บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (maize หรือ corn; *Zea mays* L.) เป็นธัญพืช (cereal crops) วงศ์ (Family) Gramineae วงศ์ย่อย (Sub-Family) Panicoideae (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547) ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญของโลก มนุษย์รู้จักและนำมาใช้เป็นอาหารเป็นเวลานานแล้ว มีการเพาะปลูกแพร่กระจายอย่างกว้างขวางเกือบทุกสภาพภูมิอากาศ ทั้งเขตอบอุ่น เขตกึ่งร้อน และเขตร้อน ในประเทศไทยข้าวโพดเป็นที่รู้จักและเพาะปลูกกันมานานกว่า 50 ปี ปริมาณการใช้ข้าวโพดภายในประเทศสูงขึ้นเนื่องจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ซึ่งใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบมากขึ้นนั่นเอง (วันชัย, 2542)

การจำแนกข้าวโพด

การจำแนกข้าวโพดจำแนกได้หลายแบบ ได้แก่ การจำแนกโดยลักษณะของเมล็ด จำแนกโดยองค์ประกอบทางเคมี จำแนกโดยภูมิอากาศ จำแนกตามอายุเก็บเกี่ยว จำแนกตามการใช้ประโยชน์ และจำแนกตามการซื้อขาย สำหรับการจำแนกตามลักษณะของเมล็ดเป็นการจำแนกโดยอาศัยตำแหน่งของแป้งซึ่งประกอบด้วย แป้งแข็ง (hard starch) และแป้งอ่อน (soft starch) ที่อยู่ในเอนโดสเปิร์มของเมล็ด ประกอบกับลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด (เปลือกผล) สามารถจำแนกออกได้เป็น 7 ชนิด ดังนี้

1. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบ (dent corn; *Zea mays* var. *indentata*) เป็นข้าวโพดที่เมล็ดตอนบนมีรอยบุบสีขาว เนื่องจากตอนบนเป็นแป้งชนิดอ่อน (soft starch) และด้านข้างเมล็ดเป็นแป้งชนิดแข็ง (corneous starch) เมื่อตากให้แห้งส่วนที่เป็นแป้งอ่อนจึงหดยุบตัวและเกิดลักษณะหัวบุบ ดังกล่าวมีลำต้นสูงตั้งแต่ 2.5-4.5 เมตร ฝักยาวตั้งแต่ 15-30 เซนติเมตร และมีเมล็ดระหว่าง 8-24 แถว

2. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (flint corn; *Zea mays* var. *indurate*) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างแข็งแรง กลม เรียบ หัวไม่บุบ เพราะมีแป้งชนิดอ่อนอยู่ตรงกลางแต่ด้านนอกถูกห่อหุ้มด้วยแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากให้แห้งจึงไม่หดตัว มีขนาดฝักและจำนวนแถวน้อยกว่าชนิดหัวบุบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ข้าวโพดหวาน (sweet corn; *Zea mays* var. *saccharata*) เป็นข้าวโพดปลูกรับประทานฝักสดโดยเฉพาะ เมล็ดเมื่ออ่อนจะมีลักษณะใสโปร่งแสง และมีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลมากเมื่อเมล็ดแก่จะหดตัว

4. ข้าวโพดคั่ว (pop corn; *Zea mays* var. *everta*) เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกถูกห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยืดตัวได้ ฉะนั้นเมื่อเมล็ดที่มีความชื้นอยู่ภายในพอสมควร ถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดและเมื่อถึงขีดสุดก็จะระเบิดตัวออกมาโดยทั่ว ๆ ไป อาจแบ่งได้ตามรูปร่างเมล็ดอีก 2 พวก คือ พวกหัวแหลม rice pop corn และพวกเมล็ดกลม pearl pop corn เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือ ขาว ส้ม ม่วง ฝักก็มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5-10 เซนติเมตร

5. ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn; *Zea mays* var. *ceratina*) มีลักษณะเมล็ดเหนียวคล้ายขี้ผึ้ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีลักษณะคล้ายแป้งมันสำปะหลัง ปลูกกันเล็กน้อยในสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ทำแป้งที่มีคุณภาพคล้ายแป้งมันดังกล่าว กล่าวกันว่าข้าวโพดพันธุ์นี้มีพบครั้งแรกในประเทศจีน

6. ข้าวโพดแป้ง (flour corn; *Zea mays* var. *amylacea*) เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก มีรูปร่างและลักษณะเมล็ดคล้ายข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็งมากแต่หัวไม่บุบหรือบุบเล็กน้อย โดยสม่ำเสมอทั่วเมล็ด มีเมล็ดประมาณ 8-12 แถว ปลูกมากในบางท้องที่ของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐฯ ทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งค่อนข้างแห้งแล้ง ชาวอินเดียแดงใช้เป็นอาหาร ทั้งฝักสดและฝักแก่

7. ข้าวโพดป่า (pod corn; *Zea mays* var. *tunicate*) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะแปลก ใกล้เคียงกับพืชป่า เมล็ดมีเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกฝักอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเมล็ดมีลักษณะต่าง ๆ กัน คือ มีทั้งเมล็ดพวกหัวบุบ หัวแข็ง ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดคั่ว (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)

โครงสร้างของเมล็ด

ผลหรือเมล็ดเป็นแบบ caryopsis ที่มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ ใสไม่มีสี ส่วนบนของเมล็ดพบรอยที่เกิดจากการที่ไหมแห้งและหลุดร่วงไปเรียกว่า silk scar ภายในของเมล็ดประกอบด้วย เอนโดสเปิร์ม (embryo) ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของรากแรกเกิด (radicle) ยอดแรกเกิด (plumule) ใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา (epiblast) และเนื้อเยื่อที่กั้นระหว่างคัพภะกับเอนโดสเปิร์ม เรียกว่า สคิวเทลลัม (scutellum) ซึ่งมีน้ำมันค่อนข้างสูง และส่วนสะสมอาหารคือ เอนโดสเปิร์ม (endosperm) บริเวณรอบนอกของเอน

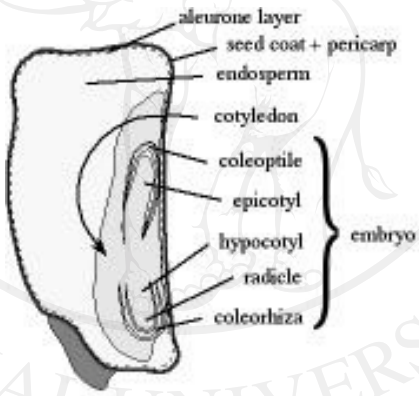
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดสเปิร์มมีชั้นของเนื้อเยื่อห่อหุ้มโดยรอบเรียกว่า ชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) (ภาพ 2.1) (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

หลังการผสมเกสรได้ประมาณ 45 วัน เมล็ดจะหยุดการเจริญเติบโต รูปร่างของเมล็ดขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเมล็ดบนฝัก เมล็ดที่อยู่ส่วนปลายและส่วนโคนมีลักษณะที่ค่อนข้างกลม ส่วนเมล็ดที่อยู่ตรงกลางมีลักษณะแบนและมีเหลี่ยมมุม ที่ฐานของก้านดอก (pedicel) จะพบเนื้อเยื่อสีดำเรียกว่า black layer ปรากฏให้เห็นเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา

เอนโดสเปิร์มมีสีต่าง ๆ เช่น เหลือง ส้ม และขาว เป็นต้น แป้งที่สะสมในส่วนของเอนโดสเปิร์มมีอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่

1. แป้งอ่อน (soft starch) เป็นแป้งที่อยู่กันอย่างหลวม ๆ มีลักษณะสีขาวขุ่น
2. แป้งแข็ง (hard starch, corneous starch หรือ horny starch) เป็นแป้งที่รวมกันแน่น มีลักษณะค่อนข้างใส (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)



ภาพ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าวโพด (Latham, 1997)

องค์ประกอบทางเคมี

นอกจากแป้ง (starch) ที่เป็นส่วนประกอบหลักของเมล็ดข้าวโพดแล้ว ส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้ข้าวโพดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนะอาหารสัตว์สูง ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ซึ่งมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 และไขมัน (lipids) ประมาณร้อยละ 4.8 นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบย่อยที่เหลืออีก ได้แก่ ไฟเบอร์ น้ำตาล เกลือแร่ และวิตามินต่าง ๆ อีกหลายชนิด (ราเชนทร์, 2539) มีพลังงานแบบเมตาโบไลซ์ (ME) สูง มีกากไขมันไม่อิ่มตัวสูง มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดไขมันเหลวในสัตว์ได้ โปรตีนมีอยู่ 2 ชนิด คือ ซีนหรือเซอีน (zein) ซึ่งพบในเอนโดสเปิร์มปริมาณมาก แต่โปรตีนชนิดนี้ขาดไลซีน (lysine) และทริปโตแฟน (tryptophan) ส่วนกลูเทนินจะพบในเอนโดสเปิร์มน้อย (พันทิพา, 2547) ทำให้ข้าวโพดมีบทบาทในการใช้ในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ในหลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เดนมาร์ค ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และไต้หวัน เป็นต้น (ราเชนทร์, 2539)

ข้าวโพดใช้เป็นอาหารสัตว์

ชนิดข้าวโพดที่ใช้เลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ ที่นิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ พันธุ์กัวเตมาลา พีบี 12 (Rep.1) กัวเตมาลา พีบี 12 (Rep.2) พีบี 5 ข้าวโพดเหนียว และโอเปค-2 มีเมล็ดตั้งแต่สีขาว สีเหลืองไปจนถึงสีแดง ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับพันธุ์ โดยทั่วไปจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.5-0.8 เซนติเมตร ก่อนนำมาเลี้ยงสัตว์จึงต้องบดก่อนเพื่อช่วยให้การย่อยและการผสมได้ผลดีขึ้น ที่บดแล้วจะมีขนาดประมาณ 1-8 มิลลิเมตร (พันทิพา, 2547)

เมล็ดข้าวโพดสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารสัตว์ปีก เพราะมีสารคาโรทีนอยด์มากกว่าอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น ช่วยให้ไข่แดง มีสีเข้ม เป็นที่ต้องการของตลาดในการนำไปทำขนม ทำให้ผิวหนังของไก่มีสีเหลืองน่ารับประทาน จึงใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ โดยมีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20-60 ของสูตรอาหารแตกต่างกันไปตามประเภทของสัตว์เลี้ยง

วิธีการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใช้ได้หลายรูปแบบทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น การใช้ในรูปอาหารหยาบคือ ใช้ต้น ใบ ซัง ทั้งสภาพสด แห้งและหมัก ส่วนอาหารข้นให้ได้ทั้งเมล็ด ทั้งในรูปแหล่งให้พลังงานและแหล่งเสริมโปรตีน ซึ่งได้จากผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากอุตสาหกรรมแป้งข้าวโพด น้ำมันข้าวโพด และน้ำหวานจากข้าวโพด ซึ่งผลิตภัณฑ์ข้างเคียงเหล่านี้มีหลายชนิด ได้แก่

1. เมล็ดข้าวโพดบด (ground corn cracked corn หรือ corn meal) โดยปกติ หมายถึง เมล็ดข้าวโพดที่มีสีออกจากฝักแล้วนำมาบดหรือทำให้แตกออก การบดไม่ควรบดให้ละเอียดเกินไป เพราะสัตว์ไม่กิน ข้าวโพดที่บดแล้วจะเก็บไว้ได้นานต้องมีความชื้นไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดบดผสมอาหารได้ดีถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ ถือว่าเป็นอาหารชั้นที่ดี ลักษณะข้าวโพดบดแบบนี้มักนิยมบดใช้เองในฟาร์ม

ในต่างประเทศข้าวโพดบดจากกรรมวิธีการผลิตในปัจจุบัน หมายถึง ข้าวโพดที่แยกเอาส่วนของเปลือกนอกของเมล็ด (hull) และส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ดออกไปแล้วนำมาบด เมล็ดข้าวโพดบดไม่ควรมีสิ่งแปลกปลอมมากเกิน 4 เปอร์เซ็นต์ สิ่งที่มักปนมาคือ ซังและเปลือกข้าวโพด

2. ข้าวโพดบดทั้งฝักโดยแกะเปลือกออกแล้ว (corn and cob meal หรือ ground ear corn) โดยปกติจะมีซังติดมาตามธรรมชาติประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารที่เบาฟ่าม มีกากมากขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวโพดบด ข้าวโพดบดปนกับซัง (corn and cob meal) ประกอบด้วย ส่วนของซังประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ด 70-75 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับนำไปเลี้ยงสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคี้ยวเอื้อง โดยทั่วไปไม่นำไปเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก มีโปรตีนประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ทั้งหมดของโภชนะ 73-75 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้าวโพด ได้แก่ รำข้าวโพด (corn bran) ซึ่งเป็นส่วนเยื่อหุ้มของเมล็ดข้าวโพด มีโปรตีนประมาณ 12-16 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 10-12 เปอร์เซ็นต์ ถ้านำเมล็ดข้าวโพดไปสกัดเอาน้ำมันออกเหลือส่วนที่เรียกว่า คอร์นเยอร์มมีล (corn germ meal) เป็นส่วนของจมูกข้าวโพด มีโปรตีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากข้าวโพดเป็นเศษของข้าวโพดที่เหลือประกอบด้วย ซัง จมูกข้าวโพด และแป้งส่วนที่เหลือ โดยทั่วไปมีน้ำมันน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนประมาณ 10-11 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ส่วนที่เหลือจากการนำข้าวโพดไปทำแป้งและทำน้ำตาลหรือไซรับ ได้แก่ คอร์นกลูเตนมีล (corn gluten meal) มีโปรตีนประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ได้จากการนำข้าวโพดไปสกัดเอาแป้ง เอนโดสเปิร์ม และรำที่หุ้มออก แต่ถ้ายังคงมีส่วนรำที่หุ้มเมล็ดปนอยู่เรียกว่า คอร์นกลูเตนฟีด (corn gluten feed) มีโปรตีนประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ (ธาตรี, 2549)

3. เลี้ยงสัตว์โดยใช้ข้าวโพดทั้งฝัก โดยให้สัตว์กินเอาเปลือกออกหรือไม่ก็ตาม และมีอาหารโปรตีน ไวตามิน แร่ธาตุใส่รางต่างหาก ข้าวโพดที่ไม่ได้แกะเปลือกออกจะป้องกันตัวเพลี้ยได้ดี ข้าวโพดทั้งฝักที่เก็บในโรงเก็บจะมีความชื้นประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในระยะที่ปลิดฝักจะมีความชื้นตั้งแต่ 16-30 เปอร์เซ็นต์

4. ซังข้าวโพด (corn meal ground หรือ corn cob) หมายถึง ฝักข้าวโพดที่กะเทาะเปลือกออกแล้วนำมาบดเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

5. ข้าวโพดบดชนิดหยาบ (screened cracked corn หรือ screened corn chop) หมายถึง ข้าวโพดที่ถูกนำมาร่อน เพื่อแยกเอาส่วนที่ละเอียดหรือมีขนาดเล็กออกไป ส่วนที่เหลือจะมีขนาดใหญ่ จึงเรียก สกรีน แครก คอร์น ซึ่งในที่นี้เรียกเป็นข้าวโพดบดชนิดหยาบ ไม่ควรมีสิ่งแปลกปลอมเกิน 4 เปอร์เซ็นต์

6. ปลายข้าวโพด (corn grits หรือ hominy grits) เป็นส่วนที่แข็งมากของเมล็ดขนาดกลางซึ่งอาจมีส่วนของรำและบริเวณที่งอกเป็นต้นข้าวโพด (germ) ปนมาบ้างเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แป้งส่วนที่แข็งมากนี้มีสีเหลืองและสีขาวหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง มีไขมันไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเมล็ดสีขาวจะเรียก white corn grits ถ้าเป็นสีเหลืองเรียก yellow corn grits

7. กลุ่มผลิตผลพลอยได้จากการทำแป้งข้าวโพด ในการทำแป้งข้าวโพด จะมีผลพลอยได้หลายชนิด ทั้งที่มีโปรตีนสูง จึงเป็นแหล่งโปรตีน

7.1 โฮมินีฟีด (hominy feed) เป็นส่วนผสมของรำข้าวโพด ส่วนของ germ และส่วนที่เป็นแป้ง ไม่ว่าจะเป็นสีขาวหรือเหลือง ซึ่งเป็นผลิตผลข้างเคียงจากการผลิต คือ เมล็ดข้าวโพดบดที่ขัดเอาส่วนเปลือกผิวและ germ ออกไปแล้ว ผู้คนนิยมนำไปต้มบริโภค เรียก table corn meal โฮมินีฟีด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นี้จะมีไขมันอยู่ไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ได้มีการทดลอง พบว่ามีไขมันอยู่ตั้งแต่ 4.3-7.8 เปอร์เซ็นต์ ค่า EM ตั้งแต่ 2,618-3,366 Kcal ME/kg. ที่ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ ในปัจจุบันโรงงานใช้ระบบเคมีสกัด (solvent extracted hominy feed) จะให้พลังงานต่ำกว่านี้ มีคุณค่าอาหารสัตว์ปีกน้อยลง เป็นแหล่งที่มีกรดไขมันลิโนเลอิกมากพอสมควร สามารถใช้แทนข้าวโพดในสูตรอาหารปศุสัตว์และใช้แทนเมล็ดธัญพืชในสูตรอาหารสัตว์ปีก

7.2 คอร์นแพลนท์พัล์พ (corn plant pulp) เป็นกากข้าวโพดที่ได้จากการคั้นเอาน้ำข้าวโพดออกไปแล้วนำมาทำให้แห้ง ส่วนน้ำข้าวโพดนำไปทำน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลต่อไป

7.3 ฮีทโปรเสสคอร์น (heat process corn) คล้ายข้าวโพดบดทั้งฝัก แต่ชื่อเรียกต่างกันตามการทำ โดยนำข้าวโพดทั้งฝักยังไม่แกะเปลือกมานึ่งภายใต้ความดันหรืออบให้แห้งด้วยความร้อนโดยตรง แล้วบดหรืออัดเม็ดหรือทับเป็นแผ่นแบน ๆ เช่น corn flake (พันทิพา, 2547)

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การเก็บเกี่ยว การลดความชื้น และการเก็บรักษาผลผลิต

การเก็บเกี่ยว

โดยทั่วไปเมล็ดข้าวโพดจะถึงระยะแก่ทางสรีรวิทยาที่ประมาณ 50-60 วันหลังดอกบาน ซึ่งจะมีความชื้นเมล็ดประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ การสังเกตอาจดูได้จากแป้งในเมล็ดเปลี่ยนเป็นแป้งแข็งหรือดูได้จากเนื้อเยื่อสีดำที่ขั้วเมล็ด ตรงรอยต่อที่เมล็ดติดกับฝัก หากเมล็ดมีเนื้อเยื่อสีดำ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ อายุเก็บเกี่ยว 90-120 วันหลังงอกขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฝักข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวได้มักมีความชื้นอยู่ในช่วง 20-25 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่ระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วควรตากฝักให้เมล็ดมีความชื้นประมาณ 14-15 เปอร์เซ็นต์ จึงทำการสีกะเทาะเมล็ด ไม่ควรกะเทาะเมล็ดที่มีความชื้นต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้เมล็ดแตกมาก (วันชัย, 2542)

โดยทั่วไปการเก็บเกี่ยวข้าวโพดยังใช้แรงงานคน โดยจะใช้ไม้ปลายแหลมกรีดปลอกเปลือกแล้วหักฝักข้าวโพดโยนกองรวมกันไว้บนพื้นดินหรือในเข่ง จากนั้นจึงเทรวมใส่กระสอบ แล้วขนเข้าไปเทกองรวมกันไว้ในยุ้งหรือบริเวณใกล้เคียงโดยไม่มีการจัดการใด ๆ ทั้งสิ้น ถ้าฝักข้าวโพดยังมีความชื้นสูงจะทำให้เกิดความร้อนในกองข้าวโพด เนื่องจากถูกเชื้อราเข้าทำลายและเกิดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ในบางท้องที่ เช่น สระบุรี ลพบุรี นครสวรรค์ ซึ่งเป็นพื้นที่ราบนิยมจ้างรถเก็บเกี่ยว (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดด้วยเครื่องจักรในประเทศไทยยังมีน้อย หากเก็บด้วยเครื่องจักรควรระมัดระวังเรื่องความชื้นเมล็ด ความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้เมล็ดเสียหายได้ โดยทั่วไปเมล็ดควรมีความชื้นประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาแล้วควรรีบตากหรืออบเมล็ดให้ความชื้นต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเชื้อราและสารพิษอะฟลาทอกซินและเพื่อให้เก็บรักษาเมล็ดได้อย่างปลอดภัย (วันชัย, 2542)

การลดความชื้น

วิธีการลดความชื้นแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ ดังนี้

1. การตากแดด เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยเฉพาะการตากเมล็ดบนลานคอนกรีต เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ ในวันที่มีแดดดีสามารถลดความชื้นได้ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ แต่มักจะมีปัญหาจากฝนที่ตกอยู่เสมอในช่วงต้นฤดูกาลการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

2. การใช้เครื่องลดความชื้น โดยหลักการแล้วเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชแบบต่าง ๆ มีหลักการทำงานที่คล้ายกันคือ การเป่าลมที่ถูกปรับสภาพให้มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ โดยการเพิ่มอุณหภูมิอากาศให้ผ่านเข้าไปในกองเมล็ดพืช เพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากเมล็ดพืช ดังนั้นองค์ประกอบของเครื่องอบมี 3 ส่วน คือ โครงสร้างที่เป็นภาชนะสำหรับบรรจุเมล็ด เครื่องเป่าลมและต้นกำเนิดความร้อน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการทำงานคือ ชนิดเมล็ดพืชอยู่นิ่ง และชนิดเมล็ดพืชไหล (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)

การเก็บรักษาข้าวโพด

เกษตรกรส่วนมากมียุ้งไว้สำหรับเก็บฝักข้าวโพด และฝักข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวมาจะถูกนำเข้ายุ้งโดยไม่มีการจัดการใด ๆ ทั้งสิ้น ระยะการเก็บรักษาโดยเฉลี่ยนานประมาณ 1 เดือน แบบของยุ้งเก็บข้าวโพดจะมีหลายแบบ เช่น ทำคอกบริเวณใต้ถุนบ้านหรือยุ้งแยกต่างหากจากบ้าน พื้นเสมอดินยกพื้น พื้นยุ้งอาจทำด้วยไม้ไผ่ ไม้กระดานหรือพื้นคอนกรีต และบางยุ้งไม่มีพื้นกองกับดินโดยตรง

เมื่อเก็บข้าวโพดมาใหม่ ๆ ความชื้นในเมล็ดยังสูง อัตราการหายใจสูง ทำให้เกิดความร้อนมากขึ้น การเก็บรักษาข้าวโพดไว้ในยุ้ง อุณหภูมิภายในจะสูงกว่าภายนอก 2-5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีมากถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเชื้อราในการสร้างสารพิษ อะฟลาทอกซินออกมา อัตราการลดความชื้นโดยธรรมชาติภายในกองข้าวโพดภายในยุ้งนั้นประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ต่อสัปดาห์ และต้องใช้ระยะเวลานานกว่า 1 เดือน ความชื้นจึงจะลดลงถึงระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)

การปรับปรุงยุ้งเก็บข้าวโพดให้มีการถ่ายเทอากาศที่ดี สามารถระบายความร้อนและความชื้นออกจากกองข้าวโพดได้อย่างเพียงพอ จะทำให้บริเวณผิวของฝักข้าวโพดแห้งขึ้น ซึ่งช่วยลดการเกิดสารอะฟลาทอกซินได้ ส่วนการทำท่อระบายอากาศภายในยุ้ง พบว่าในทางปฏิบัติแล้วมีความยุ่งยากมาก (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แมลงศัตรูในโรงเก็บจะเริ่มพบการเข้าทำลายหลังจากเก็บรักษาไว้นานประมาณ 1 เดือน และปริมาณการเข้าทำลายจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547) แมลงที่พบส่วนใหญ่ในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าว (rice weevil) ด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil) มอดข้าวเปลือก (lesser grain borer) มอดฟันเลื่อย (sawtoothed grain beetle) มอดแป้ง (rust red grain beetle) มอดหนวดยาว (flat grain beetle) และผีเสื้อข้าวเปลือก (angoumois grain moth) เป็นต้น (Ikisan, 2008)

โรคของเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย พบความเสียหายจากเชื้อราในโรงเก็บมากกว่าเชื้อแบคทีเรีย โดยที่โรคของเมล็ดเป็นผลที่เกิดจากความเกี่ยวข้องร่วมกันระหว่างพืชที่อ่อนแอ (susceptible host) เชื้อโรค (pathogen) และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการถ่ายทอดเชื้อโรคโดยแมลงหรือศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ แหล่งที่เชื้อเข้าไปอาศัยอยู่ในเมล็ด เชื้อโรคที่ติดไปกับเมล็ดสามารถพบได้ทุกส่วนของเมล็ด เช่น ปะปนอยู่บนผิวนอกของเมล็ดพันธุ์ (infestation, external borne) เข้าอยู่ภายในเมล็ดพันธุ์ (infection, internal seed borne) และเข้าไปอยู่ตามรอยแตกรอยร้าวหรือรอยกัดของหนอน และแมลงต่าง ๆ (ประเทือง, 2538; ประสาทพร, 2534)

ความเสียหายเนื่องจากแมลงในโรงเก็บข้าวโพด

แมลงที่สามารถเข้าทำลายเมล็ดในโรงเก็บได้มีหลายชนิด แต่ที่เป็นปัญหาในการเก็บรักษาเมล็ดโดยทั่วไปมีเพียงประมาณ 50 ชนิด ซึ่งในจำนวนนี้ แมลงที่สร้างปัญหารุนแรงจริง ๆ มีเพียง 10 กว่าชนิดเท่านั้น เช่น ด้วงงวงข้าว (rice weevil: *Sitophilus oryzae*) มอดข้าวเปลือก (lesser grain borer: *Rhyzopertha dominica*) ผีเสื้อข้าวเปลือก (Angoumois grain moth: *Sitotroga cerealella*) มอดฟันเลื่อย (sawtoothed grain beetle: *Oryzaephilus surinamensis*) มอดหนวดยาว (flat grain beetle: *Cryptolestes pusillus*) มอดหนวดยาว (rusty grain beetle: *Cryptolestes ferrugineus*) และด้วงอิฐ (khapra beetle: *Trogoderma granarium*) เป็นต้น แมลงจำพวกด้วง (weevil) จะเจาะเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ดและกัดกินเอนโดสเปิร์ม แต่แมลงชนิดอื่นส่วนใหญ่กัดกินที่เอนโดสเปิร์ม ซึ่งทั้ง 2 แบบทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกได้ การทำลายของแมลงทำให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ มีผลเสียต่อชื่อเสียงของผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการ (วันชัย, 2542; Ikisan, 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มอดหนวดยาว (Flat grain beetle)

รูปร่างลักษณะทั่วไปและชีวประวัติ

มอดหนวดยาว *Cryptolestes pusillus* (SchÖnherr) จัดอยู่ในวงศ์ Laemophloeidae อันดับ Coleoptera มอดหนวดยาวตัวเต็มวัยขนาดเล็กมาก มีความยาวประมาณ 2.0 มิลลิเมตร ความกว้างประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ลำตัวแบนรีสีน้ำตาลแดง หัวและอกรวมกันยาวครึ่งหนึ่งของลำตัว อกปล้องแรกมีสันด้านข้าง หนวดเป็นแบบเส้นด้าย (filiform) ตัวเมียจะมีหนวดยาวครึ่งหนึ่งของลำตัว แต่ตัวผู้จะมีหนวดยาวประมาณสองในสามของลำตัว ปีกคู่หน้าแข็งคลุมส่วนท้องหมด ปีกคู่หลังเป็นเยื่อบางที่เจริญดี ตัวเต็มวัยเป็นแมลงที่ว่องไวแทบจะไม่บิน (ภาพ 2.2) ที่สภาวะอุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ตัวเต็มวัยจะมีชีวิตได้ถึง 1 ปี แต่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตัวเต็มวัยของมอดหนวดยาวจะมีอายุเพียง 6 เดือน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ฟองเดี่ยว ๆ ตามรอยแตกหรือรอยแยกของเมล็ดภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 75 เปอร์เซ็นต์ ตัวเมียจะเริ่มวางไข่ได้ภายใน 4 วัน หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และจะวางไข่อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลามากกว่า 34 สัปดาห์ ตลอดช่วงชีวิตตัวเมียจะวางไข่ได้ประมาณ 200-300 ฟอง ไข่มีลักษณะเป็นรูปไข่มีสีขาว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.75 มิลลิเมตร ที่สภาวะอุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ไข่จะใช้เวลา 20 วัน ถึงจะฟักตัวออกมา แต่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ไข่จะใช้เวลาเพียง 3 วัน จะฟักตัวออกมา อัตราการวางไข่จะเพิ่มขึ้นที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่สูงขึ้น หนอนที่ฟักออกมาจากไข่ใหม่ ๆ จะมีลักษณะโปร่งใส แต่เมื่ออายุของหนอนมากขึ้นลำตัวจะมีสีเหลืองซีด ตัวหนอนจะมีลักษณะลำตัวเรียวยาว (ภาพ 2.3) โดยทั่วไปในระยะหนอนจะอาศัยอยู่ภายในเมล็ดเพื่อใช้เมล็ดเป็นที่ปกป้องและจะกินส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มของเมล็ดเป็นอาหาร บางครั้งจะพบหนอนทำลายซากแมลงชนิดอื่น การเจริญเติบโตของตัวหนอนจะพัฒนา 4 ระยะ ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส มอดหนวดยาวจะใช้เวลาอยู่ในระยะหนอนถึง 80 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มอดหนวดยาวจะใช้เวลาอยู่ในระยะหนอนเพียง 11 วัน และเมื่อหนอนโตเต็มที่จะชักใยโดยรวบรวมเศษเมล็ดพืชหรือเศษอาหารเข้าด้วยกันและเข้าดักแด้แบบ exarate อยู่ภายในนั้น ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการเข้าดักแด้ 12 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการเข้าดักแด้เพียง 3 วัน (Anon, 2009; Ashby, 1961; CABI crop protection compendium, 2008; Bousquet, 1990) (ภาพ 2.4) มอดหนวดยาวไม่สามารถอยู่ในที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำได้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ การตายของแมลงจะสูง (พรทิพย์และคณะ, 2548) สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการขยายพันธุ์อยู่ที่อุณหภูมิระหว่าง 17.5-37.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการเจริญเติมโตของมอดหนวดยาวจะสั้นลงเมื่ออยู่

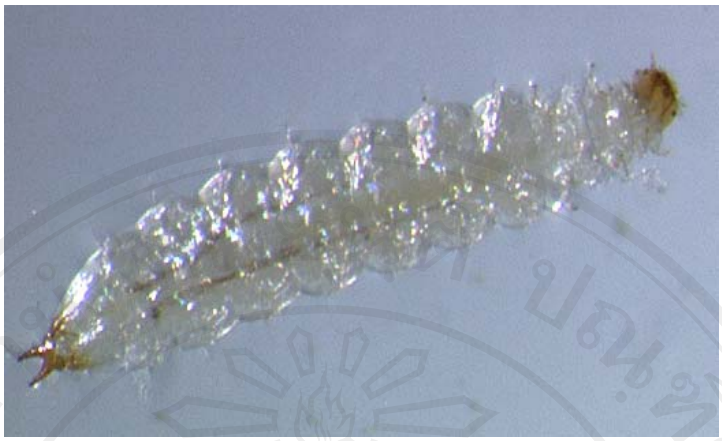
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสภาวะที่เหมาะสมคือ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงเป็นตัวเต็มวัยเพียง 22 วัน (David, 2004)

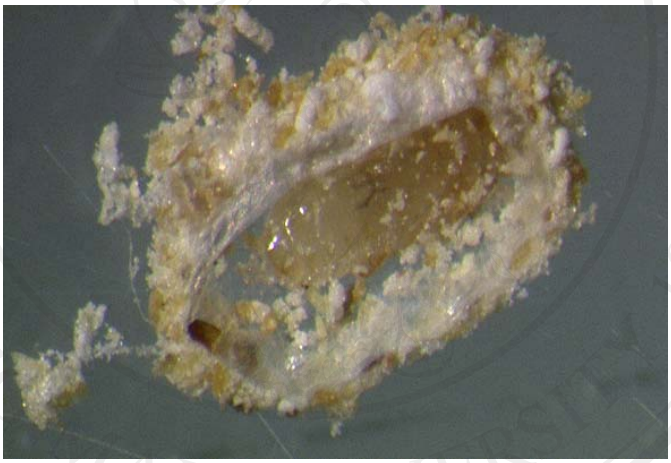
มอดหนวดยาวที่พบเข้าทำลายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโรงเก็บประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด คือ *Cryptolestes pusillus* (flat grain beetle) และ *Cryptolestes ferrugineus* (rusty grain beetle) ในการแยกความแตกต่างของทั้งสองชนิดโดยทั่วไปจะต้องใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของระบบอวัยวะสืบพันธุ์ (Banks, 1979) นอกจากนี้สามารถแยกความแตกต่างโดยใช้ลักษณะจากภายนอก เช่น ความยาวของหนวด โดยที่มอดหนวดยาว (flat grain beetle) ความยาวของหนวดสามารถจะใช้ในการแยกเพศได้ เพศผู้จะมีความยาวของหนวด 2 ใน 3 ของลำตัว ส่วนเพศเมียหนวดจะยาวครึ่งหนึ่งของลำตัว ส่วนความยาวหนวดของมอดหนวดยาว (rusty grain beetle) จะไม่สามารถใช้ในการแยกเพศได้ โดยที่หนวดจะยาวครึ่งหนึ่งของลำตัว ส่วนอกของมอดหนวดยาว (rusty grain beetle) ส่วนท้ายจะแคบกว่า ขณะที่มอดหนวดยาว (flat grain beetle) ส่วนอกจะมีลักษณะเกือบจะเป็นสี่เหลี่ยม ในส่วนของการเจริญเติบโตมอดหนวดยาว (rusty grain beetle) จะเจริญเติบโตได้ดีที่สภาพอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ค่อนข้างต่ำ แต่มอดหนวดยาว (flat grain beetle) จะเจริญเติบโตได้ดีที่สภาพอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง (CABI crop protection compendium, 2008; Ashby, 1961) ที่อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส มอดหนวดยาว (rusty grain beetle) สามารถมีชีวิตอยู่ได้ถึง 28 วัน (Banks, 1979)

ภาพ 2.2 รูปร่างลักษณะของมอดหนวดยาวระยะตัวเต็มวัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.3 รูปร่างลักษณะของมอดหนวดยาวในระยะหนอน



ภาพ 2.4 รูปร่างลักษณะของมอดหนวดยาวในระยะดักแด้

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

โดยปกติจะพบมอดหนวดยาวทั่วไปบนพื้นของโรงสีหรือยุ้งฉางหรือในกระสอบข้าวเปลือก (David, 2004) มอดหนวดยาวทั้งตัวเต็มวัย และหนอนร่วมกันทำลายเมล็ดแตกหักหรือเมล็ดที่เหลือจากการทำลายของแมลงชนิดอื่น เช่น ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมาก่อน แต่ในข้าวสารสามารถกัดกินเมล็ดที่ดีหรือเมล็ดเต็มได้โดยไม่ต้องกะเทาะให้เมล็ดนั้นแตก มักพบเมื่อมีการทำลายของมอดข้าวเปลือกมาก โดยเฉพาะตัวหนอนชอบกินส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มของเมล็ดพืช (ภาพ 2.5) ทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกไม่สามารถนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ได้ และยังทำให้เมล็ดสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Pestweb, 2008; David, 2004) การเข้าทำลายของมอดหนวดยาวมีผลทำให้อุณหภูมิ และความชื้นของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น (David, 2004) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้นตามการเข้าทำลายของมอดหนวดยาว (CABI crop protection compendium, 2008) นอกจากมอดหนวดยาวจะเข้าไปทำลายเมล็ดแล้วยังเข้าไปอาศัย และวางไข่ภายในเมล็ดด้วย (Lecato, 1974)

ภาพ 2.5 การเข้าทำลายส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของมอดหนวดยาว

การแพร่ระบาด

เป็นแมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญในทุกประเทศทั่วโลก (David, 2004) โดยเฉพาะจะแพร่ระบาดได้ดีที่สุดในพื้นที่สภาพอากาศเขตร้อน และอบอุ่น แต่ไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสภาพอากาศหนาวเย็น (CABI crop protection compendium, 2008; Halstead, 1993)

พืชอาหาร

ได้แก่ ถั่วลิสง (groundnut) กาแฟ (coffee) ข้าวบาร์เลย์ (barley) ข้าว (rice) ข้าวฟ่าง (sorghum) โกโก้ (cocoa) ข้าวสาลี (wheat) ข้าวโพด (maize) เป็นต้น (CABI crop protection compendium, 2008) ในพื้นที่สภาพอากาศหนาวมอดหนวดยาวจะเข้าทำลายเมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช ขณะพื้นที่เขตอบอุ่นมอดหนวดยาวสามารถเข้าทำลายผลิตผลได้หลายชนิดมากกว่า (Currie, 1967)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตรวจหาแมลง

หลักของการตรวจหาแมลงศัตรูในโรงเก็บนั้น ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในเรื่องการตอบสนองของแมลงต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ซึ่งโยงไปถึงอุปนิสัยและกิจกรรมต่าง ๆ ของแมลงแต่ละชนิด และขบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในตัวแมลงเหมือนกับสิ่งมีชีวิตโดยทั่ว ๆ ไป เช่น การหายใจหรือการขับถ่าย เป็นต้น วิธีการตรวจหาแมลงแยกออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

1. วิธีตรวจสอบหาแมลงทางตรง

วิธีการเช็คหรือตรวจหาแมลงแบบนี้ หมายถึง แมลงจะถูกพบเห็นโดยตรงจากการตรวจ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีการด้วยกัน ยกตัวอย่างได้แก่

1. การใช้ตะแกรงร่อน (sieves) การใช้ตะแกรงร่อนมีตั้งแต่แบบง่าย ๆ ที่ทำงานคนเดียวคือ hand sieves ซึ่งร่อนด้วยมือ เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีจำนวนน้อย ๆ โดยเฉพาะพวกผลิตภัณฑ์จากเมล็ดพืช เช่น แป้งที่มีแมลงลงทำลาย เป็นต้น และอีกแบบ เรียกว่า sack sieves ซึ่งเป็นตะแกรงร่อนขนาดใหญ่พร้อมทั้งขาตั้ง สามารถทำการร่อนเมล็ดพืชหรือผลิตผลอื่น ๆ เป็นกระสอบได้ สำหรับขนาดของ mesh ของตะแกรงร่อน ไม่ว่าแบบไหนจะขึ้นอยู่กับขนาดของแมลงหรือผลิตผลนั้น ๆ แมลงบางชนิดระยะตัวหนอนอาจจะอยู่ภายในเมล็ดหรือผลิตผล ซึ่งไม่สามารถตรวจเช็คได้โดยวิธีนี้

2. การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสุ่มเมล็ดหรือผลิตผลในกระสอบ กองเมล็ด กองกระสอบหรืออื่น ๆ เช่น bag sampler, sectional spear sampler, bulk sampler และ sample dividers การใช้เครื่องมือสุ่มแบบ bag sampler จุดอ่อนการใช้เครื่องมือสุ่มแบบนี้คือ เนื่องจากการกระจายของแมลง เมล็ดที่เสียหายหรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ รวมทั้งแมลงภายในกระสอบ ไม่ได้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และอีกประการหนึ่งขนาดของตัวอย่างที่สุ่มออกมาน้อยมาก รวมทั้งการเก็บตัวอย่างไม่ได้เป็นแบบสุ่มจริง ๆ เพราะฉะนั้นโอกาสที่จะพลาดแมลงที่อยู่ด้านล่างสุดหรือบนสุดมีมาก และการใช้เครื่องมือชนิดนี้มีโอกาสที่จะเก็บตรงส่วนซึ่งแมลงรวมกันอยู่น้อย ๆ ได้เหมือนกัน เพราะฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดการคาดการณ์ที่ผิดพลาด การใช้เครื่องมือแบบเป็นหลาวยาวซึ่งมีที่เก็บตัวอย่างหลาย ๆ ช่อง (sectional spear sampler) อาจจะทำให้ความผิดพลาดลดลงได้บ้าง (ชุมพล, 2533)

2. วิธีตรวจสอบหาแมลงทางอ้อม

เป็นการตรวจหาแมลงที่หลบซ่อนหรือทำลายอยู่ข้างในโดยที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทั้งทางด้านเคมีและฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนมาก มีวิธีการต่าง ๆ ยกตัวอย่างได้แก่

1. การวัดอุณหภูมิ โดยอาศัยหลักการที่ว่าในกองเมล็ดที่มีกิจกรรมของแมลงมาก ๆ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ซึ่งบางทีอาจจะถึง 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอภายในกองเมล็ดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก เป็นสิ่งบ่งชี้ที่แน่นอนว่ามีกิจกรรมของแมลงเกิดขึ้นภายในกองเมล็ด และการลดอุณหภูมิสู่ปกติก็อาจจะใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการลดกิจกรรมต่าง ๆ ของแมลงลงด้วยเช่นกัน เช่น หลังจากการรมสารฆ่าแมลงในกองเมล็ดนั้นแล้ว ถ้าอุณหภูมิค่อย ๆ ลดลงอย่างสม่ำเสมอ แสดงว่าการป้องกันกำจัดแมลงโดยการรมสารฆ่าแมลงนั้นได้ผล เป็นต้น เมื่อทิ้งไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นาน ๆ แมลงที่หลงเหลืออยู่อาจจะขยายตัวเพิ่มขึ้นมาอีก อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่จะต้องทำการรมสารฆ่าแมลงใหม่อีก การวัดอุณหภูมิจะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอถึงจะทำให้ทราบถึงความผิดปกติของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น (ชุมพล, 2533) นอกจากนี้อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเก็บรักษาเมล็ด ในการเก็บรักษาเมล็ดควรใช้อุณหภูมิต่ำ ถ้าเมล็ดเก็บไว้ที่สภาพอุณหภูมิสูง เกิดกิจกรรมทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ดสูง เช่น เกิดการหายใจทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกลงอย่างรวดเร็ว การเก็บเมล็ดไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำจึงสามารถดำรงการมีชีวิตของเมล็ดได้ยาวนานออกไป (สุรัตน์, 2545)

จากการศึกษาการผลิตความร้อนของตัวเต็มวัยมอดหนวดยาว (rusty grain beetle) ที่อายุและความหนาแน่นแตกต่างกันของ Cofie-Agblor *et al.* (1996) พบว่าอายุและความหนาแน่นของมอดหนวดยาวกับอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดมีผลต่อการผลิตความร้อน ตัวเต็มวัยที่มีอายุ 4 สัปดาห์ จะผลิตความร้อนสูงที่สุด โดยที่ตัวเต็มวัยอายุ 8 สัปดาห์ ผลิตความร้อนสูงกว่าตัวเต็มวัยอายุ 1 สัปดาห์เล็กน้อย นอกจากนี้จากการศึกษาจำนวนของแมลง พบว่ามอดหนวดยาวที่มีจำนวน 2,500 ตัวต่อ 200 กรัม จะผลิตความร้อนสูงที่สุด และมอดหนวดยาวที่มีจำนวน 5,000 ตัวต่อ 200 กรัม จะมีการผลิตความร้อนที่ต่ำที่สุด

2. การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อาศัยเทคนิคของการประเมินอัตราการเกิดขบวนการทางเคมี (rate of metabolism) ทั้งหมดของตัวอย่างเมล็ด โดยวัดอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยปริมาตรภายใต้สภาพแวดล้อมที่มาตรฐาน ผลจากการวัดอัตราการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้สามารถนำไปใช้เป็นตัววัดการทำลายของแมลงได้ ทั้งนี้เพราะว่าปกติอัตราการเกิดขบวนการทางเคมีของแมลงจะมีมากกว่าของเมล็ดหรือผลิตผลอื่น ๆ ที่แห้ง (ชุมพล, 2533)

จากการศึกษาการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมอดหนวดยาว (rusty grain beetle) ในการเก็บรักษาข้าวสาลีภายใต้สภาวะคงที่ของ Cofie-Agblor *et al.* (1995) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ด ปริมาณความชื้นของเมล็ด ความเสียหายของเมล็ดจากเครื่องกล อายุของมอดหนวดยาว ความหนาแน่นของตัวเต็มวัย และระยะของตัวหนอนมอดหนวดยาว มีผลต่ออัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้ ที่ตัวเต็มวัยของมอดหนวดยาวอายุ 4 สัปดาห์ เมล็ดข้าวสาลีมีอุณหภูมิ 15-35 องศาเซลเซียส มีเมล็ดแตกหักปะปนอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดข้าวสาลีมีปริมาณความชื้น 12-18 เปอร์เซ็นต์ กับระยะหนอนที่ 2 3 และ 4 เมล็ดข้าวสาลีมีอุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส เมล็ดมีเมล็ดแตกหักปะปนอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวสาลี 12-18 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มอดหนวดยาวผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการทดสอบคุณภาพของเมล็ด

คุณภาพเมล็ดขึ้นอยู่กับลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความชื้นของเมล็ด ความเสียหาย ความงอก เป็นต้น ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. การตรวจสอบความชื้นของเมล็ด

การตรวจสอบความชื้นเพื่อหาอัตราร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดเทียบกับน้ำหนักสดของเมล็ด (มาตรฐานเปียก) หลักการของวิธีตรวจสอบที่ระบุในกฎสากลคือ ต้องเป็นวิธีที่ไม่มีการสลายหรือสูญเสียสารระเหยง่าย (volatile substance) ต่าง ๆ และมีขบวนการออกซิเดชั่นเกิดขึ้นน้อยที่สุด (วันชัย, 2542) การวัดความชื้นที่นิยม และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปคือ การอบด้วยความร้อน (hot air oven method) (สุรัตน์, 2545) หลักการในการทดสอบวิธีนี้คือ การไล่ความชื้นที่มีอยู่ในเมล็ดออก โดยการอบให้ความร้อนในสถานที่ควบคุมได้ และวัดปริมาณความชื้นที่สูญหายไปโดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม (นงลักษณ์, 2528)

ความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพันธ์ของบรรยากาศ (seed moisture content and relative humidity) เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาเมล็ด เมล็ดที่จะเก็บรักษาไว้ได้อย่างปลอดภัยจะต้องมีความชื้นต่ำ เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะเกิดเมแทบอลิซึมสูง นอกจากนี้พวกเชื้อโรคและแมลงจะเข้าทำลายเมล็ดได้ง่าย เมล็ดจึงเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง และเนื่องจากเมล็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติที่เรียกว่า ไฮโกรสโคปิค (hygroscopic) คือ สามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศรอบ ๆ ภายนอก จนเกิดภาวะสมดุล (equilibrium) ขึ้น ที่สภาวะสมดุลนี้เมล็ดมีความชื้นคงที่ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศจึงเป็นตัวกำหนดความชื้นของเมล็ด หรืออาจกล่าวได้ว่าเมล็ดจะมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (สุรัตน์, 2545)

นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลต่อการเคลื่อนที่ของมอดหนวดยาวในกองเมล็ด โดยที่มอดหนวดยาวจะเคลื่อนที่เข้าหาเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ และจะกระจายตัวได้ดีที่เมล็ดที่มีความชื้นต่ำ (Jain *et al*., 2006)

2. การประเมินความเสียหายแบบ Count and weigh method

เนื่องจากแมลงเป็นตัวสาเหตุใหญ่อันหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดพืชหรือผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว ความเสียหายที่กล่าวถึงอย่างรวม ๆ มักจะเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายโดยน้ำหนัก (weigh loss) วิธีการนี้มีประโยชน์ในการประเมินความเสียหายที่ระดับการลงทำลายของแมลงอยู่ในระดับปานกลาง (moderate infestation) โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์น้อยที่สุด ส่วนข้อจำกัดมีอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลายประการดังนี้คือ กรณีของเมล็ดเสียแต่ไม่สามารถแยกออกมาโดยการดูลักษณะภายนอกได้ (hidden infestation) จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดที่เสียหายคำนวณออกมาต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (under estimation) ทั้งนี้เพราะว่าเมล็ดที่สูญเสียน้ำหนักไปแล้ว แต่ว่าถูกนำไปรวมอยู่ในส่วนของเมล็ดดี ในกรณีที่เมล็ดถูกทำลายเสียหายอย่างหนักเมล็ดจะเสียรูปร่างนับได้ยาก ซึ่งอาจจะทำให้การนับผิดพลาดได้ (counting errors) อีกประการหนึ่งในกรณีที่แมลงบางชนิดชอบทำลายเมล็ดที่มีความชื้นสูง ถ้าเมล็ดที่มีความชื้นของเมล็ดแตกต่างกันไป จะทำให้ความสัมพันธ์ระว่างน้ำหนักที่สูญหาย และเมล็ดที่ถูกทำลาย (damaged grains) ไม่ถูกต้องตามความเป็นจริงได้ (ชุมพล, 2533)

Compton and Sherington (1999) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ วิธีการประเมินฝักข้าวโพดที่เสียหายเนื่องจากแมลงเข้าทำลายโดยน้ำหนัก โดยการประเมินให้คะแนนระดับความเสียหายของฝักข้าวโพดเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลง (โดยการประเมินด้วยสายตา) แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่พบความเสียหายเนื่องจากแมลง ระดับที่ 2 พบความเสียหายเนื่องจากแมลงเล็กน้อย ระดับที่ 3 พบความเสียหายเนื่องจากแมลงเล็กน้อยถึงปานกลาง ระดับที่ 4 พบความเสียหายเนื่องจากแมลงระดับปานกลาง ระดับที่ 5 พบความเสียหายเนื่องจากแมลงระดับรุนแรง และระดับที่ 6 พบความเสียหายเนื่องจากแมลงระดับรุนแรงมาก แล้วนำค่าระดับที่ได้ไปคำนวณในสมการ ค่าที่ได้จะเป็นค่าการสูญเสียน้ำหนักโดยรวม ซึ่งวิธีนี้สามารถทำให้ประเมินความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว ง่ายและมีประโยชน์มากสำหรับการทำงานในไร่ ความแม่นยำที่ได้จะให้ผลคล้ายกับการประเมินการสูญเสียน้ำหนักโดยการชั่งน้ำหนัก

3. การทดสอบความงอก

การทดสอบความงอกของเมล็ดเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้ทราบถึงจำนวนหรือสัดส่วนของเมล็ดที่มีชีวิต และสามารถงอกให้ต้นอ่อนที่สมบูรณ์ ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ต้องดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิด มีการตรวจนับและประเมินผลการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ดังนั้นจึงควรดำเนินการทดสอบความงอกของเมล็ดตามวิธีมาตรฐานซึ่งสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association; ISTA) (จวงจันทร์, 2529)

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด

การที่เมล็ดที่มีชีวิตจะงอกได้นั้น เมล็ดต้องได้รับปัจจัยหรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด 3 อย่าง คือ (1) น้ำหรือความชื้น (2) ออกซิเจน และ (3) อุณหภูมิที่เหมาะสม นอกจากนี้เมล็ดบางชนิดยังต้องการแสงเพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) น้ำหรือความชื้น เมล็ดที่นำมาทดสอบความงอกจะได้รับน้ำหรือความชื้นจากวัสดุเพาะโดยการดูดซับน้ำ ฉะนั้นน้ำหรือความชื้นในวัสดุเพาะต้องอยู่ในปริมาณที่พอเพียงที่เมล็ดจะดูดไปใช้ได้ หากวัสดุเพาะมีน้ำมากเกินไปจะกีดกั้นการดูดซึมออกซิเจนของเมล็ด ในขณะเดียวกันถ้าความชื้นในวัสดุเพาะต่ำเมล็ดจะงอกได้ช้าหรืออาจไม่งอก

2) ออกซิเจน เมล็ดได้รับออกซิเจนจากบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ปกติแล้วในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปมีออกซิเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการงอกของเมล็ด

3) อุณหภูมิที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืชทั่ว ๆ ไปอยู่ในช่วง 10-35 องศาเซลเซียส เมล็ดพืชบางชนิดงอกได้ที่อุณหภูมิคงที่ (constant temperature) ส่วนเมล็ดพืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิสูงต่ำสลับกัน (alternating temperature) กล่าวคือ ใน 1 วัน เมล็ดต้องการอุณหภูมิในระดับสูงประมาณ 8 ชั่วโมง และอุณหภูมิต่ำประมาณ 16 ชั่วโมงสลับกันไป

4) แสง เมล็ดพืชบางชนิดต้องการแสงเพื่อไปกระตุ้นการงอก แสงอาทิตย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือแสงที่มีความเข้มข้นประมาณ 75-100 แรงเทียนพอเพียงในการกระตุ้นให้เมล็ดงอก หากเพาะเมล็ดพืชพวกที่ต้องการแสงในตู้เพาะ (germinator) มักนิยมใช้ daylight germinator ซึ่งออกแบบให้มีแสงจากหลอดไฟฟ้าพวกฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) ซึ่งติดไว้ข้างตู้เพาะที่เป็นกระจกใสหรือฝ้า แสงสว่างส่องเข้าไปในตู้เพาะได้ แต่ไม่ทำให้อุณหภูมิภายในตู้เพาะสูงขึ้น

4. การทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดโดยวิธีทางชีวเคมี (Biological test for seed viability)

วิธีทีซี (TZ test) หรือวิธีเตตราโซเลียม (tetrazolium test) หรือการทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดโดยวิธีทางชีวเคมี เป็นวิธีทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดที่สามารถทราบผลได้ภายใน 24 ชั่วโมง โดยอาศัยหลักการปฏิกิริยาเคมีของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase enzyme) ซึ่งมีอยู่ในเซลล์สิ่งมีชีวิตของเมล็ด เอนไซม์นี้จะเกี่ยวข้องกับการหายใจของเซลล์ซึ่งจะปล่อย H^+ ออกมา เมื่อ H^+ ทำปฏิกิริยากับสารละลายของเกลือเตตราโซเลียมหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 2, 3, 5 tripheyl tetrazolium chloride เป็นสารละลายที่ไม่มีสี (colorless) และสามารถแพร่กระจาย (diffusible) ได้สารที่เรียกว่า ฟอร์มาแซน (formazan) หรือ 2, 3, 5 tripheyl tetrazolium formazan มีสีแดง ไม่สามารถละลายน้ำและไม่แพร่กระจาย (non-diffusable) ดังนั้นเมล็ดที่มีชีวิตที่มีการหายใจเมื่อทำการทดสอบโดยวิธี TZ จะติดสีแดง ส่วนเมล็ดที่ไม่มีชีวิตไม่มีการหายใจจะไม่ติดสี (ISTA, 2003) เราจึงสามารถแยกเมล็ดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิตออกจากกันได้ โดยพิจารณาว่าหากส่วนที่มีความสำคัญต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การงอกของเมล็ดติดสีทั้งหมดหรือติดสีคลอบคลุมพื้นที่สำคัญเพียงพอเมล็ดนั้นน่าจะงอกได้ และจัดเป็นเมล็ดที่ยังมีชีวิตอยู่ (viable seed) แต่ถ้าอวัยวะสำคัญนั้นไม่ติดสีเลยหรือติดสีเพียงบางส่วนแต่พื้นที่สำคัญที่จะพัฒนาเป็นต้นอ่อนนั้นไม่ติดสีเพราะเซลล์ตายแล้วนั้นและเมล็ดนั้นจะถูกจัดเป็นเมล็ดที่ไม่มีชีวิต (non-viable seed)

5. การตรวจสอบโรคที่ติดมากับเมล็ด (Testing of seed-borne diseases)

เชื้อราสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้ โดยก่อให้เกิดโรคทำให้สิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ถูกทำลาย ได้แก่ เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคในพืช ในสัตว์ และมนุษย์ รวมทั้งโรคในแมลง เชื้อราในโรงเก็บเป็นเชื้อราที่สามารถพบได้ทั่วไปทุกแห่ง ดังนั้นเมล็ดพืชจึงมีโอกาสติดเชื้อได้ง่าย เช่น ติดมาจากในไร่ ขณะตากในลานตากเมล็ด ขณะกะเทาะเปลือกหรือนวด ขณะขนส่งหรือในขณะที่เก็บรักษา เชื้อราอาจติดอยู่บนผิวเมล็ดหรือแทรกอยู่ตามรอยแตกแยกของเปลือกเมล็ด โดยการพักตัวอยู่ในรูปของเส้นใยสปอร์หรือโครงสร้างขยายพันธุ์แบบต่าง ๆ เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะเจริญเติบโตทวีจำนวนทำลายเมล็ดต่อไป ในการตรวจสอบโรคในเมล็ดโดยวิธีเพาะเลี้ยงไว้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Agar method) มักใช้ในการจำแนกชนิดของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นการตรวจสอบโดยการเพาะเมล็ด เชื้อราที่สำคัญในโรงเก็บ ได้แก่ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. วิธีนี้สามารถจำแนกชนิดของเชื้อราได้ด้วยตาเปล่า คือ ดู จากสี และลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ประเทือง, 2538; ประสาทพร, 2534) เชื้อราทำลายแมลงบางชนิด เช่น *Ascomycotina* และ *Deuteromycotina* แมลงตายเนื่องจากสารพิษที่เชื้อราปล่อยออกมาในช่วงเริ่มต้นของการทำลาย จากนั้นไมซีเลียมสร้างเส้นใยบนซากแมลง (saprophytically) ในขณะที่เส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตจะดูดน้ำ และสารอาหารจากแมลงทำให้ซากแมลงแห้ง เชื้อราทำลายแมลงส่วนใหญ่เส้นใยจะออกมาจากตัวแมลงอาศัยหลังจากแมลงตายแล้ว ปกติแมลงจะเกาะติดกับต้นพืชหรือถูกทำให้ยึดติดโดยขบวนการเกิดโรค จากนั้นไมซีเลียมที่อยู่ภายนอกจะสร้างสปอร์ และสปอร์จะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยหรือฟุ้งกระจายอย่างรวดเร็วเข้าสู่วงจรการเข้าทำลายต่อไป (Hawksworth and Kirsop, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved