บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ข้าวโพดจัดอยู่ในวงศ์ Gramineae และอยู่ในสกุล Zea มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L., มีชื่อสามัญว่า maize หรือ indian corn ข้าวโพดแบ่งออกได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะของเมล็ด ได้แก่ ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดแป้ง (flout corn) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) และ ข้าวโพดฝัก (pod corn) (Robert, 1985)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะลำต้นข้าวโพดประกอบด้วยข้อ (node) ปล้อง (internode) วงเจริญ (growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (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 ลำต้นตรงค่อนข้างกลม เรียวเล็กจากส่วนโคนสู่ส่วนยอด

ใบข้าวโพดเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) มีความยาวประมาณ 80-100 เซนติเมตร ผิวใบด้านบนมีขนและปากใบขนาดใหญ่ ส่วนด้านล่างไม่มีขนมีปากใบขนาดเล็กแต่จำนวนมากกว่าด้านบน บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีลิ้นใบหรือเยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบหรือเขี้ยว (auricle) ที่รอยต่อระหว่างกาบใบ และที่แผ่นใบด้านหลังใบตรงรอยต่อระหว่างใบกับกาบใบ มีลักษณะเป็นเส้นยาวไม่มีสีรอบแผ่นใบเรียกว่า 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 ดังนั้น ในหนึ่งช่อดอกตัวผู้จะมีละอองเกสรประมาณ 4.55 ล้านละอองเกสร ซึ่งใช้สำหรับผสมกับเกสรตัวเมียเพียง 500-1,000 ดอก ส่วนช่อดอก

ตัวเมีย (pistillate inflorescence) เกิดที่บริเวณข้อที่ 7 หรือ 8 บนส่วนของลำต้นนับจากใบธงลงมา ช่อดอกเป็นแบบ 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 ส่วนของเกสรตัวเมียที่ทำหน้าที่รับละอองเกสรตัวผู้เรียกว่าไหม (silk) มีความยาว 10-30 เซนติเมตร ที่ผิวมีลักษณะเป็นยางเหนียวเพื่อจับรับละอองเกสรตัวผู้ ปกติไหมจะมีชีวิตประมาณ 2 สัปดาห์ ดอกที่อยู่ส่วนกลางของฝักจะส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักก่อน จึงได้รับการผสมพันธุ์ก่อนส่วนอื่นในฝัก ส่วนดอกที่อยู่ส่วนโคนฝักมีการเจริญในเวลาเดียวกันแต่ใช้เวลานานกว่าจะส่งไหมโผล่พ้นจากเปลือกหุ้มฝัก และดอกที่อยู่ส่วนปลายฝักมีการเจริญและส่งไหมออกจากเปลือกหุ้มฝักช้าที่สุด ทำให้ได้รับการผสมน้อยกว่าดอกที่ส่วนอื่นของฝัก ดอกที่ได้รับการผสมก่อนจะได้เปรียบด้านการสะสมอาหาร ดังนั้น เมล็ดที่อยู่ส่วนกลางฝักจึงมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์กว่าเมล็ดที่ส่วนโคนและปลายฝัก

ส่วนผลและเมล็ด เป็นแบบ caryopsis คือ มีเยื่อหุ้มผลติดกับเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นเยื่อบางไม่มีสี ส่วนบนของเมล็ดมีรอยที่เกิดจากไหมแห้งและหลุดล่วงไป เรียกว่า silk scar ภายในเมล็ดประกอบด้วยคัพภะ (embryo) และส่วนสะสมอาหารคือ endosperm ในคัพภะประกอบด้วย radicle plumulec 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) (เรวัต, 2541)

พัฒนาการข้าวโพด

Richie and Hanway (1989) อธิบายพัฒนาการของข้าวโพดว่า ข้าวโพดแบ่งการพัฒนาการออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (Vegetative Stage) และ ระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive Stage) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาแต่ละระยะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ฤดูปลูก วันปลูก และสถานที่ปลูก โดยอัตราพัฒนาการของข้าวโพดถูกผสมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะสภาพที่ข้าวโพดเกิดความเครียด เช่น ขาดธาตุอาหาร ขาดน้ำ จะทำให้ข้าวโพดมีระยะการเจริญเติบโตด้านลำต้นยาวนานมากขึ้น และมีพัฒนาการในระยะสืบพันธุ์สั้นลง

Vegetative Stage เป็นระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น แบ่งออกเป็นระยะต่างๆ โดยแทนระยะพัฒนาการด้วย V และตามด้วยตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของใบ ซึ่งการระบุตำแหน่งของใบดูจากการพัฒนาของใบที่สมบูรณ์ โดยใบจะคลี่เต็มที่ (full expand) สังเกตได้จากส่วนหลังใบตำแหน่งนั้นปรากฏส่วน collar อย่างชัดเจน จนถึงใบตำแหน่งสุดท้าย โดยเฉลี่ยทั่วไปข้าวโพดมีใบทั้งหมด 17 ถึง 19 ใบ และเมื่อมีการพัฒนาการจนถึงระยะออกเกสรตัวผู้ ถือว่าสิ้นสุดระยะพัฒนาการทางด้านลำต้น ซึ่งแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

VE : ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกและโผล่พ้นดิน

V1 : การปรากฏของใบที่1

V2 : การปรากฏของใบที่2

*

V6 : การปรากฏของใบที่6

*

VT : tasseling ระยะออกเกสรตัวผู้ มีการปรากฏของเกสรตัวผู้ครบทุกก้าน

Reproductive Stage เป็นระยะพัฒนาการด้านสืบพันธุ์ โดยแบ่งออกเป็น 6 ระยะ ได้แก่

R1 : silking ระยะที่ข้าวโพดปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก

R2 : blister ระยะที่ข้าวโพดผสมพันธุ์แล้ว ของเหลวภายในเมล็ดมีลักษณะใส ไม่มีสี

R3 : milk ระยะที่ของเหลวภายในเมล็ดมีสีขาวขุ่นของแป้งคล้ายน้ำนม และไหมเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้ง

R4 : dough ระยะที่แป้งในเมล็ดมีลักษณะเหนียวเป็นแป้งเปียก

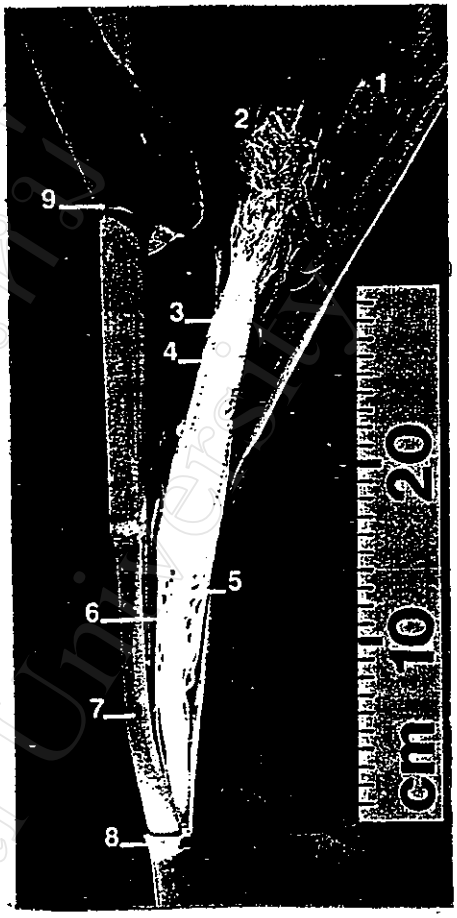
R5 : dent ระยะที่เมล็ดเริ่มปรากฏส่วนที่บุ๋มบนหลังของเมล็ด (กรณีที่เป็นข้าวโพดแบบ dent) มีการพัฒนาของแป้งแข็งปรากฏเป็นเส้นสีขาวในเมล็ด

R6 : physiological maturity : PM ระยะสุกแก่ทางสรีระโดยส่วนของเนื้อเยื่อ abscission layer เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำ

การแยกระยะพัฒนาการต่างๆตามระบบนี้ ใช้การปรากฏของระยะนั้นๆในเวลาเดียวกัน ที่อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่าของจำนวนพืชทั้งหมดที่สังเกตได้ในแปลงปลูก ซึ่งความสำคัญของการรู้ระยะพัฒนาการของพืชจะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการปลูกพืชที่เหมาะสม เลือกพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม วางแผนการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม

ภาพที่ 1 พัฒนาการข้าวโพดที่ระยะ V6

ภาพที่ 2 พัฒนาการข้าวโพดที่ระยะ VT



ภาพที่ 3 พัฒนาการและส่วนประกอบฝักข้าวโพดที่ระยะ R1 ถึง R2

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

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

หลีกเลี่ยง หรือลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ รวมถึงช่วยให้สามารถวางแผนการใช้แรงงานและทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมและพัฒนาการข้าวโพดลูกผสม

ปัจจัยที่ควบคุมพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชมีอยู่ 2 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยภายใน ซึ่งเกิดจากพันธุกรรมของพืช คือยีน (gene) และ ปัจจัยภายนอก ซึ่งเป็นอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ (เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ลม) สภาพดิน (เช่น โครงสร้าง ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นกรด-ด่าง) และสภาพทางชีวภาพ (เช่น โรค แมลง วัชพืช) เป็นต้น โดยอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีผลต่อขบวนการทางชีวเคมีและกายภาพของพืช (เฉลิมพล, 2542) โดยพัฒนาการของพืช (phenology) ที่ปรากฏให้เห็นนั้น สามารถสังเกตได้จากสภาพทางกายภาพหรือรูปลักษณ์ที่ปรากฏให้เห็น เมื่อมีการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมให้ต่างไปจากสภาพเดิมที่เคยเป็นอยู่ พืชก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพตามไปด้วย (Zadaks, 1974) ซึ่งพัฒนาการของพืชตระกูลหญ้าในส่วนของการสร้างใบ (leaf production) และการปรากฏใบ (leaf appearance) ถือว่ามีความสำคัญที่ต้องศึกษาเพราะ อัตราการปรากฏใบและจำนวนใบบนลำต้นหลักเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เป็นตัวแปรหลักที่ใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตของพืชได้ เพราะจำนวนใบและการพัฒนาของใบแสดงถึงพัฒนาการของทรงพุ่มพืช ซึ่งก็จะเชื่อมโยงไปถึงพื้นที่การรับแสงและการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นพืชด้วย (Heskerth *et al.*, 1969 และ Volk and Bugbee, 1991) ประโยชน์ของการรู้ระยะพัฒนาการของพืช ทำให้สามารถวางแผนในการดูแลจัดการปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมให้แก่พืชได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ Neild and Seely (1977) ได้กล่าวว่า การผันแปรของการพัฒนาการและการเจริญเติบโตข้าวโพดที่ปลูกภายใต้สภาพไร่ เกิดจากผลของอุณหภูมิมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญมาก Reaumur (1753) อ้างโดย Raymond (2000) เป็นคนแรกที่เสนอแนวความคิด “degree day” หรือ Growing degree day summation : GDD ว่า ถ้าพืชชนิดเดียวกันปลูกและเก็บเกี่ยวในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน จะมีอายุการเก็บเกี่ยวหรือสุกแก่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมที่พืชปลูกหรือขึ้นอยู่แตกต่างกัน จากแนวความคิดครั้งแรกของ Reaumur นี้เองจึงเป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาเกี่ยวกับค่าความร้อน หรืออุณหภูมิสะสมที่พืชได้รับในช่วงระหว่างการเจริญเติบโต ซึ่งแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่พืชขึ้นอยู่ในขณะนั้นว่า มีผลต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร Fehr *et al.* (1971) กล่าวว่า พืชที่มีอายุการเจริญเติบโตเท่ากันอาจมีพัฒนาการที่แตกต่างกันได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง

กัน ซึ่งวิธีการติดตามหรือกำหนดระยะพัฒนาการด้วยค่าจำนวนวันหลังปลูกจึงมีความไม่แน่นอน เช่น ถั่วเหลือง และข้าวโพด มีพืชหลายชนิดที่พัฒนาการและการเจริญเติบโตจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสะสมที่ได้รับจำนวนหนึ่งที่แน่นอน แม้สภาพแวดล้อมจะผันแปรไปอย่างไร พืชจะมีการพัฒนาการและเจริญเติบโตได้ต้องมีค่าอุณหภูมิสะสมตามจำนวนที่กำหนดของแต่ละระยะพัฒนาการหรือการเจริญเติบโต และถ้าระยะที่พืชนั้นเจริญเติบโตอยู่มีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นมากกว่าปกติ พืชก็ต้องใช้ระยะเวลาที่นานขึ้นเพื่อรวมอุณหภูมิให้ได้ถึงจำนวนที่กำหนด ในขณะเดียวกัน ถ้ามีสภาพภูมิอากาศอุ่นขึ้น หรือมีสภาพอุณหภูมิสูงกว่าปกติ พืชจะมีพัฒนาการที่เร็วขึ้นกว่าปกติ (เฉลิมพล, 2535) และข้าวโพดลูกผสมเป็นพืชหนึ่งที่ระยะพัฒนาการถูกกำหนดด้วยค่าอุณหภูมิสะสม Raymond (2000) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า 'heat sums' ว่า หมายถึงค่าความร้อน และ'thermal time' หมายถึง ค่าความร้อนของขบวนการของการเปลี่ยนแปลงจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่ง และคำว่า 'degree day sum' หรือ อุณหภูมิสะสมนั้นต้องนำค่าอุณหภูมิพื้นฐานเข้ามาคำนวณร่วมด้วย ส่วนคำว่า 'phyllochron' หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่คำนวณเป็นวันของการปรากฏการพัฒนาที่สมบูรณ์ระหว่างใบสองใบ โดยนับจากช่วงเวลาหลังจากใบข้าวโพดใบหนึ่งมีการพัฒนาที่สมบูรณ์แล้วจนกระทั่งถึงระยะที่ใบข้าวโพดอีกใบหนึ่งมีการพัฒนาที่สมบูรณ์แล้วเช่นกัน ในขณะที่ใช้คำว่า 'phyllotherm' มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า phyllochron แต่จะหมายถึงค่าของอุณหภูมิสะสม และ 'plastochron' หมายถึงช่วงระยะเวลาที่คำนวณเป็นวัน ที่ใช้สำหรับเวลาตั้งแต่เริ่มมีการปรากฏของใบข้าวโพดใบหนึ่ง จนกระทั่งมีการพัฒนาที่สมบูรณ์ต่อเนื่องไปจนถึงใบข้าวโพดใบที่สองมีการพัฒนาการที่สมบูรณ์แล้วเช่นกัน สุทัศน์ (2536) ได้กล่าวว่าค่าอุณหภูมิสะสมเป็นสิ่งชี้ว่าพืชต้องการปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาหรืออายุของพืชที่ปลูก ดังนั้น ผลรวมของค่าอุณหภูมิสะสมที่วัดได้แต่ละระยะการเจริญเติบโตของพืชจะมีค่าค่อนข้างคงที่ หรือมีความแปรปรวนน้อยกว่าการใช้ผลรวมของจำนวนวันปลูกพืช Ritchie and NeSmite (1991) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมไว้หลายประการ เช่น ใช้ในการวางแผนการปลูกและการจัดการพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ เพื่อวางแผนการใช้ทรัพยากรในฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความเสี่ยงภัยจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และเพื่อคาดการณ์วันสุกแก่ของพืชสำหรับวางแผนการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้มีคุณภาพดี เป็นต้น โดยค่าอุณหภูมิสะสมนี้ นอกจากจะใช้ในการติดตามการเจริญเติบโตและพัฒนาการในระยะต่างๆของพืชแล้ว Gregory and Wilhelm (1997) ยังกล่าวว่า มีการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมกับการคาดการณ์พัฒนาการระยะต่างๆของแมลงมาตั้งแต่ปี คศ. 1950 ซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง แม่นยำ และสะดวกกว่าการดูจากรูปร่างภายนอกของแมลง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนป้องกันและควบคุมการระบาดของแมลงศัตรูพืชโดยวิธีชีววิธีกับแมลงหลายชนิด

ได้ผลเป็นอย่างดี เช่น European corn borer, alfalfa weevil และ corn rootworm เป็นต้น ซึ่งค่าของอุณหภูมิสะสมนี้ Robert (1988) เรียกว่า Thermal Unit และ Brown (1969) ได้พัฒนาสมการเพื่อใช้ในการคาดการณ์ระยะพัฒนาการณ์ของข้าวโพด โดยเรียกสมการนี้ว่า Brown's growing-degree unit มีค่าเท่ากับ (สมการที่1)

$$H = \frac{\text{daily max. temp.} + \text{daily min. temp.}}{2} \qquad (1)$$

โดย H คือค่าความร้อนต่อหนึ่งวัน มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) , daily max. temp. คือค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน ($^{\circ}C$) และ daily min. temp. คือค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ($^{\circ}C$) และเมื่อต้องการคิดค่าอุณหภูมิสะสมของข้าวโพด ก็จะต้องนำค่าอุณหภูมิพื้นฐาน (The minimum threshold temperature : T. base) ของข้าวโพดเข้ามาเพิ่มในสมการ จะได้เป็นสมการใหม่ดังนี้ (สมการที่2)

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

โดยที่ T. base คือค่าอุณหภูมิพื้นฐาน สำหรับข้าวโพดมีค่าเท่ากับ $10^{\circ}C$ (Neild and James, 1974 และ Tollenaar, 1979) ซึ่งวิธีการแทนค่าในสมการ เลือกใช้วิธีของ Tollenaar and Hunter (1979) ซึ่งเรียกวิธีการแทนค่าในสมการนี้ว่า **"cut-off method"** คือการกำหนดให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน $30^{\circ}C$ (T.max.= 30) ซึ่งหมายถึงว่า ถ้าวันใดที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันมากกว่า $30^{\circ}C$ ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ $30^{\circ}C$ ส่วนวันที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน $30^{\circ}C$ ให้แทนค่านี้ตามปกติ และถ้าค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันมีค่าน้อยกว่าค่า T. base คือ $10^{\circ}C$ ให้แทนค่าในสมการเท่ากับ $10^{\circ}C$ ซึ่งวิธีการนี้ Ralph and James (1974) ให้เหตุผลในการกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันไม่เกิน $30^{\circ}C$ ว่าค่าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น เป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้สำหรับข้าวโพดลูกผสมโดยเฉพาะ มีการใช้กันแพร่หลายและให้ผลในการคาดการณ์พัฒนาการและการอายุการสุกแก่ได้ผลอย่างแม่นยำและเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ส่วนค่า T. base หรือค่าอุณหภูมิพื้นฐานนั้น Darrel and Donail (1980) ได้ให้ความหมายไว้ว่า หมายถึง ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะมีชีวิตอยู่ได้แต่ไม่มีการพัฒนาหรือการเจริญเติบโต และถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้พืชจะเกิดอันตรายและอาจตายได้ โดย Senshan *et al.* (1994) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า ค่า T. base สามารถใช้ในการอธิบายทางด้านสรีรวิทยาได้ว่า ค่านี้เป็นค่าที่มีสมมุติฐานว่า ถ้าอุณหภูมิลดต่ำกว่าระดับนี้พืชจะหยุดการพัฒนาการและการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะกำหนดค่า

อุณหภูมิพื้นฐานที่แน่นอนว่าพืชแต่ละชนิดควรมีค่าเท่าใด โดยค่าอุณหภูมิพื้นฐานนี้สามารถหาได้จากการทดลองปลูกพืชชนิดเดียวกันในหลายสถานที่ หลายซ้ำที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิหลายระดับ รวมถึงการปลูกพืชในเรือนทดลองที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ (growth chamber) แล้วนำผลของการพัฒนาการและการเจริญเติบโตในสองสภาพแวดล้อมมาหาค่าความแตกต่างกันทางสรีรวิทยาและทางสถิติ ซึ่งค่าที่ได้ของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น ถั่ว (pea) มีค่าเท่ากับ 4°C, ข้าวสาลีและข้าวโอ๊ตมีค่าเท่ากับ 5°C, ข้าวมีค่าเท่ากับ 8°C, ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดและข้าวฟ่างมีค่าเท่ากัน คือ 10°C เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมในการติดตามและกำหนดระยะพัฒนาการของข้าวโพด

Neild and James (1974) โดยได้ศึกษาการใช้ค่า GDD เพื่อคาดการณ์วันสุกแก่ของข้าวโพดในเขต corn belt สหรัฐอเมริกา โดยการปลูกข้าวโพดต่างกันใน 3 สถานที่ ได้แก่ ในเขต Southern Wisconsin, Central Illinois และ Southern Illinois โดยใช้ข้าวโพดพันธุ์เดียวกันที่มีค่า GDD ตั้งแต่ปลูกถึงวันสุกแก่เท่ากับ 2200 GDD และกำหนดให้ในแต่ละสถานที่มีวันปลูกข้าวโพดต่างกัน 5 วันปลูก โดยการปลูกในเขต Southern Wisconsin มีวันปลูกดังนี้ วันที่ 1, 15, 29 พฤษภาคม, 12 และ 26 มิถุนายน ในเขต Central Illinois มีวันปลูกดังนี้ วันที่ 19 เมษายน, 3,17 และ 31 พฤษภาคม และในเขต Southern Illinois มีวันปลูกดังนี้ วันที่ 1, 15 และ 29 เมษายน และ 13, 27 พฤษภาคม ผลจากการทดลอง พบว่า ข้าวโพดมีค่าจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะสุกแก่ในแต่ละสถานที่ปลูกและในวันปลูก 5 วันปลูกแตกต่างกัน ดังนี้ ในเขต Southern Wisconsin มีค่าจำนวนวันเท่ากับ 123, 116, 113 และ 125 วัน ตามลำดับวันปลูก (โดยวันปลูกที่ 27 พฤษภาคมไม่ได้เก็บเกี่ยว เพราะเกิดความเสียหายเนื่องจากน้ำค้างแข็ง) ในเขต Central Illinois มีค่าจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะสุกแก่เท่ากับ 112, 102, 95 92 และ 82 วัน ตามลำดับวันปลูก และในเขต Southern Illinois มีค่าจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะสุกแก่เท่ากับ 111, 100, 93, 85 และ 81 วัน ตามลำดับวันปลูก ซึ่งทั้ง 3 สถานที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ข้าวโพดพันธุ์เดียวกัน ปลูกต่างสถานและต่างวันปลูก ทำให้มีค่าจำนวนวันตั้งแต่หลังปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยวต่างกัน โดยมีค่าต่ำสุด คือ 81 วัน และสูงสุดคือ 123 วัน ซึ่งเท่ากับมีความแตกต่างของจำนวนวันที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวโพดพันธุ์เดียวกันมากถึง 42 วัน ในขณะที่ค่า GDD ของข้าวโพดที่คำนวณได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2200 GDD จะสังเกตได้ว่า ข้าวโพดที่ปลูกในเขตภูมิอากาศค่อนข้างร้อน (ในเขตทางใต้คือ Southern Illinois) มีจำนวนวันในการสะสมค่า GDD สั้นกว่าข้าวโพดที่ปลูกในเขตที่หนาวเย็นกว่า (ในเขตทางเหนือคือ Southern Wisconsin) ซึ่งความแตกต่างนั้น มาจากการที่พืชที่ปลูกในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างร้อนสามารถเจริญเติบโตได้เร็วกว่าพืช

ที่ปลูกในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นกว่า) จากผล การทดลองสรุปได้ว่า ค่า GDD ที่พืชต้องการเพื่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตสำหรับระยะพัฒนาการตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวมีค่าคงที่มากกว่าการนับจำนวนวันหลังปลูก

Neild (1986) ได้ทดลองปลูกข้าวโพดและได้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานทดลองของ Neild and James (1974) โดยการปลูกข้าวโพดที่มีค่า GDD ที่ระยะสุกแก่ประมาณ 2700 GDD ในเขตภาคกลางของ Nebraska สหรัฐอเมริกา โดยปลูกข้าวโพดในวันที่ 25 เมษายน ในสภาพภูมิอากาศปกติข้าวโพดพันธุ์นี้จะสุกแก่เมื่อมีอายุ 134 วัน แต่เมื่อปลูกข้าวโพดในวันที่ 20 พฤษภาคม ซึ่งมีสภาพอากาศอบอุ่นกว่า ทำให้ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วขึ้น ทำให้มีอายุการสุกแก่สั้นลงเหลือเพียง 124 วัน ซึ่งเร็วกว่าการปลูกในวันที่ 25 เมษายนเท่ากับ 11 วัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การกำหนดระยะเวลาเก็บเกี่ยวของข้าวโพดด้วยวิธีการนับจำนวนวันหลังปลูกมีความไม่แน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่ข้าวโพดได้รับขณะที่เจริญเติบโต ในขณะที่การใช้ค่าอุณหภูมิสะสมที่พืชได้รับ สามารถกำหนดระยะเวลาเพื่อการเก็บเกี่ยวได้แม่นยำกว่า ซึ่งความแตกต่างของค่าจำนวนวันสุกแก่ที่ต่างกันนั้น มีผลมาจากความแตกต่างของวันปลูกนั่นก็คือความแตกต่างของสภาพอุณหภูมิ (ในกรณีที่ไม่มีปัจจัยอื่นมาเป็นตัวจำกัด ยกเว้นสภาพแวดล้อม) โดยข้าวโพดจะมีพัฒนาการตามค่าอุณหภูมิสะสมที่ได้รับ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าวโพด จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า ค่า GDD ที่ข้าวโพดใช้เพื่อการพัฒนาการระยะต่างๆของข้าวโพดพันธุ์ที่มีค่า GDD ที่ระยะสุกแก่ประมาณ 2700 GDD มีรายละเอียดดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการค่าอุณหภูมิสะสมสำหรับพัฒนาการระยะต่างๆข้าวโพดที่มีค่า GDD ประมาณ 2700 องศาเซลเซียส และมีค่าอุณหภูมิพื้นฐานเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส

ระยะการเจริญเติบโต	การพัฒนาการ	ค่า GDD (°C)
	วันปลูก	0
ทางด้านลำต้น	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 (กรณีที่ข้าวโพดเป็นพวก dent)	2450
การสุกแก่	การสุกแก่ทางสรีระ	2700

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Growing degree day requirement for different phenology stage of 2700 GDD. Neild and James ,1974)

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด

Richie *et al.*(1989) อ้างโดย Roman (2000) กล่าวว่า แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชมีแนวความคิดว่า ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช (crop genetic coefficients) เป็นลักษณะเฉพาะของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมนี้จะเป็นสิ่งที่อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมพืชและสภาพแวดล้อม (genotype x environment) ที่เกิดขึ้น ซึ่งการแสดงออกของพืชจะปรากฏแตกต่างกันตามการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ โดยค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชสามารถประเมินได้จากการศึกษาในแปลงปลูกพืช หรือในเรือนทดลองที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ ซึ่งต้องทดลองกับตัวอย่างจำนวนมาก และในสภาพที่มีความแตกต่างของแสง (ความยาววัน) อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆจำนวนมาก จนได้ค่าที่เหมาะสมกับพืชพันธุ์นั้นๆ และ Hunt *et al.* (1989) ได้แบ่งค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด เป็นสองกลุ่ม ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชด้านพัฒนาการ (crop phenology coefficients) และค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชด้านการเจริญเติบโต (crop growth coefficients) ซึ่งจะมีค่าแต่ละค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์ข้าวโพด

จากการสำรวจสภาพการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเพื่อการเพาะปลูกของเกษตรกร ในปีการเพาะปลูก 2539/40 โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2541) พบว่า มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งประเทศ 8.4 ล้านไร่ และมีพื้นที่ปลูกที่ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเท่ากับ 7.1 ล้านไร่ หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งประเทศ คิดเป็นปริมาณเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 18,333 ตัน (เฉลี่ย 2.71 กิโลกรัม/ไร่) จากความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมต่อปีในปริมาณที่สูงเช่นนี้ จึงทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนต่างก็พยายามในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด และผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ใหม่ๆออกเผยแพร่แก่เกษตรกรปีละจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ของเกษตรกร ประกอบกับในปัจจุบันนี้ ได้มีการนำเอาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในประเทศไทย ซึ่งแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชนี้ เป็นเทคโนโลยีใหม่ทางด้านการเกษตรที่จะเป็นตัวที่ช่วยในระบบการตัดสินใจของเกษตรกรในการผลิตและการจัดการพืช ซึ่งในการใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวโพด CERES-Maize นั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายอย่างเพื่อนำมาประกอบการใช้แบบจำลอง ได้แก่ข้อมูลด้านการจัดการพืช ข้อมูลด้านภูมิอากาศ ข้อมูลดิน และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่เหล่านั้น ยังไม่เคยมีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมเลย ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาด้านการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม ซึ่งการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด สามารถทำได้โดยการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Genotype Coefficient Calculator (GenCale) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

ทางพันธุกรรมของข้าวโพดที่วิเคราะห์ภายใต้ DSSAT Shell (Hunt *et al.*, 1994) หรือสามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดโดยการนำข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองที่เป็นค่าสังเกตนำมาใช้เป็นหลักในการปรับค่าในแบบจำลองให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากที่สุด (Hunt and Parajasingham, 1994) :และ จิรวัฒน์ (2544) ให้ความเห็นว่า หลักการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมการพัฒนาการพืช ต้องปรับให้ตรงกับค่าสังเกตมากที่สุด แต่การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมการเจริญเติบโตคือ การปรับให้ได้ค่าผลผลิตหรือองค์ประกอบผลผลิตที่อย่างน้อยเท่ากับวันปลูกที่ให้ผลผลิตมากที่สุด เนื่องจากมีสมมุติฐานว่า การเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตถูกจำกัดด้วยปัจจัยอื่นอีกหลายอย่างที่แบบจำลองไม่ได้ครอบคลุมถึงดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์จึงเลือกเฉพาะวันปลูกที่ให้ผลผลิตในระดับสูงเท่านั้น ซึ่งข้าวโพดพันธุ์ใหม่ทุกพันธุ์จึงจำเป็นต้องมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม โดยสุนทรและเมธี (2537) กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช เป็นค่าคงที่ที่แสดงลักษณะเฉพาะของพันธุ์พืชหนึ่งๆ โดยพืชแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิด พันธุ์และโครงสร้างของพืช

สหัสชัยและคณะ (2542) ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด โดยปลูกข้าวโพด 2 วันปลูก คือ วันที่ 22 พฤษภาคม และ 7 มิถุนายน 2540 รวม 3 สถานที่ คือ สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ , ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี และแปลงเกษตรกร อ.เมือง จ.ขอนแก่น โดยใช้ข้าวโพด 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สุวรรณ5 เป็นพันธุ์ผสมเปิด และพันธุ์สุวรรณ 3601 เป็นพันธุ์ลูกผสม สรุปค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพดที่ประเมินได้มีค่าดังนี้ ค่า P1=310.0 P2=0.500 P5=975.0 PHINT=75.0 G2=583.0 และ G3=8.20 ส่วนพันธุ์สุวรรณ 3601 มีค่า P1=310.0 P2=0.500 P5=967.0 PHINT=75.0 G2=632.0 และ G3=8.60 ตามลำดับ

Somchai (2000) ได้ประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด โดยการปลูกข้าวโพดในเขตพื้นที่เขตชลประทาน จ. พิษณุโลก ในฤดูแล้งปี 2541-2542 ภายใต้สภาพวันปลูกที่แตกต่างกัน 3 วันปลูก คือ ปลูกข้าวโพดวันที่ 27 พฤศจิกายน 2541, 28 มกราคม 2542 และ 26 กุมภาพันธ์ 2542 โดยมีข้าวโพดจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 1 , พันธุ์นครสวรรค์ 72 และพันธุ์สุวรรณ 3601 พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด มีค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพดดังนี้ P1=364.0 P2=0.600 P5=840.0 G2=710.3 และ G3=6.66 ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 72 มีค่า P1=372.0 P2=0.600 P5=863.2 G2=784.8 และ G3=6.75 และ พันธุ์สุวรรณ 3601 มีค่า P1=352.0 P2=0.600 P5=845.0 G2=824.8 และ G3=6.87 ตามลำดับ

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Modelling crop growth)

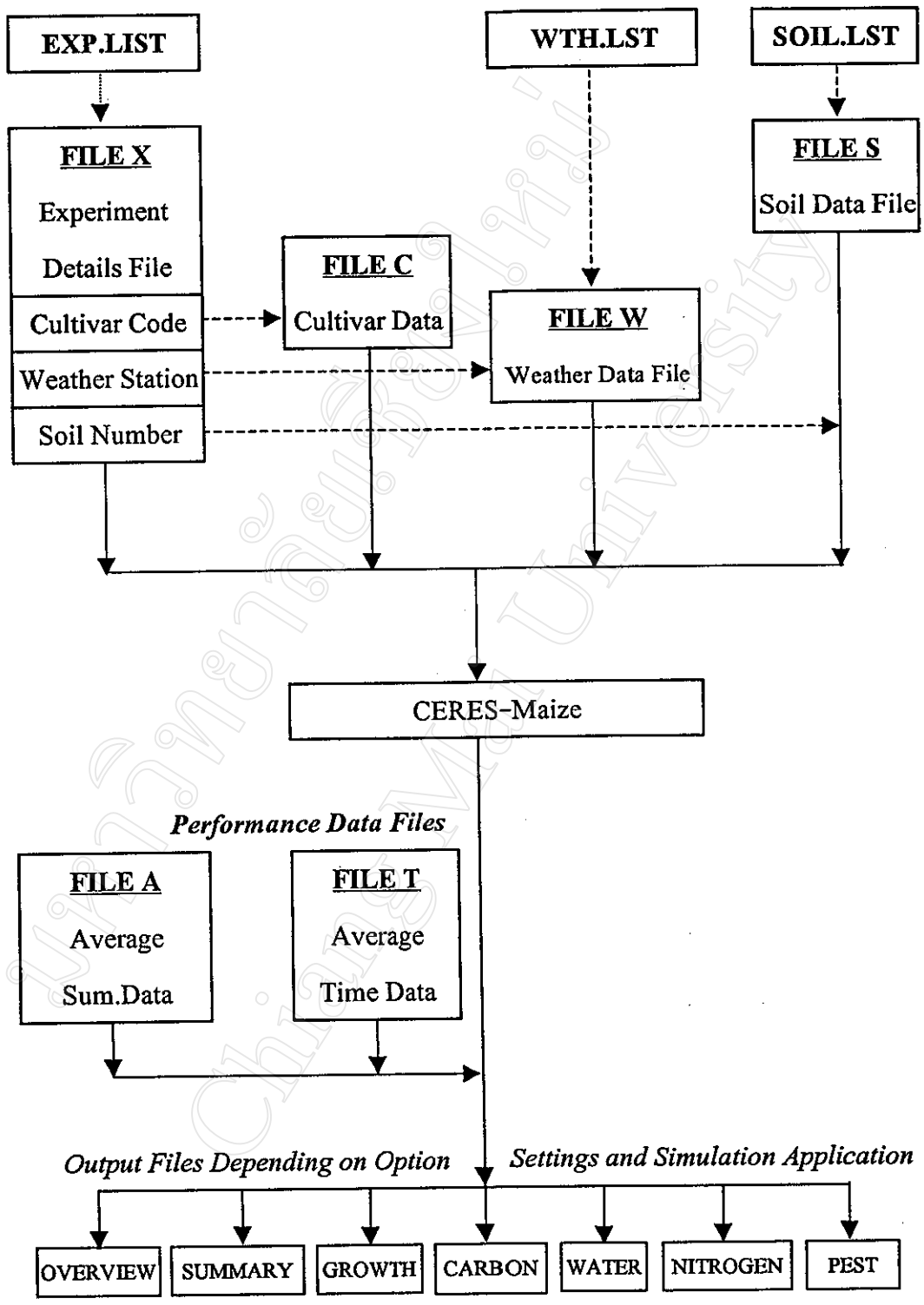
Jones and Kiniry (1986) ได้กล่าวว่า ในช่วงเวลา 20 ปีที่ผ่านมามีการใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตพืชในด้านการเกษตรกันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถจำลองขบวนการต่างๆที่เกี่ยวกับพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชได้หลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับน้ำในดิน การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืช ขบวนการชะล้างพังทะลายของดิน และ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดิน เป็นต้น Penning *et al.* (1989) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า แบบจำลองพืช (Crop model) เป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของพืชในการศึกษาการเจริญเติบโตของพืช และการคำนวณหาผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นในระยะแรกๆใช้เพื่อการอธิบายถึงขบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นและเกี่ยวข้องกับพืช เช่น ขบวนการสูญสลายของธาตุอาหารไนโตรเจน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในดิน และการเคลื่อนไหวของน้ำในดิน เป็นต้น ในระยะต่อมาจึงได้เริ่มมีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อจำลองขบวนการและคาดการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตพืช ซึ่งเป็นความร่วมมือในการทำงานร่วมกันเพื่อการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชโดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์สามสาขาวิชาหลักๆ คือ ชีววิทยา กายภาพ และ วิศวกรรม ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในปัจจุบันนี้มีศักยภาพในการนำไปใช้งานได้หลายประการ เช่น ช่วยในงานวิจัย ช่วยในการวางแผนการจัดการปลูกพืช และลดความเสี่ยงภัยจากธรรมชาติ เป็นต้น โดยเฉพาะในงานวิจัย แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชช่วยให้นักวิจัยเข้าใจและสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรม สรีรวิทยา และสภาพแวดล้อมของพืชได้ว่าแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร ซึ่งความสัมพันธ์นั้นสามารถนำมาช่วยในการอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นต่อพืชในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูก หรือการนำเอาข้อมูลจากหลายฤดูกาลเพาะปลูกมาประมวลผลร่วมกันได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจใช้วิธีการเขตกรรมกับพืช เช่น การเลือกใช้พันธุ์พืช การให้ปุ๋ย การให้น้ำ ช่วยในการหลีกเลี่ยงหรือลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของผลผลิตพืช และการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น นอกจากนี้ แบบจำลองยังสามารถนำไปใช้ได้กับการคาดการณ์การชะล้างพังทะลายของดิน การชะล้างและสูญเสียสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ที่มีต่อพืช รวมทั้งการคาดการณ์ผลผลิตพืชในพื้นเพาะปลูกขนาดใหญ่ได้อีกด้วย

แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวโพด CERES-Maize

แบบจำลองการเจริญเติบโตข้าวโพด จัดอยู่ในกลุ่มของแบบจำลองการเจริญเติบโตธัญญพืช (CERES-CEREAL) พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง มิลเล็ต และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น โดยแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวโพดถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการการคาดการณ์พัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตพืช สร้างขึ้นโดย Dr. J. T. Ritchie แห่ง สถาบันวิจัยดินและน้ำ Grassland Texas กระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา (ARS-USDA) (Jones and Kiniry, 1986) ซึ่งภายหลังได้รับการพัฒนาโดย IBSNAT และถูกบรรจุอยู่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer : DSSAT) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวบรวมเอาแบบจำลองพืชและฐานข้อมูลอื่นๆนำมาประยุกต์ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ โดยผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลดิน ข้อมูลการจัดการพืช ข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชให้สามารถทำงานเชื่อมต่อและประมวลผลร่วมกันได้ โดยการทำงานของแบบจำลองนี้นอกจากใช้เพื่อการคาดการณ์พัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดแล้ว ยังสามารถใช้เพื่อการจำลองสภาพภูมิอากาศ สมดุลย์ของน้ำ รวมทั้งวิเคราะห์ผลการจัดการน้ำปุ๋ย และการเขตกรรมระดับต่างๆที่มีต่อพืชได้ตามที่ต้องการ พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์ในรูปตารางและกราฟตามต้องการได้ โดยมีโครงสร้างของแบบจำลอง CERES-Maize ดังภาพที่ 4

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CERES-Maize

Jagtap *et al.* (1993) ได้ทำการทดสอบแบบจำลอง CERES-Maize ที่ Ibadan ในประเทศ Nigeria ในปี 1990 โดยปลูกข้าวโพดในสภาพเขตน้ำฝน ในวันที่ 142 ของปี (Julian date) มีจำนวนประชากรต่อพื้นที่เท่ากับ 40,000 ต้น/เฮกตาร์ ให้ปุ๋ยเคมี N, P_2O_5 และ K_2O อัตรา 30, 13 และ 25 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองคาดการณ์วันออกไหมและวันสุกแก่ของข้าวโพดที่ค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกต โดยมีความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 1 วัน ส่วนผลผลิตพบว่า แบบจำลองคาดการณ์ผลผลิตได้เท่ากับ 4,904 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตคือ 4,909 กิโลกรัม / เฮกตาร์ ในขณะที่มีน้ำหนัก/เมล็ด และจำนวนเมล็ด/ตารางเมตรของค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าสังเกต คือมีน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 0.241 กรัม/เมล็ด และมีจำนวนเมล็ด/ตารางเมตรเท่ากับ 1,721 เมล็ด/ตารางเมตร ส่วนจำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนักมวลชีวภาพพบว่า แบบจำลองให้ค่าจำนวนเมล็ด/ฝัก เท่ากับ 430 เมล็ด/ฝัก ซึ่งสูงกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 409 เมล็ด/ฝัก และแบบจำลองให้ค่าน้ำหนักมวลชีวภาพเท่ากับ 11,310 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 11,099



ภาพที่ 4 โครงสร้างแบบจำลอง CERES-Maize (ดัดแปลงจาก Jones *et al.*,1994)

กิโลกรัม /เฮกตาร์ จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า แบบจำลอง CERES-Maize ให้ผลในการคาดการณ์การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่นี้ได้ผลดีและเชื่อถือได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจากแบบจำลองกับค่าสังเกตไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

Fan (1995) ทดสอบการใช้แบบจำลอง CERES-Maize ในมณฑลคุงหมิง ประเทศจีน โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพด 2 พันธุ์ ที่ทำการประเมินโดยใช้โปรแกรม GenCale ในแบบจำลอง CERES-Maize จากการทดลองที่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย ไปทำการทดสอบความอ่อนไหวของแบบจำลอง โดยทำการทดสอบระดับปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วย ปุ๋ยไนโตรเจน 5 ระดับ คือ 100, 145, 185, 230 และ 270 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ผลจากการทดลองพบว่า แบบจำลองคาดการณ์วันออกไหมของข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ คือ พันธุ์ Across 8763 และ พันธุ์ Poza Rica 8763 ได้ช้ากว่าค่าสังเกต 2 วัน และที่ระยะสุกแก่ทางสรีระพบว่า แบบจำลองคาดการณ์วันสุกแก่ได้น้อยกว่าค่าสังเกต 1 วันทั้ง 2 พันธุ์ และมีค่าผลผลิตที่แบบจำลองคาดการณ์ได้มีค่าดังนี้ ที่ระดับปุ๋ย 100, 145, 185, 230 และ 270 กิโลกรัมN/เฮกตาร์ ของข้าวโพดพันธุ์ Across 8763 มีค่าเท่ากับ 8181, 9728, 9871, 9882 และ 9860 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ โดยที่ผลของค่าสังเกตที่ได้น้อยกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองในทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 4393, 6200, 7310, 7763 และ 8040 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ และผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์ Poza Rica 8763 เป็นไปในลักษณะเดียวกันคือ แบบจำลองให้ค่าในการคาดการณ์ผลผลิตได้สูงกว่าค่าสังเกตในทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจน โดยที่จำนวนเมล็ด/ตารางเมตร และค่าน้ำหนัก/เมล็ด เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตเช่นกัน คือ แบบจำลองให้ค่าที่สูงกว่าค่าสังเกต

สมชายและศักดิ์ดา (2543) ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวโพด CERES-Maize ในพื้นที่เขตชลประทาน จ. พิษณุโลก ในฤดูแล้งปี 2541-2542 ภายใต้สภาพวันปลูกที่แตกต่างกันโดยปลูกข้าวโพดใน 3 วันปลูก คือ วันที่ 27 พฤศจิกายน 2541, 28 มกราคม 2542 และ 26 กุมภาพันธ์ 2542 โดยปลูกข้าวโพด 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 1 , พันธุ์นครสวรรค์ 72 และพันธุ์สุวรรณ 3601 ผลจากการทดลอง พบว่า แบบจำลองให้ค่าของวันออกไหมและวันสุกแก่ของข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์สูงกว่าค่าสังเกตโดยเฉลี่ย 1 วัน และในส่วนของน้ำหนักเมล็ดแห้ง พบว่า พันธุ์นครสวรรค์ 1 ให้ค่าของแบบจำลองเท่ากับ 768 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 750 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์ นครสวรรค์ 72 ให้ค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 875 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 739 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์สุวรรณ 3601ให้ค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 1014 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 873 กิโลกรัม/ไร่ แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกต โดยที่แบบจำลองให้ค่าผลผลิตที่สูงกว่าค่าสังเกตเพราะว่า ค่าที่ได้จาก

แบบจำลองเป็นค่าที่เป็นศักยภาพการให้ผลผลิตของพืชภายใต้สภาพการจัดการที่เหมาะสม (Attainable yield) ซึ่งปราศจากความเสียหายจากการทำลายของโรค แมลง และวัชพืช ตลอดจนปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตพืช รวมทั้งไม่เกิดการสูญเสียผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวและขนย้ายในแปลงปลูกพืช เป็นต้น

Bechir *et al.* (2000) ได้ทดสอบแบบจำลอง CERES-Maize ในเขตกึ่งแห้งแล้งแถบเมดิเตอร์เรเนียน (semi-arid Mediterranean) เป็นเวลา 2 ปี โดยการกำหนดให้มีความแตกต่างของสภาพความชื้นในดิน 3 ระดับ คือ สภาพที่มีปริมาณน้ำเพียงพอและเหมาะสม สภาพที่ถูกจำกัดน้ำในบางช่วงเป็นระยะเวลาสั้นๆ และสภาพที่แห้งแล้งจนพืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ จากการทดลองพบว่า ในสภาพที่ข้าวโพดได้รับน้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสม พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่เหมาะสมใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าสังเกตน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้เช่นนั้นเพราะว่า ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองไม่มีสภาพของการขาดความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศเลย แต่ในสภาพที่ตรงกันข้ามคือสภาพที่อากาศแห้งและมีการขาดน้ำในช่วงระยะสั้นๆพบว่า แบบจำลองให้ผลของการคาดการณ์ต่ำกว่าค่าสังเกต โดยมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) น้อยกว่าถึง 26 เปอร์เซ็นต์ของค่าพื้นที่ใบสูงสุด (Maximum LAI) และค่ามวลชีวภาพ พบว่า แบบจำลองคาดการณ์จำนวนมวลชีวภาพได้น้อยกว่าค่าสังเกตมากถึง 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิต มีค่าน้อยกว่าค่าสังเกตเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสภาพที่พืชขาดน้ำจนเกิดความเครียดพบว่า แบบจำลองมีความแตกต่างของค่าที่ได้จากการคาดการณ์ของแบบจำลองกับค่าสังเกตเพิ่มมากขึ้น โดยแบบจำลองคาดการณ์ค่าพื้นที่ใบสูงสุด, ค่ามวลชีวภาพ และผลผลิต น้อยกว่าค่าสังเกตเท่ากับ 46, 29 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีข้อสังเกตและอธิบายได้ว่า การเจริญเติบโตและการแก่ของใบข้าวโพด และวิธีการคำนวณค่าของการขาดน้ำในดินและการทำงานของแบบจำลองในสภาพที่ขาดน้ำ กับการใช้แบบจำลอง CERES-Maize ในพื้นที่แถบเมดิเตอร์เรเนียน ควรจะต้องมีการปรับแต่งค่าบางอย่างในแบบจำลอง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมแถบเมดิเตอร์เรเนียนโดยเฉพาะ