บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

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

ลำต้น (stem) ลำต้นข้าวโพดมีลักษณะแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง ความสูงมีตั้งแต่ 60 เซนติเมตร จนถึงกว่า 6 เมตร แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ลำต้นประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ข้อของข้าวโพดนอกจากจะมีความสำคัญในแง่ที่เป็นข้อต่อของปล้องแล้ว ยังเป็นที่เกิดของราก หน่อ (ลำต้นใหม่) และฝักอีกด้วย ปล้องที่โคนต้นจะสั้นและหนา แต่จะค่อยๆ ยาวขึ้นทางด้านปลายปล้อง เหนือพื้นดินจะมีจำนวนตั้งแต่ 8-20 ปล้อง เมื่อผ่าลำต้นดูตามขวางจะเป็นเปลือกอยู่เป็นวงรอบนอก ซึ่งด้านนอกประกอบไปด้วยเซลที่กักน้ำได้ส่วนด้านในเป็นหมู่เซลล์แข็งของพวกท่อน้ำและท่ออาหาร ปัจจุบันมีการค้นพบว่าความหนาของเปลือกส่วนนี้ของต้นข้าวโพดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความทนทานต่อการหักล้มของต้นข้าวโพด โดยทั่วไปข้าวโพดมีการแตกหน่อไม่มากนัก หรือไม่มีการแตกหน่อเลย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ใบ (leaf) ใบของข้าวโพดมีลักษณะคล้ายใบของพืชตระกูลหญ้าอื่น ๆ คือ ประกอบด้วยแผ่นใบ (leaf blade) ยาวประมาณ 80 เซนติเมตร ผิวใบด้านบนมีขน กาบใบ (leaf sheath) ซึ่งหุ้มลำต้นอยู่มีลักษณะค่อนข้างหนากว่าแผ่นใบ เยื่อกันน้ำฝน (ligule) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในกาบใบ ซึ่งอยู่ตรง leaf collar หรือรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ และป้องกันการสูญเสียของน้ำที่จะระเหยออกมาจากช่องว่างระหว่างปล้องกับกาบใบ และหูใบ (auricle)

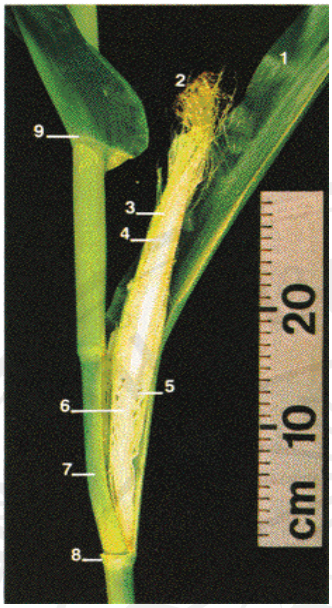
ดอก (inflorescence) ข้าวโพดมีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่บนลำต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง (monoecious plant) ดอกตัวผู้รวมกันอยู่เป็นช่อ (staminate inflorescence) เรียกว่า ช่อดอกตัวผู้ (tassel) และอยู่ตอนบนสุดของลำต้น ช่อดอกตัวผู้เป็นช่อดอกแบบ panicle แกนกลางของช่อดอก (panicle axis) ส่งต่อออกมาจากส่วนยอดของลำต้น ก้านแขนง (panicle branch) ที่แตกออกมาจากแกนกลางเรียงตัวเป็นเกลียว (spiral) ช่อดอกหนึ่ง ๆ จะมีประมาณ 300 spikelets ซึ่งเกิดเป็นคู่ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(double flower) บนก้านแขนงที่แตกออกมา ดอกหนึ่งจะมีก้านที่เรียกว่า pedicelled spikelet อีกดอกไม่มีก้านเรียก sessile spikelet แต่ละดอกหุ้มด้วย glume 2 อัน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปไข่ มีขนเล็กน้อย ดอกหนึ่งๆ ประกอบด้วยดอกย่อย (floret) 2 ดอก floret ที่อยู่ด้านบนค่อนข้างจะเจริญกว่า floret ล่าง แต่ละ floret ถูกหุ้มด้วย lemma และ palea ภายใน floret หนึ่ง ๆ ประกอบด้วยเกสรตัวผู้ (stamen) 3 อัน lodicle 2 อัน และเกสรตัวเมียที่ไม่ทำหน้าที่ (rudimentary pistil) 1 อัน อับละอองเกสร (anther) หนึ่ง จะมีละอองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ประมาณอับละ 2,500 ช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพดธรรมดา 1 ต้นจะผลิตละอองเกสรตัวผู้ได้ถึง 25 ล้านเกสร เพื่อจะผสมเกสรกับดอกตัวเมียเพียง 800-1,000 ดอก

ช่อดอกตัวเมียของข้าวโพด (pistillate infloreocence) ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าฝัก (ear) ซึ่งจะเกิดจากตาที่มุมใบ ฝักอ่อนโดยทั่วๆ ไปจะเกิดบริเวณตอนกลางของลำต้นประมาณใบที่ 7 นับจากใบธงลงมา ซึ่งจะปรากฏให้เห็นเมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 45-80 วันหลังที่ข้าวโพดงอกตาที่อยู่บนลำต้นจะมีส่วนที่เรียกว่า prophyllum หุ้มอยู่ prophyllum ของฝักจะมีการเจริญเติบโต เปลือกหุ้มฝัก (husk) นั้นเป็นกาบใบนั่นเอง แต่เป็นกาบใบที่ไม่มีแผ่นใบ แต่บางครั้งอาจจะพบแผ่นใบเล็กๆ ต่อออกมาจากเปลือกหุ้มฝัก ช่อดอกตัวเมียของข้าวโพดเป็นแบบ spike ซึ่งเกิดอยู่บนซัง (cob) ในลักษณะที่เป็นคู่ เป็นแถวยาวไปตามซัง ดังนั้นจึงจะเห็นว่าแถวของเมล็ดข้าวโพดจะเป็นจำนวนคู่ spikelet ของดอกตัวเมียข้าวโพดนั้นมีลักษณะที่มีก้านของดอกสั้นมาก ก้านของดอกเรียกว่า pedicel spikelet ของดอกตัวเมียข้าวโพดมีส่วนประกอบภายนอกทั่วๆ ไปเหมือนกับ spikelet ของดอกตัวผู้ คือมี glume 2 อัน มี 2 floret floret ล่างจะไม่เจริญ floret หุ้มด้วย lemma กับ palea ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะมีขนาดเล็กกว่า glume ภายใน floret ประกอบด้วย 1 pistil 2 lodicules และ 3 rudimetary stamen pistil นั้นประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ที่มีไข่ (ovule) 1 ovule และส่วนที่เป็น style นั้นเราเรียกว่าเส้นไหม (silk) ผิวของเส้นไหมจะมีลักษณะที่เหนียวเหนอะหนะเพื่อทำหน้าที่รับละอองเกสรตัวผู้ เส้นไหมจะมีชีวิตอยู่ราวๆ 2 สัปดาห์เส้นไหมของ spikelet ที่อยู่ตอนกลางและตอนโคนของฝักข้าวโพดจะเจริญพร้อมกัน แต่เส้นไหมของตอนกลางฝักจะโผล่ออกมาพ้นกาบฝักอ่อน ทำให้เกิดการผสมเกสรก่อน ส่วนเส้นไหมของ spikelet ที่อยู่ตอนกลางของฝักจะเจริญทีหลังและส่งออกมาพ้นกาบฝักหลังสุดทำให้โอกาสที่จะผสมติดน้อย ส่วนต่างๆ ของข้าวโพดถูกแสดงไว้ในภาพที่ 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



1. Ear leaf (หูใบ)
2. Silks (เส้นไหม)
3. kernels (เมล็ด)
4. cob (ซัง)
5. Husks (เปลือก)
6. Shank (ก้านฝัก)
7. Stem (ลำต้น)
8. Ear node (ข้อฝัก)
9. Leaf collar (คอใบ)

ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนต่างๆ ของฝักข้าวโพดและการปรากฏใบโดยสังเกตจากการมองเห็น Leaf collar (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

เมล็ด (seed หรือ grain) เมล็ดของข้าวโพดเรียกว่า caryopsis เช่นเดียวกับเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวโพดประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วน คือ

1. เปลือกของผล (pericarp) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ ไม่มีสีหุ้ม เมล็ดอยู่ที่ส่วนยอดของเมล็ดจะมีรอย ซึ่งเรียกว่า silk scar ซึ่งเป็นรอยต่อของเส้นไหมที่แห้งหลุดไป

2. เยื่อหุ้มเมล็ด (testa) ซึ่งเป็นชิ้นที่อยู่ติด pericarp เข้าไปทั้ง testa และ pericarp รวมกันเรียกว่า hull

3. อะลิวโลนเลเยอร์ (aleurone layer) เป็นเยื่อที่มีลักษณะบางๆ อยู่ติด testa เข้าไปจะเป็นส่วนที่หุ้ม endosperm ทั้งหมด เป็นที่สังเคราะห์ enzyme สำคัญที่ใช้ย่อยอาหารใน endosperm ขณะที่เมล็ดงอก

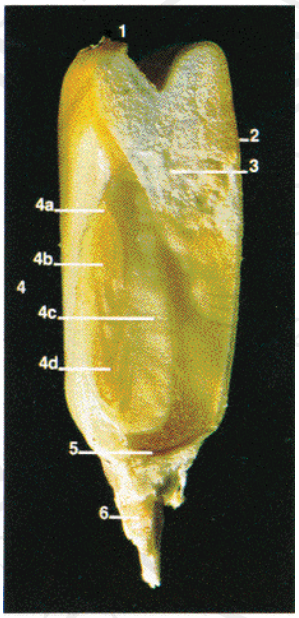
4. อาหารสะสม (endosperm) เป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหารของเมล็ด มีสีต่างๆ หลายสี เช่น เหลือง ขาว ส้ม เป็นต้น อาหารที่สะสมส่วนใหญ่จะเป็นพวกแป้ง ซึ่งมี 2 ชนิด

4.1 แป้งอ่อน (soft strarch) มักจะพบตามส่วนบนหรือกลางเมล็ด เป็นแป้งซึ่งอยู่กับหลวม ๆ มีสีขาวขุ่น

4.2 แป้งแข็ง (hard starch) พบด้านข้างหรือด้านบนของเมล็ด เป็นแป้งที่อยู่รวมกันแน่น ลักษณะค่อนข้างใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. embryo ส่วนนี้จะเจริญเป็นต้นอ่อน อยู่ทางด้านล่างของเมล็ดโดยฝังอยู่ด้านหนึ่งของ endosperm ประกอบด้วยแกนกลาง (central axis) ประกอบด้วย radicle ซึ่งหุ้มด้วย coleorhiza อีกด้านหนึ่งจะเป็น stem tip ซึ่งมีใบอ่อนหรือ embryonic leaves ประมาณ 5 ใบหุ้มด้วย coleoptile ด้านข้างของแกนกลาง (ด้านที่ติดกับ endosperm) จะพบส่วนที่เรียกว่า scutellum (cotyledon) ฐานของเมล็ดจะติดกับซังโดยส่วนของ pedicel ซึ่งเมื่อข้าวโพดแก่ที่บริเวณ pedicel ติดกับซังจะพบเนื้อเยื่อสีดำ ซึ่งเราเรียกว่า black layer ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวโพดแสดงไว้ในภาพที่ 2 .2



1. Silk scar
2. Seed coat
3. Endosperm
4. Embryo
   a. coleoptile
   b. plumule
   c. scutellum
   d. radicle
5. Black abscission zone
6. Pedicel

ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวโพด (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ระบบราก (root system) ระบบรากของข้าวโพดเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) ซึ่งประกอบด้วยรากขั้นต้น (primary root) รากยึดเหนี่ยว (brace root) รากด้านข้าง (lateral root) และรากย่อย (root hair) แต่ไม่มีรากแก้ว (tap root) รากขั้นต้นที่งอกมาครั้งแรกจะมีจำนวน 20-30 ราก ส่วนรากยึดเหนี่ยวนั้นมีจำนวนไม่จำกัด และอาจจะแยกออกเป็นรากยึดเหนี่ยวย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมากก็ได้ อาจจะมีจำนวนถึงร้อยและยาว 30-60 เซนติเมตร ส่วนรากฝอยนั้นย่อยเล็กมากหรือมีความเป็นอยู่เพียงชั่วครู่ ปริมาณของรากข้าวโพดแต่ละต้นแต่ละพันธุ์จะมีมากน้อยต่างกันไปแล้วแต่ลักษณะพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่ข้าวโพดขึ้นอยู่ เมื่อเพาะเมล็ดข้าวโพดรากจะงอกออกมาก่อนจาก embryo และต่อมาส่วนที่เป็นยอด (shoot) จะงอกขึ้นมาในด้านตรงกันข้ามกับราก และในระหว่างนี้ก็จะมีรากที่สองที่สามตามออกมาตามลำดับ ซึ่งรากเหล่านี้เป็นรากชั่วคราว หรือรากขึ้นต้น (primary or seminal root) หลังจากที่ข้าวโพดงอกได้หนึ่งสัปดาห์ถึง 10 วัน รากถาวร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(adventitious root หรือ permanent root) ก็จะงอกขึ้นรอบ ๆ ปล้องด้านล่าง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ใต้ระดับผิวดินแต่อาจจะมีบ้างบนปล้องที่อยู่บนผิวดิน ราก adventitious ชุดแรกจะเกิดจากฐานของปล้องที่สอง ส่วนรากพวก adventitious ที่เกิดบนลำต้นระดับเหนือผิวดินเรียกว่า brace หรือ prop roots ซึ่งรากเหล่านี้จะพัฒนาไปเรื่อยๆ จนถึงระยะหลังที่มีการออกดอกแล้ว ราก adventitious root นี้เมื่อโตเต็มที่จะเจริญแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 1 เมตร แต่จะแพร่กระจายลงลึกในแนวดิ่งซึ่งอาจมีความยาวถึง 3 เมตร ในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต การแพร่ขยายของรากจะรวดเร็วมาก และจะลดการขยายตัวและการเจริญเติบโตตามลำดับ เมื่อเริ่มออกดอกและติดฝัก และจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อฝักแก่ การเจริญและแผ่ขยายของรากไปได้ไกลมากน้อยแค่ไหนย่อมแล้วแต่ชนิดของดิน ความชื้นภายในดิน และระดับน้ำใต้ดิน (ทรงเชาว์, 2545)

พัฒนาการข้าวโพด

Ritchie and Hanway (1989) อธิบายพัฒนาการของข้าวโพดว่า ข้าวโพดแบ่งการพัฒนาการออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative stage) และระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ (reproductive stage) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการแต่ละระยะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ฤดูปลูก และสถานที่ปลูก โดยอัตราพัฒนาการของข้าวโพดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อม

ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ โดยแทนระยะพัฒนาการด้วยอักษร V และตามด้วยตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของใบ ซึ่งการระบุตำแหน่งของใบดูจากการพัฒนาของใบที่สมบูรณ์ โดยใบจะคลี่เต็มที่ (full expand) สังเกตได้จากส่วนหลังใบตำแหน่งนั้นปรากฏส่วน collar อย่างชัดเจน ตั้งแต่ใบแรกจนถึงใบสุดท้าย โดยเฉลี่ยทั่วไปข้าวโพดมีใบทั้งหมด 17 ถึง 19 ใบ และเมื่อมีการพัฒนาการจนถึงระยะออกเกสรตัวผู้ ถือว่าสิ้นสุดระยะพัฒนาการทางด้านลำต้น ซึ่งแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

VE : ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกและโผล่พ้นดิน

V1 : การปรากฏของใบที่ 1

V2 : การปรากฏของใบที่ 2

*

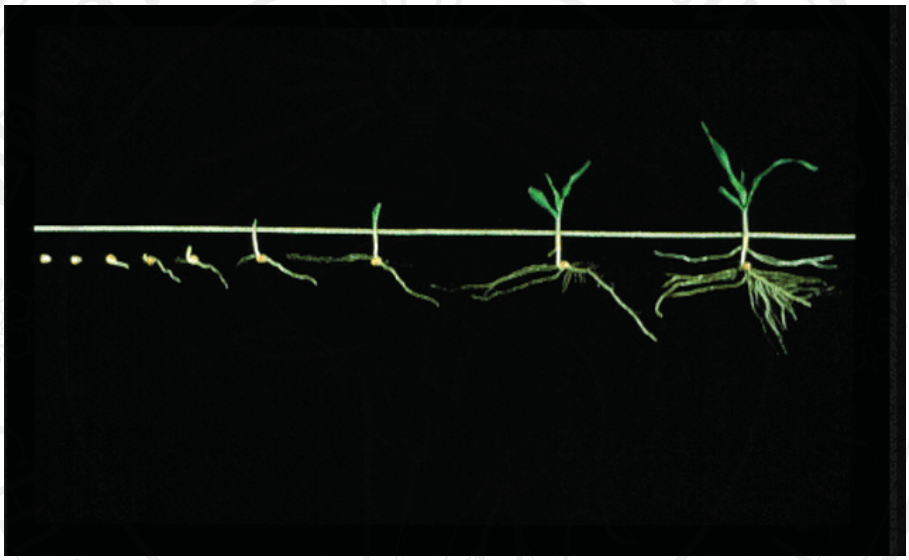
V6 : การปรากฏของใบที่ 6

*

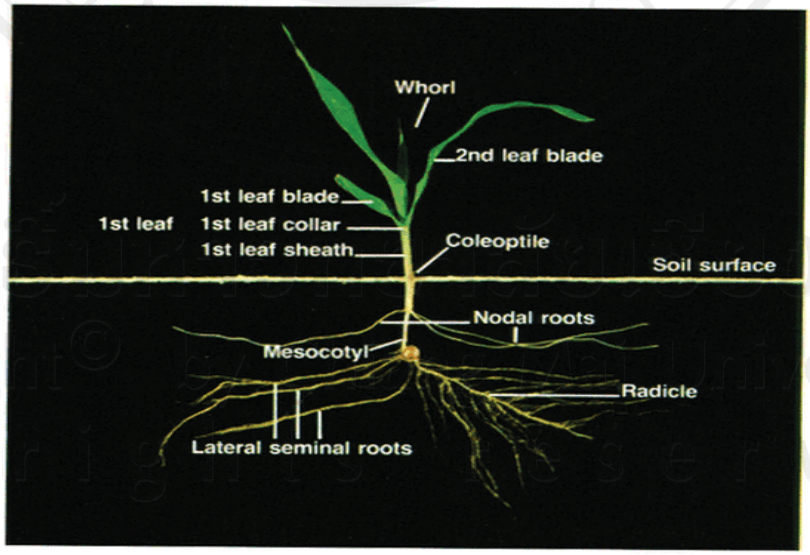
VT : tasseling ระยะออกเกสรตัวผู้ มีการปรากฏของเกสรตัวผู้ครบทุกก้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การงอกของเมล็ดข้าวโพดจะเริ่มจากที่ radicle ยืดตัวออกจากเมล็ดที่ชุ่มน้ำ ต่อมา coleoptile จะงอกพร้อมกับการงอกของรากในแนวราบ ระยะ VE จะเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วของ mesocotyl ซึ่งจะดัน coleoptile โผล่พ้นดินโดยต้นกล้าจะงอกประมาณ 4 – 5 วันหลังปลูก แต่ถ้าอยู่ในสภาพแห้งแล้งจะใช้เวลา 2 อาทิตย์หรือมากกว่า ข้อที่เกิดราก (nodal roots) จะเกิดในระยะ VE และรากจะเริ่มงอกจากข้อที่ 1 ในระยะ V1 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.3 และ 2.4



ภาพที่ 2.3 แสดงการงอกของข้าวโพดในระยะ VE (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)



ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนต่างๆ ของต้นกล้าข้าวโพด (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระยะ V3 ใบข้าวโพดจะงอกทั้งสองด้านดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.5 ในขณะที่จุดยอดของลำต้น (stem apex) ยังคงอยู่ใต้ดิน

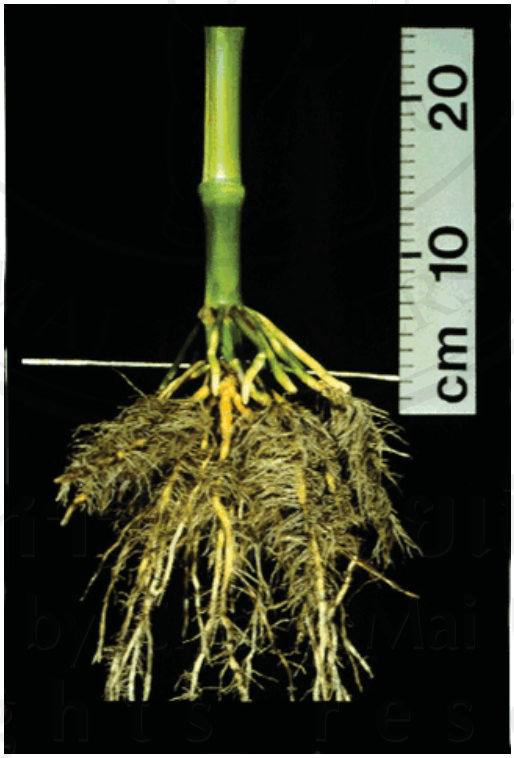
V5 เป็นระยะที่ stem apex อยู่ที่ระดับผิวดินและจะโผล่พ้นจากผิวดินในระยะ V6 ในระยะ V9 จะมีการยืดตัวของลำต้นอย่างรวดเร็วดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.6 และพัฒนาการใบข้าวโพดจะใช้เวลาแค่ 2-3 วัน ต่อ 1 ใบหลังเข้าสู่ระยะ V10

ระยะ V18 จะมีรากที่งอกออกมาจากข้อที่อยู่เหนือดินดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.7 ช่วยในการพยุงลำต้นและดูดน้ำ แร่ธาตุให้ต้นข้าวโพดเมื่อเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ระยะ VT เป็นระยะที่ต้นข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.5 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V3 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.6 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V9 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)



ภาพที่ 2.7 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V18 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.8 แสดงต้นข้าวโพดระยะ VT (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 6 ระยะ ได้แก่

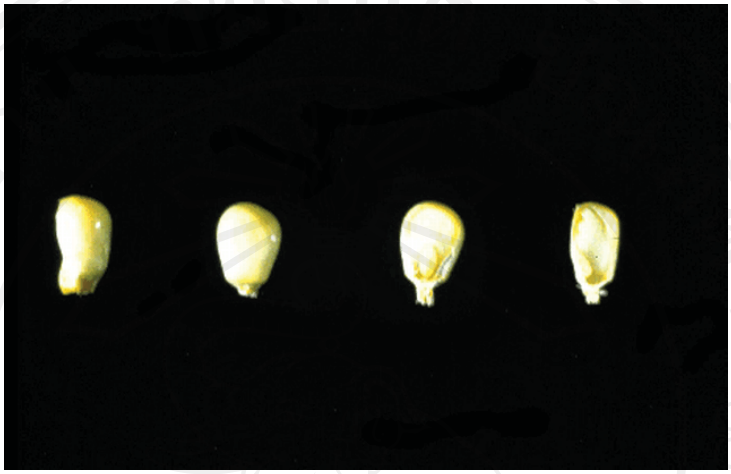
R1 : silking ระยะที่ข้าวโพดปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 แสดงฝักข้าวโพดระยะ R1 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

R2 : blister ระยะที่ข้าวโพดผสมพันธุ์แล้ว ของเหลวภายในเมล็ดมีลักษณะใสไม่มีสี

R3 : milk stage ระยะที่ของเหลวมีลักษณะเป็นน้ำนม ซึ่งเรียกว่าระยะน้ำนม ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงเมล็ดข้าวโพดระยะ R3 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

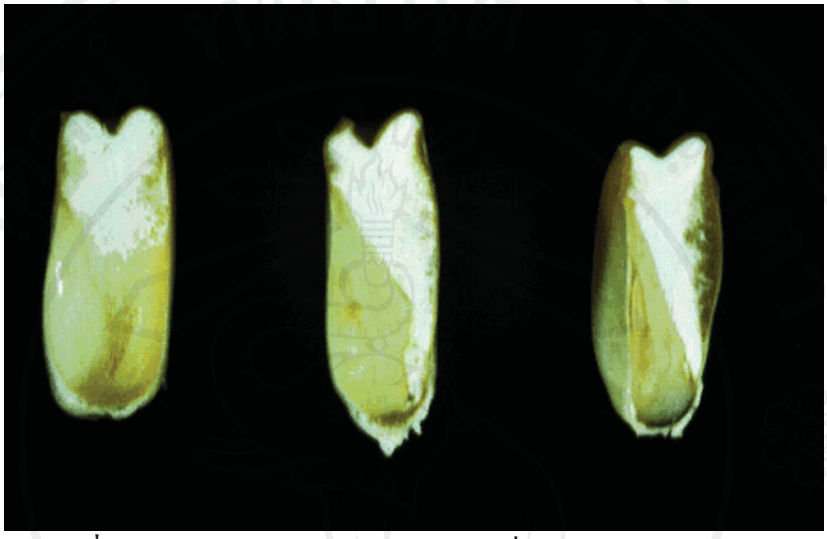
R4 : dough stage ระยะที่ endosperm ภายในเมล็ดประกอบด้วยแป้งอ่อน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 แสดงเมล็ดข้าวโพดระยะ R4 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

R5 : dent stage ระยะที่ endosperm ภายในเมล็ดเปลี่ยนเป็นแป้งแข็ง

R6 : Physiological Maturity ระยะสุกแก่ทางสรีระโดยส่วนของเนื้อเยื่อ abscission layer จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำเปลือกหุ้มฝักจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.12 และ 2.13



ภาพที่ 2.12 แสดงเมล็ดข้าวโพดระยะ R6 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ภาพที่ 2.13 แสดงฝักข้าวโพดระยะ R6 (ที่มา S. W., Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกระยะพัฒนาการตามระบบนี้ใช้การปรากฏของระยะนั้นๆ ในเวลาเดียวกันในอัตราที่ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าของจำนวนพืชทั้งหมดที่สังเกตได้ในแปลงปลูกซึ่งความสำคัญของการเรียนรู้ระยะพัฒนาการของพืชจะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการปลูกพืชที่เหมาะสม เลือก

พันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม วางแผนการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เหมาะสม (วิทย์, 2546)

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการข้าวโพดกับค่าอุณหภูมิสะสม

อุณหภูมิสะสม (growing degree day : GDD) หมายถึง ปัจจัยที่ชี้ว่าพืชต้องการปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาหรืออายุของพืชที่ปลูก อุณหภูมิสะสมที่วัดได้แต่ละระยะการเจริญเติบโตมีค่าค่อนข้างคงที่หรือมีความแปรปรวนน้อยกว่าการใช้ผลรวมของจำนวนวันพืชปลูก (สุทัศน์, 2536) พืชที่มีอายุการเจริญเติบโตเท่ากันอาจมีความแตกต่างกันในด้านพัฒนาการทางสรีรวิทยาหรืออีกนัยหนึ่งมีความแก่-ความอ่อนทางสรีรวิทยาต่างกันได้ โดยเฉพาะเมื่อพืชนั้นปลูกในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าในระหว่างที่พืชนั้นขึ้นอยู่มีอากาศหนาวเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ พืชก็จะต้องใช้เวลานานขึ้น เพื่อรวมอุณหภูมิให้ได้ถึงจำนวนที่กำหนดก่อน ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชนั้นเจริญอยู่ในระหว่างที่มีอุณหภูมิสูง พืชก็ใช้จำนวนวันน้อยกว่าในการสะสมอุณหภูมิให้ได้จำนวนเดียวกันนั้น (เฉลิมพล, 2542) Ritchie and Nesmith (1991) อ้างโดย วิทย์ (2546) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้อุณหภูมิสะสมไว้หลายประการเช่นเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความเสี่ยงภัยจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และเพื่อคาดการณ์วันสุกแก่ของพืชสำหรับวางแผนการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้มีคุณภาพดีเป็นต้น

ประสงค์ (2533) รายงานว่า ระยะการเจริญเติบโตของพืชมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุกรรม แต่จะมีค่าคงที่ในพันธุ์เดียวกันเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน สอดคล้องกับรายงานของ วิทย์ (2546) พบว่าไม่พบความแตกต่างกันของค่าอุณหภูมิสะสมที่ข้าวโพดใช้เพื่อการพัฒนาการจากวันปลูกถึงระยะออกไหมของข้าวโพดระหว่างการจัดการน้ำ เช่นเดียวกับรายงานของ สุทัศน์ (2536) ที่ว่า การพัฒนาการของข้าวโพดลูกผสมถูกกำหนดด้วยค่าอุณหภูมิสะสม ถึงแม้พืชจะมีพัฒนาการในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันข้าวโพดยังมีอุณหภูมิสะสมเพื่อการพัฒนาการที่ระยะต่างๆ มีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกันทุกสภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Gregory and Wihelm (1997) ได้อธิบายวิธีการหาค่าอุณหภูมิสะสม โดยใช้สมการพื้นฐานคือ

$$\text{อุณหภูมิสะสม} = \frac{\text{daily max.temp} + \text{daily min.temp}}{2} - T_{base}$$

ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถทำได้ในพืชหลายชนิด เช่น Wheat (*Triticum aestivum* L.) ข้าวโพด โดยที่ daily max.temp. คือค่าอุณหภูมิสูงสุดของวัน(^{o}C) และ daily min.temp. คือค่า

อุณหภูมิต่ำสุดของวัน (^{o}C) T. base สามารถใช้ในการอธิบายทางด้านสรีระวิทยา หมายถึง ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะมีชีวิตอยู่ได้แต่ไม่มีการพัฒนาหรือการเจริญเติบโต และถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้พืชจะหยุดการพัฒนาการ และการเจริญเติบโต เกิดอันตรายและอาจตายได้ ซึ่งพบว่า ค่าอุณหภูมิพื้นฐานสำหรับข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 10 ^{o}C

ในการแทนค่าในสมการ Tollenaar *et al*., (1997) อ้างโดย วิทย์ (2546) ได้เสนอวิธีการแทนค่าในสมการโดยใช้วิธี "cut-off method" คือการกำหนดให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30 ^{o}C ซึ่งหมายความว่าถ้าวันใดที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันมากกว่า 30 ^{o}C ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ 30 ^{o}C ส่วนวันใดที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30 ^{o}C ให้แทนค่านี้ตามปกติ และถ้าค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันมีค่าน้อยกว่าค่า T.base ซึ่งในกรณีข้าวโพดคือ 10 ^{o}C ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ 10 ^{o}C ซึ่งวิธีการนี้ Ralph and James (1974) ให้เหตุผลในการกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน 30 ^{o}C ว่าค่าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น

บทบาทของธาตุไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับพืช พืชทุกชนิดมีความต้องการธาตุนี้ในปริมาณที่สูงเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกทั่วไปจะขาดธาตุไนโตรเจน มักมีไม่เพียงพอแก่การเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ในอากาศถึงแม้จะมีไนโตรเจนในรูปแบบของก๊าซ N_2 อยู่ถึงประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) แต่ N_2 ในรูปนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NO_3^- และ NH_4^+ เท่านั้นที่พืชจะสามารถใช้ได้ (เฉลิมพล, 2542) และ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NO_3^- มีความสำคัญมากกว่าไนโตรเจนที่อยู่ในรูป NH_4 แต่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้ทันที (จักรี, 2539) NO_3^- ในพืชจะถูกเปลี่ยนเป็น NH_4^- โดยกระบวนการ nitrate reductase พืชจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 2-4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) หรืออาจสูงถึง 6 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแก่อ่อนและชนิดของพืช การขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้จำกัดการแบ่งและขยายตัวของเซลล์ พืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตช้า แคระแกรน ใบมีสีเหลือง หรือมีลักษณะเป็น chlorosis เพราะว่า การขาดธาตุไนโตรเจนมีผลยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ดังนั้นเมื่อพืชขาดไนโตรเจนจึงปรากฏอาการที่ใบแก่ก่อน เพราะไนโตรเจนในใบแก่นั้นจะถูกเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงใบอ่อนหรืออวัยวะอื่นๆ ที่กำลังเจริญเติบโต เมื่อเป็นเช่นนี้จึงทำให้ใบแก่ร่วงหล่นเร็วยิ่งขึ้นเท่ากับทำให้ช่วงเวลามีอายุของใบสั้นลง ซึ่งมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ดหรือผลผลิตในที่สุด (เฉลิมพล, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชัยฤกษ์ (2515) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีขึ้น ปุ๋ยอัตราสูงๆ เช่น 120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ช่วยให้การเจริญเติบโตในระยะแรกเป็นไปอย่างรวดเร็ว คือได้รับคะแนนโดยเฉลี่ย 4.67 คะแนน ซึ่งจะเห็นความแตกต่างจากข้าวโพดที่ไม่ได้รับปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัด คือ ได้รับคะแนนโดยเฉลี่ย 2.00 คะแนน และ มฆวัต (2548) ยังพบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้นให้กับข้าวโพดที่ประสบภาวะดินน้ำขังระยะสั้นในอัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยแต่งหน้าอัตรา 16 กกต่อไร่ มีผลให้ข้าวโพดมีการฟื้นตัวจากภาวะดินน้ำขังระยะสั้นได้ดี โดยทำให้ข้าวโพดมีความสูงต้น, น้ำหนักแห้ง, ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index LAI), อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของพืชต่อน้ำหนักเริ่มต้น (Relative growth rate : RGR) สูงกว่าวีควบคุม และให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีควบคุมถึง 66.7 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ กฤษฎิ์ (2537) พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ ECEC (Effective Cation Exchange Capacity) และอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และพบว่า ปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนต้นและส่วนใบ ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนต้นและส่วนใบ ตลอดทั้งผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง Cox and Cherney (2001) พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงที่สุดในการทดลองให้ผลผลิต พื้นที่ใบ และ น้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด ในระยะปลูกที่แคบลง และยังพบว่า ข้าวโพดต้องการไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่ออัตราความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้นของประชากรข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นด้วย และ Barbieri *et al*., (2008) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปลูกในระยะปลูกที่แคบลง ซึ่งพบว่า การปลูกข้าวโพดที่ระยะปลูกระหว่างแถว 35 เซนติเมตร ร่วมกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 180 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้น้ำหนักแห้ง 20,255 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และให้ผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 12,211 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งให้มากกว่าอัตรา 0 และ 90 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ Onasanya *et al.*, (2009) ยังพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงที่สุดในการทดลองมีผลทำให้ความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และผลผลิตสูงที่สุดในการทดลอง และพบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น พื้นที่ใบของข้าวโพดก็จะเพิ่มขึ้นตาม

บทบาทของธาตุฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช

ฟอสฟอรัสเป็นอีกธาตุหนึ่งที่พืชมีความต้องการในปริมาณที่สูง เช่นเดียวกับไนโตรเจน และกล่าวได้ว่าเป็นธาตุที่จำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชรองจากไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในพืช เช่น เป็นองค์ประกอบของ ADP และ ATP (adenosine di-and triphosphate), NAD, NADPH และยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับหน่วยพันธุกรรม (DNA และ RNA) รวมทั้งเนื้อเยื่อของเซลล์ (phospholipid) ดังนั้น การขาดฟอสฟอรัส จะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบต่อกระบวนการทางเมตาบอลิซึมต่างๆ ในพืช เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสจะปรากฏลักษณะอาการโดยทั่วไปดังนี้คือ ใบจะเป็นสีตรงกันข้ามกับการขาดไนโตรเจน คือ สีของใบจะมีสีเขียวเข้มหรือเขียวแกมน้ำเงิน หรือบางครั้งจะปรากฏเป็นสีม่วง แดง หรือน้ำตาล (ซึ่งเป็นสีของ anthocyanin) โดยเฉพาะตามแนวเส้น veins ของใบ ผลของการขาดฟอสฟอรัสทำให้การเจริญของพืชชะงักและแคระแกรน (เฉลิมพล, 2542)

Rai *et al*. (1984) พบว่า การตอบสนองฟอสฟอรัสของข้าวโพดมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในใบ Wittry and Mallarino (2004) กล่าวว่า ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการจำกัดผลผลิตของข้าวโพดซึ่งจะมีแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของดิน และพบว่าการเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่ข้าวโพด (55 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ทำให้น้ำหนักแห้ง และผลผลิตเพิ่มมากขึ้นกว่าการไม่ใส่ฟอสฟอรัสเลยอย่างมีนัยสำคัญ ในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ สอดคล้องกับ Khan *et al.* (2005) ได้ทำการทดลองอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0 25 50 75 และ 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์กับข้าวโพด 2 พันธุ์ พบว่า อัตราปุ๋ย 75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก 112.5 กรัม จำนวนเมล็ดต่อฝัก 434 เมล็ด น้ำหนัก 1000 เมล็ด 291.3 กรัม และ ผลผลิต 5.18 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราอื่น และยังพบอีกว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ความสูงต้น 208.9 เซนติเมตร และจำนวนฝักต่อต้น 1.90 ฝัก ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอัตราอื่น นงลักษณ์ (2516) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่ว่าจะเป็นอัตราใด ทำให้ความสูง น้ำหนักแห้งของตอซัง และน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดเฉลี่ย มากกว่าเป็น 3, 9 และ 25 เท่าตามลำดับ มากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสเลย ในดินที่มีฟอสฟอรัสจำกัด สำหรับข้าวโพดที่ได้รับฟอสฟอรัสนั้นปรากฏว่ามีน้ำหนักตอซังแห้งเฉลี่ยเท่าๆ กัน ไม่ว่าจะได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราใด ส่วนน้ำหนักเมล็ดนั้น การใส่ปุ๋ย 9 กิโลกรัมต่อไร่ใช้ฟอสฟอรัสในการสร้างตอซังเป็นส่วนใหญ่จึงเหลือไว้สร้างเมล็ดน้อย เมื่อเพิ่มปุ๋ยเพิ่มเป็นอัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าจากเดิม สอดคล้องกับ นันทพร (2547) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งในรูปปุ๋ยเคมี ฟอสฟอรัส มูลไก่ และปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับมูลไก่ ให้แก่ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง จะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักตอซัง ผลผลิตฝัก และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดอย่างเด่นชัด

บทบาทของธาตุโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทบาทของธาตุโพแทสเซียมจะแตกต่างไปจากไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ตรงที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช แต่จะพบธาตุโพแทสเซียมนี้สะสมอยู่ในช่องว่างของเซลล์ (vacuole) อยู่เป็นจำนวนมาก โพแทสเซียมจะทำหน้าที่หลักในการเร่งการทำงานของเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปฏิกิริยาต่างๆ รักษาระดับประจุไฟฟ้าในเซลล์ รักษาระดับ osmotic potential การดึงดูดน้ำของราก ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำโดยกระตุ้นให้ปากใบปิด นอกจากนี้ยังพบว่ามีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงและเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์ด้วย (เฉลิมพล, 2542)

ปวีณา (2549) พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานน้อย แต่โพแทสเซียมมีความสัมพันธ์กับความหวานของข้าวโพด แต่การใส่โพแทสเซียมมากไปไม่ทำให้ความหวานเพิ่มมากขึ้น Khademi *et al.* (2001) พบว่า การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นมากกว่าที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเลย และพบว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่สูงที่สุดในการทดลองคือ 700 กิโลกรัม (K_20) ต่อเฮกตาร์ให้ความสูงต้น เมล็ด และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดด้วย Bajehbaj *et al.* (2009) พบว่า การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมจาก 75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ไปเป็น 175 กิโลกรมต่อเฮกตาร์ ทำให้เมล็ดต่อดอกของทานตะวันเพิ่มขึ้นจาก 681 เมล็ดเป็น 1120 เมล็ด Cheema *et al.* (1999) พบว่า โพแทสเซียมช่วยปรับปรุงผลผลิตข้าวโพดให้ดีขึ้น ซึ่งโพแทสเซียมอัตรา 125 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิต 6.78 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของผลผลิตนั้นมีผลมากจากการเพิ่มขึ้นของเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และโพแทสเซียมอัตรา 150 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ทำให้ความสูงต้นข้าวโพดสูงที่สุดด้วย ซึ่งทั้งหมดเป็นผลมากจากโพแทสเซียมไปช่วยในกระบวนการทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการลำเลียงสารสังเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Mangel & Kirkby, 1987) อ้างโดย Cheema *et al.* (1999) และ การประยุกต์ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อเพิ่มผลผลิตนั้นควรใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสด้วย Hera (1972) อ้างโดย Cheema *et al.* (1999)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประชากรพืชปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

การพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรของพืชปลูกกับผลผลิตเป็นสิ่งจำเป็น เพราะผลผลิตสูงสุดของพืชปลูกจะได้รับก็ต่อเมื่อการแก่งแย่งเพื่อปัจจัยทางการเจริญเติบโตไม่จำกัด นั่นหมายความว่าประชากรของพืชในแปลงปลูกจะต้องอยู่ในระดับที่พอดี (optimum density) ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการแก่งแย่งระหว่างพืชที่อยู่ข้างเคียงกัน การที่ประชากรของพืชในแปลงปลูกอยู่ในระดับที่สูงเกินไป (higher than optimum) ปัจจัยทางการผลิตต่างๆ ก็จะไม่เพียงพอแก่พืช พืชในแปลงก็จะเกิดการแก่งแย่งกันในที่สุดผลผลิตลดลงหรือการที่ประชากรของพืชในแปลงปลูกอยู่ในระดับที่ต่ำเกินไป (lower than optimum) ก็จะเกิดการสูญเสียในแง่ของปัจจัยการผลิต เพราะถูกใช้ไปไม่เต็มที่ ซึ่งผลผลิตก็จะต่ำกว่าที่ควรได้รับ (ทรงเชาว์, 2528) นอกจากนั้นความหนาแน่นของประชากรยังมีผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา (plant morphology) ของพืชแต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละต้นด้วย ได้แก่การเพิ่มความสูงของพืชปลูกเมื่อมีความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น ซึ่งมักจะเป็นปัญหาสำหรับธัญพืชทั้งหลาย เพราะการเพิ่มขึ้นของความสูงจะมีผลในแง่ของการเพิ่มการหักล้ม (lodging) ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเสียหาย (Rurger and Crowder, 1967) (อ้างโดย ทรงเชาว์, 2528) สอดคล้องกับ Zeidan *et al*. (2006) พบว่า เมื่อมีการลดระยะปลูกระหว่างแถวของข้าวโพดให้แคบลงจาก 25 เซนติเมตร เป็น 15 เซนติเมตร ข้าวโพดจะมีความสูงของฝักเพิ่มขึ้น แต่น้ำหนักของฝักและปริมาณผลผลิตเมล็ดจะลดลง สอดคล้องกับ วณิชชากร (2548) พบว่า การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกี่ยวของกับความสูงฝัก โดยความสูงของฝักที่มากขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตลดน้อยลง และ Azam *et al*. (2007) ได้ทำการทดลอง ระยะระหว่างต้นของข้าวโพดลูกผสม 4 ระยะ ได้แก่ 15 25 35 และ 45 เซนติเมตร จากการทดลองพบว่า ระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตรจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักฝักต่ำที่สุด และถึงแม้ว่าระยะปลูกที่กว้างที่สุดคือ 45 เซนติเมตร จะให้น้ำหนัก 1000 เมล็ด และน้ำหนักฝักสูงที่สุด แต่กลับพบว่าระยะปลูกที่เหมาะสมที่สุดคือระยะปลูก 25 เซนติเมตร เนื่องจากให้ผลผลิตสูงที่สุด และ Widdicombe and Thelen (2002) พบว่า ผลผลิตของข้าวโพดลูกผสมสามารถจะเพิ่มขึ้นได้ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลด ระยะระหว่างแถวปลูกข้าวโพดจาก 76 เซนติเมตร เป็น 56 และ 38 เซนติเมตร

ศักยภาพการผลิตข้าวโพดหลังนา

สภาพแวดล้อมในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวมีความแตกต่างจากสภาพไร่ในช่วงฤดูฝนอย่างมาก โดยสภาพแวดล้อมหลังการเก็บเกี่ยวข้าวมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าวโพด (สมชาย, 2548) ดังนี้ 1) อุณหภูมิต่ำในระยะแรก 2) อุณหภูมิสูงในระยะหลัง 3) สภาพดินอัดตัวกันแน่น จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การปลูกข้าวโพดในสภาพนาจำเป็นต้องใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตและสามารถสร้างผลผลิตได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสมชายและคณะ (2542) พบว่า การปลูกข้าวโพดในสภาพนาควรเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพนาในแต่ละท้องที่ซึ่งต้องพิจารณาถึงสภาพดินและแหล่งน้ำ รวมทั้งปริมาณน้ำตลอดจนสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่นด้วย Grudloyma *et al*. (1987) รายงานว่า พันธุ์ข้าวโพดมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม ในขณะที่ Granados *et al*. (1994) พบว่าพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม โดยเฉพาะพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับปัจจัยการผลิตสูงหรือการจัดการที่ดี สอดคล้องกับรายงานของสถานีทดลองพืชไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิษณุโลก (2536) อ้างโดย สมชาย (2548) ได้ทำการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ข้าวโพดในนา พบว่าข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมที่เป็นพันธุ์การค้าจำนวน 3 พันธุ์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 ร้อยละ 67 39 และ 37 ตามลำดับ ภายใต้สภาพการจัดการที่ดี และสอดคล้องกับสุขพงษ์ และคณะ (2544) พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิด ซึ่งในประเทศไทยนิยมปลูกข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม (hybrid varieties) เนื่องมาจากข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมได้มากจากการคัดเลือกลักษณะที่ดีหลายประการของข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์มารวมเข้าด้วยกัน ซึ่งลูกผสมที่ได้จะมีความดีเด่นกว่าพ่อแม่มาก มีความต้านทานโรค ให้ผลผลิตสูง แต่การผลิตเมล็ดค่อนข้างยาก ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง จึงส่งผลให้ราคาของเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างสูง และอีกทั้งไม่สามารถเก็บเมล็ดไว้ใช้ปลูกต่อในรุ่นต่อไปได้ ทำให้เกษตรกรบางกลุ่มจึงเลือกปลูกข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated varieties) เนื่องจากสามารถเก็บเมล็ดเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับปลูกในฤดูปลูกต่อไป และมีราคาไม่แพง (ทรงเชาว์, 2545)

การปลูกข้าวโพดในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าว มีแนวโน้มที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้โดยการเพิ่มอัตราปลูกให้สูงขึ้น เนื่องจากต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน (สมชาย, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสมชายและคณะ (2541) พบว่า การเพิ่มอัตราปลูกของข้าวโพดนครสวรรค์ 1 เมื่อปลูกในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวจาก 8,533 เป็น 12,800 ต้น/ไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 26 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลผลิตลดลงเมื่อเพิ่มอัตราปลูกเป็น 17,066 ต้น/ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับ Sharratt and McWilliams (2005) พบว่า การลดระยะระหว่างแถวของข้าวโพดลง มีการให้ผลผลิตเมล็ดมากกว่า และการใช้น้ำไม่แตกต่างกับการปลูกข้าวโพดในระยะที่กว้าง และ Shapiro and Wortmann (2006) ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่กับการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การลดระยะระหว่างแถวลงมาเหลือ 51 เซนติเมตรทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 4 เปอร์เซ็นต์ และการประยุกต์ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตด้านเมล็ดเพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นในสภาพหลังนา คือ การเพิ่มอัตราปลูกให้สูงขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกในสภาพนาเขตชลประทานมีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงและให้น้ำอย่างเพียงพอตลอดฤดูปลูก นอกจากนี้การใช้พันธุ์ที่แตกต่างกันน่าจะมีการตอบสนองอัตราปลูกที่แตกต่างกันด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีความต้องการปุ๋ยค่อนข้างสูง ซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าวโพด อัตราการใส่ต่อพื้นที่ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คุณสมบัติทางเคมีของดิน ฤดูกาล และระยะการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต คือ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะสร้างเมล็ด ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมควรแบ่งใส่ในระยะที่ข้าวโพดต้องการ คือ ใส่พร้อมปลูกและระยะข้าวโพดสร้าง floral initation สำหรับการปลูกข้าวโพดในสภาพปกติ (สมชาย, 2548) สำหรับอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในช่วงฤดูแล้งนั้นแตกต่างจากการปลูกในช่วงฤดูปกติ (ฤดูฝน) โดยอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในช่วงฤดูฝน คือ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินเหนียวและดินร่วนเหนียวปนทราย และอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินทราย ในขณะเดียวกันบุญน้อมและดำริ (2519) ได้ทดสอบปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในฤดูแล้งในสภาพนาที่เป็นดินเหนียวที่จังหวัดชัยนาท ผลปรากฏว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ เหมาะสมที่สุดสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในนาข้าว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในสภาพดินนาที่เป็นดินร่วนทรายที่จังหวัดพิษณุโลก พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้นร่วมกับปุ๋ยยูเรียในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เป็นปุ๋ยแต่งหน้า (หรือปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 19.5 กิโลกรัมต่อไร่) เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดในสภาพนา ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยที่สูญเสียง่ายและรวดเร็ว ประกอบกับการปลูกในฤดูแล้งมีการให้น้ำชลประทาน จึงทำให้สูญเสียเร็วขึ้น (สมชาย, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved