

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยจำกัดในการผลิตพืชโดยทั่วไป โดยเฉพาะในเขตที่ปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ความแปรปรวนของปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝน โดยน้ำธรรมชาตินั้นไม่แน่นอน ทำให้เกษตรกรที่ผลิตพืชต้องประสบภาวะเสี่ยง โดยไม่มีโอกาสหลีกเลี่ยง การขาดน้ำในช่วงต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของพืชเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า ถ้าพืชขาดน้ำในช่วงเมล็ดเริ่มงอกจนถึงระยะที่เป็นต้นกล้า จะทำให้ความเหมาะสมของจำนวนต้นพืชต่อพื้นที่ต่ำลง แต่ถ้าพืชขาดน้ำในช่วงที่ออกดอกหรือให้ผลผลิตก็จะทำให้พืชได้ผลผลิตลดลง และอาจมีผลเกี่ยวเนื่องไปถึงคุณภาพของผลผลิตที่ต่ำลงด้วย

การปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความทนทานต่อความแห้งแล้งเป็นเป้าหมายหลักของนักปรับปรุงพันธุ์พืช แต่ลักษณะการทนทานต่อความแห้งแล้งของพืชเป็นคุณสมบัติเฉพาะและมีความซับซ้อน เนื่องจากลักษณะของ สันฐานวิทยา (morphological) สรีรวิทยา (physiological) และชีววิทยา (biology) ของพืชมีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะคัดเลือกด้วยลักษณะพันธุศาสตร์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นยังเกี่ยวพันกับระยะการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมของพืชนั้น ๆ จากข้างต้นการคัดพันธุ์พืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง จึงเป็นงานและภาระอันหนัก ซึ่งงานวิจัยที่เสนอนี้ จะเป็นเครื่องมือช่วยในการคัดพันธุ์ทนแล้งในขณะที่ยังเป็นต้นกล้าจากลักษณะทางกายวิภาคของใบพืช ซึ่งมีปากใบ (stomata) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ป้องกันการ สูญเสียน้ำหรือสงวนน้ำไว้ในพืชเมื่อพืชขาดน้ำ ผลงานวิจัยนี้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดพันธุ์พืชที่ทนแล้งได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถคัดพันธุ์พืชทนแล้งได้ในเรือนทดลอง ซึ่งลดปัญหาความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมในแปลงปลูก และประการสำคัญคือ ได้ผลชัดเจนในช่วงระยะเวลาสั้นประหยัด แรงงานและค่าใช้จ่าย และสามารถประยุกต์ไปใช้กับพืชอื่น ๆ ตามวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์พืช ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อ :

- 1 ศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวโพดเมื่อขาดน้ำ
- 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาาระหว่างพันธุ์ข้าวโพดที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและพันธุ์ที่ไม่ทนทาน ในระยะต้นกล้า
- 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของใบโดยเฉพาะส่วนของปากใบเมื่อพืชขาดน้ำ

2. อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบข้าวโพดเพื่อหาความสัมพันธ์การทนแล้งในระยะต้นกล้าของข้าวโพดนี้ ได้ดำเนินการทดลองที่เรือนทดลองและห้องปฏิบัติการวิทยาการเมล็ดพันธุ์ของภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้เมล็ดพันธุ์แท้ที่ได้รับจากศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เมล็ดข้าวโพดพันธุ์แท้ 6 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์ :

SUWAN 1 SUWAN 2 SUWAN 3 PB.5 KSX.2301 KTX.2602

2.1 การทดสอบความสามารถในการงอก

2.1.1 การทดสอบความงอกของข้าวโพดในสภาพแห้งแล้ง

นำเมล็ดข้าวโพด 6 พันธุ์ มาแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะด้วยกระดาษเพาะ (Between paper, BP) ในตู้เพาะความงอกอุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากเมล็ดข้าวโพดมีรากงอกแล้ว จึงนำมาทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดข้าวโพดมาเพาะให้งอกอีกในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 6 วัน

2.1.2 บันทึกข้อมูลการตอบสนองของข้าวโพดแต่ละพันธุ์

นับความงอก อัตราการงอก วัดความยาวราก จำนวนรากแขนงที่เจริญมาทดแทน ความยาวของต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นกล้า ทำการเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวโพดซึ่งไม่ผ่านกระบวนการงอกในสภาพแห้งแล้ง จะทำให้ทราบการตอบสนองความแห้งแล้งของข้าวโพดแต่ละพันธุ์

2.2 การทดสอบการเจริญเติบโตในสภาพแห้งแล้ง

นำข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ ปลุกในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ลึก 50 cm. โดยใช้ทรายที่มีความชื้น 3 ระดับ คือ 30(W₃₀), 50 (W₅₀) และ 70(W₇₀)%ของความชื้นสนาม (Field capacity, FC) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ใน เรือนทดลองซึ่งควบคุมอุณหภูมิความชื้นและแสง

วัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ บันทึก พื้นที่ใบ, จำนวนวันกำเนิดแต่ละใบ จนถึงใบที่ 4 แผ่ขยายเต็มที่ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ต้น ราก ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์

2.3 การศึกษากายวิภาคของใบ (leaf anatomy)

ปลูกข้าวโพดทั้ง 6 สายพันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเหมือนในข้อที่.2 ที่ระดับ 30(W₃₀) และ 70(W₇₀)% ความชื้นสนาม จากนั้นตัดใบข้าวโพดใบที่ 2, 3 และ 4 มาไว้ใน acetic acid/ethanol (1:3, V/V) 24 ชั่วโมง เพื่อให้เซลล์พืชไม่เปลี่ยนแปลง แล้วนำมาเก็บไว้ใน ethanol 70% เพื่อนับจำนวนปากใบ (stomata) ทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาข้อมูล :

- จำนวนปากใบ ด้านบน และด้านล่าง
- ความยาวของปากใบ

3 ผลการศึกษา

3.1 การทดลองในระยะออก

ในการทดสอบความงอกของเมล็ดข้าวโพด 6 พันธุ์ ในสภาวะแห้งแล้งโดยให้เมล็ดดูดซับความชื้นที่อุณหภูมิ 10° ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากเดิม 25.75-31.38% จากความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดแห้ง (air dry seed) ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้น 1.07-1.30 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ด/ชั่วโมง การเพิ่มขึ้นของความชื้นนี้ไม่แตกต่างทางสถิติ และเมื่อนำเมล็ดข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ มาทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25° ซ. ความชื้นเมล็ดลดลงใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นการทดสอบโดยมีความชื้นเฉลี่ย 10.48-12.45% MC ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ด ความชื้นในเมล็ดของข้าวโพด 6 พันธุ์ที่ใช้ทดสอบความงอกในสภาวะแห้งแล้ง

พันธุ์	น้ำหนักเมล็ด	ความชื้นในเมล็ด		
		เริ่มทดลอง	แช่น้ำ 24 ชม.	สภาวะแห้งแล้ง
SUWAN1	315 a ^{1/}	9.50	34.27	10.82
SUWAN2	216 b	9.75	36.57	10.48
SUWAN3	295 ab	9.10	38.74	12.27
PB.5	233 c	8.68	39.65	14.45
KSX.2301	239 bc	9.26	40.64	12.45
KTX.2602	287 ab	10.22	35.97	11.67
ค่าเฉลี่ย	264.17	9.42	37.64	10.02

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการลดความชื้นแล้วกลับเข้าไปยังตู้เพาะให้ความชื้น และให้งอกอีกเป็นเวลา 6 วัน ในอุณหภูมิ 25° ซ. และความชื้น 98% RH ทำการนับความงอกอัตราเร็วของการงอก และจำนวนต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์เพื่อเปรียบเทียบ การลดลงของความชื้นในระหว่างการเริ่มกระบวนการงอกจึงมีผลต่อการแสดงออกของเมล็ดข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยความงอกตั้งต้นของเมล็ดข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเพาะความงอกตามวิธีปกติ โดยมีความงอก 95.1-98.0% แต่เมื่อผ่านการงอกในสภาวะแห้งแล้งแล้ว ข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์มีอัตราความเร็วของการงอกแตกต่างกันตั้งแต่ 5.4-15.6 เมล็ด/วัน โดยพันธุ์ SUWAN1 มีความเร็วของการงอกต่อวันต่ำที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ PB.5 และพันธุ์ SUWAN2 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีความเร็วในการงอกมากที่สุดคือพันธุ์ SUWAN3 รองลงมาคือพันธุ์ KSX.2301 และ KTX.2602 ตามลำดับ ซึ่งความเร็วในการงอกนี้จึงมีผลต่อการทำให้เกิดต้นกล้าที่ผิดปกติหรือต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ด้วย เช่นพันธุ์ KSX.2301 ที่มีความแห้งแล้ง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความงอก , ความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ของข้าวโพดพันธุ์ ที่ทดสอบการงอกในสภาวะแห้งแล้ง

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์ความงอก -%-	ความเร็วในการงอก	ต้นกล้าไม่สมบูรณ์
		-เมล็ด/วัน-	-%-
SUWAN1	98.0	5.4 c ^{1/}	24.2 b ^{1/}
SUWAN2	96.3	8.5 b	9.0 d
SUWAN3	97.2	15.6 a	15.8 bc
PB.5	95.1	6.1 c	22.5 b
KSX.2301	96.0	14.4 a	36.0 a
KTX.2602	96.0	11.3 ab	12.6 c
ค่าเฉลี่ย	96.43	10.22	20.02

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความยาวของราก (primary root) ความยาวของส่วนยอดและจำนวนของราก mesocotyl ของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์เมื่อทดสอบความงอกโดยวิธีปกติและเมื่อกระทบความแห้งแล้ง พบว่าเมื่อเพาะความงอกโดยวิธีการปกติพันธุ์ KTX.2602 มีความยาวรากแรกมากที่สุด (9.38 ซม.) และพันธุ์ SUWAN2 มีความยาวรากน้อยที่สุด (6.18 ซม.) แต่เมื่อกระทบความแห้งแล้ง พันธุ์ KTX.2602 มีผลกระทบทำให้ความยาวของ primary root ลดลงถึง 56% ส่วนพันธุ์ SUWAN1 ที่มี primary root สั้นเมื่อเพาะความงอกโดยวิธีปกติ เมื่อกระทบความแห้งแล้งกับมีความยาวรากลดลงเพียง 11% แต่อย่างไรก็ตามความแห้งแล้งมีผลกระทบความยาวรากของพันธุ์ PB.5 มากที่สุด (26%) ความแห้งแล้งในระหว่างกระบวนการงอกมีผลกระทบต่อพัฒนาการของ ข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ เช่นกันโดยพันธุ์ PB.5 ลดการเจริญเติบโตในส่วนของยอดมากที่สุด (40%) รองลงมาคือพันธุ์ SUWAN3 และ KSX.2301 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ SUWAN1 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเพียง 2% อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความยาวของรากและต้นเมื่อมีความแห้งแล้งในระหว่างการงอกของเมล็ดนั้น ความยาวของรากจะถูกกระทบมากกว่าความยาวของต้น และการเปลี่ยนแปลงของรากและยอดนั้นมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ข้าวโพดที่ทดสอบ ส่วนจำนวนของ mesocotyl roots นั้นมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในทางเพิ่มขึ้นและลดลง เมื่อเมล็ดมีการกระทบแล้งการเปลี่ยนแปลงจำนวนของ mesocotyl roots ในแต่ละพันธุ์มีความแปรปรวนมาก โดยพันธุ์ SUWAN2 มีจำนวน mesocotyl เพิ่มขึ้น 17% (ตารางที่ 3) จึงยากที่จะสรุปได้และจำนวน mesocotyl roots นี้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ตารางที่ 3 ความยาวของราก, ยอด และจำนวนของราก mesocotyl ของข้าวโพด 6 พันธุ์ที่ใช้ทดสอบการงอกในสภาวะแห้งแล้ง

พันธุ์	ความยาวราก (ซม.)			ความยาวของยอด (ซม.)			จำนวนราก mesocotyl		
	T1 ^{1/}	T2 ^{1/}	% ^{2/}	T1	T2	%	T1	T2	%
SUWAN1	6.18	5.48	-11 a	3.65	3.58	-2 a	5.3	5.8	+9a
SUWAN2	7.45	3.32	-42 bc	4.54	4.07	-11ab	5.1	6.0	+17a
SUWAN3	8.29	5.60	-33 b	6.56	3.68	-29be	4.4	4.6	+4a
PB.5	8.99	3.43	-62 d	4.83	2.90	-40d	4.2	2.8	-33a
KSX.2301	8.95	4.63	-50 c	5.08	3.84	-24b	4.3	3.8	-12a
KTX.2602	9.38	4.18	-56 cd	5.61	5.28	-2 b	5.1	5.5	+7a
เฉลี่ย	8.21A ^{3/}	4.44B	42.33	5.05	3.89	-18.00	4.73	4.75	13.67

^{1/} T1 และ T2 หมายถึงการงอกในสภาพปกติและการงอกในสภาวะแห้งแล้ง ตามลำดับ

^{2/} เปอร์เซนต์การเปรียบเทียบลักษณะเดียวกันระหว่างการงอกในสภาพปกติและการงอกในสภาวะแห้งแล้งโดยเครื่องหมาย + เท่ากับการเพิ่มขึ้น และ เครื่องหมาย - เท่ากับการลดลง

^{3/} การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ เมื่อการงอกในสภาพปกติและการงอกในสภาพแห้งแล้ง และตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในลักษณะเดียวกัน มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดยวิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05$ %)

3.2 การทดลองในระยะต้นกล้า

3.2.1 พื้นที่ใบ

เมื่อปลูกข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ลงในกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. โดยให้ความชื้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือที่ระดับ 30, 50 และ 70% FC และรักษาระดับความชื้นโดยการเติมน้ำที่ขาดหายไปทุกวัน และวัดการเจริญเติบโตพบว่าข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์มีพื้นที่ใบรวมของใบที่ 2, 3 และ 4 แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อให้พื้นที่เหมาะสมในระดับ 70% FC (W70) พื้นที่ใบรวมของพันธุ์ KTX.2602 มากที่สุด (67.3 cm.²) รองลงมาคือพันธุ์ PB.5 (63.3 cm.²) ส่วนพันธุ์ SUWAN1 มีพื้นที่ใบรวมน้อยที่สุด (50.5 cm.²) เมื่อให้ความชื้นน้อยลงในระดับ 50% FC (W50) พื้นที่ใบรวมจะลดลงเล็กน้อยโดยเฉลี่ย 4.23% โดยพันธุ์ KTX.2602 และพันธุ์ PB.5 มีพื้นที่ใบรวมลดลงเพียง 2.5% ส่วนพันธุ์ KSX.2301 มีพื้นที่ใบรวมลดลงมากที่สุดถึง 9.3% เมื่อให้ความชื้นลดลงในระดับ 30% FC (W30) พบว่าพื้นที่ใบรวมของข้าวโพดลดลงถึง 12.46% เมื่อเปรียบเทียบกับ การให้น้ำที่ระดับ 70% FC โดยการตอบสนองแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ พันธุ์ที่มีการตอบสนองน้อยที่สุด ได้แก่พันธุ์ KSX.2301 โดยมีพื้นที่ใบลดลง 8.8% รองลงมาคือพันธุ์ SUWAN1 โดยพื้นที่ใบรวมลดลงถึง 17.2% รองลงมาเป็นพันธุ์ SUWAN2 (14.1%)

ตารางที่ 4 อิทธิพลของความชื้นที่ต่างกัน 3 ระดับ ต่อผลรวมของพื้นที่ของใบที่ 2,3 และ 4 และ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบเมื่อลดความชื้นในระดับ 50 และ 30% ของความจุสนาม เปรียบเทียบกับ 70% ของความชื้นภาคสนามของข้าวโพด 6 พันธุ์

พันธุ์	พื้นที่ใบ (ซม ²)			การเปลี่ยนแปลง (%) ¹	
	ระดับความชื้น			เปรียบเทียบ 70% FC	
	W70	W50	W30	W50	W30
SUWAN1	50.5c	49.9c	41.8d	-1.1a	-17.2c
SUWAN2	57.3b	53.3bc	49.2c	-7.0bc	-14.1b
SUWAN3	52.1c	60.2ab	54.1b	-3.0b	-12.9ab
PB.5	63.3a	61.7ab	55.5b	-2.5a	-12.3ab
KSX.2301	62.5ab	58.0b	57.0ab	-9.3c	-8.8a
KTX.2602	67.3a	65.6a	60.9a	-2.5a	-9.5a
เฉลี่ย	58.83 ²	58.12	53.08	-4.23	-12.46

¹ แสดงเปอร์เซ็นต์ การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

² ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ(โดยวิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

3.2.2 น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของส่วนยอดของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ มีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยพันธุ์ KTX.2602 ให้น้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด (851 มก.) รองลงมาเป็นพันธุ์ KSX.2301 (830 มก.) ส่วนพันธุ์ SUWAN1 ให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเพียง 581 มิลลิกรัม รองลงมาคือพันธุ์ SUWAN2 (683 มก.) เมื่อให้น้ำในระดับที่เหมาะสม (W70) เมื่อลดความชื้นของวัสดุปลูกลงเป็นระดับ 50% FC (W50) พืชมีการตอบสนองโดยการลดการเจริญเติบโตลง โดยเฉลี่ย 26.83% โดยพันธุ์ PB.5 ลดน้ำหนักแห้งของส่วนยอดมากที่สุดเป็น 42.3% รองลงมาคือพันธุ์ KSX.2301 ส่วนพันธุ์ SUWAN1 ซึ่งให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเมื่อได้รับน้ำในระดับ W70 กลับมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งเพียง 19.1% ส่วนพันธุ์ SUWAN3 มีการลดลงของน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเป็น 18.1% และเมื่อให้น้ำน้อยลงในระดับ 30% FC (W30) พันธุ์ SUWAN3 ยังคงมีการตอบสนองน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยมีน้ำหนักแห้งลดลงเพียง 33.7% รองลงมาคือพันธุ์ SUWAN1 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งของส่วนยอดลดลง 36.0% ส่วนพันธุ์ PB.5 มีการลดลงของน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 54.7% รองลงมาได้แก่พันธุ์ KTX.2602 (48.8%) และพันธุ์ KSX.2301 (48.1%) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของความชื้นต่อน้ำหนักแห้งของส่วนยอดของข้าวโพด 6 พันธุ์ และการเปรียบเทียบระหว่างการให้ความชื้นที่เหมาะสม (W70) กับการให้น้ำในระดับ 50% FC (W50) และ 30% FC (W30) ในสภาพเรือนทดลอง

พันธุ์	น้ำหนักส่วนยอด (มิลลิกรัม)			การเปลี่ยนแปลงจาก 70(%) ¹	
	ระดับความชื้น			W50	W30
	W70	W50	W30		
SURAN1	581d ²	470 c	372 bc	-19.1 a	-36.0 a
SUWAN2	683c	538 bc	393 b	-21.2 a	-42.4 ab
SUWAN3	706bc	578 b	468 a	-18.1 a	-33.7 a
PB.5	812b	468 c	368 bc	-42.3 c	-54.7 c
KSX2301	830ab	532 bc	431 ab	-35.9 bc	-48.1 b
KTX2602	851a	643 a	322 c	-24.4 b	-48.8 b
เฉลี่ย	743.8A ³	538.2 B	392.3 C	-26.83	-43.95

¹ แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

² ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

³ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

3.2.3 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

เมื่อให้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ต่างกันตามที่แสดงในตารางที่ 4 และ 5 นอกจากนั้นยังทำให้พืชมีประสิทธิภาพของการใช้น้ำที่ต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชจัดเป็นน้ำหนักแห้งของพืชเป็นมิลลิกรัมต่อน้ำหนักน้ำที่พืชใช้เป็นกรัม ซึ่งพบว่าเมื่อให้น้ำในระดับที่เหมาะสม (W70) ข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 มิลลิกรัม/กรัม โดยแต่ละพันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ต่างกันทางสถิติ จากการทดลองนี้พบว่าพันธุ์ SUWAN3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำมากที่สุด 3.39 มิลลิกรัม/กรัม รองลงมาคือพันธุ์ KSX.2301 และพันธุ์ KTX.2602 (3.38 และ 3.25 มิลลิกรัม/กรัม) ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ PB.5 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อให้ความชื้นน้อยลงในระดับ 50(W50) และ 30(W30) %FC พืชมีการตอบสนองโดยมีประสิทธิภาพการให้น้ำเพิ่มขึ้น เมื่อให้น้ำที่ระดับ W50 และ W30 ข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ยเป็น 3.38 และ 3.87 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ การเปลี่ยนประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์นี้มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อลดความชื้นที่ให้ลง โดยเฉพาะเมื่อพืชขาดน้ำมาก ๆ ในระดับ W30 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้น้ำมีถึง 20.29% โดยเฉลี่ยและการตอบสนองแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะพันธุ์ SUWAN2 และพันธุ์ SUWAN3 มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำขึ้นจากเดิมถึง 24.2 และ 23.3% ตามลำดับ รองลงมาเป็นพันธุ์ KSX.2301 (21.9%) ส่วนพันธุ์ PB.5 เป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุดเมื่อได้รับน้ำเหมาะสม แต่เมื่อขาดน้ำในระดับ W30 ก็ยังคงเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ดีที่สุดอีกด้วย (18.4%) รองลงมาคือพันธุ์ SUWAN1 (18.8%)

ตารางที่ 6 อิทธิพลของความชื้นต่อประสิทธิภาพของการใช้น้ำของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ และการเปรียบเทียบระหว่างการทำน้ำที่ที่เหมาะสม (W70) กับการให้น้ำในระดับ 50%FC (W50) และ 30%FC (W30) ในสภาพเรือนทดลอง

พันธุ์	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (มิลลิกรัม/กรัม)			เปรียบเทียบกับ W70 ¹	
	ระดับความชื้น			W50	W30
	W70	W50	W30		
SUWAN1	3.09 b ²	3.18 be	3.67 bc	2.9 c	18.8 b
SUWAN2	3.10 b	3.27 c	3.85 b	5.4 bc	24.2 a
SUWAN3	3.39 a	3.64 a	4.18 a	6.8 b	23.3 a
PB.5	2.72 c	2.97 c	3.53 c	9.2 a	18.4 b
KSX.2301	3.38 a	3.64 a	4.12 a	7.7 b	21.9 ab
KTX.2602	3.25 a	3.57 a	3.87 b	9.8 a	19.1 b
เฉลี่ย	3.16 B ³	3.38 B	3.87 A	6.96	20.95

¹ แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

² ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

³ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

3.3 ลักษณะทางกายวิภาคของใบ

3.3.1 จำนวนเส้นใบ

ตารางที่ 7 แสดงถึงความแตกต่างของเส้นใบต่อความกว้าง 1 มิลลิเมตร เมื่อพืชได้รับปริมาณน้ำที่แตกต่างกันพบว่าเส้นใบอยู่ระหว่าง 7.4-8.5 เส้น ต่อความกว้าง 1 มิลลิเมตร เมื่อให้น้ำมากที่สุด W70 ใบที่ 2 ส่วนใบที่ 3 และใบที่ 4 จำนวนเส้นใบต่อมิลลิเมตรจะเพิ่มขึ้นเป็น 8.5-10.2 และ 9.1-10.6 เส้น ต่อมิลลิเมตรตามลำดับ แต่เมื่อพืชขาดน้ำจำนวนเส้นใบต่อมิลลิเมตรจะเพิ่มขึ้นเมื่อใบที่ 2 การขาดน้ำในระดับ W30 ทำให้จำนวนเส้นใบเพิ่มขึ้น 22.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใบที่ 3 และที่ 4 จำนวนเส้นใบเพิ่มขึ้นเมื่อขาดน้ำเป็น 14.4 และ 10.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จำนวนเส้นใบต่อมิลลิเมตร ของพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติไม่ว่าจะให้น้ำระดับใดก็ตาม

ตารางที่ 7 อิทธิพลของความแตกต่างของความชื้นที่มีผลต่อจำนวนเส้นใบต่อความกว้าง 1 มิลลิเมตร
ของใบที่ 2,3 และ 4 ของข้าวโพด 6 พันธุ์

ระดับน้ำ	ตำแหน่งใบ								
	ใบที่ 2			ใบที่ 3			ใบที่ 4		
	W70	W30	(%) ^{1/}	W70	W30	(%)	W70	W30	(%)
พันธุ์	จำนวนเส้นใบ/มม.								
SUWAN1	7.4b ^{2/}	10.4b	41a	8.5b	10.6ab	25a	9.2b	10.7bc	16ab
SUWAN2	8.5a	10.3b	23b	10.0a	12.1a	21ab	10.6a	11.2b	6c
SUWAN3	8.4a	10.3b	22b	10.2 a	11.1ab	8c	10.5a	11.1b	6c
PB .5	8.4a	11.6a	39a	9.6ab	11.9a	23a	9.9b	12.2a	24a
KSX.2301	7.9ab	9.0c	14c	9.4ab	10.2b	9c	9.2b	10.2c	11bc
KTX.2602	7.9ab	10.7b	36ab	9.5ab	10.9ab	15bc	9.1b	10.7bc	17ab
เฉลี่ย	8.1B ^{3/}	10.4A	22.1	9.5B	11.1A	14.4	9.8B	11.0A	10.9

^{1/} แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวคอลัมน์ (column) เดียวกันมีความแตกต่างกันในทาง สถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

^{3/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

3.3.2 จำนวนปากใบ

จำนวนปากใบของแต่ละพันธุ์ก็มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับเส้นใบต่อมิลลิเมตร จากตารางที่ 8 และ 9 พบว่าจำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ด้านบนใบ (adaxial) ของใบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของทั้ง 6 พันธุ์เท่ากับ 46.5 เมื่อให้น้ำในระดับ W70 แต่เมื่อลดความชื้นที่ให้กับพืชลงเหลือระดับ W30 จำนวนปากใบต่อมิลลิเมตรจะเพิ่มขึ้นเป็น 64.0 หรือเท่ากับ 38.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นกับใบที่ 3 และใบที่ 4 ด้วยในลักษณะเดียวกันโดยจำนวนปากใบของใบที่ 3 และใบที่ 4 จะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชขาดน้ำ แต่การเปลี่ยนแปลงของจำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตรมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ซึ่งลักษณะนี้ น่าจะถูกควบคุมโดยพันธุกรรม จำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตรของด้านใต้ใบ (abaxial) มีจำนวนมากกว่าปากใบด้าน adaxial โดยใบที่ 2 ของข้าวโพดเมื่อให้น้ำเหมาะสม มีจำนวนปากใบเฉลี่ยจากทุกพันธุ์เท่ากับ 59.8 แต่เมื่อลดความชื้นที่ให้แก่ข้าวโพดลงเป็นระดับ W30 จำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตร จะเพิ่มเป็น 84.2 ในใบข้าวโพดใบที่ 2 โดยเพิ่มขึ้น 41.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใบที่ 3 และใบที่ 4 จำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตรเพิ่มขึ้นเป็น 69.9 และ 72.6 ตามลำดับเมื่อให้ระดับน้ำที่เหมาะสม แต่เมื่อลดระดับน้ำลงเป็นระดับ W30 จำนวนปากใบเพิ่มขึ้นเป็น 28.3 และ 26.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนจำนวนปากใบของแต่ละพันธุ์ก็มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในใบที่ 2,3 และ 4 เช่นเดียวกับด้านบนใบ

ตารางที่ 8 อิทธิพลของความแตกต่างของความชื้นต่อจำนวนปากใบ ด้านบนใบ (adaxial) ของตำแหน่ง ใบที่ 2,3 และ 4 ของข้าวโพด 6 พันธุ์

ระดับความชื้น พันธุ์	ตำแหน่งใบ								
	ใบที่ 2			ใบที่ 3			ใบที่ 4		
	W70	W30	(%) ^{1/}	W70	W30	%	W70	W30	%
	จำนวนเส้นใบ/มม ²								
SUWAN1	42.1c ^{2/}	65.0b	54a	44.9c	61.9c	38ab	48.2b	63.1b	31d
SUWAN2	47.0ab	58.5c	25c	52.0b	68.7a	33b	54.6a	72.6a	34c
SUWAN3	43.6c	66.0b	52a	50.6b	65.5b	29c	47.0c	75.6a	60a
PB 5	45.5b	60.7b	34bc	45.6c	65.4b	43a	48.9b	66.0b	37c
KSX.2301	48.6ab	59.1c	22c	54.1b	60.4c	11e	46.4c	58.7c	27e
KTX.2602	51.9a	74.6a	44b	56.8a	67.0a	18d	46.9c	67.1b	43b
เฉลี่ย	46.5B ^{3/}	64.0A	38.5	50.7B	64.8A	28.7	48.7B	67.2A	38.7

^{1/} แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวคอลัมน์ (column) เดียวกันมีความแตกต่างกันในทาง สถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

^{3/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

ตารางที่ 9 อิทธิพลของความแตกต่างของความชื้นต่อจำนวนปากใบด้านใต้ใบ (abaxial) ของตำแหน่ง ใบที่ 2,3 และ 4 ของข้าวโพด 6 พันธุ์

ระดับความชื้น พันธุ์	ตำแหน่งใบ								
	ใบที่ 2			ใบที่ 3			ใบที่ 4		
	W70	W30	% ^{1/}	W70	W30	%	W70	W30	%
	จำนวนเส้นใบ/มม.								
SUWAN1	51.7c ^{2/}	80.4bc	56a	59.6c	80.9b	36a	71.0a	85.7c	23ab
SUWAN2	56.5b	77.1 c	37c	66.5b	90.5ab	36a	72.8a	96.2a	32a
SUWAN3	63.1a	91.1ab	45b	75.1a	90.4ab	21b	74.8a	98.7a	32a
PB .5	60.2ab	83.4b	38c	67.6b	91.1ab	35a	72.8a	90.5b	25b
KSX.2301	63.3a	77.8c	24d	72.1ab	84.2b	17c	71.9a	83.5c	16c
KTX.2602	64.2a	95.6a	49b	78.2a	97.8a	25b	72.2a	94.6a	31a
เฉลี่ย	59.8B ^{3/}	84.2A	41.5	69.9B	89.2A	28.3	72.6B	91.5A	26.5

^{1/} แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวคอลัมน์ (column) เดียวกันมีความแตกต่างกันในทาง สถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

^{3/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

3.3.3 ความยาวของปากใบ

ความยาวของปากใบของด้านบนใบ (adaxial stomatal length) วัดได้เป็นค่าเฉลี่ย 36.7 ไมครอน(μm) ในตำแหน่งใบที่ 2 เมื่อให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม (W70) และเมื่อพืชขาดน้ำความยาวของปากใบจะลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการตอบสนองเช่นนี้พบในใบที่ 3 และใบที่ 4 เช่นเดียวกัน โดยใบที่ 3 และมีค่าเฉลี่ยความยาวของปากใบเท่ากับ 39.7 และ 39.4 ไมครอน เมื่อพืชได้รับปริมาณน้ำที่เหมาะสม เมื่อขาดน้ำความยาวของปากใบลดลงเหลือ 36.4 และ 36.2 ไมครอน ตามลำดับ หรือลดลงเป็น 8.5 และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การลดลงของความยาวปากใบจากสาเหตุการขาดน้ำนี้เกิดขึ้นกับทุกใบ (ใบที่ 2,3 และ 4) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อพิจารณาถึงความยาวของปากใบด้านบนเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งใบเดียวกันทุกๆ ใบ โดยใบที่ 2,3 และ 4 มีความยาวของปากใบด้านล่างเท่ากับ 38.1 , 41.3 และ 42.9 ไมครอน ตามลำดับ เมื่อพืชได้รับน้ำเหมาะสม (W70) เมื่อพืชขาดน้ำขนาดความยาวของปากใบจะลดลงเหลือ 34.1 ,37.1 และ 32.3 ไมครอน ตามลำดับ ซึ่งคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของการลดลงของความยาวของปากใบเฉลี่ยเป็น 10.5,8.7 และ 8.7 เปอร์เซ็นต์ ของใบที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับซึ่งการตอบสนองนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และ 11)

ตารางที่ 10 อิทธิพลของความแตกต่างของความชื้นที่มีผลต่อความยาวของปากใบด้านบนใบ (adaxial stomatal length) ของตำแหน่งใบที่ 2,3 และ 4 ของข้าวโพด 6 พันธุ์

ระดับน้ำ	ตำแหน่งใบ								
	ใบที่ 2		ใบที่ 3		ใบที่ 4				
	W70	W30	W70	W30	W70	W30			
พันธุ์	μm	% ^{1/}	μm	%	μm	%			
SUWAN1	38.1a ^{2/}	34.2a	-10a	41.6a	36.7a	-12a	39.5a	37.1a	-6a
SUWAN2	38.0a	34.1a	-10a	40.8a	38.6a	-5a	40.8a	38.2a	-7a
SUWAN3	36.0a	34.0a	-6a	39.1a	35.4b	-10a	40.0a	34.8b	-13a
PB .5	37.1a	32.9ab	-11a	39.8a	36.7a	-8a	40.7a	36.6ab	-10a
KSX.2301	36.6a	32.9ab	-10a	39.6a	36.5a	-8a	38.0a	36.5ab	-4a
KTX.2602	34.5a	30.1c	-13a	37.1b	34.2c	-8a	37.8a	33.8b	-10a
เฉลี่ย	36.7A ^{3/}	33.0B	-10	39.7A	36.4B	-8.5	39.4A	36.2B	-8.3

^{1/} แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวคอลัมน์ (column) เดียวกันมีความแตกต่างกันในทาง สถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

^{3/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

ตารางที่ 11 อิทธิพลของความแตกต่างของความชื้นที่มีผลต่อความยาวของปากใบด้านใต้ใบ (adaxial stomatal length) ของตำแหน่งใบที่ 2,3 และ 4 ของข้าวโพด 6 พันธุ์

ระดับน้ำ	ตำแหน่งใบ								
	ใบที่ 2			ใบที่ 3			ใบที่ 4		
	W70	W30		W70	W30		W70	W30	
พันธุ์ μm		% ^{1/} μm		% μm		%
SUWAN1	39.8a ^{2/}	35.3a	-11a	43.5a	38.1a	-13a	43.5a	40.1a	-8a
SUWAN2	38.5ab	35.0a	-10a	41.9a	39.2a	-7a	43.8a	40.8a	-8a
SUWAN3	37.8b	35.2a	-7a	40.6ab	37.3a	-8a	43.6a	38.3b	-12a
PB 5	38.9ab	34.1ab	-12a	41.9a	38.5a	-9a	44.1a	40.2a	-9a
KSX.2301	38.0ab	34.0ab	-11a	41.2a	37.8a	-8a	41.6a	39.4b	-5a
KTX.2602	35.5b	31.2b	-12a	38.5b	35.9b	-7a	41.0a	36.9c	-10a
เฉลี่ย	38.1A ^{3/}	34.1B	-10.5	41.3A	37.1B	-8.7	42.9A	32.3B	-8.7

^{1/} แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลง โดยเปรียบเทียบกับความชื้นระดับ 70% FC

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวคอลัมน์ (column) เดียวกันมีความแตกต่างกันในทาง สถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

^{3/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (โดย วิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05\%$)

4. สรุปและวิจารณ์

4.1 การทดลองในระยะเมล็ดงอก

จากผลการทดลองให้เมล็ดพืชงอกในสภาพขาดน้ำโดยใช้ข้าวโพด 6 พันธุ์ พบว่าเมื่อเมล็ดพืชได้รับน้ำน้อยลงในช่วงของการงอก เมล็ดพืชจะงอกได้ช้าลง (Vearasilp,1986 ; Geisler and Vearasilp,1988) ซึ่ง Bewly และ Black (1982) รายงานว่ากระบวนการทางชีวเคมีในเมล็ดหยุดชะงักเมื่อเมล็ดพืชขาดน้ำในช่วงของการงอก ซึ่งการขาดน้ำในช่วงนี้จะมีผลต่อการสร้างโปรตีน เนื่องจากการสังเคราะห์ mRNA ไม่สมบูรณ์ (Chen et al.,1968) ซึ่ง Geisler และ Vearasilp(1988) รายงานว่าเมล็ดข้าวโพดจะมีการเจริญเติบโตและมีการพัฒนาการของราก (radicle) เมื่อเมล็ดมีการดูดซับน้ำมากกว่า 36 ชั่วโมง ซึ่งในช่วงนั้นภายในเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีวเคมี น้ำตาลและสารอินทรีย์ที่อยู่ในเมล็ด (Bewley,1979) ดังนั้นเมื่อให้เมล็ดพืชได้รับน้ำเป็นเวลานานถึง 48 ชั่วโมงนั้นเมล็ดข้าวโพดได้เริ่มงอกแล้ว และเมื่อนำมาทำให้แห้งเมล็ดจึงได้รับสถานะเครียดและแสดงลักษณะต่าง ๆ ออกมา ซึ่งถูกควบคุมโดยพันธุกรรม

ความเร็วของการงอกของต้นกล้าของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ แสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมด้วย เมื่อเมล็ดพันธุ์ได้ดูดซับความชื้นแล้วแสดงอาการงอก แต่เมื่อพบสภาวะแห้งแล้งจะทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ SUWAN 1 มีความเร็วในการงอกต่ำ เมื่อเมล็ดข้าวโพดอยู่ในสภาวะแห้งแล้งในขณะงอก จึงมีความเสียหายน้อยกว่าพันธุ์ที่มีความงอกเร็วกว่าต้นกล้าที่ผิดปกติ ข้อสรุปนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Geisler และ Vearasilp (1988) นอกจากนี้ความแห้งแล้งที่เกิดในช่วงกระบวนการงอกยังมีผลต่อความยาวของรากและยอดของต้นกล้า โดยที่พันธุ์ SUWAN 1 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าพันธุ์ SUWAN 3 และพันธุ์ KSX.2301 แต่การกระทบแล้งในขณะเมล็ดงอกนั้นทำให้จำนวนของ mesocotyl roots เพิ่มขึ้นถึง 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกระทบความแห้งแล้ง ส่วนบางพันธุ์จำนวน mesocotyl roots มีความแปรปรวนมาก จึงยากที่จะสรุปได้อีกทั้งยังไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการรายงานของ Blum และคณะ (1989) การแสดงออกของพืชในช่วงแรกของการงอกมีผลต่อการพัฒนาการของต้นกล้า ซึ่งลักษณะเหล่านี้เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมของพืชโดยเฉพาะเมื่อพืชได้รับสภาพแห้งแล้ง และการพัฒนาการนี้ยังคงอยู่จนถึงต้นกล้าข้าวโพดให้กำเนิดใบที่ 3 (Siri and Geisler, 1991) การพัฒนาการของพืชตั้งแต่องอกจนถึงระยะต้นกล้านี้สามารถนำมาใช้คัดเลือกพันธุ์ที่ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ (Blum et al.,1989)

4.2 การเปลี่ยนแปลงในระดับต้นกล้าและประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ผลการทดลองในระยะต้นกล้าเมื่อพืชขาดน้ำที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นระดับสนาม(W30) พบว่าพืชมีพื้นที่ใบรวมของใบที่ 2,3 และ 4 ลดลงทุกพันธุ์ ซึ่งการตอบสนองต่อความแห้งแล้งนี้ในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยที่พันธุ์ KSX.2301 มีพื้นที่ใบลดลงน้อยที่สุด ซึ่งการตอบสนองในระยะต้นกล้านี้เป็นผลจากการควบคุมโดยพันธุกรรมของพืช ซึ่งน่าจะเป็นลักษณะที่นำมาใช้คัดเลือกพันธุ์ทนแล้งได้ (Blum, 1989) การลดลงของพื้นที่ใบจะเป็นผลให้พืชมีน้ำหนักแห้งลดลงไปด้วยโดยการสังเคราะห์ที่ลดน้อยลง (Hsiao and Jing,1987; Yamauchi et al, 1988) จากงานทดลองนี้พบว่า พันธุ์ SUWAN3 สามารถรักษาน้ำหนักแห้งของต้นไว้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ เมื่อได้รับน้ำระดับ W30 ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ PB.5 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งของต้นลดลงมากที่สุด (ตารางที่ 5)

การตอบสนองต่อความชื้นนี้เป็นลักษณะที่แสดงออกถึงความทนทานต่อความแห้งแล้งในระยะต้นกล้าได้เป็นอย่างดี (Schulze, 1986) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของพืชยังเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชด้วยเมื่อให้น้ำทำให้เกิดการเจริญเติบโต พบว่าเมื่อให้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันทำให้พืชเจริญเติบโตแตกต่างกัน และเมื่อลดปริมาณน้ำที่ให้น้อยลงพืชจะมีการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นน้ำหนักแห้งเป็นมิลลิกรัมต่อน้ำหนักน้ำที่พืชใช้เป็นกรัมที่ต่างกัน ซึ่งพบว่าพันธุ์ SUWAN3 มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำมากที่สุด ส่วนพันธุ์ PB.5 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยที่สุด (ตารางที่ 6) ซึ่ง Sinclair และคณะ (1990) ได้ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชนี้เป็นลักษณะที่สำคัญ เป็นลักษณะที่แสดงออกทางสัณฐานวิทยาของพืชที่ชัดเจนและวัดความแตกต่างของพืชที่ทนแล้งได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อพืชได้รับน้ำในปริมาณน้อย ซึ่งสมควรจะใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งเป็นอย่างยิ่งและลักษณะประสิทธิภาพการใช้น้ำนี้ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมจะแสดงออกอย่างชัดเจนแม้จะปลูกพืชในแปลงปลูกหรือเรือนทดลอง (Jacob and Lawlor, 1991)

4.3 ลักษณะทางกายวิภาคของใบ

ปากใบของข้าวโพดกระจายอยู่ตามเส้นใบทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ โดยความหนาแน่นของปากใบขึ้นกับการแบ่งเซลล์ โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ (cell division) และเพิ่มความยาว (cell elongation) ซึ่ง Bewley (1979) รายงานว่า ความถี่ของการปรากฏของปากใบทั้งด้านบนใบและด้านใต้ของใบข้าวโพดรวมกันมักเท่ากับ 100 ในพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ความถี่ของปากใบด้านบนใบจะน้อยกว่าความถี่ของปากใบด้านล่าง (Heichel, 1971; Thirapon and Geisler, 1978; Geisler et al., 1986) ซึ่ง Heichel และคณะ (1975) รายงานว่าปากใบด้านบนจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าปากใบด้านล่าง เมื่อพืชได้รับน้ำปริมาณที่น้อยลง ซึ่งจากการศึกษาของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์นี้พบว่าจำนวนปากใบด้านบนมีน้อยกว่าปากใบด้านล่างประมาณ 21-34% ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของใบ เมื่อพืชได้รับน้ำที่เหมาะสมซึ่ง Heichel (1971) รายงานว่าความถี่ของปากใบที่ปรากฏต่อตารางมิลลิเมตร ขึ้นกับการควบคุมของลักษณะพันธุกรรม (genes) น้อยคู่ ซึ่งในการทดลองนี้จำนวนปากใบมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์พืชอย่างชัดเจน

ปากใบของพืชมีความสำคัญไม่เพียงแต่การควบคุมการคายน้ำแต่ยังควบคุม ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่จะเข้าไปในใบเพื่อให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อพืชขาดน้ำความต้านทานของปากใบจะเพิ่มขึ้นและทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านปากใบได้น้อยลง ซึ่งสาเหตุนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงน้อยลง (Votrubova et al., 1992) การที่จำนวนปากใบของพืชเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นจึงเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าจำนวนปากใบมักเปลี่ยนแปลงทางตรงข้ามกับขนาดของปากใบโดยเฉพาะความยาวของปากใบ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อช่องเปิดของปากใบ และการเปลี่ยนแปลงนี้ถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม (Liang et al., 1975; Muchow and Sinclais, 1989; Ward and Woolhouse, 1986)

จากการศึกษาพบว่าความยาวของปากใบด้านใต้ใบยาวกว่าความยาวของปากใบด้านบนใบประมาณ 3 ไมครอน ความยาวของปากใบข้าวโพดลดลง 3-10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียดของการขาดน้ำ ซึ่งการลดลงของความยาวของปากใบนั้นเป็นผลจากการปรับตัวเพื่อรักษาน้ำไว้ในพืช การอธิบายปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับงานของ Meidner (1986); Meidner and Mansfield (1986) ปากใบของพืชไม่เพียงปรับตัวเพื่อความยาวของปากใบลดลงเท่านั้น แต่มีการปรับตัวเพื่อลดการคายน้ำในลักษณะอื่นด้วย เช่น การลดลงของขนาดของ

epidermal cell ทั้งด้านบนใบและด้านล่างของใบประมาณ 24 ถึง 32 เซลล์ และ 30 ถึง 40 เซลล์ ตามลำดับ (Siri, 1993)

จากการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวของพืชในลักษณะการเจริญเติบโตในระยะแรก เมื่อพืชขาดน้ำการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์ของปากใบน่าจะใช้เป็นลักษณะสำคัญในการคัดเลือกพืชทนแล้งได้ ซึ่งแนวความคิดนี้สนับสนุนโดย Heichel, 1971 ; Gaskell and Pearee 1983; Geisler, 1986; Ward and Woolhouse, 1986; Siri, 1993

สรุปผลการศึกษา

1. เมื่อเมล็ดข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ที่ใช้ทดสอบได้รับสภาพแห้งแล้งมีผลทำให้ความยาวของรากและลำต้นลดลง และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนจำนวนของ mesocotyl roots นั้น มีข้าวโพด 4 พันธุ์ที่มีจำนวนรากเพิ่มขึ้น และมี 2 พันธุ์ที่มีจำนวนรากลดลง
2. จากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ เมื่อได้รับสภาพแห้งแล้งพบว่าพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ลดลงทุกพันธุ์ แต่พันธุ์ SUWAN 3 มีแนวโน้มที่จะรักษาทั้งพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งของตนได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ
3. ลักษณะสำคัญในการตอบสนองต่อการขาดน้ำพบว่า พันธุ์ SUWAN 2 และ SUWAN 3 มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ตามลำดับ
4. จากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบที่ 2 , 3 และ 4 พบว่าใบข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ มีจำนวนปากใบด้านล่าง มากกว่าด้านบนประมาณ 21-34 เซลล์ และเมื่อพืชขาดน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนปากใบแตกต่างกันทางสถิติระหว่างพันธุ์ข้าวโพด
5. เมื่อพืชขาดน้ำทำให้ความยาวของปากใบลดลงประมาณ 3-10 เซลล์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างพันธุ์พืช

จากการศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดตั้งแต่ระยะงอก ระยะการเจริญเติบโต และลักษณะทางกายวิภาคของใบข้าวโพดเมื่อได้รับความแห้งแล้งนั้นข้าวโพดแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกัน ซึ่งสามารถใช้เป็นลักษณะบ่งชี้ถึงความสามารถในการปรับตัวให้ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ แต่การศึกษาดังนี้เป็นเพียงการศึกษาพื้นฐานซึ่งต้องการการศึกษาที่สนับสนุนในรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ต่อไป และยังคงศึกษาอย่างต่อเนื่องจนพืชให้ผลผลิตจึงจะสามารถสรุปได้ชัดเจน