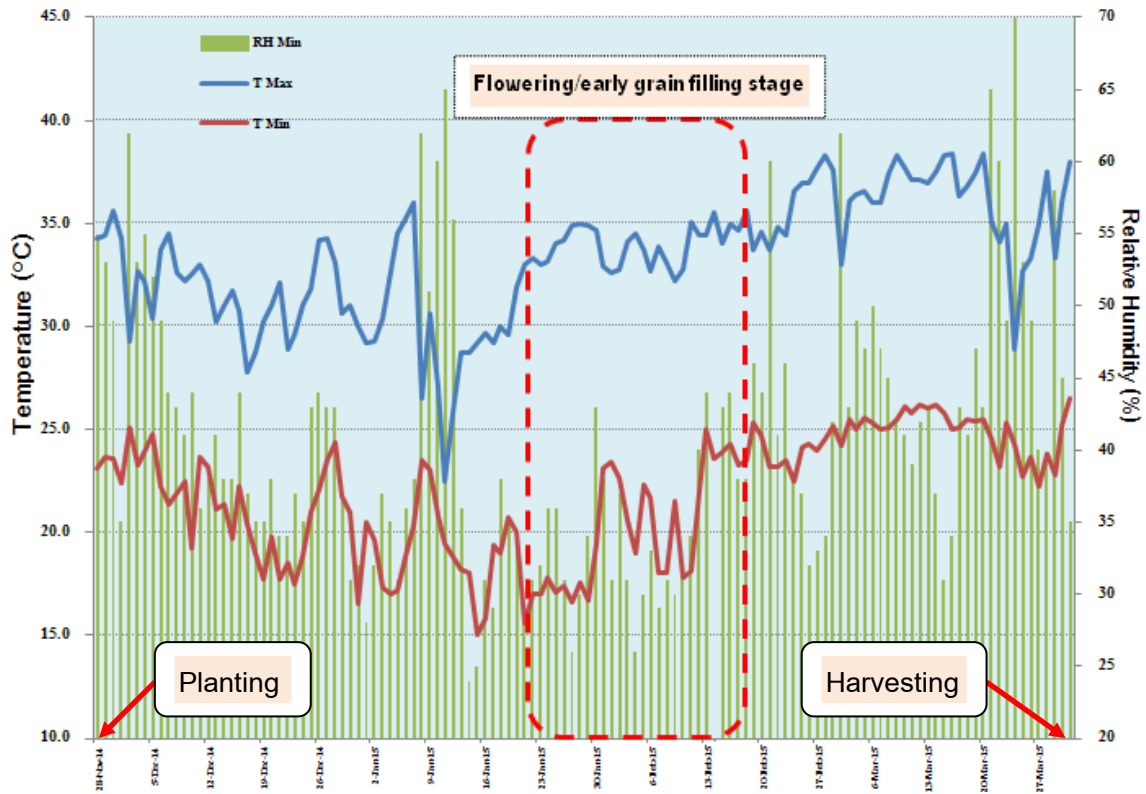


ภาพที่ 1 ปริมาณสาร Proline และ Glycine betaine ในอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 พันธุ์ K88-92 และพันธุ์ KPK 98-40 ก่อน (control) และหลังการทดสอบสภาวะแล้งจากการขาดน้ำ (Test) ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ด้วยอุณหภูมิ 33°C ความเข้มแสง 20,000 LUX ความชื้นสัมพัทธ์ 55% RH ให้แสงสว่าง/มืด : 14 ชม/10 ชม. นาน 0, 2 และ 4 วัน





ภาพที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 พันธุ์ K88-92 และพันธุ์ KPK 98-40 ก่อน (control) และหลังการทดสอบสภาวะแล้งจากการขาดน้ำ (Test) ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตด้วยอุณหภูมิ 33°C ความเข้มแสง 20,000 LUX ความชื้นสัมพัทธ์ 55% RH ให้แสงสว่าง/เมตร : 14 ชม/10 ชม. นาน 0, 2 และ 4 วัน



**Figure 3** Weather data (maximum, minimum temperatures, and relative humidity) throughout the growing season (28 Nov. 2014-30 March 2015) of Tak Fa agromet, Nakhon Sawan province.

**Table 1** Important agronomic traits of hybrid maize underwell watered condition (WW) compare with severe water stress condition (WS) at NSFRC in 2015 dry season.

Trait	Well watered (WW)			Water stress (WS)		
	Max	Min	Mean±SD	Max	Min	Mean±SD
Grain yield (kg/rai)	1,657	1,381	1,519±70.66	814	282	506±160.58
Silking age (days)	65	62	63±0.86	73	65	68±1.89
Anthesis age (days)	64	60	62±1.25	67	64	65±1.01
ASI (days)	3	-1	1±0.89	6	0	2±1.50
Ears per plant (ears)	1.2	1	1±0.05	1	0	0.7±0.13
Ear diameter (cm.)	5	4.5	4.7±0.14	4.4	3.7	4.1±0.19
Ear length (cm.)	19.1	15	17.5±0.95	14.8	12.4	13.6±0.68
Number of kernel rows per ear (rows)	16	12	14.2±0.81	16	14	14.0 ±0.63
Number of kernels per row (kernels)	41	34	37.4±1.95	31	23	26.0 ±2.56
100 kernel weight (g)	42	31.9	37.11±2.48	34.97	26.04	31.15±2.39
Shelling (%)	83.13	76.74	80.56±2.11	80.68	66.59	75.44±3.44
Grain moisture (%)	31.54	23.4	27.55±2.38	33.77	26.27	29.77±1.89



**Table 2** Mean grain yield (kg/rai), yield loss and drought index (DI) of maize hybrids, tested under well watered and water stress conditions at NSFCRC in 2015 dry season.

Entry	Pedigree	Yield (kg/rai)				Yield loss (%)	Drought index
		Well watered	Water stress	Mean	% check		
1	Pac777	1,545	298	922	94	81	0.58
2	DK9901	1,614	446	1,030	105	72	0.83
3	DK7979	1,568	667	1,117	114	57	1.28
4	S6248	1,657	733	1,195	122	56	1.33
5	NK48	1,543	358	951	97	77	0.70
6	CP 888 New	1,587	282	934	95	82	0.53
7	CP 888 3G	1,492	528	1,010	103	65	1.06
8	P4554	1,575	665	1,120	114	58	1.27
9	P4546	1,580	680	1,130	115	57	1.29
10	SW4452	1,381	289	835	85	79	0.63
11	NSX 042007	1,528	511	1,019	104	67	1.00
12	NSX 042022	1,456	357	906	92	75	0.74
13	NSX 052014	1,553	679	1,116	114	56	1.31
14	NSX 102005	1,450	412	931	95	72	0.85
15	NSX 112010	1,457	486	971	99	67	1.00
16	NSX 112012	1,459	484	972	99	67	1.00
17	NSX 112013	1,517	418	967	99	72	0.83
18	NSX 112017	1,440	814	1,127	115	43	1.70
19	NS3(Check)	1,463	501	982	100	66	1.03
Mean		1,519	506	1,012	-	67	1.00
CV(%)		5	28				
LSD(0.05)		108	200				

**Table 3** Phenotypic correlation among traits measured in maize hybrids tested at NSFRC in 2015 dry Season.

Traits	ASI	EPP	EARASP	LSE	LRO	GY	CHC	STC	LTR	NDVI
ASI	1.000	-0.327**	0.347**	0.122	0.309**	-0.483**	-0.539**	-0.406**	0.459**	-0.258*
EPP		1.000	-0.467**	-0.381**	-0.186	0.647**	0.446**	0.230	-0.206	0.298**
EARASP			1.000	0.338**	0.252*	-0.773**	-0.527**	-0.008	0.082	0.072
LSE				1.000	0.516**	-0.460**	-0.358**	-0.083	0.128	-0.075
LRO					1.000	-0.268*	-0.391**	-0.129	0.251*	-0.028
GY						1.000	0.606**	0.359**	-0.377**	0.287*
CHC							1.000	0.370**	-0.336**	0.267*
STC								1.000	-0.691**	0.463**
LTR									1.000	-0.448**
NDVI										1.000

\*,\*\* = Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

**Table 4** Mean grain yield (kg/rai) and some agronomic traits of maize hybrids, tested under water stress condition at NSFCRC in 2015 dry season.

Entry	Pedigree	Yield (kg/rai)	Silking age (day)	Tasseling age (day)	ASI (day)	EH/PH (ratio)	Aspect		EPP (ratio)	Leaf senes (1-10)	Leaf rolling (1-5)	Shelling (%)	Moist (%)
							Plant (1-5)	Ear (1-5)					
1	Pac777	298	69	66	3	0.57	3.3	3.1	0.5	4	3	72.96	31.72
2	DK9901	446	67	65	2	0.59	3.0	2.6	0.6	5	4	76.86	32.02
3	DK7979	667	66	64	2	0.56	3.0	2.1	0.7	5	4	78.34	31.84
4	S6248	733	68	66	2	0.52	2.8	1.6	0.7	4	4	74.64	31.48
5	NK48	358	68	64	4	0.49	3.0	2.8	0.5	6	5	66.59	29.08
6	CP 888 New	282	68	65	4	0.53	3.6	3.0	0.5	6	4	76.96	28.37
7	CP 888 3G	528	68	67	1	0.56	2.9	2.3	0.6	4	4	75.30	28.30
8	P4554	665	66	64	2	0.56	2.6	1.8	0.8	5	5	79.63	31.35
9	P4546	680	67	66	1	0.57	2.4	2.0	0.7	4	3	80.07	30.40
10	SW4452	289	73	67	6	0.61	2.9	2.6	0.4	4	4	72.92	33.77
11	NSX 042007	511	65	65	0	0.52	2.5	2.1	0.7	3	3	74.76	28.89
12	NSX 042022	357	67	66	1	0.57	2.4	2.8	0.6	5	3	78.70	27.97
13	NSX 052014	679	65	64	1	0.54	2.3	2.0	0.9	4	4	75.76	26.27
14	NSX 102005	412	69	67	2	0.59	3.0	2.4	0.6	5	3	75.78	29.73
15	NSX 112010	486	69	66	3	0.56	2.9	2.5	0.8	6	5	71.39	29.98
16	NSX 112012	484	68	66	2	0.55	2.9	2.5	0.7	5	5	72.50	27.62
17	NSX 112013	418	69	67	3	0.58	3.6	2.8	0.6	5	5	73.27	29.34
18	NSX 112017	814	65	64	0	0.54	2.6	1.5	0.7	5	2	80.68	27.94
19	NS3(Check)	501	68	66	2	0.58	3.0	2.3	0.6	5	4	76.22	29.61
	Mean	506	68	65	2	0.56	2.9	2.3	0.7	5	4	75.44	29.77
	CV(%)	27.84	1.88	1.09	45.84	6.74	18.14	17.39	26.40	12.72	21.85	2.85	4.62
	LSD(0.05)	200	2	1	1	0.04	0.7	0.6	0.3	1	1	3.05	1.95

\* = Significant at 0.05 level of probability.

**Table 5** Mean grain yield (kg/rai) and some agronomic traits of maize hybrids, tested under well watered condition at NSFRC in 2015 dry season.

Entry	Pedigree	Yield (kg/rai)	Silking age day)	Tasselling age (day)	ASI (day)	EH/PH (ratio)	Aspect		EPP (ratio)	Shelling (%)	Moist (%)
							Plant	Ear			
1	Pac777	1545	64	64	0	0.47	2.1	1.5	1.0	81.23	30.10
2	DK9901	1614	63	62	1	0.51	2.8	2.3	1.2	82.95	29.77
3	DK7979	1568	63	62	2	0.52	2.0	2.4	1.1	82.41	31.54
4	S6248	1657	64	63	1	0.50	1.8	1.5	1.0	79.39	29.05
5	NK48	1543	63	60	3	0.47	2.1	2.3	1.0	77.73	28.47
	CP 888										
6	New	1587	63	61	2	0.49	2.4	2.4	1.0	82.43	26.00
7	CP 888 3G	1492	64	64	-1	0.48	2.4	1.9	1.0	81.21	28.17
8	P4554	1575	62	60	2	0.52	2.3	1.6	1.0	83.13	28.96
9	P4546	1580	64	63	1	0.45	2.4	2.4	1.0	82.62	29.34
10	SW4452	1381	65	63	2	0.56	2.4	2.4	1.0	79.57	31.20

11	NSX 042007	1528	62	62	1	0.53	2.9	2.3	1.0	79.77	28.51
12	NSX 042022	1456	62	63	-1	0.53	2.5	2.3	1.0	82.75	25.47
13	NSX 052014	1553	62	61	1	0.51	2.4	2.1	1.0	78.85	23.40
14	NSX 102005	1450	64	63	1	0.52	2.5	1.8	1.0	76.74	27.04
15	NSX 112010	1457	63	62	1	0.49	2.5	2.4	1.0	78.26	25.55
16	NSX 112012	1459	64	63	1	0.50	2.1	2.4	1.0	77.01	24.71
17	NSX 112013	1517	64	62	2	0.52	2.3	2.1	1.0	80.76	24.83
18	NSX 112017	1440	62	62	1	0.53	2.5	2.3	1.0	82.64	25.07
19	NS3(Check)	1463	63	63	0	0.51	2.1	2.1	1.0	81.19	26.21
	Mean	1519	63	62	1	0.51	2.3	2.1	1.0	80.56	27.55
	CV(%)	5.00	1.03	1.00	67.79	3.63	18.57	12.41	4.07	1.18	3.55
	LSD(0.05)	108	1	1	1	0.00	ns	0.4	0.1	1.35	1.38

ns = Non significant.

\* = Significant at 0.05 level of probability.