บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Family Gramineae) จัดอยู่ใน Tribe Maydeae มีชื่อ
วิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุกที่มีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมีย อยู่แยกกัน
แต่อยู่ภายในส่วนบนต้นเดียวกัน (monoecious annual) สามารถปลูกได้เกือบทุกลักษณะอากา
และสภาพดิน ข้าวโพดจึงมีความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโต อายุการเก็บเกี่ยว และ ลักษณะ
ต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของข้าวโพดได้ ภายในเมล็ดข้าวโพดจะประกอบด้วย
แป้ง 2 ชนิด คือ แป้งแข็ง (hard starch หรือ homy starch) และแป้งอ่อน (soft starch) จากการ
อาศัยตำแหน่งของแป้งแต่ละชนิดในเมล็ด และลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด (glume) สามาร
จำแนกข้าวโพดออกเป็น 7 ชนิด หนึ่งในเจ็ดชนิดนั้นgxHoข้าวโพดเทียนและข้าวโพดข้าวเหนีย
(waxy corn) ซึ่งเป็นข้าวโพดพื้นเมืองที่คนไทยรู้จักมาช้านาน มีอายุค่อนข้างสั้น ต้นมีขนาดเล็
เมล็ดขุ่นมัวทั้งเมล็ด และมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เมื่อรับประทานจะไม่ติดฟัน เมื่อนำมาทำเป็นแป้ง
แล้วจะมีคุณภาพดี โดยการโม่เมล็ดทั้งเมล็ดขณะเปียกและนำน้ำแป้งที่ได้มาทำให้ตกผลึกและแป้งที่
ได้จากกระบวนการผลิตนี้สามารถนำไปใช้ในการประกอบอาหารโดยเป็นส่วนประกอบที่ทำให้
อาหารข้นขึ้น หรือใช้ในการผลิตตราไปรษณีย์และซองจดหมาย แป้งภายในเมล็ดมีลักษณะเหนียว
คล้ายขี้ผึ้ง เป็นชนิดแป้งอ่อน แต่มีความเหนียว ประกอบด้วยแป้งที่โมเลกุลจับตัวกันแบบ
branched- chain แป้งของข้าวโพดข้าวเหนียวส่วนใหญ่จะเป็น amylopectin 99-100% ขณะที่
ข้าวโพดปกติจะมี amylopectin 72 – 76% และมี amylose 24 – 28% ซึ่ง amylopectin เป็นแป้งที่
โมเลกุลจับกันเป็นแบบ branched - chain ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในขณะที่ amylose เป็นแป้งที่
โมเลกุลจับกันแบบ linear- chain ซึ่งถูกควบคุมโดย gene "wx" จัดอยู่ใน subspecies ceratina
(KINDS OF CORN: Hybrids and varieties differ primarily in kernel starch, 2003)

การสุกแก่ทาง สรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์

การสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ ถูกจำกัดความว่าเป็นช่วงที่มีการสะสมน้ำหนักแห้ง
สูงสุดและเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (Ajayi and Fakorede, 2000)
แต่ Coolbear (1995) กล่าวว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์จะมีค่าสูงสุดในช่วงที่เมล็ดพันธุ์เกือบจะถึงจุดที่มี

น้ำหนักแห้งสูงสุด โดยพบว่าเมล็ดพันธุ์ยังคงมีการสะสมน้ำหนักแห้งอย่างต่อเนื่อง ผลการทดลอ
ของ Knittle and Burris (1976) ชี้ให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวก่อนระยะที่มีการสะสม
น้ำหนักแห้งสูงสุด จะมีความแข็งแรงเช่นเดียวกับเมื่อเก็บเกี่ยวในช่วงหลังจากนั้น วันชัย (2537
กล่าวว่าการสะสมอาหารของเมล็ดที่กำลังพัฒนาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะ
การเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ของคัพภะ (development of embryo) ซึ่งเป็นระยะที่คัพภะแบ่งเซลล
อย่างรวดเร็ว เริ่มต้นจากการปฏิสนธิจนกระทั่งสิ้นสุดระยะการแบ่งเซลล์ 2) ระยะสะสมอาหา
(food reserve accumulation) เป็นระยะที่มีการสะสมอาหารในส่วนที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหา
ในระยะนี้น้ำหนักแห้งของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งถึงจุดสูงสุด (maximum dry
weight) ซึ่งนิยมเรียกจุดที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดว่าเป็น ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological
maturity) และ 3) ระยะเมล็ดแก่ (ripening stage) เป็นระยะที่เมล็ดสิ้นสุดการสะสมอาหา
น้ำหนักแห้งจะคงที่ และความชื้นในเมล็ดจะลดลงอย่างรวดเร็ว

ความชื้นและน้ำหนักแห้งของเมล็ด

ความชื้นและน้ำหนักแห้งของเมล็ดเป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่บ่งชี้การสุกแก่ของเมล็ด ซึ่งใช้
ประกอบในการตัดสินใจเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ Copeland (1976) อธิบายว่า หลังจากที่เกิดการ
ปฏิสนธิแล้วเมล็ดจะพัฒนาและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากธาตุอาหารและน้ำ เกิดการแบ่ง
เซลล์และขยายตัวของเซลล์ ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเขตร้อนน้ำหนักเมล็ดที่เพิ่มมากขึ้นมีสาเหตุมาจาก
การพัฒนาของเอนโดสเปิร์ม ซึ่งในส่วนของเปลือกหุ้มและคัพภะเกือบจะไม่ทำให้น้ำหนักของเมล็ด
เพิ่มขึ้นเลย จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่
มีคุณภาพดี Culpepper and Moon (1941) แนะนำว่า ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 35 – 45
วันหลังออกไหม (silking) ขณะที่เมล็ดมีความชื้นประมาณ 35 – 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาลด
ความชื้นภายในเมล็ดอย่างถูกวิธี ให้พอเหมาะต่อการเก็บรักษาอย่างปลอดภัย เมล็ดจะมีความงอกดี
และมีความแข็งแรงสูง การเก็บเกี่ยวในระยะที่สภาพอากาศไม่เหมาะสม เช่น ร้อน และความชื้น
ของอากาศสูง โรคและแมลงจะเข้าทำลายได้ง่าย

นอกจากนั้น Brimhall and Haber (1950) ได้แนะนำว่า การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด
หวานควรเก็บเกี่ยวเมื่อความชื้นภายในเมล็ดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Culpepper
and Moon (1941) แนะนำไว้ โดยเมล็ดที่ได้จะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักสูง การเก็บเกี่ยวเมื่อ
เมล็ดมีความชื้นต่ำจะทำให้เมล็ดสูญเสียน้ำหนักและขนาด ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด
การปล่อยเมล็ดทิ้งคาไร่เพื่อลดความชื้นให้ต่ำลงในข้าวโพดหวาน ความชื้นของเมล็ดจะลดลงช้า

มากเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดไร่ ทั้งนี้ยังทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมคุณภาพด้วย ในการศึกษาการ
เจริญและเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ไทยซุปเปอร์สวีท คอมพอสิต 1 ดีเอมอา
สุวรรณ (2524) พบว่า ความชื้นในเมล็ดจะเริ่มลดลงเมื่ออายุ 7 – 19 วันหลังออกไหม น้ำหนัก
แห้งของเมล็ดสูงสุดเมื่อเมล็ดมีความชื้น 69.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นน้ำหนักแห้งจะค่อนข้างคงที่
ไปเรื่อย ๆ ขณะที่ความชื้นของเมล็ดลดลง ต่อมา ประชา (2526) ได้ทำการศึกษาผลของระยะปลูก
ต่อการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่าในสัปดาห์แรกเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 80
เปอร์เซ็นต์ และลดลง เมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้น น้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุดเมื่อเมล็ดมีอายุ
สัปดาห์ หลังออกไหม ซึ่งมีความชื้นเท่ากับ 41.40 เปอร์เซ็นต์

แต่กระนั้นการตรวจสอบโดยการใช้ความชื้นในเมล็ดนั้นไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ด้วย
ตาเปล่าและต้องการเวลาที่จะใช้ในการลดความชื้นเมล็ด ยิ่งกว่านั้นการใช้เครื่องตรวจสอบไฟฟ้า
เพื่อวัดความชื้นของเมล็ดก็มักมีความคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะเมื่อเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 25% การ
ตรวจสอบระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาโดยใช้การพัฒนาของ black layer จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการ
ยอมรับจากสมาคมวิจัยทางด้านอุตสาหกรรมข้าวโพดพันธุ์ผสม ในปี 1970 โดยถือเป็นตัวบ่งชี้ระยะ
สุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดได้ดีที่สุด การเกิด black layer เป็นผลเนื่องมาจากการสร้าง
ซูเบอริน (suberin) บริเวณ placenta มีการรายงาน (Rench and Shaw, 1971) ว่าส่วนของ black
layer จะไม่ถูกสร้างขึ้นจนกระทั่งความชื้นในเมล็ดต่ำลงจนถึง 15.4 และ 16.8% หรือปรากฏว่ามี
การสลายตัวของน้ำนม (Afuakwa and Crookston, 1984) และเมล็ดจะไม่มีการสะสมน้ำหนักแห้ง
หลังการสร้าง black layer นอกจากนั้นยังมีรายงานบางรายงาน (Daynard, 1972; Daynard and
Duncan, 1969) กล่าวว่า black layer จะถูกสร้างขึ้นเมื่อความชื้นในเมล็ดประมาณ 75% ดังนั้น
การสร้าง black layer จึงเป็นสัญญาณของการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพด โดยไม่คำนึงถึง
สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต ในขณะที่การสูญเสียน้ำนมในเอนโดสเปิร์มยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์
จึงมีการสรุปว่า การพัฒนาของ black layer เป็นดัชนีที่ดีมากในการระบุระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา
ของข้าวโพด อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ black layer รวมทั้งยังพบความ
คลาดเคลื่อนของการใช้และไม่สามารถบ่งบอกด้วยรูปแบบที่แน่นอน ถ้า black layer ในข้าวโพด
มีการสร้างเมื่อเมล็ดมีความชื้นอยู่ในช่วงจาก 15.4 ถึง 75% ตามรายงานข้างต้นนับว่าเป็นช่วงที่
กว้างเกินกว่าจะบ่งชี้ระยะสุกแก่ที่แน่นอนได้ นอกจากนั้นยังมีความแตกต่างของการสร้างสารสีซึ่ง
จะขึ้นกับพันธุ์ของข้าวโพด

ดังนั้นจึงมีการเสนอที่จะใช้ milk line ในการตรวจสอบระยะสุกแก่ของข้าวโพด
Afuakwa and Crookston (1984) ได้ทำการศึกษาการใช้ milk line ในการตรวจสอบระยะสุกแก่
ของข้าวโพด พบว่า การสร้างแป้งแข็งในเมล็ดจะเกิดขึ้นก่อนการสร้าง milk line ซึ่งจะทำให้

สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย คือบนผิวเมล็ดมีรอยบุ๋มปรากฏขึ้น เนื่องจาก เอนโดสเปิร์มเปลี่ยนเป็น
แป้งแข็งและเกิดการหดตัว เนื่องจากสูญเสียความชื้น ดังนั้นการพิจารณาจึงใช้ช่วง soft dough
(เมล็ดมีการบุ๋มลงครั้งแรกที่บริเวณปลายฝัก) เพื่อใช้เป็นสัญญาณเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงจากน้ำนม
เป็นแป้งแข็ง เมื่อเมล็ดทั้งหมดยุบตัวลงไป (บุ๋มเต็มที่แล้ว) สัดส่วนของของเหลว (น้ำนม) กับแป้ง
แข็งจะแตกต่างกันไปในแต่ละเมล็ด แม้จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ภายนอก แต่เมื่อหักฝักแล้วก็จะ
สังเกตเห็นได้ชัด ซึ่งเมื่อ milk line ถึงระยะ half – milk เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 40% และ
หลังจากระยะ half – milk แล้ว 16 วัน เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 25% ซึ่งเป็นช่วงที่มีการ
สลายตัวของน้ำนมไปเป็นแป้งแข็งทั้งหมด

ความงอกและความแข็งแรง

รายงานส่วนใหญ่ชี้ให้เห็นว่าระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเป็นระยะที่เมล็ดจะมีความงอกและ
ความแข็งแรงสูงสุด จากการศึกษาของประชา (2526) พบว่าเมล็ดจะเริ่มงอกในสัปดาห์ที่ 2
หลังจากออกไหม เปอร์เซ็นต์ความงอกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 และ 7
หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลง การพิจารณาการเก็บเกี่ยวควรพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์
ความงอกที่สูงเพื่อให้ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดี การยืดเวลาเก็บเกี่ยวออกไปโดยการปล่อยเมล็ดไว้คาไร่
ในสภาพอากาศที่แปรปรวนจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ และอาจมีโรคแมลงเข้าทำลาย
ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ของคุณภาพความงอกและการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างกับอายุ
เก็บเกี่ยว นิดา (2518) กล่าวว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่เพาะทันทีหลังเก็บเกี่ยวและ
หลังจากลดความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามอายุของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอกจะสูงตั้งแต่อายุเมล็ดได้
36 – 57 วัน และจากการทดสอบความงอกทุกๆ ระยะเก็บเกี่ยวในห้องปฏิบัติการ มีต้นอ่อนผิดปกติ
เกิดขึ้นบ้าง ซึ่งต้นอ่อนผิดปกติที่พบส่วนใหญ่จะเป็นต้นอ่อนที่ไม่มีราก หรือไม่มีต้น Rasyad et al.
(1990) อธิบายว่า จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว
สาลีในระหว่างการสุกแก่ เมล็ดที่อยู่ระหว่างการพัฒนาจะมีความแข็งแรงต่ำโดยค่าอัตราการเจริญ
ของต้นกล้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดใกล้ถึงจุดสุกแก่ทางสรีรวิทยา ในการศึกษาการพัฒนาและการสุกแก่
ของเมล็ดข้าวโพดข้าวหวานพันธุ์ข้าวเหนียวหวานขอนแก่นของบุญมี และคณะ (2541) พบว่า เมล็ด
เริ่มงอกได้เมื่อมีอายุได้ 10 วันหลังออกไหม แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ในระยะนี้ยังน้อยมากเพียง
8.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้นกล้าที่ได้ส่วนใหญ่เป็นต้นกล้าผิดปกติ หลังจากออกไหม 15 วัน เมล็ดข้าวโพด
มีความงอกเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเมื่อเมล็ดออายุได้ 40 วันหลังออกไหม เมล็ดจึงมีเปอร์เซ็นต์ความงอก
สูงที่สุดเป็น 92.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในระยะนี้เมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด และจากการ

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในแปลงปลูก พบว่า เมล็ดที่มีระยะพัฒนาเดียวกันมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดในห้องปฏิบัติการสูงกว่าการเพาะในแปลงปลูกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

พัฒนาการของเมล็ดพันธุ์

วันชัย (2537) อธิบายว่า ผลที่ตามมาจากการปฏิสนธิ คือ การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งในพืชตระกูลหญ้าอาจแบ่งส่วนที่พัฒนาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของ embryo หรือ คัพภะ พัฒนาการของคัพภะเริ่มจากไข่ได้รับการปฏิสนธิซึ่งการพัฒนาของคัพภะในเมล็ดธัญพืช จะพบการสะสมของ protein body, amyloplasts, endoplasmic reticulum, mitochondria และ ribosome จำนวนมาก แต่ไม่มีการสะสมแป้งมากนัก ใน rape seed การพัฒนาของคัพภะในระยะแรกจะเกิดช้ามาก การแบ่งเซลล์จะสิ้นสุดภายใน 2 สัปดาห์หลังปฏิสนธิ หลังจากนั้นจะมีแต่การขยายเซลล์ ดังนั้นช่วง 2 สัปดาห์แรกของการพัฒนาจึงเป็นระยะวิกฤติ เนื่องจากผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ ก่อนที่จะถึงระยะขยายเซลล์ ในส่วนของ endosperm พืชจำพวกธัญพืช จะมีการแบ่งนิวเคลียสอย่างต่อเนื่องจนกระทั้งเมล็ดแก่ ซึ่งจะพบว่ามี เอนโดสเปิร์ม เต็มเมล็ด การพัฒนาเอนโดสเปิร์มอาจ แบ่งได้ 3 แบบตามลักษณะการเกิดผนังเซลล์ ได้แก่ การแบ่งเอนโดสเปิร์มนิวเคลียส ที่มีการสร้างผนังเซลล์ล้อมรอบ การแบ่งเอนโดสเปิร์มนิวเคลียสที่ไม่มีการสร้างผนังเซลล์ล้อมรอบ และ การแบ่งเอนโดสเปิร์มนิวเคลียสที่มีการสร้างผนังเซลล์ล้อมรอบบางส่วน ซึ่งเป็นลักษณะกึ่งในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ในธัญพืชเอนโดสเปิร์มจะพัฒนาไปเป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหาร เมื่อเมล็ดแก่นิวเคลียสของเอนโดสเปิร์มจะสลายไปกลายเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ยกเว้นในชั้นของ aleurone layer ซึ่งเป็นชั้นของเอนโดสเปิร์มที่อยู่ชั้นนอกสุดซึ่งยังมีชีวิต ในระหว่างการพัฒนาของเซลล์ aleurone layer จะเต็มไปด้วยเม็ดโปรตีน ซึ่งโดยทั่วไป aleurone layer จะทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารและปลดปล่อย hydrolytic enzymes ออกมาระหว่าง การงอก เพื่อใช้ในการย่อยสลายสารที่เก็บสะสมอยู่ในเอนโดสเปิร์มเพื่อการเจริญเติบโตของคัพภะ ในข้าวสาลี การแบ่งเซลล์เอนโดสเปิร์มจะหยุดเมื่อ 3 –4 สัปดาห์ หลังดอกบาน การพัฒนาต่อมาคือการขยายเซลล์ โดยการสะสมแป้งและโปรตีน และส่วนสุดท้ายคือส่วนของ seed coat การพัฒนาของ seed coat ในธัญพืช Cochrane and Duffus (1981) อธิบายว่าเกิดจากส่วนของ outer integument ซึ่งมีเซลล์หนาหลายชั้น กับ inner integument ซึ่งมีเซลล์หนา 2 ชั้น หลังจากมีการถ่ายละอองเกสรได้ประมาณ 3 วัน ส่วนของ outer integument จะถูกเบียดอยู่ระหว่าง inner integument กับ pericarp และสลายตัวอย่างรวดเร็วภายใน 6 วัน และส่วนของ inner integument จะสะสม cutin มากขึ้น ซึ่งอยู่ในช่วงวันที่ 9 หลังถ่ายละอองเกสร และ

จะถูกอัดแน่นเช่นเดียวกับส่วนของ outer integument เหลือเป็นชั้นของเซลล์บาง ๆ ปรากฏอยู่ระหว่าง endosperm กับ pericarp

Shaw and Loomis (1950) แบ่งการพัฒนาของข้าวโพดหลังจากสร้างเมล็ดออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะแรกจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งเกิดจากการสะสมอาหารอย่างสม่ำเสมอ น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความชื้นอยู่ระหว่าง 75 – 80% จนถึงระยะที่สองระยะนี้เป็นระยะที่ต่อเนื่องกับระยะแรก การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งเป็นไปอย่างช้า ๆ และน้ำหนักสดลดลง ความชื้นลดลงจากระยะแรกอยู่ที่ประมาณ 40% หลังจากนั้นในระยะที่สามน้ำหนักแห้งคงที่น้ำหนักสดลดลง ความชื้นจะลดลงจนสมดุลกับความชื้นในอากาศซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อม จากการศึกษาการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์และคุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่ว (*Phaseolus vulgaris*) ในสภาพแปลงปลูก Coate et al. (2001) กล่าวว่า ในช่วงแรกของการพัฒนาความชื้นในเมล็ดจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยน้ำหนักแห้งของเมล็ดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น น้ำหนักแห้งจะมีค่าสูงประมาณ 0.55 $g.g^{-1}$ และต่อมาจะมีค่าคงที่ ในขณะที่ความชื้นของเมล็ดจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้น Hamid et al. (1995) อธิบายถึง รูปแบบการสะสมอาหารของ เมล็ดถั่วเขียวว่า การสะสมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วอยู่ระหว่าง 9 – 11 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของการสะสมน้ำหนักแห้งจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และมีน้ำหนักแห้งสูงสุดที่ 17 – 19 วันหลังดอกบาน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดเริ่มลดลงจากความชื้น 85% ในวันที่ 9 หลังดอกบาน เป็น 65% ในวันที่ 11 หลังดอกบาน หลังจากนั้นความชื้นจะค่อย ๆลดลงอย่างช้า ๆ และลดลงอย่างรวดเร็วอีกครั้งเมื่อวันที่ 15 ถึง 17 หลังดอกบาน จากความชื้น 55% ลดลงจนถึง 25% โดยทุกสายพันธุ์ที่ทำการศึกษาจะมีความใกล้เคียงกันในรูปแบบการพัฒนาของเมล็ดทั้งการสะสมน้ำหนักแห้งและความชื้นในเมล็ด ซึ่งจากการศึกษา Gutterman (1992) พบว่า อิทธิพลของปัจจัย สิ่งแวดล้อมระหว่างที่เมล็ดสุกแก่มีผลต่อขนาดของเมล็ดและการงอกของเมล็ด ซึ่งแม้แต่ความแตกต่างของสภาพอุณหภูมิก็มีผลต่อส่วนสำคัญของเมล็ดและการงอกด้วยเช่นกัน บางรายงานกล่าวว่า การที่พืชต้นแม่ได้รับช่วงเวลารับแสงมากเกินไปจะมีผลต่อการพัฒนาของ seed coat และการดูดน้ำของเมล็ดที่กำลังพัฒนา ซึ่งเกิดใน *Chenopodium rubrum*

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง การเจริญทางลำต้น ใบ และการเจริญทางแพร่พันธุ์ ในช่วงการพัฒนาของเมล็ดเป็นช่วงหนึ่งที่มีความสำคัญ การสะสมน้ำหนักของเมล็ดร้อยละ 30 ได้จากกระบวนการลำเลียงถ่ายเทสารสังเคราะห์ที่เก็บสะสมไว้ไปยังเมล็ดหรือที่เรียกว่า remobilization และอีกร้อยละ 70 มาจากการสังเคราะห์แสงในขณะนั้น การพัฒนาของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับถ้าหากกระบวนการ remobilization และ การสังเคราะห์แสงดำเนินไปอย่างปกติ แต่ถ้ากระบวนการทั้งสองทำงานไม่เป็นปกติก็จะส่งผลให้เมล็ดได้อาหารไม่

เต็มที่หรืออาจทำให้เมล็ดลีบ ภูมิอากาศหรือสภาพแวดล้อมอื่นที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงจะเป็น ปัจจัยที่สำคัญต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ตัวอย่างเช่น น้ำ การขาดน้ำทำให้พืชมีการสังเคราะห์ลดลง สารอาหารที่สังเคราะห์ได้ที่จะถูก ส่งไปเพื่อการเจริญของเมล็ดก็ย่อมลดลงด้วยเช่นกัน ส่งผลให้เมล็ดเจริญไม่เต็มที่ แม้แต่การสุกแก่ ของเมล็ดปัจจัยสิ่งแวดล้อมก็เข้ามามีบทบาทเช่นกัน ซึ่งเห็นได้จากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการ สุกแก่นั้นแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การสุกแก่ทางสรีรวิทยาและการสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว การสุกแก่ ทางสรีรวิทยาเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์เจริญสมบูรณ์เต็มที่พร้อมที่จะนำไปปลูกขยายพันธุ์ได้ แต่ว่า เมล็ดยังมีความชื้นสูงอยู่จึงไม่นิยมเก็บในระยะนี้ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายจากกระบวนการ ผลิต เช่น การนวด การกะเทาะ ดังนั้นจึงปล่อยให้ความชื้นลดลงถึงระดับที่เหมาะสม ที่เรียกว่า field maturity จึงทำการเก็บเกี่ยว การที่ความชื้นของเมล็ดลดลงในขณะที่ปล่อยไว้บนต้น จะต้อง คำนึงถึงความชื้นในอากาศด้วย เนื่องจากความชื้นในเมล็ดจะลดลงจนถึงระดับสมดุลกับความชื้น ในอากาศ หากความชื้นของอากาศในระยะเก็บเกี่ยวสูงความชื้นในเมล็ดก็จะสูงด้วยเช่นกัน เฉลิมพล (2542)

ผลกระทบของอายุเก็บเกี่ยวกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษาระยะการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิในการเก็บรักษา และ ความสัมพันธ์ของปริมาณ ความชื้นในอากาศ กับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 5 สายพันธุ์ Nkang and Umoh (1996) ทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 3 ระยะ คือ เก็บเมื่อถึงระยะ physiological maturity , agronomic maturity (ฝักแห้งและเป็นสีน้ำตาลทั้งฝัก) และหลังจากระยะ agronomic maturity แล้ว สองสัปดาห์ ใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษา 5 ระดับ (0 , 25 , 35 , 45 และ 55 $^{\circ}$C) และปริมาณ ความชื้นในอากาศ 5 ระดับ (45 , 55 , 65 , 75 และ 84%) ใช้เวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน พบว่า เมื่อทำการหาเปอร์เซ็นต์ความงอกแล้ว เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อระยะ agronomic maturity ทุกสายพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงซึ่งสภาพการเก็บรักษาที่ให้เปอร์เซ็นความงอกสูงอยู่ที่ 25 – 35 $^{\circ}$C และ ปริมาณความชื้นในอากาศที่ 55 – 65% ยกเว้นสภาพการเก็บรักษาที่ 55 $^{\circ}$C ที่ทุกปริมาณความชื้น ในอากาศเมล็ดมีความงอกต่ำหรือไม่งอกเลยและเป็นเช่นนี้ทุกระยะเก็บเกี่ยว รองลงมาคือระยะเก็บ เกี่ยวเมื่อหลังจากระยะagronomic maturity แล้วสองสัปดาห์ และสุดท้ายคือเก็บเกี่ยวเมื่อ physiological maturity Helen et al. (1996) พบว่าในการศึกษาอิทธิพลของระยะสุกแก่ในการเก็บ เกี่ยวและวิธีการลดความชื้นที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดข้าวฟ่าง โดยศึกษาระยะเก็บเกี่ยว 2 ระยะ คือเมล็ดข้าวฟ่างที่เก็บเกี่ยวเมื่อ black layer ซึ่งแบ่งขนาดของเมล็ดไว้ 3 ขนาด คือ 1.8 – 2.2 , 2.2 –

2.5 และ มากกว่า 2.5 มิลลิเมตรและเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อสุกแก่เต็มที่ (มีความชื้น 25%) ซึ่งแบ่ง ขนาดของเมล็ดไว้ 3 ขนาดเช่นกัน คือ 2.2 – 2.5 , 2.5 – 2.8 และ มากกว่า 2.8 มิลลิเมตร ทำการลด ความชื้นด้วยการผึ่งในร่มและตากแดด จนความชื้นอยู่ที่ 8 – 10% ปรากฏว่าข้าวฟ่างที่เก็บเกี่ยวเมื่อ black layer เมื่อลดความชื้นด้วยวิธีเดียวกัน ขนาดของเมล็ดเท่ากับข้าวฟ่างที่เก็บเกี่ยวเมื่อ black layer มีเปอร์เซ็นต์ความงอก อยู่ที่ 86% ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อสุกแก่เต็มที่ (มีความชื้น 25%) ซึ่งมีความงอกอยู่ที่ 79% แต่จากการทดสอบความแข็งแรงพบว่า เมล็ดข้าวฟ่างที่เก็บเกี่ยวเมื่อ black layer ปรากฏ กลับมีความแข็งแรงของเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อสุกแก่เต็มที่ (มีความชื้น 25%) และจากการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่าระยะเก็บเกี่ยวมีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด พันธุ์ รวมทั้งยังมีความสัมพันธ์กับวิธีการลดความชื้นด้วยเช่นกัน นอกจากจะยังบอกได้ว่าขนาด ของเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงอีกด้วย จากการศึกษาอิทธิพลของระยะสุก แก่และวิธีการลดความชื้นที่มีต่อคัพภะ กิจกรรมของ เอ็มไซม์ อัลฟาอะไมเลส และ ความแข็งแรง ของข้าว Shephard et al. (1995) ในการศึกษาใช้ระยะสุกแก่ 2 ระยะ คือ maximum seed weight ซึ่ง มีความชื้นที่ 24.6% โดยน้ำหนักสด และ havest maturity ซึ่งมีความชื้นที่ 16.8% โดยน้ำหนักสด มี วิธีการในการลดความชื้น 2 วิธี คือ ผึ่งในที่ร่ม และตากแดดลดความชื้นจนเหลือ 10% $\pm$ 1.5% พบว่า ระยะเก็บเกี่ยวที่ maximum seed weight เมื่อลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งในร่มและตากแดดจะมี ความงอกและความแข็งแรงต่ำกว่าระยะเก็บเกี่ยวที่ harvest maturity นอกจากนี้เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อ ระยะ harvest maturity สามารถที่จะเก็บรักษาได้นานกว่า ระยะเก็บเกี่ยวที่ maximum seed weight เมื่อสังเกตจากการเร่งอายุเมล็ด

สรุป

จากการตรวจเอกสารจะเห็นได้ว่าการกำหนดเวลาที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด แต่ละ พันธุ์ มีความแปรปรวนสูงมาก และยังไม่มีดัชนีหนึ่งดัชนีใดที่มีความแม่นยำมากพอที่จะใช้ เก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดี