บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

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

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

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 ผิวใบด้านบนมีขนและปลายใบขนาดใหญ่ ส่วนด้านล่างไม่มีขนมีปากใบขนาดเล็กแต่จำนวนมากกว่าด้านบน บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีลิ้นใบหรือเยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบหรือเขี้ยว (auricle) ที่รอยต่อระหว่างกาบใบและที่แผ่นใบด้านหลัง ใบตรงรอยต่อระหว่างใบกับกาบใบ มีลักษณะเป็นเส้นยาว ไม่มีสีรอบแผ่นใบเรียกว่า leaf collar และระหว่างฝักกับลำต้นจะพบส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบเป็นสัน 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 ดังนั้นในหนึ่งช่อดอกตัวผู้จะมีละอองเกสร

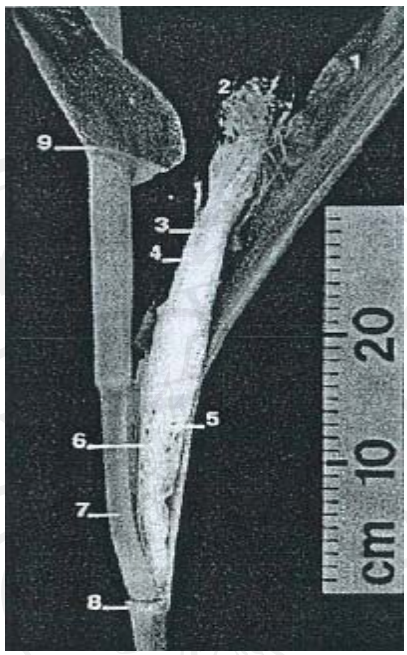
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 4.55 ล้านละอองเกสร ซึ่งใช้สำหรับผสมกับเกสรตัวเมียเพียง 500 - 1,000 ดอก ส่วนช่อดอก (pistillate inflorescence) เกิดที่บริเวณข้อที่ 7 หรือ 8 บนส่วนของลำต้นนับจากใบธงลงมาช่อดอกเป็นแบบ spike เรียกว่า ฝัก (ear) มีกลุ่มของดอกย่อยเรียงตัวเป็นแถวยาวบนแกนกลางช่อดอกเรียกว่า ซัง (cob) โดยช่อดอกตัวเมียจะพัฒนาไปเป็นฝักข้าวโพด ส่วนกลุ่มดอกย่อยซึ่งมีก้านดอกสั้นจะถูกหุ้มด้วยกลีบ (glume) สั้นๆ 2 กลีบ ภายในดอกย่อยมีเกสรตัวเมีย (pistil) 1 อัน เยื่อรองรังไข่ (indicule) 2 อัน และเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน (rudimentary stamen) 3 อัน ส่วนของเกสรตัวเมียที่ทำหน้าที่รับละอองเกสรตัวผู้ เรียกว่า ไหม (silk) มีความยาว 10 - 30 เซนติเมตร ที่ผิวมีลักษณะเป็นยางเหนียวเพื่อจับรับละอองเกสรตัวผู้ ปกติไหมจะมีชีวิตประมาณ 2 สัปดาห์ ดอกที่อยู่ส่วนกลางของฝักจะส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักก่อน จึงได้รับการผสมพันธุ์ก่อนส่วนอื่นในฝัก ส่วนดอกที่อยู่ส่วนโคนฝักมีการเจริญในเวลาเดียวกันแต่ใช้เวลานานกว่าจะส่งไหมโผล่พ้นจากเปลือกหุ้มฝักและดอกที่อยู่ส่วนปลายฝักมีการเจริญและส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักช้าที่สุด ทำให้ให้รับการผสมน้อยกว่าดอกที่ส่วนอื่นของฝัก ดอกที่ได้รับการผสมก่อนจะได้เปรียบด้านการสะสมอาหาร ดังนั้นเมล็ดที่อยู่ส่วนกลางฝักจึงมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์กว่าเมล็ดที่ส่วนโคนและปลายฝัก

ผลและเมล็ดเป็นแบบ caryopsis คือ มีเยื่อหุ้มผลติดกับเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นเยื่อบางไม่มีสี ส่วนบนของเมล็ดมีรอยที่เกิดจากไหมแห้งและหลุด ร่วงไปถูกเรียกว่า silk scar ภายในเมล็ดประกอบด้วยคัพภะ (embryo) และส่วนสะสมอาหารคือ endosperm ในคัพภะประกอบด้วย radicle plumule และ epiblast ซึ่งหมายถึงใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา และที่รอยต่อระหว่างคัพภะ กับ endosperm ไว้ เรียกว่า aleurone layer หลังผสมเกสรเมล็ดจะใช้ระยะเวลาในการพัฒนาแตกต่างกันตั้งแต่ 40 - 75 วัน แล้วแต่พันธุ์ข้าวโพด ที่ฐานของก้านดอก (pedicle) จะพบเนื้อเยื่อสีดำ เรียกว่า black layer จะปรากฏเมื่อเมล็ดมีการพัฒนาถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ (physiology maturity : PM)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของฝักข้าวโพดและการปรากฏใบโดยสังเกตจากการมองเห็น Leaf collar (Ritchie, 1993)

พัฒนาการของข้าวโพด

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

ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ โดยแทนระยะพัฒนาการด้วยอักษร V และตามด้วยตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของใบ ซึ่งการระบุของใบดูจากการพัฒนาของใบที่สมบูรณ์ โดยใบจะคลี่เต็มที่ (full expand) ปรากฏส่วนของ collar อย่างชัดเจนตั้งแต่ใบแรกจนถึงใบตำแหน่งสุดท้าย โดยเฉลี่ยทั่วไปข้าวโพดมีใบทั้งหมด 17 ถึง 19 ใบ และเมื่อมีการพัฒนาจนถึงระยะออกเกสรตัวผู้ ถือว่าสิ้นสุดระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ซึ่งแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

VE : ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกและโผล่พ้นดิน

V1 : การปรากฏของใบที่ 1

V2 : การปรากฏของใบที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

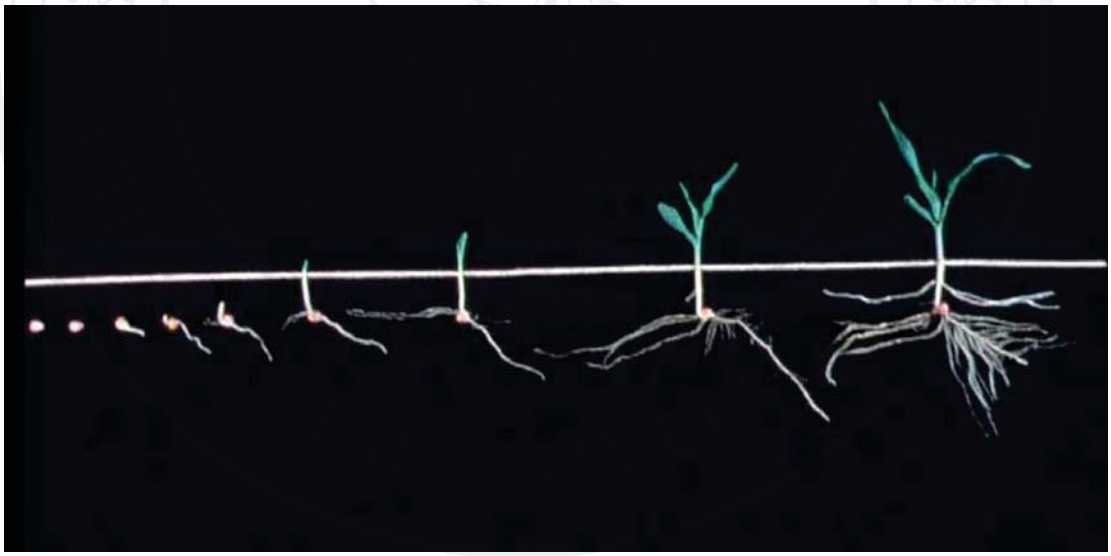
*

V6 : การปรากฏของใบที่ 6

*

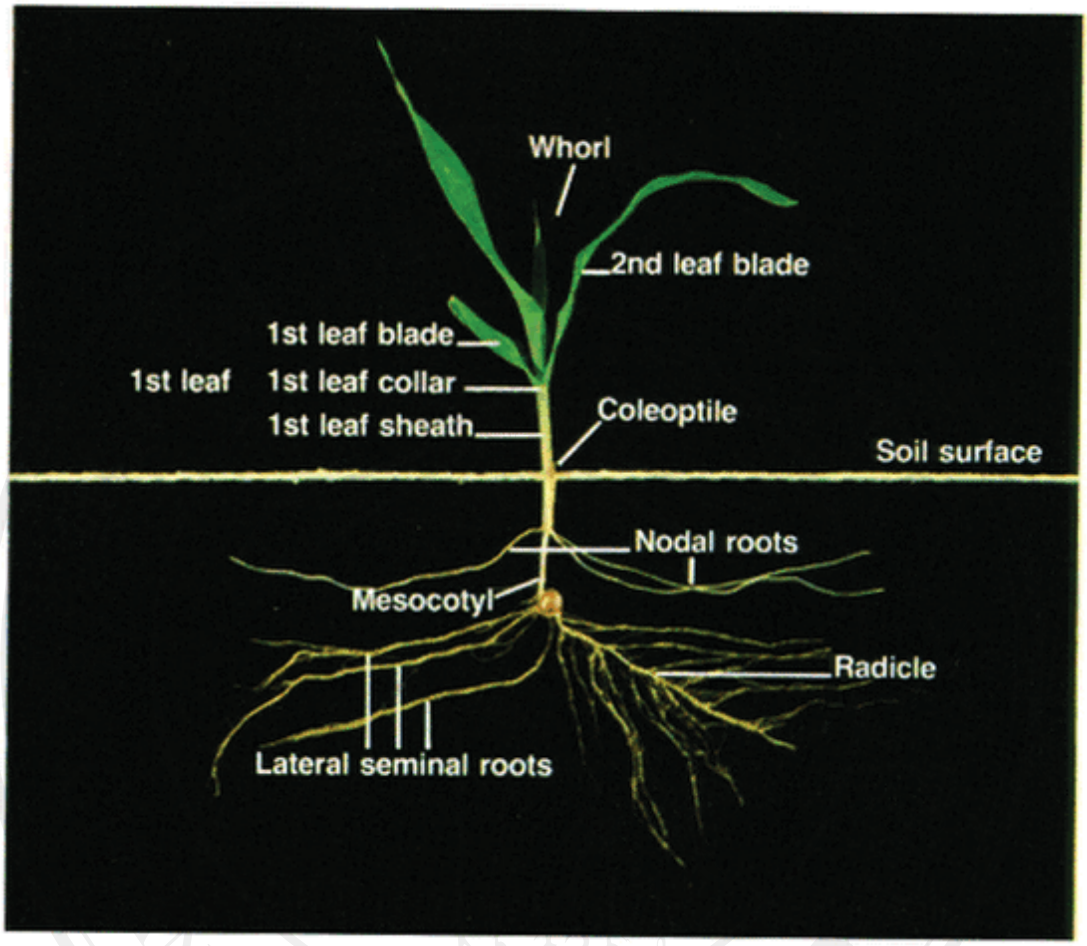
VT : tasseling ระยะออกเกสรตัวผู้ มีการปรากฏของเกสรตัวผู้ครบถ้วน

การงอกของเมล็ดข้าวโพดจะเริ่มจากการที่ radicle ยืดตัวออกจากเมล็ดที่ชุ่มน้ำ ต่อมา coleoptile จะงอกพร้อมกับการงอกของรากในแนวราบ ระยะ VE จะเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วของ mesocotyl ซึ่งจะดัน coleoptile โผล่พ้นดิน โดยต้นกล้าจะงอกประมาณ 4 ถึง 5 วัน หลังปลูก แต่ถ้าอยู่ในสภาพแห้งแล้งจะใช้เวลา 2 อาทิตย์ หรือมากกว่าข้อที่เกิดราก (nodal roots) จะเกิดในระยะ VE และรากจะเริ่มงอกจากข้อที่ 1 ในระยะ V1ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 แสดงการงอกในระยะ VE (Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3 แสดงส่วนต่างๆ ของต้นกล้าข้าวโพด (Ritchie, 1993)

ในระยะ V3 ใบข้าวโพดจะงอกออกทั้ง 2 ด้าน ในขณะที่จุดยอดของลำต้น (stem apex) ยังคงอยู่ใต้ดิน

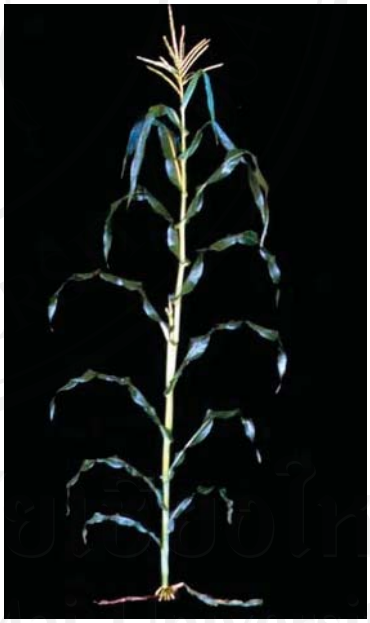
V5 เป็นระยะที่ stem apex อยู่ที่ระดับผิวดินและจะโผล่พ้นจากผิวดินในระยะ V6 ในระยะ V9 จะมีการยืดตัวของลำต้นอย่างรวดเร็ว และพัฒนาการใบข้าวโพดจะใช้เวลาแค่ 2 ถึง 3 วันต่อ 1 ใบหลังเข้าสู่ระยะ V10 ระยะ V18 จะมีรากที่งอกออกมาจากข้อที่อยู่เหนือดิน ช่วยพยุงลำต้นและดูดน้ำ แร่ธาตุให้ต้นข้าวโพดเมื่อเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ระยะ VT เป็นระยะที่ต้นข้าวโพดมีความสูงมากที่สุดและก่อนข้าวโพดงอกไหม 2 หรือ 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V3

ภาพที่ 5 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V9

ภาพที่ 6 แสดงต้นข้าวโพดระยะ V18



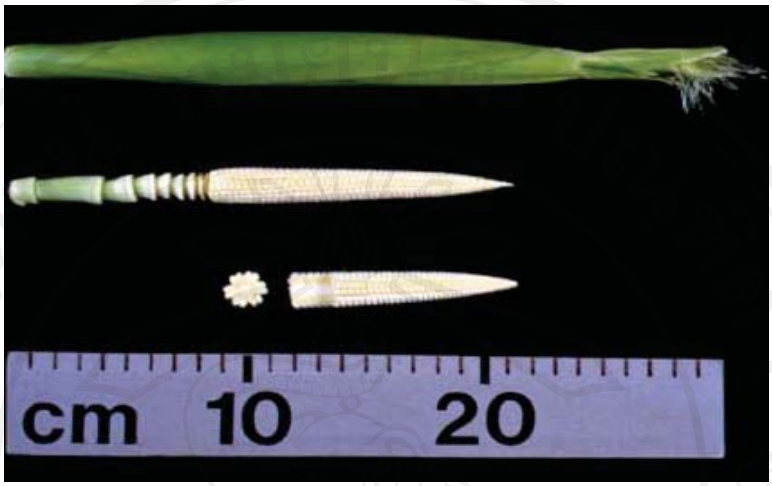
ภาพที่ 7 แสดงต้นข้าวโพดระยะ VT

(Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 6 ระยะ ได้แก่

R1 : silking ระยะที่ข้าวโพดปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักดินดังแสดงไว้ในภาพที่ 8



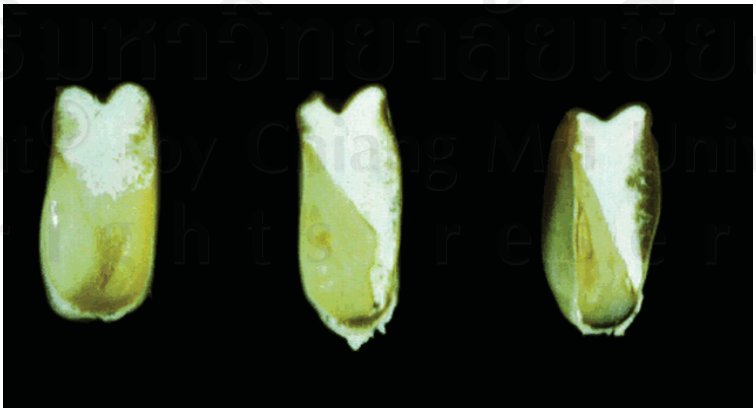
ภาพที่ 8 แสดงต้นข้าวโพดระยะ R1 (Ritchie, 1993)

R2 : blister ระยะที่ข้าวโพดผสมพันธุ์แล้ว ของเหลวภายในเมล็ดมีลักษณะใส ไม่มีสี

R3 : milk ระยะที่ของเหลวภายในเมล็ดมีสีขาวขุ่นของแป้งคล้ายน้ำนม และไหมเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแป้ง

R4 : dough ระยะที่แป้งในเมล็ดมีลักษณะเหนียวเป็นแป้งเปียก

R5 : physiological maturity : PM ระยะที่สุกแก่ทางสรีระ โดยส่วนของเนื้อเยื่อ abscission layer เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำดังแสดงไว้ในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงเมล็ดข้าวโพดในระยะ R5 (Ritchie, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกพัฒนาการต่างๆ ตามระบบนี้ ใช้การปรากฏของระยะนั้นๆ ในเวลาเดียวกันที่อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าของจำนวนพืชทั้งหมดที่สังเกตได้ในแปลงปลูก ซึ่งความสำคัญของการรู้ระยะพัฒนาการของพืชจะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการปลูกพืชที่เหมาะสม เลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม วางแผนการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม

ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ได้พัฒนาพันธุ์ในปี พ.ศ.2527-2528 โดยการนำพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและต้านทานโรคราน้ำค้างจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 สายพันธุ์กับพันธุ์จากศูนย์ปรับปรุงข้าวโพดและข้าวสาลีนานาชาติ (CIMMYT) จำนวน 1 สายพันธุ์ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงพันธุ์แบบ S1 family selection จำนวน 3 รอบ พบว่า พันธุ์สุวรรณ 5 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 1 (7%) และสุวรรณ 3 (4%) (นพพงศ์และคณะ, 2537)

ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ให้ผลผลิตต่อไร่สูงเฉลี่ย 839-1,168 กิโลกรัมต่อไร่ (5.24-7.3Ton/ha) ต้านทานโรคราน้ำค้างและราสนิมได้ดี อายุออกดอกประมาณ 55 วันอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110-120 วัน ลำต้นสูงใหญ่ความสูงต้นประมาณ 2.10-2.40 เมตร ระบบรากและลำต้นแข็งแรง ใบสีเขียวเข้ม ฝักใหญ่และยาวสม่ำเสมอ เมล็ดสีส้มเหลือง

ลักษณะเด่นประจำพันธุ์

1. ให้ผลผลิตเมล็ดสูง สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทั่วไป
2. ให้ผลผลิตน้ำหนักต้นสดและน้ำหนักแห้งสูง เหมาะในการทำพืชอาหารสัตว์
3. มีลักษณะทางการเกษตรอื่นที่ดี เช่น ต้านทานโรคราน้ำค้าง และโรคทางใบอื่นๆมีระบบรากและลำต้นแข็งแรงไม่หักล้มง่าย
4. สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้นาน 1-3 ชั่ว โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของนักวิชาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญสำหรับพืชอย่างมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบชีวเคมีหลายชนิดในพืช ที่มีบทบาทต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาของพืช เช่น กรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนให้แก่พืช ซึ่งโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรโตพลาสซึม เอนไซม์และโคเอนไซม์ ที่มีหน้าที่ในการ

ควบคุมและเร่งปฏิกิริยาภายในต้นพืช นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) ก็มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญเช่นกัน สารประกอบนี้อยู่ในโครโมโซม (chromosome) ในรูปของกรดนิวคลีอิก (nucleic acids) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของพืช ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีส่วนทำให้พืชมีสีเขียว ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์ให้แก่พืช Mitsui (1970) รายงานว่าพืชที่ได้รับธาตุอาหารไนโตรเจน ทำให้ใบมีสีเขียวเข้ม เพราะไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มปริมาณและกระตุ้นการทำงานของเม็ดคลอโรพลาส ทำให้พืชมีการสร้างสารสังเคราะห์ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้สูงขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบและการสะสมอาหารภายในต้นพืชได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่สำคัญอีกมากมายในพืชที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น วิตามิน และ ATP (adenosine triphosphate) เป็นต้น

เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าระดับปกติย่อมมีการเจริญเติบโตน้อยลง อาการขาดธาตุจะปรากฏเด่นชัดที่ใบเนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบเหล่านี้ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา ทำให้ใบแก่ร่วงหล่นเร็ว หากใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นย่อมจะช่วยยืดอายุใบแก่ และยังช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้อีก นอกจากนี้อาจพบการเปลี่ยนแปลงด้านสัณฐานของพืชด้วย คือพืชที่ได้รับไนโตรเจนมากตั้งแต่ระยะแรกนั้น ส่วนเหนือดินจะเจริญเร็วแต่ส่วนรากจะเจริญช้า ทำให้ในช่วงเวลาต่อมารากมีการดูดน้ำและธาตุอาหารได้น้อยลงกว่าที่พืชต้องการ (Yoshida *et al*., 1969)

หากมีการเพิ่มระดับไนโตรเจนจนถึงระดับที่เพียงพอ การใช้ประโยชน์จากแอมโมเนียมีอัตราที่สูงขึ้นดังนั้นจึงผลให้มีการเพิ่มของปริมาณโปรตีน การเจริญของใบ ดรรชนีพื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ใบหรือความเขียวของใบและต้น และการสังเคราะห์แสงสุทธิ นอกจากนี้การเพิ่มของดรรชนีพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ใบนั้นยังสอดคล้องกับการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่งผลให้การนำโครงคาร์บอนมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและอะไมด์ไม่ไปลดวิถีเมตาบอลิซึมอื่นที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต (เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส) การให้ไนโตรเจนเพียงระดับนี้จะไม่ทำให้องค์ประกอบของพืชเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนผลผลิตต่อไร่จะเพิ่มขึ้น หากเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อไปการดึงเอาคาร์บอนมาสังเคราะห์กรดอะมิโนและอะไมด์ก็มีมากขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับปุ๋ยช่วยเพิ่มดรรชนีพื้นที่ใบเช่นกัน แต่เนื่องจากการที่มีใบหนาแน่นขึ้นนั้นจะมีการบดบังแสงกันเองจึงทำให้ไม่มีอัตราการเพิ่มของการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Tennenbaum *et al*., 1987; Yoneyama, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเพิ่มไนโตรเจนทางรากแก่พืชในระยะ Vegetative Phase จะไปเพิ่มการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและใบจนเป็นเหตุให้มีใบมากเกินไป และบังแสง พืชล้มง่าย เพราะลำต้นไม่แข็งแรง ส่วนความสัมพันธ์กับการเป็นโรคและแมลงนั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างระดับของไนโตรเจน (สัมฤทธิ์, 2538)

ถ้าพืชขาดไนโตรเจนจะแสดงอาการผิดปกติคือชะงักการเจริญเติบโต ทรงต้นผอม ไม่อวบอ้วนโดยเฉพาะเมื่อใบล่างซีดเหลือง ถ้ามีการขาดธาตุมากๆนั้นทั้งใบบนและใบล่างของพืชจะมีอาการเหลืองซีดมากๆเพราะขาดคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการขาดไนโตรเจนได้ด้วย อีกทั้งยังมีอาการของรากพืชที่ยืดยาวกว่าปกติ แต่มีการแตกแขนงของรากเพียงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะมีลำต้นที่อวบอ้วน ใบสีเขียวจัดไม่ยอมแก่ ลำต้นหักล้มได้ง่าย เพราะน้ำหนักมากและปล้องเปราะ ตลอดจนมีการตกค้างที่เป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมด้วย (ถวิล , 2524; โสระยา, 2544)

ดังนั้นธาตุอาหารไนโตรเจนจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการมีชีวิต การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ถึงแม้ว่าพืชจะได้รับปัจจัยอื่น ๆ ที่พอเพียงกับการเจริญเติบโตแล้วก็ตาม ถ้าหากพืชขาดไนโตรเจนหรือได้รับไม่พอเพียง พืชนั้นก็ไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามปกติ (Blamey *et al*., 1987)

ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นขึ้นกับพันธุ์พืชซึ่งมีความสามารถในการดูดซึมปุ๋ยและระยะเวลาที่ต้องการนำไปสร้างเมล็ดหรือผลผลิตต่างกันไป ประสิทธิภาพของปุ๋ยมีค่าลดลงเนื่องจากพืชไม่ดูดซึมปุ๋ยหรือช่วงเวลาการใส่ไม่ตรงกับความต้องการของพืช (De Detta, 1981) การดูดซึมปุ๋ยของพืชแปรไปตามสมบัติของดิน วิธีการใส่ปุ๋ย ปริมาณใส่ปุ๋ย และการจัดการอื่นๆ Yoshida (1969) ได้เสนอวิธีการพิจารณาประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนไว้ดังนี้ ผลผลิตพืชต่อปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้หรือในทางสรีระวิทยา คือประสิทธิภาพการดูดซับปุ๋ยไนโตรเจน (Efficiency of nitrogen recovery) คูณด้วยประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Efficiency of nitrogen utilization) ดังสมการต่อไปนี้

Efficiency of fertilizer N = %N recovered x Efficiency of nitrogen utilization
(Kg grain yield (rice) / Kg applied N)

เมื่อ %N recovered = (Kg absorbed / Kg applied N) x 100 และ

Efficiency of nitrogen utilization = (Kg grain yield (rice) / Kg absorbed N) x 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

ความต้องการไนโตรเจนของพืช จะแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโต โดยทั่วไปพืชจะมีระยะการเจริญเติบโตอยู่ 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะแรกของการเจริญเติบโต ต้นอ่อนและใบอ่อนจะมีความต้องการธาตุอาหารไม่มากนัก
2. ระยะที่พืชเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน ใบ และสร้างตาดอก ระยะนี้เป็นระยะที่พืชเจริญเติบโตเร็ว และมีความต้องการไนโตรเจนสูง
3. ระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตด้านผลผลิต สร้างผลและสร้างเมล็ด เป็นระยะที่พืชมีความต้องการไนโตรเจนลดลง

ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในระยะเวลาที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชจะทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น (มุกดา, 2543)

การประเมินสถานภาพไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช

การวัดผลผลิตของพืชเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถบอกถึงปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืชหรือไม่นั้น ค่อนข้างได้ผลดี แต่ต้องรอจนกว่าการเก็บเกี่ยวจะแล้วเสร็จจึงจะทราบผล ซึ่งค่อนข้างล่าช้าและไม่สามารถดำเนินแก้ไขปรับปรุง ให้ได้ผลผลิตที่สูง อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองเกี่ยวกับปริมาณไนโตรเจนต่อการสร้างผลผลิตของพืช โดยนำเอาความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชเป็นเครื่องมือบ่งชี้ถึงความต้องการปริมาณไนโตรเจนต่อการสร้างผลผลิตและสามารถใช้ในการคาดคะเนผลผลิตล่วงหน้าได้เป็นอย่างดี (Loubser, 1983; Reuter and Robinson, 1986) ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของพืชก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพื่อที่จะได้ดำเนินการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่พืชในกรณีที่พืชมีการขาดไนโตรเจน โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (ก่อนถึงระยะสร้างผลผลิต) โดยทั่วไปแล้วผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืชจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งบอกถึงการตอบสนองของผลผลิตพืชต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และใช้ได้ผลค่อนข้างดีกว่าการพิจารณาเฉพาะผลผลิตของพืชแต่เพียงอย่างเดียว ในการใช้ผลการวิเคราะห์พืชนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาหาค่าวิกฤต (critical level) ของธาตุอาหารนั้นๆในพืชเสียก่อน ค่าวิกฤตของธาตุอาหารในพืชเป็นค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถให้ผลผลิตใกล้สูงสุด 90-95% ของระดับความเข้มข้นที่ให้ผลผลิตสูงสุด ถ้าในเนื้อเยื่อพืชมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่าวิกฤต เป็นสัญญาณแสดงว่าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ ในทางตรงกันข้าม ถ้าปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าพืชได้รับธาตุอาหารเกินความจำเป็น (เฉลิมพล , 2542; Melsted *et al*., 1969) โดยที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ที่มีอยู่ในพืชจะมีความแตกต่างกันไปตามเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ และระยะการเจริญเติบโต (Reuter and Robinson, 1986)

คลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสง

การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการที่พืชทำการเปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาเป็นสารประกอบคาร์บอนพวกน้ำตาลและแป้ง โดยมี CO_2 และ H_2O เป็นแหล่งวัตถุดิบ และสารประกอบนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ของพืช โดยกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงาน ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งหมดของพืชเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับพลังงานแสง

คลอโรพลาสต์จัดเป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็กที่สำคัญในเซลล์พืช ทำหน้าที่โดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์แสง คลอโรพลาสต์มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช โดยปกติพืชชั้นสูงคลอโรพลาสต์มักเป็นรูปกลมหรือรีรูปไข่ ยาวประมาณ 3-6 ไมครอน กว้าง 2-3 ไมครอน หนา 1-2 ไมครอน ประกอบด้วยเมมเบรน 2 ชั้น เป็นสารประกอบพวกโปรตีนและฟอสโฟลิปิด ภายในคลอโรพลาสต์ประกอบด้วยสารเคมี และอนุภาคต่างๆ แขวนลอยอยู่มาก สารเคมีที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและคลอโรฟิลล์ คลอโรพลาสต์พบในเซลล์ของพืชและส่วนต่างๆ ที่มีสีเขียว พบมากที่ใบของพืช โดยสีเขียวที่เห็นเกิดจากรงควัตถุที่ดูดกลืนแสงภายในคลอโรพลาสต์ คือ คลอโรฟิลล์ที่สามารถดูดแสงได้ในช่วงตาคนมองเห็นได้ (430-700 nm) พืชทุกชนิดจะมีคลอโรฟิลล์อย่างน้อย 2 ชนิดที่สำคัญ คือ คลอโรฟิลล์เอ มีช่วงแสงสูงสุดที่สามารถดูดไว้ได้ 680 nm ซึ่งเป็นช่วงแสงสีแดง และคลอโรฟิลล์บี มีช่วงแสงที่ต่ำลงมาคือที่ประมาณ 430 nm ซึ่งเป็นช่วงแสงสีน้ำเงิน นอกจากนั้นยังพบรงควัตถุอื่นในคลอโรพลาสต์ เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycobilin) ไฟโคอิลิทริน (phycoerythrin) ซึ่งมีสีส้ม น้ำเงิน และแดง ตามลำดับ

การตรวจวัดไนโตรเจนด้วยวิธีการต่างๆ

การใช้เครื่องมือวัดความเข้มของสีใบที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เรียกว่าคลอโรฟิลล์มิเตอร์นั้น Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502) สามารถประเมินความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนและตรวจวัดการขาดธาตุอาหารพืช โดยดูการเปลี่ยนแปลงของสีใบ (Campbell *et al*., 1990), (Schechter *et al*., 1992), (Singha and Townsend, 1989) นับว่าเป็นวิธีที่วัดผลได้เร็วและไม่ต้องทำลายใบพืช จึงมีผู้นิยมนำ SPAD-502 ไปใช้ในการหาปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบพืชหลายชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทิวา (2547) ได้มีการจัดการไนโตรเจนของข้าวโพดหวานด้วยการวัดคลอโรฟิลล์ในใบ โดยใช้เครื่องมือ SPAD-502 ทำการทดลองโดยกำหนดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 25 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (0, 20, 50 กิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย (46%N) ต่อไร่) พันธุ์ข้าวโพดหวานที่ใช้คือ พันธุ์ CMS1450 F_1 ทำการวัดคลอโรฟิลล์ในใบ เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุประมาณ 21, 28, 35, 42 และ 50 วัน หลังงอก

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 50 กิโลกรัมต่อไร่ (ยูเรีย 46%) ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ระดับ 20 กิโลกรัมต่อไร่ (ยูเรีย 46%) และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามระดับของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นคือ ระดับ 50 กิโลกรัม > ระดับ 20กิโลกรัม > การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ในใบซึ่งเป็นตัวบ่งบอกความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ที่เพิ่มขึ้นตามระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และในการทดลองนี้พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากขึ้นทำให้ค่า SCMR เพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตด้วย

Neilsen *et al*. (1995) ได้มีการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบแอปเปิ้ล โดยปลูกในสภาพแปลงปลูกที่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรทโดยวิธีการให้ทางระบบน้ำ เมื่อทำการวัดผลด้วยเครื่องมือ SPAD-502 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ SPAD-502 (SCMR)

Li *et al*. (1998) ใช้ SPAD-502 วัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบของ grapefruits พบว่าปริมาณไนโตรเจนกับค่าที่อ่านจากเครื่องมือ SPAD-502 (SCMR) มีความสัมพันธ์สูง สามารถยอมรับได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณไนโตรเจนและผลผลิต ทำได้รวดเร็วและไม่ต้องทำลายใบพืช

อย่างไรก็ตามการใช้ SPAD-502 มีข้อจำกัดคือ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เกษตรกรจึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆที่ใช้เป็นตัวแทนของดัชนีชี้วัดในการประเมินไนโตรเจน ซึ่งสะดวกในการใช้งานและมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากนัก คือ การประเมินดัชนีความเข้มสีของใบพืชจากภาพถ่ายกล้องดิจิตอล และการใช้แผ่นเทียบสีใบ (Leaf Color Chart) เป็นต้น

Pagola *et al*. (2008) ได้ศึกษาพบว่า องค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับลักษณะสีเขียวของใบพืช และได้ทำการทดลองเพื่อประเมินไนโตรเจนโดยการใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพของใบข้าวบาร์เลย์เพื่อคำนวณลักษณะสีเขียวของใบพืช และนำไปวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบของสี R (Red) G (Green) และ B (Blue) ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับผลผลิตของข้าวบาร์เลย์และมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับการใช้เครื่องมือ SPAD-502

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kawashima and Nakatani (1998) ได้พัฒนาขั้นตอนสำหรับการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดยใช้กล้องถ่ายภาพวิดีโอ และใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และความแตกต่างของความยาวคลื่นของช่วงสีแดง (red) สีเขียว (green) และสีน้ำเงิน (blue) ซึ่งจากการทดลองแล้วทำให้ได้สูตรการคำนวณความแตกต่างของความยาวคลื่นของช่วงแสงที่เหมาะสมคือ (red-blue)/(red+blue) ซึ่งสูตรนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นพืชมากที่สุด

แผ่นเทียบสีใบ (Leaf Color Chart) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับเกษตรกร ในการประเมินไนโตรเจนในพืช เพื่อการใช้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพและให้ได้ผลผลิตสูง จึงได้มีการพัฒนาแถบสีขึ้นมาใหม่ เพื่อให้สามารถใช้ได้ในประเทศต่างๆในเอเชีย ซึ่งโดยทั่วไปเกษตรกรมีการประยุกต์รูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน จำนวนครั้งในการใส่ ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับในแต่ละครั้ง และเวลาในการใส่ที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ไม่ตรงความต้องการที่แท้จริงของพืช และมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ทำให้ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการจัดการไนโตรเจนและการใส่ปุ๋ยที่สมดุล เพื่อช่วยในการจัดการธาตุอาหารที่มีความเฉพาะเจาะจง โดยวิธีการนี้มีการพัฒนาโดย IRRI ร่วมกับ National Agriculture Research And Extension Systems ได้ทำการศึกษาในแปลงทดลองข้าวในพื้นที่ข้าวนาปรัง โดยใช้แผ่นเทียบสีใบ (Leaf Color Chart) ในการกำหนดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและการจัดการธาตุอาหารที่เฉพาะเจาะจงมากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบธรรมดาของเกษตรกรโดยทั่วไป (Dobermann *et al*., 2004) และได้มีการพัฒนาแผ่นเทียบสีใบ (Leaf Color Chart) ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีการเพิ่มช่วงของสีตั้งแต่สีเขียวอ่อนไปจนถึงสีเขียวเข้ม เพื่อให้ครอบคลุมถึงสีของใบที่ขาดไนโตรเจนไปจนถึงสีของใบที่มีไนโตรเจนมาก การแยกสีของใบนั้นสามารถอธิบายถึงส่วนประกอบของแสงที่สะท้อนจากใบของพืช ประกอบด้วยช่วงคลื่นแสงจากสีน้ำเงิน (400 nm) , ช่วงคลื่นแสงที่มากกว่าสีเขียว (550 nm) , และอินฟราเรด (700 nm)

ปัจจุบันการใช้แผ่นเทียบสีใบ เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและมีคุณภาพมากขึ้น จึงได้มีการทดลองนำไปใช้ในข้าวโพด โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างใบข้าวกับใบข้าวโพด เกี่ยวกับการสะท้อนของช่วงคลื่นแสง พบว่า ใบข้าวและใบข้าวโพด มีค่าของการสะท้อนของช่วงคลื่นแสงที่ดีที่สุดที่ 550 nm เหมือนกัน ทำให้สามารถนำไปใช้ในการประเมินสีของใบที่สัมพันธ์กับค่าไนโตรเจนได้

สุรพล และคณะ (2547) รายงานว่าได้ทำการทดลองใช้แผ่นเทียบสีใบ (Leaf Color Chart) ควบคู่ไปกับเครื่องมือ SPAD-502 เพื่อจัดการปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว 2 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 ในนาดินเหนียวชุดสระบุรี โดยเริ่มวัดสีใบตั้งแต่ข้าวมีอายุ 21-69 วัน รวม 13 ครั้ง พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มของสีใบข้าวที่วัดได้จากอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นเส้นตรง การเปลี่ยนแปลงสีใบข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ข้าวไม่สามารถตอบสนองต่อปุ๋ยที่แสดงออกด้านความเข้มของสีใบได้มากกว่า 32.0 เมื่อวัดสีใบด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์ และเมื่อความเข้มของสีใบมีค่าต่ำกว่า 30.0 ข้าวก็จะแสดงอาการขาดปุ๋ยไนโตรเจน และเมื่อนำค่าความเข้มของสีใบข้าวที่วัดจากคลอโรฟิลล์มิเตอร์ที่มีค่าละเอียดนำมาจัดกลุ่มร่วมกับข้อมูลค่าความเข้มสีใบข้าวที่วัดจากแผ่นเทียบสีใบข้าวที่มีค่าหยาบ พบว่ามีค่าความเข้มระหว่าง 3.0-4.0 เมื่อวัดสีใบด้วยแผ่นเทียบสี และหากการวัดสีใบข้าวมีค่าต่ำกว่า 3.0 ซึ่งเป็นค่าวิกฤต ก็ควรจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้า การลดต่ำลงของสีใบข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยในลักษณะที่กำหนดเวลาแน่นอน ในอัตราใกล้เคียง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าความเข้มของสีใบข้าวในลักษณะที่ตรงกับความต้องการของต้นข้าว สามารถลดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ประมาณ 3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ

Peterson *et al*. (1993) กล่าวว่าการสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นกับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชนั้นค่าความเข้มของสีเขียวที่วัดได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่า Weight-base leaf N concentration ในทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ดีพบว่ายังมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์กับความเข้มของสีใบที่วัดได้ โดยเฉพาะความแตกต่างทางด้านพันธุกรรม และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิความชื้น และแสงแดด ซึ่งเราสามารถขจัดได้โดยการ calibrate เครื่องมือทุกครั้งก่อนวัด และสามารถวัดค่าความเข้มของสีใบได้อย่างละเอียด กำหนดความต้องการธาตุอาหารได้อย่างถูกต้องแม่นยำแต่เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์มีราคาแพงไม่เหมาะสมที่เกษตรกรจะนำไปใช้ในไร่นา การพัฒนาอุปกรณ์วัดสีใบที่มีราคาไม่แพงและสะดวกในการใช้งาน คือ แผ่นเทียบสีใบ เป็นอุปกรณ์วัดสีใบที่มีราคาถูก

การใส่ปุ๋ยที่ตรงกับความต้องการปุ๋ยของพืชในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่เป็นจริง (real time) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยในระดับเดียวกันกับเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยเคมีแบบสิ้นเปลืองและมีต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ยสูงกว่า และให้ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามกรรมวิธีของเกษตรกร

แนวทางการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยใช้ค่าความเข้มของสีใบช่วยตัดสินใจใส่ปุ๋ยเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยโดยใส่ให้ตรงกับความต้องการของพืชและสอดคล้องกับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน สอดคล้องกับคำแนะนำของ IRRI (2000) แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามแนวทางนี้ไม่ใช่การเพิ่มผลผลิตแต่เป็นแนวทางลดต้นทุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกษตรกรก็จะสามารถลดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน และต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ยเคมีลงได้ และสามารถนำไปใช้จัดการธาตุอาหารในระดับพื้นที่ (site specific nutrient management) ได้เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved