บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข้าวโพดจัดอยู่ในวงศ์ Gramineae และอยู่ในสกุล Zea มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L., มีชื่อสามัญว่า maize indian หรือ corn ข้าวโพดแบ่งออกได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของเมล็ด ได้แก่ ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดแป้ง (flout corn) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) และข้าวโพดฝัก (pod corn)

ลักษณะลำต้นข้าวโพดประกอบด้วยข้อ (node) ปล้อง (internode) วงเจริญ (growth ring) จุดกำเนิดราก (root primodia) ตา (bud) และรอยกาบใบ (leaf scar) โดยตาส่วนล่างของลำต้นสามารถเจริญเป็นหน่อ (tiller) ได้ ส่วนลำต้นเรียกว่า culm หรือ stock มีความสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ถึง 7.5 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 –5.0 เซนติเมตร ลำต้นตรงค่อนข้างกลมเรียวเล็กจากส่วนโคนสู่ส่วนยอด

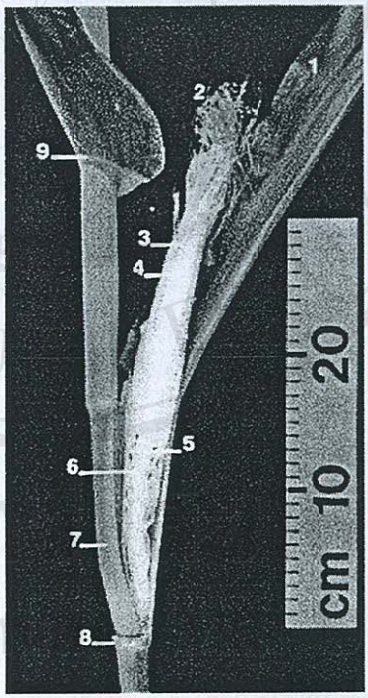
ใบข้าวโพดเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) มีความยาวประมาณ 80 –100 เซนติเมตร ผิวใบด้านบนมีขนและปากใบขนาดใหญ่ ส่วนด้านล่างไม่มีขนมีปากใบขนาดเล็กแต่จำนวนมากกว่าด้านบน บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีลิ้นใบหรือเยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบหรือเขี้ยว (auricle) ที่รอยต่อระหว่างกาบใบและที่แผ่นใบด้านหลังใบตรงรอยต่อระหว่างใบกับกาบใบ มีลักษณะเป็นเส้นยาว ไม่มีสีรอบแผ่นใบเรียกว่า leaf collar และระหว่างฝักกับ ลำต้นจะพบส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบเป็นสัน 2 สัน เรียกว่า prophyllum

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่คนละตำแหน่ง (monoecious plant) โดยช่อดอกตัวผู้เกิดที่ปลายลำต้นเป็นแบบ panicle เรียกว่า tassel เจริญจากปล้องสุดท้ายของต้นหรือก้านช่อดอก (peduncle) การเรียงตัวของก้านช่อดอกเป็นแบบ spikelet ที่ก้านช่อดอกประกอบด้วยอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) จำนวนมาก แต่ละอับละอองเกสรจะมีละอองเกสรตัวผู้ (pollen) ประมาณ 2,500 ละอองเกสร ดังนั้นในหนึ่งช่อดอกตัวผู้จะมีละอองเกสรประมาณ 4.55 ล้านละอองเกสร ซึ่งใช้สำหรับผสมกับเกสรตัวเมียเพียง 500–1,000 ดอก ส่วนช่อดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(pistillate inflorescence) เกิดที่บริเวณข้อที่ 7 หรือ 8 บนส่วนของลำต้นนับจากใบธงลงมาช่อดอกเป็นแบบ spike เรียกว่า ฝัก (ear) มีกลุ่มของดอกย่อยเรียงตัวเป็นแถวยาวบนแกนกลางช่อดอกเรียกว่า ซัง (cob) โดยช่อดอกตัวเมียจะพัฒนาไปเป็นฝักข้าวโพด ส่วนกลุ่มดอกย่อยซึ่งมีก้านดอกสั้นจะถูกหุ้มด้วยกลีบ (glume) สั้น ๆ 2 กลีบ ภายในดอกย่อยมีเกสรตัวเมีย (pistil) 1 อัน เยื่อรองรังไข่ (indicule) 2 อัน และเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน (rudimentary stamen) 3 อัน ส่วนของเกสรตัวเมียที่ทำหน้าที่รับละอองเกสรตัวผู้เรียกว่าไหม (silk) มีความยาว 10 - 30 เซนติเมตร ที่ผิวมีลักษณะเป็นยางเหนียวเพื่อจับรับละอองเกสรตัวผู้ ปกติไหมจะมีชีวิตประมาณ 2 สัปดาห์ ดอกที่อยู่ส่วนกลางของฝักจะส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักก่อน จึงได้รับการผสมพันธุ์ก่อนส่วนอื่นในฝัก ส่วนดอกที่อยู่ส่วนโคนฝักมีการเจริญในเวลาเดียวกันแต่ใช้เวลานานกว่าจะส่งไหมโผล่พ้นจากเปลือกหุ้มฝัก และดอกที่อยู่ส่วนปลายฝักมีการเจริญและส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักช้าที่สุด ทำให้ได้รับการผสมน้อยกว่าดอกที่ส่วนอื่นของฝัก ดอกที่ได้รับการผสมก่อนจะได้เปรียบด้านการสะสมอาหาร ดังนั้นเมล็ดที่อยู่ส่วนกลางฝักจึงมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์กว่าเมล็ดที่ส่วนโคนและปลายฝัก ส่วนต่างๆของข้าวโพดถูกแสดงไว้ในภาพที่ 1

1. Ear leaf
2. Silks
3. Kernels
4. Cob
5. Husks
6. Shank
7. Stem
8. Ear node
9. Leaf collar



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของฝักข้าวโพดและการปรากฏใบโดยสังเกตจากการมองเห็น Leaf collar (ที่มา : Stewen W. Ritche, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลและเมล็ดเป็นแบบ caryopsis คือ มีเยื่อหุ้มผลติดกับเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นเยื่อบางไม่มีสี ส่วนบนของเมล็ดมีรอยที่เกิดจากไหมแห้งและหลุดล่วงไปถูกเรียกว่า silk scar ภายในเมล็ดประกอบด้วยคัพภะ (embryo) และส่วนสะสมอาหารคือ endosperm ในคัพภะประกอบด้วย radicle plumule และ epiblast ซึ่งหมายถึงใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา และที่รอยต่อระหว่างคัพภะกับ endosperm มีเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้ม endosperm ไว้ เรียกว่า aleurone layer หลังผสมเกสรเมล็ดจะใช้ระยะเวลาในการพัฒนาแตกต่างกันตั้งแต่ 40-75 วัน แล้วแต่พันธุ์ข้าวโพด ที่ฐานของก้านดอก (pedicle) จะพบเนื้อเยื่อสีดำเรียกว่า black layer จะปรากฏเมื่อเมล็ดมีการพัฒนาถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ (physiological maturity: PM)

พัฒนาการข้าวโพด

Richie and Hanway (1989) อธิบายพัฒนาการของข้าวโพดว่า ข้าวโพดแบ่งการพัฒนาการออกเป็น 2 ระยะ คือระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (vegetative Stage) และระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ (reproductive Stage) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาแต่ละระยะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ฤดูปลูก และสถานที่ปลูก โดยอัตราพัฒนาการของข้าวโพดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อม

ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นแบ่งออกเป็นระยะต่าง ๆ โดยแทนระยะพัฒนาการด้วยตัวอักษร V และตามด้วยตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของใบ ซึ่งการระบุตำแหน่งของใบดูจากการพัฒนาของใบที่สมบูรณ์ โดยใบจะคลี่เต็มที่ (full expand) สังเกตได้จากส่วนหลังใบตำแหน่งนั้นปรากฏส่วน collar อย่างชัดเจน ตั้งแต่ใบแรกจนถึงใบตำแหน่งสุดท้าย โดยเฉลี่ยทั่วไปข้าวโพดมีใบทั้งหมด 17 ถึง 19 ใบ และเมื่อมีการพัฒนาการจนถึงระยะออกเกสรตัวผู้ ถือว่าสิ้นสุดระยะพัฒนาการทางด้านลำต้น ซึ่งแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

VE : ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกและโผล่พ้นดิน

V1 : การปรากฏของใบที่ 1

V2 : การปรากฏของใบที่ 2

*

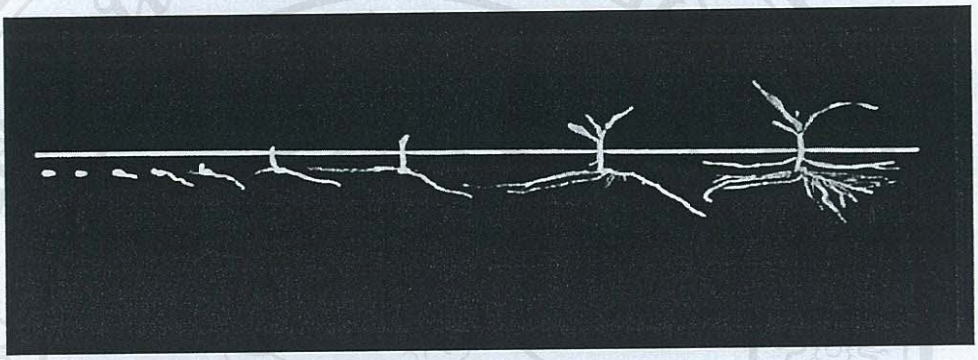
V6 : การปรากฏของใบที่ 6

*

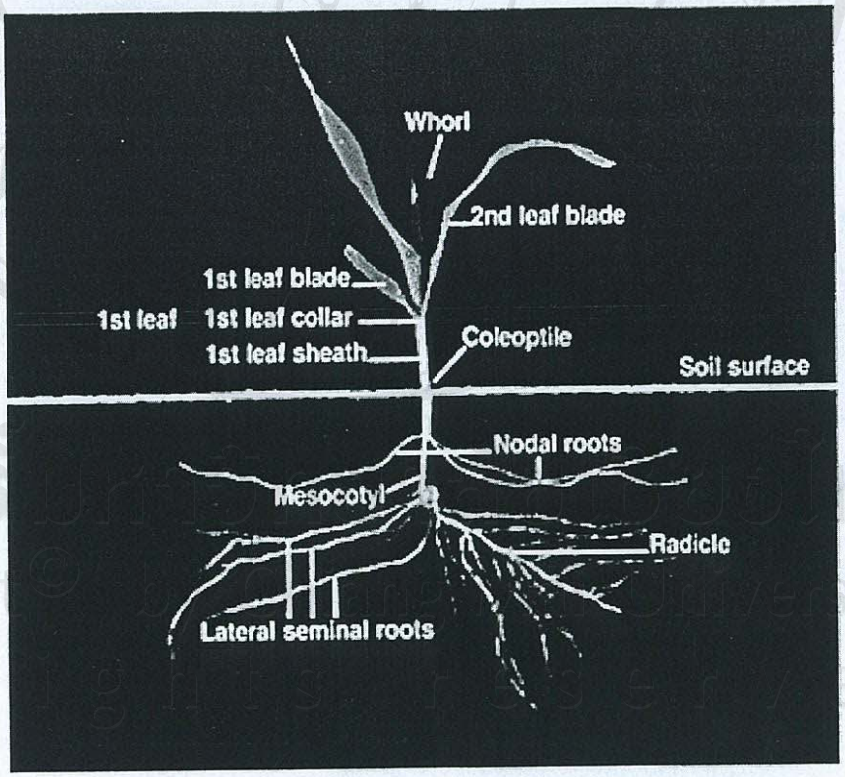
VT : tasseling ระยะออกเกสรตัวผู้ มีการปรากฏของเกสรตัวผู้ครบทุกก้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การงอกของเมล็ดข้าวโพดจะเริ่มจากการที่ radicle ยืดตัวออกจากเมล็ดที่ชุ่มน้ำต่อมา coleoptile จะงอกพร้อมกับการการงอกของรากในแนวราบ ระยะ VE จะเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วของ mesocotyl ซึ่งจะดัน coleoptile โผล่พ้นดินโดยต้นกล้าจะงอกประมาณ 4 ถึง 5 วัน หลังปลูก แต่ถ้าอยู่ในสภาพแห้งแล้งจะใช้เวลา 2 อาทิตย์หรือมากกว่าข้อที่เกิดราก (nodal roots) จะเกิดในระยะ VE และรากจะเริ่มงอกจากข้อที่ 1 ในระยะ V1 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 แสดงการงอกของข้าวโพดในระยะ VE (ที่มา : W. Ritche, 1993)

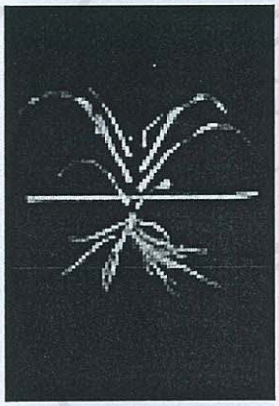


ภาพที่ 3 แสดงส่วนต่างๆ ของต้นกล้าข้าวโพด (ที่มา : Stewen W. Ritche,1993)

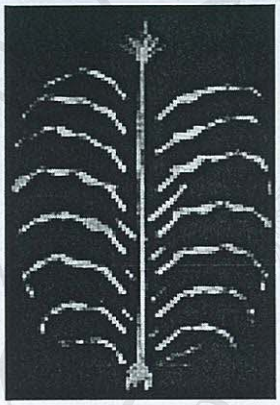
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระยะ V3 ใบข้าวโพดจะงอกออกทั้ง 2 ด้านดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 ในขณะที่จุดยอดของลำต้น (Stem apex) ยังคงอยู่ใต้ดิน

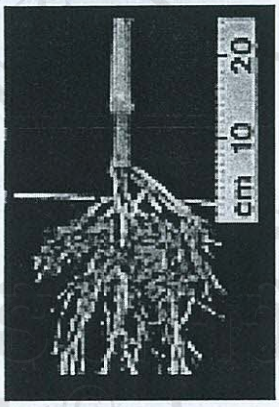
V5 เป็นระยะที่ stem apex อยู่ที่ระดับผิวดินและจะโผล่พ้นจากผิวดินในระยะ V6 ในระยะ V9 จะมีการยืดตัวของลำต้นอย่างรวดเร็วดังแสดงไว้ในภาพที่ 5 และพัฒนาการใบข้าวโพดจะใช้เวลาแค่ 2 ถึง 3 วันต่อ 1 ใบหลังเข้าสู่ระยะ V10 ระยะ V18 จะมีรากที่งอกออกมาจากข้อที่อยู่เหนือดินดังแสดงไว้ในภาพที่ 6 ช่วยพยุงลำต้นและดูดน้ำ แร่ธาตุให้ต้นข้าวโพดเมื่อเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ระยะ VT เป็นระยะที่ต้นข้าวโพดมีความสูงมากที่สุดและก่อนข้าวโพดงอกไหม (เกสรตัวผู้) 2 ถึง 3 วัน



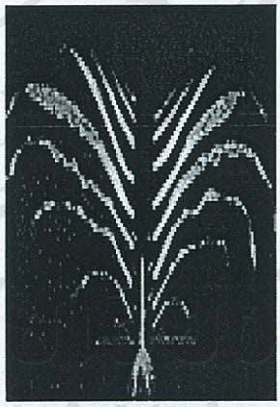
ภาพที่ 4 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V3



ภาพที่ 5 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V9



ภาพที่ 6 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V18
(ที่มา: Stewen W. Ritche, 1993)

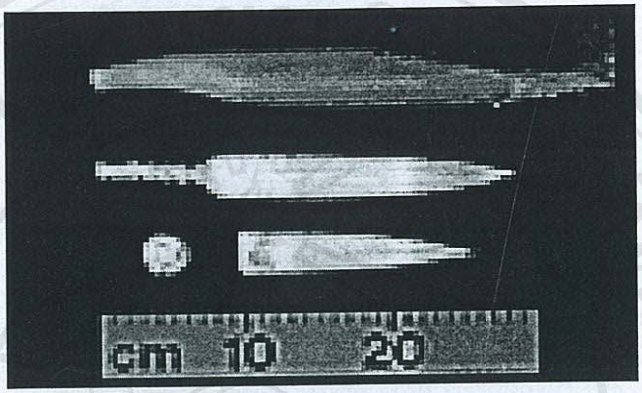


ภาพที่ 7 แสดงต้นข้าวโพดระยะ VT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 6 ระยะ ได้แก่

R1 : silking ระยะที่ข้าวโพดปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักดินดังแสดงไว้ในภาพที่ 8



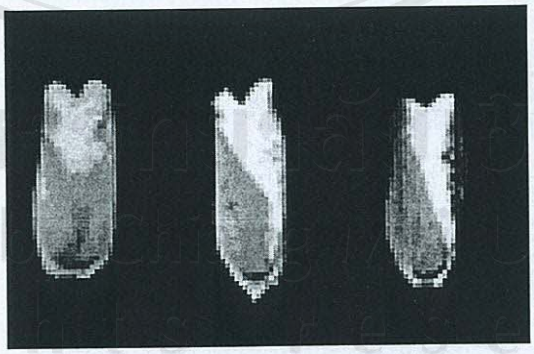
ภาพที่ 8 แสดงต้นข้าวโพดระยะ R1 (ที่มา: Stewen W. Ritche,1993)

R2 : blister ระยะที่ข้าวโพดผสมพันธุ์แล้ว ของเหลวภายในเมล็ดมีลักษณะใส ไม่มีสี

R3 : milk ระยะที่ของเหลวภายในเมล็ดมีสีขาวขุ่นของแป้งคล้ายน้ำนม และไหมเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแป้ง

R4 : dough ระยะที่แป้งในเมล็ดมีลักษณะเหนียวเป็นแป้งเปียก

R5 : physiological maturity : PM ระยะสุกแก่ทางสรีระโดยส่วนของเนื้อเยื่อ abscission layer เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำดังแสดงไว้ในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงต้นข้าวโพดระยะ R5 (ที่มา: Stewen W.Ritche,1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกระยะพัฒนาการต่างๆ ตามระบบนี้ ใช้การปรากฏของระยะนั้นๆ ในเวลาเดียวกันที่อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าของจำนวนพืชทั้งหมดที่สังเกตได้ในแปลงปลูก ซึ่งความสำคัญของการรู้ระยะพัฒนาการของพืชจะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการปลูกพืชที่เหมาะสม เลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม วางแผนการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการข้าวโพดกับค่าอุณหภูมิสะสม

อุณหภูมิสะสม (growing-degree day) หมายถึง ปัจจัยที่ชี้ว่าพืชต้องการปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาหรืออายุของพืชที่ปลูก อุณหภูมิสะสมที่วัดได้แต่ละระยะการเจริญเติบโตของพืชจะมีค่าค่อนข้างคงที่หรือมีความแปรปรวนน้อยกว่าการใช้ผลรวมของจำนวนวันปลูกพืช (สุทัศน์, 2536) Ritchie and Nesmith (1991) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมไว้หลายประการ เช่น เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความเสี่ยงภัยจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และเพื่อคาดการณ์วันสุกแก่ของพืชสำหรับวางแผนการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้มีคุณภาพดี เป็นต้น โดยค่าอุณหภูมิสะสมนี้ นอกจากจะใช้ในการติดตามการเจริญเติบโตและพัฒนาการในระยะต่างๆ ของพืชแล้ว Gregory and Wilhelm (1997) ยังกล่าวว่า มีการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมกับการคาดการณ์พัฒนาการระยะต่างๆ ของแมลงมาตั้งแต่ปี คศ. 1950 ซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง แม่นยำ และสะดวกกว่าการดูจากรูปร่างภายนอกของแมลง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนป้องกันและควบคุมการระบาดของแมลงศัตรู โดยใช้ชีวะวิธีกับแมลงหลายชนิด ได้ผลเป็นอย่างดี เช่น European corn borer, alfalfa weevil และ corn rootworm เป็นต้น

Gregory and Wihelm (1997) ได้อธิบายวิธีการหาค่า Growing-degree day (GDD) โดยใช้สมการพื้นฐาน คือ

$$\text{GDD} = \frac{(daily\ \max\ temp\ + daily\ \min\ temp\ )}{2} - T_{base}$$

ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถทำได้ในพืชหลายชนิดเช่น Wheat (*triticum aestivum* L.) ข้าวโพด (*Zea mays* L.) โดยที่ daily max.temp. คือค่าอุณหภูมิสูงสุดของวัน (°C) และ daily min. temp. คือค่าอุณหภูมิต่ำสุดของวัน (°C) T. base สามารถใช้ในการอธิบายทางด้านสรีรวิทยา หมายถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะมีชีวิตอยู่ได้แต่ไม่มีการพัฒนาหรือการเจริญเติบโต และถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้พืชจะหยุดการพัฒนาการและการเจริญเติบโต เกิดอันตรายและอาจตายได้ (Darrel and Donail,1980) Neild and James (1974) และ Tollenaar *et al.* (1979) พบว่า ค่าอุณหภูมิพื้นฐานสำหรับข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 10 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการแทนค่าในสมการ Tollenaar *et al.*, (1979) ได้เสนอวิธีการแทนค่าในสมการโดยวิธี **"cut-off method"** คือ การกำหนดให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30°C (T.max.= 30) ซึ่งหมายความว่า ถ้าวันใดที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันมากกว่า 30°C ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ 30°C ส่วนวันที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30°C ให้แทนค่านี้ตามปกติ และถ้าค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันมีค่าน้อยกว่าค่า T. base ซึ่งในกรณีของข้าวโพดคือ 10°C ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ10°C ซึ่งโดยวิธีการนี้ Ralph and James (1974) ให้เหตุผลในการกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30°C ว่าค่าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น เป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้สำหรับข้าวโพดลูกผสมโดยเฉพาะ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและให้ผลในการคาดการณ์พัฒนาการและการอายุการสุกแก่ได้ผล อย่างแม่นยำและเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย Neild and James (1974) ได้เสนอค่า ความต้องการอุณหภูมิสะสมสำหรับพัฒนาการข้าวโพดระยะต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

การตอบสนองของข้าวโพดในสภาพนาที่มีน้ำท่วมขัง

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพที่จะใช้ปลูกในฤดูหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเพื่อทดแทนการปลูกข้าวนาปรัง เนื่องจากมีอายุสั้นและใช้น้ำน้อย การปลูกข้าวโพดไร่ในนาในเขตภาคกลางและเขตภาคเหนือในช่วงฤดูแล้งหลังการเก็บเกี่ยวข้าวนาปีมักประสบกับภาวะดินน้ำขัง ซึ่งเกิดขึ้นได้ง่ายโดยเฉพาะหลังการให้น้ำชลประทานแต่ละครั้งในช่วงแรกๆ ของการเจริญของข้าวโพด เนื่องจากดินนาส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว การระบายน้ำไม่ดี เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำท่วมขังเมื่อประสบกับภาวะน้ำขังในนาข้าวโพดจะมีต้นเตี้ย ส่วนล่างของลำต้นมีสีแดง ใบล่างๆ มีสีเหลืองอ่อนใบเหี่ยวแสดงอาการใบเหลืองคล้ายขาดธาตุไนโตรเจน เสน่ห์และวันชัย (2543) ได้อธิบายว่าเมื่อดินถูกน้ำขัง ดินจะถูกเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาพรีดิวซ์ (reducing conditions) เนื่องจากก๊าซออกซิเจนในดินที่มีน้ำท่วมขังถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว ดินจะปลดปล่อยสารพิษที่เป็นอันตรายแก่พืชออกมา มีการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปก๊าซไนโตรเจนผ่านขบวนการ denitrification อย่างรวดเร็ว ทำให้พืชที่ถูกน้ำขังขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทำให้จำกัดการเจริญเติบโตของพืช และพบว่า รากข้าวโพดที่กระทบกับภาวะดินน้ำขังมีความสามารถดูดไนโตรเจนและน้ำจากดินได้น้อยทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงถูกจำกัด และมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ความต้องการค่าอุณหภูมิสะสมสำหรับพัฒนาการระยะต่างๆ ข้าวโพดที่มีค่าอุณหภูมิพื้นฐานเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส (ที่มา: Neild and James, 1974)

ระยะการเจริญเติบโต	การพัฒนาการ	GDD(°C)
ทางด้านลำต้น	วันปลูก	0
	ใบที่สองคลี่เต็มที่แล้ว	200
	ใบที่สี่คลี่เต็มที่แล้ว	345
	ใบที่หกคลี่เต็มที่แล้ว มีจุดเจริญปรากฏเหนือผิวดิน	475
	ใบที่แปดคลี่เต็มที่แล้ว เริ่มมีการพัฒนาของเกสรตัวผู้	610
	ใบที่สิบคลี่เต็มที่แล้ว	740
	ใบที่สิบสี่คลี่เต็มที่แล้วเริ่มมีการพัฒนาของไหมบนฝัก	1000
	ใบที่สิบหกคลี่เต็มที่แล้วส่วนปลายของเกสรตัวผู้เริ่มปรากฏ	1135
การสืบพันธุ์	ไหมเริ่มโผล่พ้นฝัก มีการแตกของอับละอองเกสรตัวผู้	1400
	เมล็ดมีลักษณะใส ไม่มีสี	1660
	เมล็ดเริ่มมีการสะสมของแป้งแข็งเห็นเป็นเส้นสีขาว	1925
	ด้านบนหรือส่วนหลังของเมล็ดกำลังมีลักษณะบุ๋ม (กรณีที่ข้าวโพดเป็นพวก dent)	2190
	ด้านบนหรือส่วนหลังของเมล็ดมีลักษณะบุ๋มเด่นชัดแล้ว (กรณีข้าวโพดเป็นพวก dent)	2450
การสุกแก่	การสุกแก่ทางสรีระ	2700

พืชแต่ละชนิดปรับตัวในสภาวะที่รากได้รับออกซิเจนต่ำ (hypoxia) แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวของรากพืช และความสามารถฟื้นตัวจากสภาวะน้ำท่วมขัง Singh and Ghildyal (1980) Mukhtat *et al.*, (1990) lizaso and Ritchie (1997) รายงานว่าสภาพดินน้ำท่วมขังมีผลเสียต่อการเจริญเติบโต และศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพด และความเสียหายจากสาเหตุดังกล่าวจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ ระยะเจริญเติบโต และความรุนแรงของภาวะดินน้ำขัง โดยข้าวโพดจะได้รับความเสียหายค่อนข้างมาก หากว่าภาวะดินน้ำท่วมขังเกิดขึ้นยาวนานในช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Mukhtar *et al.*,1990 ; Lizaso and Ritchie, 1997) เสน่ห์และวันชัย (2543) ได้รายงานว่าภาวะที่ดินน้ำท่วมขัง ทำให้ข้าวโพดออกดอกตัวผู้ล่าช้าออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1-2 วัน เพิ่มช่วงระยะช่วงระยะเวลาระหว่างการออกดอกออกไหม (Anthesis silking interval, ASI) ทำให้ความสูงจำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดลดลง (Drew ,1983; Evans *et al.*,1975)

การตอบสนองของข้าวโพดในสภาพนาเมื่อขาดน้ำ

การปลูกข้าวโพดในนาหลังเก็บเกี่ยวข้าวจะอยู่ในช่วงฤดูแล้งซึ่งมักจะประสบกับปัญหาการขาดน้ำทำให้ข้าวโพดเกิดความเครียดน้ำคือไม่สามารถหาน้ำได้พอกับความต้องการที่จะใช้ในการคายน้ำ การตอบสนองที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของพืชต่อการขาดน้ำ คือ การลดลงของพื้นที่ใบ คือ การเจริญเติบโตของใบจะลดลงเมื่อศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential) เท่ากับ –0.45 Mpa และจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อศักย์ของน้ำในใบเท่ากับ -1.00 Mpa ในขณะที่รากจะเจริญเติบโตลดลงเมื่อศักย์ของน้ำในใบเท่ากับ -0.85 Mpa และหยุดการเจริญเมื่อศักย์ของน้ำในใบเท่ากับ –1.4 Mpa (Westgate and Broyer,1986) ผลจากที่ศักย์ของน้ำในใบลดลงทำให้การร่วงของใบ (Leaf senescence) เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการลดลงของพื้นที่ผิวในการคายน้ำ (Begg, 1980 ; Hsiao ,1973) การลดลงของพื้นที่ใบทำให้ข้าวโพดใช้น้ำน้อยลง ใบข้าวโพดใบล่างๆ จะแห้งตายก่อนเพื่อลดพื้นที่ใบและลดความต้องการน้ำในขณะที่ใบข้าวโพดส่วนบนจะเปิดปากใบเพื่อรับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นในข้าวฟ่างซึ่งเป็นพืชที่มีความต้านทานต่อสภาพแล้งได้ดี (Turk and Hall, 1980)

ใบที่แก่จะถ่ายเทแป้งไปยังเมล็ดในระยะสะสมน้ำหนักเมล็ด เป็นการปรับตัวของพืชกับสภาวะการขาดน้ำ พืชที่ขาดโดยมีศักย์ของน้ำ (water potential) ประมาณ –15 bars (1.5 Mpa) ใบจะม้วนในตอนกลางวันแล้วกลับสู่สภาพเดิมในตอนกลางคืนแต่ที่จุดเหี่ยวถาวร (ศักย์ของน้ำประมาณ -2 Mpa) ใบจะม้วนอย่างถาวร นอกจากนี้การขาดน้ำยังมีผลต่อขบวนการทางสรีระที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตพัฒนาการและผลตอบแทนในการปลูก (Hsiao, 1973; Begg and Turner, 1976) ผลของการขาดน้ำในช่วงระหว่างระยะการเจริญเติบโตจะทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง (Eck, 1986; Grant *et al.*, 1989; Rhoads and Bennett, 1990) การเลือกข้าวโพดลูกผสมที่แก่เร็ว (early maturing corn hybrids) เช่น Pioneer 3737 จะช่วยเลี่ยงความเครียดจากการขาดน้ำได้

การเจริญเติบโตของพืชจะขึ้นอยู่กับการขยายตัวของเซลล์และการแบ่งตัวของเซลล์ ในสภาพการขาดน้ำจะมีผลกระทบต่อ การขยายตัวของเซลล์มากกว่าการแบ่งตัวของเซลล์โดย Bahrun *et al.*, (2002) รายงานว่าขบวนการสรีระของพืชที่ได้รับผลกระทบจาการขาดน้ำ คือ การเจริญเติบโตของเซลล์ การสังเคราะห์ผนังเซลล์ การสังเคราะห์โปรตีน การปิดปากใบ การหายใจ การสังเคราะห์ Proline และน้ำตาลในกรณีของข้าวโพด ข้าวโพดจะปรับตัวเข้ากับภาวะความเครียดน้ำโดยการเพิ่มความลึกของราก และเพิ่มความหนาแน่นของราก เพื่อเพิ่มความสามารถของรากในการดูดน้ำจากดิน Blum (1982) รายงานว่า รากข้าวที่มีน้ำหนักแห้งสูงจะมีความสัมพันธ์กับการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อต้านความแล้ง (drought resistance) โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งของรากกับลำต้น (Root/shoot dryweight ratio) จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่ลำต้นมีน้ำหนักแห้งลดลงและฮอร์โมน abscisic acid (ABA) มีบทบาทในการทำให้รากมีการเจริญมากขึ้นในภาวะขาดน้ำทำให้รากยาวขึ้นมีการกระจายตัวของรากในระดับดินที่ลึกลงไป

Zhang and Davies (1990b) และ Jonathan (2002) รายงานว่า ในขณะที่พืชขาดน้ำฮอร์โมน abscisic acid (ABA) ซึ่งสร้างมาจากรากที่ถูกกระตุ้นด้วยดินที่ขาดความชื้นจะกระจายจากรากสู่ลำต้น ทำให้ปากใบปิดเพราะการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน ABA จะมีความสัมพันธ์กับการเหี่ยวของ Guard cells เมื่อ Guard cells เหี่ยวจะทำให้ปากใบปิด อัตราการคายน้ำจะลดลง อุณหภูมิของใบสูงขึ้น ใบพืชจะเหี่ยว (wilt leaf) การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง การสังเคราะห์แสงลดลงทำให้ได้สารสังเคราะห์ต่ำ การปิดปากใบเป็นการจำกัดการสูญเสียน้ำ การปิดปากใบจะเกิดขึ้นเมื่อศักย์ของน้ำลดลงถึงค่าวิกฤต ซึ่งในข้าวโพดค่าดังกล่าวอยู่ที่ –0.9 ถึง –1.0 Mpa

นอกจากนั้นการขาดน้ำจะทำให้อวัยวะสืบพันธ์ตัวเมีย มีพัฒนาการที่ช้าออกไป ทำให้เพิ่มช่วงระยะเวลาระหว่างการออกดอกออกไหม (anthesis silking interval, ASI) ซึ่งข้าวโพดที่มีความต้านทานต่อความแล้ง (drought resistance) จะมี ASI สั้น (Bolonos and Edmeades, 1993 a)

สารสังเคราะห์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง โดยทั่วไปจะถูกใช้เพื่อการเจริญของอวัยวะของพืช และบางส่วนจะถูกเก็บไว้เพื่อถ่ายเทสู่เมล็ด ผลกระทบของภาวะความเครียดน้ำต่ออัตราการเจริญของพืชจะมีผลต่อธัญพืช เช่น ข้าวโพด (Bernett *et al.*, 1986 และ Senthong *et al.*, (1986) และพืชตระกูลถั่ว (Panday *et al.*, 1984) เช่น ถั่วเหลือง (Senthong *et al.*, 1986) พืชพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะสามารถสร้างผลผลิตได้สูงในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง และมีประสิทธิภาพการแบ่งปันถ่ายเทสารสังเคราะห์จากการสังเคราะห์แสงสู่เมล็ดสูง พื้นที่ใบที่ลดลงจะมีผลทำให้การสร้างผลผลิตลดลง (Boyer, 1970; Legg *et al.*, 1979; Rawson and Turmer, 1982) สภาวะการขาดน้ำที่รุนแรงในช่วงของการสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) จะทำให้การสังเคราะห์แสงหยุดอย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักของเมล็ดยังคงเพิ่มขึ้นอันเป็นผลจากการถ่ายเทสารอาหารจากก้านใบ ราก ใบไปสู่ฝัก (McPherson and Boyer, 1977) เป็นเหตุผลสำคัญที่ต้องเก็บข้าวโพดเร็วกว่าเดิมเมื่อเกิดสภาวะแล้ง

ระดับผลผลิตที่ลดลงเมื่อพืชขาดน้ำจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงและช่วงเวลาที่พืชขาดน้ำ (Begg and Turner, 1976) ภาวะความเครียดน้ำในระยะข้าวโพดออกดอก ทำให้ผลผลิตลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า (McPherson and Boyer, 1977; Eck, 1986; Grant *et al.*, 1989) ซึ่งระยะออกดอกเป็นระยะตอบสนองมากต่อภาวะความเครียดน้ำโดยทำให้ไหมงอกช้าลง ละอองเกสรตัวผู้จะเป็นหมัน ทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักลดลง ผลผลิตจะลดลง เพราะเซลล์สืบพันธุ์ตัวเมียเป็นหมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Westgate and Boyer,1986; Grant *et at.*, 1989) Schussler and Westgate (1991) พบว่าจำนวนเมล็ดต่อฟักที่ลดลงอย่างมากมีผลจากการขาดสารสังเคราะห์ โดยพัฒนาการของเมล็ดจะขึ้นอยู่กับการถ่ายเทสารอาหารจากที่สะสมไว้ (remobilization) แต่หากการขาดน้ำเกิดขึ้นในช่วงการออกไหม (silking period) โดยเฉพาะในช่วง 2 อาทิตย์หลังออกไหมจะทำให้ เกสรตัวผู้ที่จะเข้าสู่ไหมช้าลงเพราะขาดน้ำในระยะออกไหม

ในงานทดลองที่ทำในกระถาง ช่วงการสร้างเมล็ดในระยะก่อนออกไหมประมาณ 20 วัน กระถางที่ขาดน้ำจะทำให้พื้นที่ใบลดลงในขณะที่หลังออกไหมประมาณ 20 วันจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่เป็นหมันเพิ่มขึ้น (Westgate and Boyer,1986; Grant *et al.*, 1989)

อย่างไรก็ตามระยะการเจริญ เติบโตทางลำต้นและระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) ก็จะได้รับผลจากความแห้งแล้งเช่นกัน Eck (1986) พบว่า ภาวะแห้งแล้งในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะสร้างเมล็ด ทำให้ผลผลิตเมล็ดลดลง 46 และ 33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved