บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การเก็บรักษาเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

การผลิตข้าวของประเทศไทยหลังจากผ่านขั้นตอนต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว และลดความชื้นของเมล็ดแล้ว เกษตรกรมักจะเก็บข้าวเปลือกไว้ในยุ้งฉางหรือโรงเก็บ เพื่อใช้บริโภคเองส่วนหนึ่ง ผลผลิตที่เหลือจะขายให้กับพ่อค้าหรือโรงสีข้าว ซึ่งการเก็บรักษาข้าวเปลือกดังกล่าวนั้นมีทั้งการเก็บในลักษณะของการกองเมล็ดกับพื้นโดยไม่ได้บรรจุเมล็ดข้าวเปลือกในภาชนะใดๆ หรือบรรจุเมล็ดไว้ในกระสอบป่านแล้วเรียงซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ ตามลักษณะการจัดเก็บของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแต่ละราย นอกจากนี้ผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูงอาจมีการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเปลือกไว้ในไซโลหรือถังเก็บเมล็ดขนาดใหญ่ที่มีปริมาณความจุมาก เพื่อให้มีเมล็ดสำรองเพียงพอตลอดระยะการผลิตในแต่ละปี สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดไว้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ระหว่างรอการจำหน่าย การส่งออก การแปรรูป เพื่อบริโภค หรือเป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้เพาะปลูกในฤดูกาลต่อไปมักจะประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ (บุษรา และคณะ, 2542) เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะต่อการเจริญเติบโต การแพร่ขยายพันธุ์ และการเข้าทำลายของแมลงสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตเป็นจำนวนมาก ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการเก็บรักษา ขนาดและปริมาณของผลผลิต ชนิดของแมลง และสภาพแวดล้อม ตลอดจนระยะเวลาการในเก็บรักษา (ชุมพล, 2533) จึงถือได้ว่าการเก็บรักษาเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และสามารถป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลผลิตได้ถ้ามีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีอย่างถูกต้องและเป็นระบบ ตัวอย่างงานทดลองที่เกี่ยวกับการเก็บรักษาเมล็ดโดย ไพฑูรย์ และคณะ (2542) ที่เก็บเมล็ดข้าวเปลือกในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานถึง 28 เดือน โดยที่ยังมีความงอกเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ และปราศจากการเข้าทำลายของแมลงในขณะที่ชุดควบคุมนั้นเก็บรักษาได้เพียง 9 เดือน และมีการเข้าทำลายของแมลงถึง 19 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ บุษรา และคณะ (2542) ได้ใช้โรงเก็บสำเร็จรูป (Volcani cube®) ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ข้าวเปลือกและถั่วเขียว พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตผลดังกล่าวได้ในระยะเวลา 6-9 เดือน และป้องกันการเข้าทำลายแมลงศัตรูที่ทำลายผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ทุกชนิดโดยไม่ต้องใช้สารเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสูญเสียของข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

ความสูญเสียของผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว แบ่งเป็นความสูญเสียด้านปริมาณและด้านคุณภาพ มีปัจจัยที่เป็นสาเหตุสำคัญอยู่ 2 ประการคือปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) โดยมีอุณหภูมิกับความชื้นเป็นตัวการสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิต และอายุการเก็บรักษา ส่วนปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) เป็นพวกศัตรูที่เข้าทำลายหลังการเก็บเกี่ยว ที่พบอยู่หลายชนิดเช่น นก หนู เชื้อรา ไรและแมลง ซึ่งศัตรูเหล่านี้ในแต่ละปีทำความเสียหายให้กับเมล็ดข้าวเป็นอย่างมาก จากที่กล่าวมาแล้วนั้นนับว่าแมลงเป็นตัวการสำคัญที่ทำความเสียหายให้กับเมล็ดข้าวได้มากที่สุด (วิเชียร, 2525) ผลเสียหายที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บกับเมล็ดพืชมีดังนี้ 1) ทำให้ผลผลิตสูญเสียน้ำหนัก 2) ทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหาร 3) เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอก 4) ทำให้ผลผลิตเสียคุณภาพ 5) ทำให้สูญเสียเงินทอง 6) ทำให้เสียชื่อเสียง และ 7) ทำให้เกิดปัญหาทางสังคม ในปัจจุบันการรายงานความสูญเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวยังมีอยู่น้อยและไม่มีใครสามารถประเมินความเสียหายทั้งหมดออกมาเป็นตัวเลข หรือเป็นรูปธรรมให้เห็นได้อย่างชัดเจน (ชุมพล, 2533)

ชูวิทย์ และคณะ (2535) ได้รายงานว่าพบความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ยประมาณ 5-11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการประเมินความเสียหายโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ขณะที่ความเสียหายในบางประเทศอาจสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในประเทศกลุ่มอาเซียน ปี พ.ศ. 2513 มีรายงานความเสียหายของข้าวเปลือกภายหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อปี สำหรับประเทศไทยพบความเสียหายโดยรวมประมาณ 12-25 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 1998) ซึ่ง ชูวิทย์ (2519) รายงานไว้ว่าความเสียหายจากการเก็บข้าวเปลือกเป็นเวลา 1 ปี จะมีประมาณ 0.05-10.48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในถั่วเขียวและข้าวโพด เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน จะพบความเสียหาย ประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ และ 96.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบความสูญเสียของเมล็ดข้าว ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการเข้าทำลายของแมลงอยู่ประมาณ 34.4 เปอร์เซ็นต์ (ทัศนีย์, 2540) มีรายงานว่าการเข้าทำลายของแมลงทำให้เกิดความสูญเสียกับข้าวเปลือกประมาณ 3.96-4.64 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวกล้องประมาณ 21.41-46.44 เปอร์เซ็นต์ และในข้าวสารเกิดความเสียหายประมาณ 12.98-30.35 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับข้าวเปลือกนั้นจะน้อยกว่าในข้าวกล้องหรือข้าวสารทั้งนี้เพราะเมล็ดข้าวเปลือกสามารถต้านทานการเข้าทำลายของแมลงได้ดีกว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้ว (Nakakita *et al.*, 1991)

แมลงศัตรูในโรงเก็บที่ชอบเข้าทำลายเมล็ดข้าวเปลือก และทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด ได้แก่มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าว และผีเสื้อข้าวเปลือก ฯลฯ แมลงเหล่านี้จะเจาะชอนไชเข้าไปใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดและเจริญเติบโตอยู่ภายใน นอกจากนี้ยังมีแมลงชนิดอื่นที่มักจะทำลายเฉพาะจุดงอกหรือผิวของเมล็ดรวมทั้งเมล็ดข้าวที่แตกหักหรือถูกแมลงชนิดอื่นเจาะทำลายแล้วเท่านั้น เช่นพวก Cadelle (*Tenebroides mauritanicus*), Saw-toothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*), Flat grain beetle (*Laemophloeus pusillus*), Indian-meal moth (*Plodia interpunctella*), Mediterranean flour moth (*Cadra cautrlla*) และ Rice moth (*Corcyra cephalonica*) เป็นต้น ส่วนในข้าวกล้องหรือข้าวสารแมลงบางชนิดที่เคยทำลายข้าวเปลือกซึ่งคิดว่าไม่สำคัญกลับกลายมาเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญได้เช่นพวก Saw-toothed grain beetle, Flour beetle (*Tribolium castaneum*), (*Tribolium confusu*), Cadelle, Flat grain beetle, Indian-meal moth, Mediterranean flour moth และ Rice moth (วิเชียร, 2525) การสำรวจแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยวในประเทศไทยพบแมลงซึ่งอยู่ในกลุ่มของด้วงปีกแข็งมีมากกว่า 30 ชนิด และกลุ่มของผีเสื้อกลางคืนอีกประมาณ 6 ชนิด ที่เข้าทำลายข้าวตามสถานที่ต่างๆ ดังแสดงในตาราง 1 (Nakakita *et al.*, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 ชนิดของแมลงศัตรูในโรงเก็บที่พบในโรงเก็บเมล็ดข้าวของประเทศไทย

Insect	Farmers' Warehouse	Seed Storage	Rice Mill	Port Godown
ORDER COLEOPTERA				
Histeridae				
Carcinops sp. indet.			E	
Anthicidae				
Anthicus sp. indet.			E	
Dermestidae				
genus & species indet. spp.			E	
Attagenus fasciatus (Thunberg)			E	
Thorictodes heydeni Jhon	D	D	C	C
Anobiidae				
Lasioderma serricorne (Fabricius)			D	D
Bostrichidae				
Dinoderus sp. indet.			E	
Rhyzopertha dominica (Fabricius)	A	A	A	D
Trogositidae				
Lophocateres pusillus (klug)	A	A	A	C
Tenebroides mauritanicus L.	C		C	
Nitidulidae				
Carpophilus dimidiatus (Fabricius)			C	D
Cucujidae				
Cryptolestes spp.	A	B	A	B
Cerylonidae				
Murmidius ovalis (Beck)	D		D	
Murmidus sp. indet.			E	
Silvanidae				
Ahasverus advena (Waltl)			D	A
Oryzaephilus surinamensis L.	A	B	B	A
Merophisidae				
Holoparamecus sp. indet.			E	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 (ต่อ)

Insect	Farmers' Warehouse	Seed Storage	Rice Mill	Port Godown
Mycetophagidae				
Typhaea stercorea (Linnaeus)			D	
Tenebrionidae				
genus & species indet. sp.			E	
Alphitobius diaperinus (Panzer)		E	C	C
Alphitobius laevigatus (Fabricius)			E	
Coelopalorus foveicollis (Blair)			C	
Latheticus oryzae Waterhouse			B	
Palorus ratzeburgi (Wissmann)	D	C	B	C
Tribolium castaneum (Herbst)	B	B	A	A
Curculionidae				
Sitophilus spp.	A	A	A	B
ORDER LEPIDOPTERA				
Tineidae				
Setomortha sp. indet.			E	
Gelechiidae				
Sitotroga cerealella (Oliver)	A	A	B	E
Galleriidae				
Corcyra cephalonica (Stainton)			D	B
Doloessa viridis Zeller			E	
Phycitidae				
Cadra cautella (Walker)	+		E	
Plodia interpunctella (Hubner)				+

Frequency ratio of occurrence : A = 1-0.7, B = 0.6-0.4, C = 0.3-0.1, D = 0.09-0.02 and E < 0.019

\+ Captured by Pheromone Trap

ที่มา : Nakakita *et al.* (1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

วิธีการตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจดูด้วยสายตาจากตัวอย่างเมล็ดที่สุ่มมาโดยตรง และตัวอย่างที่สุ่มมานั้นต้องเป็นตัวแทนที่ดีสำหรับประเมินจำนวนและชนิดของแมลง หรือความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (Hagstrum *et al.*, 1985) เหตุผลที่ต้องมีการตรวจหาแมลงนั้นมีหลายข้อดังนี้ 1) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาว่ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการป้องกันกำจัดแล้วหรือไม่ 2) เพื่อประเมินผลของการป้องกันกำจัด และ 3) เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบก่อนที่จะรับรองคุณภาพของผลผลิต ในแง่ของการค้าหรือรับรองว่าปลอดจากแมลงศัตรูที่สำคัญก่อนที่ผลผลิตนั้นจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศ หรือนำเข้ามาภายในประเทศ โดยการตรวจหาแมลงนั้นสามารถออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ มีทั้งวิธีทางตรงซึ่งจะเป็นการสังเกตดูปริมาณแมลงและความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยตรง ส่วนวิธีทางอ้อมนั้นเป็นการตรวจหาแมลงที่หลบซ่อนหรือทำลายอยู่ข้างในโดยที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทั้งทางด้านเคมีและฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การวัดอุณหภูมิในกองเมล็ด การวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การวัดปริมาณของกรดยูริก การใช้รังสี x-ray การใช้เสียงและการสั่น ฯลฯ (ชุมพล, 2533)

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บสามารถทำได้หลายวิธี โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ ได้แก่การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช่สารเคมีที่มีอยู่หลายวิธีด้วยกันเช่น การทำความสะอาดทั้งในส่วนของเมล็ดและโรงเก็บ การใช้ความร้อนหรือความเย็นจัด การใช้สารบางอย่างที่ไม่เป็นพิษคลุกกับเมล็ด การใช้กับดักแมลง การใช้พันธุ์ต้านทาน การใช้วิธีทางชีวภาพ ฯลฯ อีกวิธีหนึ่งคือการป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมีฆ่าแมลง แต่การใช้สารฆ่าแมลงหรือสารรมกำจัดแมลงมีผลกระทบดังนี้ 1) เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภคโดยตรง 2) ปัญหาเรื่องสารพิษตกค้าง 3) แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี 4) อาจทำให้ผลผลิตเกิดจุดหรือรอยด่าง และ 5) ส่งผลต่อระบบนิเวศวิทยาของโรงเก็บ (ชุมพล, 2533) จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความพยายามที่จะหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีแล้วหันกลับมาใช้การป้องกันกำจัดแมลงโดยวิธีธรรมชาติ ลดหรือหยุดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย (บุษรา และคณะ, 2542) การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมีได้มีการศึกษาอยู่หลายวิธีเช่น มาลี และคณะ (2535) ได้ศึกษาถึงวิธีการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บที่เข้าทำลายสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟ พบว่ามอดแป้งและมอดยาสูบเป็นศัตรูที่สำคัญสามารถเข้าทำลายสมุนไพรได้มากกว่าครึ่งจากทั้งหมด เมื่อใช้คลื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไมโครเวฟสามารถทำลายมอดแป้งได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตและไม่พบแมลงตลอด 4 สัปดาห์ อีกทั้งยังสามารถกำจัดแมลงศัตรูชนิดพืชอื่นๆ ได้เช่นกัน เช่นเดียวกับ Huque (1972) ซึ่งใช้รังสีแกรมม่าที่ระดับ 25 kR เพื่อทำลายไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวสารและผีเสื้อโรงเก็บ โดยที่การฉายรังสีนั้นไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว

การตรวจสอบแมลงโดยตรวจวัดเสียงหรือการสั่นสะเทือนที่เกิดจากกิจกรรมของแมลง

การตรวจวัดเสียงของแมลง (acoustical detection) เป็นวิธีการที่สามารถให้คำตอบได้ทันทีว่ามีแมลงหรือมีกิจกรรมของแมลงในตัวอย่างที่ตรวจสอบหรือไม่ และข้อดีอีกอย่างหนึ่งคือเป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายตัวอย่าง แมลงยังคงมีชีวิตอยู่ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากโดยเฉพาะงานทางด้านการวิจัย สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบจะประกอบไปด้วยตู้ควบคุมเสียง (acoustic chamber) ที่สามารถกันไม่ให้เสียงหรือแรงสั่นสะเทือนผ่านเข้าออกได้ ภายในตู้ดังกล่าวจะมีไมโครโฟนหรือตัวรับสัญญาณเสียง (acoustic sensor) เมื่อนำตัวอย่างที่จะตรวจสอบใส่ลงไปในตู้และใช้ไมโครโฟนที่มีความสามารถในการขยายเสียงได้สูงมาก ทำให้ผู้ฟังสามารถได้ยินเสียงแมลงผ่านทาง loud speaker หรือแปรสัญญาณเสียงออกมาในรูปกราฟด้วย oscilloscope (ชุมพล, 2533) การตรวจวัดเสียงของแมลงสามารถทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพธรรมชาติ

การตรวจวัดเสียงของแมลงสามารถใช้ติดตามการเข้าทำลาย และควบคุมปริมาณของแมลงได้อย่างต่อเนื่อง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดกับผลผลิต อันเนื่องมาจากการเข้าทำลายที่ไม่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน (Adam *et al.*, 1953) เสียงของแมลงที่ตรวจวัดได้จะเกิดจากกิจกรรมต่างๆ เช่นการกินอาหารหรือการเคลื่อนที่ของแมลง ส่วนปริมาณของเสียงแมลงที่ตรวจพบจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการตรวจวัด ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวรับสัญญาณเสียง และช่วงระยะการเจริญเติบโตของแมลง (Hagstrum *et al.*, 1991) โดยมีงานทดลองอยู่หลายชิ้นที่มีการประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดเสียงของแมลงที่มีแหล่งอาศัยแตกต่างกัน เช่นแมลงในดิน แมลงที่อาศัยในลำต้นพืชหรือแมลงที่บินอยู่ในอากาศ ดังที่ Chesmore and Nellenbach (2001) สามารถจำแนกชนิดของแมลงในกลุ่มพวก Orthoptera หรือพวกจิ้งหรีดและตั๊กแตนจำนวน 25 ชนิดในเกาะอังกฤษได้จากเสียงการกินอาหาร การต่อสู้ การเคลื่อนที่ หรือการสื่อสารของแมลงโดยใช้เสียง และพบว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากมีความถูกต้องถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่ Rohitha *et al.* (1994) ได้ตรวจวัดเสียงของตัวหนอน Lemon tree borer (*Oemona hirta*) ซึ่งแมลงชนิดนี้จะเจาะทำลายต้นพืชตระกูลส้ม โดยสามารถระบุลักษณะของเสียงเคี้ยวอาหารจากตัวหนอนได้ในช่วงความถี่ระหว่าง 500-4,000 Hz ส่วนเสียงที่เกิดจากการกัดชิ้นพืชอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 8,000 Hz

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และจากงานทดลองของ Green (1998) ที่ตรวจวัดเสียงจากการเคลื่อนที่และการกินอาหารของหนอน sugarcane rootstock borer weevil (*Diaprepes abbreviatus*) ที่เข้าทำลายพืชตระกูลส้มซึ่งแมลงชนิดนี้จะไชเปลือกส้มตั้งแต่รากไปถึงยอดส้ม พบว่าเสียงจากกิจกรรมดังกล่าวจะอยู่ในช่วงความถี่ที่ 150 และ 250 Hz ซึ่งระดับความดังของเสียงแมลงมีค่าสูงกว่า background noise ประมาณ 15 เดซิเบล เช่นเดียวกับที่ Mankin *et al.* (1998a, 1998b, 2001) พบว่าคลื่นเสียงจากการเคลื่อนที่ในดินของตัวหนอน Diaprepes citrus root weevil ที่ใช้ piezoelectric microphone กับ accelerometers ในการตรวจวัดจะอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz และมีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 80-90 เดซิเบล เทียบกับ background noise ที่วัดได้ประมาณ 60-70 เดซิเบล ส่วนตัวหนอนของ Phyllophaga beetle grub มีระดับความดังของเสียงมากกว่า background noise ประมาณ 10 เดซิเบล และเสียงจากการกัดเคี้ยวอาหารกับการเคลื่อนที่ของแมลงทั้งสองชนิดนี้มีความใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดจากไส้เดือนดินที่อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 300-600 Hz และคงได้อยู่นานเพียง 5-10 มิลลิวินาทีเท่านั้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังสามารถแสดงลักษณะ spectrum ของเสียงจากสิ่งมีชีวิตในดินโดยแยกเป็นชนิดต่างๆ ได้แก่ millipede, mole cricket, earthworm, white grub และ ants โดยดูจากความแตกต่างของคลื่นเสียงในช่วงความถี่ต่างๆ และระดับความดังของเสียง

สำหรับการตรวจวัดเสียงของแมลงที่เข้าทำลายภายในเมล็ดพืช ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเสียง การกระจายตัวของเสียง และการตรวจวัดเสียงของแมลง มีทั้งทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนาแน่นและการคงอยู่ของสัญญาณเสียง ลักษณะแถบเสียงของแมลง (spectrum) ผลของอุณหภูมิขณะตรวจวัด ส่วนปัจจัยทางด้านชีวภาพได้แก่ ชนิดและสรีระวิทยาหรือพฤติกรรมของแมลง ตลอดจนลักษณะของเมล็ดพืชแต่ละชนิด (Mankin *et al.*, 1997) ดังที่การทดลองของ Mankin (2001) ได้ใช้ไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นให้ตัวหนอนของ *Plodia interpunctella* มีกิจกรรมหรือการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัดเสียง ส่วนผลของอุณหภูมิต่อการตรวจวัดเสียงของแมลงโดย Shade *et al.* (1990) รายงานว่าคลื่นเสียงของแมลงที่ตรวจพบนั้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิกล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มระดับเสียงของแมลงที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นตาม ดังผลการทดลองที่แสดงว่าเสียงของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) นอกจากจะเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของแมลงแล้วยังเพิ่มตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยระดับของเสียงแมลงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 13^{0}C ไปจนถึง 25^{0}C แต่เสียงจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-38^{0}C และลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 38 เป็น 45^{0}C ในทำนองเดียวกับ Hagstrum and Flinn (1993) ที่พบว่าระดับของเสียงจากด้วงงวงข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 17.5^{0}C เป็น 35^{0}C แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้ส่วนในมอดแป้งและมอดข้าวเปลือกผลการทดลองก็เป็นไปในทางเดียวกัน ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของแมลง ส่วนงานทดลองของRobert *et al.* (1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าคลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ในกองที่มีเมล็ดขนาดใหญ่เช่น เมล็ดข้าวโพด ถั่วเหลืองได้ดีและเป็นระยะทางที่ไกลกว่าในกองที่มีเมล็ดขนาดเล็กเช่น เมล็ดข้าว ข้าวสาลีและข้าวฟ่าง เป็นต้น

จากงานวิจัยของ Hagstrum *et al.* (1988, 1990) ที่ตรวจวัดคลื่นเสียงของแมลง เพื่อประเมินหาความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวเปลือกในระยะตัวหนอน พบว่าสามารถใช้วิธีนี้ในการตรวจสอบและมีความถูกต้องของประชากรที่ตรวจวัด เทียบได้กับการนับจำนวนแมลงโดยตรงจากตัวอย่างเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบเสียงที่เกิดในระยะตัวหนอนกับระยะตัวเต็มวัย ก็พบว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากตัวเต็มวัยมีปริมาณมากกว่าตัวหนอนถึง 37 เท่า และในการศึกษาครั้งต่อมาก็พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเสียงที่เกิดจากแมลงจะแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร Vick *et al.* (1988) ได้ตรวจวัดคลื่นเสียงของตัวหนอนมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าว และผีเสื้อข้าวเปลือกที่เข้าทำลายเมล็ดข้าว ข้าวสาลีและข้าวโพด ด้วยการใช้ piezoelectric sensors พบว่ามีอัตราการเข้าทำลายระหว่าง 1-20 เมล็ดต่อเมล็ด 100 มิลลิลิตร และสรุปได้เอาไว้ว่าปริมาณของเสียงที่ตรวจพบมีความสัมพันธ์ กับอัตราการเข้าทำลายของแมลง

Adam *et al.* (1953) ได้รายงานวิธีการตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงภายในถังเก็บเมล็ดโดยไม่ต้องมีการเคลื่อนย้ายเมล็ดออกมาภายนอก ด้วยการใช้สายเคเบิลที่มีตัวตรวจวัดเสียงพร้อมกับเครื่องวัดอุณหภูมิ (thermocouple) สำหรับวัดอุณหภูมิในกองเมล็ดติดตั้งลงในถัง พบว่าเป็นวิธีการที่สามารถตรวจและเฝ้าระวังการเข้าทำลายของแมลงได้อย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับงานทดลองของ Hagstrum *et al.* (1996) ที่ใช้สายเคเบิลซึ่งมีตัวตรวจวัดเสียงจำนวน 20 ตัว และแต่ละตัวห่างกัน 15 เซนติเมตร ใส่ลงในถังเก็บเมล็ดขนาด 65-191 เมตริกตัน จำนวน 7 เส้นต่อถัง โดยตั้งลงในแนวดิ่งและเรียงไปตามเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง พบว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการประเมินระดับการเข้าทำลายของแมลงและจากการตรวจสอบพบแมลงที่สำคัญได้แก่ มอดข้าวเปลือก มอดแป้งและด้วงงวงข้าว ตามลำดับ โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0-17 ตัวต่อกิโลกรัมเมล็ด และตำแหน่งที่ตรวจพบการเข้าทำลายของแมลงมากที่สุดคือด้านบนของกองเมล็ดบริเวณตรงกลางถัง

Mankin *et al.* (1996)ได้พัฒนาวิธี electronic sound detection สำหรับใช้ตรวจวัดเสียงที่เกิดจากการกินอาหารหรือการเคลื่อนไหวของแมลง ที่มีความเข้มของเสียงน้อยและสูญหายได้อย่างรวดเร็วในกองเมล็ดโดยนำมาเทียบกับระดับการอัดตัวของเสียง และยังได้ทดลองฝังไมโครโฟนลงในตัวอย่างเมล็ดให้มีความลึก 3 เซนติเมตร ตรงบริเวณที่มีการเข้าทำลายของแมลง พบว่าวัดเสียงของตัวหนอนด้วงงวงข้าวที่อยู่ในเมล็ดข้าวสาลีได้เท่ากับ 23 เดซิเบล อ้างอิงกับระดับการอัดตัวของเสียงที่ 20 μPa แต่เมื่อเสียงมีค่าน้อยกว่า 10 เดซิเบลจะไม่สามารถตรวจสอบได้ ส่วนการตรวจวัดเสียงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ (acoustic location fixing insect detector) ก็พัฒนาขึ้นมาเพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงในเมล็ดตัวอย่างภายใต้ขอบเขตที่จำกัด และได้ทดลองตรวจวัดเสียงการกิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารของตัวหนอนด้วงงวงข้าว ก็พบว่ามีความถูกต้องถึง 64 เปอร์เซ็นต์ สำหรับประเมินการเข้าทำลายของแมลงชนิดนี้ (Shuman *et al.*, 1993) นอกจากนี้ยังมีวิธีการตรวจสอบแบบต่างๆ โดยอาศัยหลักการเดียวกันเช่น วิธี insect activity monitoring system (Zakladnai and Ratanova, 1986) วิธี multiple acoustic emission detector (Fujii *et al.*, 1990) และวิธี biomonitor (Shade *et al.*, 1990)

อย่างไรก็ตามการตรวจสอบเสียงของแมลงโดยวิธีดังกล่าวนั้น ใช้ได้ผลดีกับแมลงศัตรูในโรงเก็บบางชนิดที่มีขนาดใหญ่เช่น มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และด้วงงวงข้าว แต่ยังขาดประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้กับแมลงขนาดเล็กเช่น ด้วงงอกฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis*) และ rusty grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus*) เป็นต้น (Hagstrum and Flinn, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved