บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ด้วงงวงข้าวโพดหรือมอดข้าวโพด

ชื่อสามัญ Maize weevil or Corn weevil

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sitophilus zeamais* Motschulsky

อันดับ Coleoptera

วงศ์ Curculionidae

รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ

ด้วงงวงข้าวโพดลำตัวมีสีน้ำตาลแก่จนเกือบเป็นสีดำ ลำตัวยาวประมาณ 3.0-3.5 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร มีศีรษะยื่นเป็นงวง (snout หรือ rostrum) ออกไป มีกราม (mandible) เป็นปากอยู่ที่ปลายงวง 1 คู่ มีหนวดแบบข้อศอก (geniculate) โดยปกติงวงของตัวผู้จะสั้นและกว้างกว่างวงของตัวเมีย ลำตัวมีสีน้ำตาลปนแดงจนถึงสีน้ำตาลแก่เกือบดำ บนเส้นหลังอกไม่เรียบเมื่อส่องดูด้วยกล้องขยายจะพบว่ามีหลุมลึกเป็นจุดแถวเรียงยาวกระจายอยู่ทั่วไป และมีรอยด่างสีเหลืองอมแดง (reddish-yellow) จำนวน 4 รอยบนปีกแข็ง (elytra) โดยอยู่ที่โคนปีกทางขอบด้านนอกข้างละรอยปลายปีกของขอบด้านนอกอีกข้างละรอย ปีกคู่ที่ 2 เป็นแผ่นบางใหญ่ และเจริญดีพับอยู่ใต้ปีกแข็ง ด้วงงวงข้าวโพดจะมีลักษณะรูปร่างทั่ว ๆ ไปเหมือนกับด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* (L.)) แต่ก็มีข้อแตกต่างกันที่จะสามารถแยกด้วงงวงทั้งสองชนิดนี้คือ อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของด้วงงวงข้าวที่โพรงฐานของอวัยวะสืบพันธุ์ (aedeagus) เป็นรูปโค้งครึ่งวงกลมและไม่มีร่อง (groove) ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของด้วงงวงข้าว โพดที่โพรงฐานของอวัยวะเป็นรูปโค้งรีขึ้นไปคล้ายรูปกรวยและมีร่องยาว และอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของด้วงงวงข้าวมีลักษณะเป็นรูปตัว Y ส่วนฐานแคบส่วนปลายไม่โค้งและยอดป้านมนกว่า ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของด้วงงวงข้าวโพดมีลักษณะเป็นรูปตัว Y ส่วนฐานมีขนาดกว้างกว่าส่วนปลายโค้งขึ้นเล็กน้อยและยอดเรียวแหลมกว่า (อุดม, 2521; Borror *et al.*, 1989)

ด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงที่มีการลอดรูปสมบูรณ์แบบ คือ มีการเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ระยะ คือ ระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ซึ่งแต่ละระยะมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไข่(egg): ไข่มีรูปร่างลักษณะยาวรี มีขนาดเล็กสีขาว มีลักษณะอ่อนยืดหยุ่นได้ รูปร่างคล้ายผลฝรั่ง ถูกวางเป็นฟองเดี่ยว ๆ ภายในเมล็ดและถูกผนึกปากรูด้วยสารเหนียวสีครีมอ่อน ถ้ามีแมลงชนิดนี้ จำนวนมาก เพศเมียอาจวางไข่ได้ 2-3 ฟอง ในเมล็ดพืชหนึ่ง ไข่มีความยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร กว้าง 0.3 มิลลิเมตร ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 3-7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุดม, 2521; Subramanyam and Hagstrum, 1995)

หนอน(larva): หนอนเมื่อแรกฟักมีสีขาว ลำตัวยาวประมาณ 0.5- 0.7 มิลลิเมตร ส่วนหัวมีสีน้ำตาลปนเหลือง กรามมีลักษณะคล้ายเขี้ยวมีสีน้ำตาลแก่จนเกือบดำ รูปร่างอ้วนป้อม ไม่มีขา ผิวหน้าย่น ตัวหนอนจะกัดกินภายในเมล็ดตลอดเวลาจนกระทั่งเจริญเติบโตเต็มที่ ลำตัวหนอนมีสีครีมอ่อน แผ่นหลังอกมีสีน้ำตาลแก่ขึ้น ลำตัวมีลักษณะป้อมและผิวหนังย่นมากขึ้น มีความยาวประมาณ 3.0 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ก่อนเข้าดักแด้ลำตัวยืดออก หยุดนิ่งไม่กินอาหาร 1-2 วัน ระยะหนอนใช้เวลาประมาณ 17-30 วัน มี 4 ระยะ (instar) (อุดม, 2521; วิเชียร, 2525; Subramanyam and Hagstrum, 1995)

ดักแด้ (pupa): ดักแด้เป็นแบบ exarate กล่าวคือ อวัยวะส่วนปาก หนวด ขา และปีกจะไม่แนบติดกับลำตัวและยื่นออกจากลำตัวเห็นได้ชัดเจน ระยะดักแด้ใช้เวลา 3-6 วัน (อุดม, 2521)

ตัวเต็มวัย (adult): เป็นด้วงปีกแข็งขนาดเล็ก มีความยาวประมาณ 2.4-4.5 มิลลิเมตร มีศีรษะยื่นเป็นงวง (snout หรือ rostrum) ออกไป มีกราม (mandible) เป็นปากอยู่ที่ปลายงวง 1 คู่ มีหนวดแบบข้อศอก (geniculate) ลำตัวมีสีน้ำตาลปนแดงจนถึงสีน้ำตาลแก่เกือบดำ บนเส้นหลังอกไม่เรียบ เมื่อส่องดูด้วยกล้องขยายจะพบว่ามีหลุมลึกเป็นจุดแถวเรียงยาวกระจายอยู่ทั่วไป และมีรอยด่างสีเหลืองอมแดง (reddish-yellow) จำนวน 4 รอยบนปีกแข็ง (elytra) โดยอยู่ที่โคนปีกทางขอบด้านนอกข้างละรอยปลายปีกของขอบด้านนอกอีกข้างละรอย ปีกคู่ที่ 2 เป็นแผ่นบางใหญ่และเจริญดีพับอยู่ใต้ปีกแข็ง ตัวเต็มวัยเจาะผิวเมล็ดออกมาทำให้เมล็ดนั้นเป็นรู (emergence hole) เห็นได้ชัดเจน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ได้ประมาณ 200- 400 ฟอง ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1-2 เดือน (วิเชียร, 2525; Jumruang, 1992; Subramanyam and Hagstrum, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชีพจักรของด้วงงวงข้าวโพดตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยจะใช้เวลา 35 วัน แต่ถ้าอยู่ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจจะใช้เวลาถึง 110 วัน (Dobie, 1977) ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส จะมีการเจริญเติบโตน้อยลงหรืออาจจะไม่มีการเจริญเติบโตเลย ส่วนที่อุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเจริญเติบโตครบวงจรชีวิตใช้เวลา 30-45 วัน (Edward and Heath, 1946; Davidson and Lyon, 1979)

พืชอาหาร

เมล็ดธัญพืชทุกชนิดคือ ข้าวโพด ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ และเมล็ดพืชอื่น ชอบทำลายเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูง แต่ไม่ทำลายแป้งเพราะตัวอ่อนไม่สามารถเจริญเติบโตในแป้งได้ (ชุมพล, 2533)

ความเสียหายของข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว

ด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดข้าวโพด ทั้งที่ใช้เพื่อทำพันธุ์หรือเพื่อการบริโภค แมลงชนิดนี้มีการแพร่กระจายเกือบทุกประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อนและอบอุ่น ตัวเต็มวัยมีปีกคู่ที่ 2 เจริญดี สามารถบินได้ไกล ๆ ทำให้การระบาดเป็นไปอย่างกว้างขวาง เพศเมียจะวางไข่บนเมล็ดธัญพืชในระยะใกล้เก็บเกี่ยว ดังนั้นผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจึงอาจมีแมลงชนิดนี้อาศัยก่อนนำเข้าไปเก็บในโรงเก็บ ทั้งตัวหนอนและตัวเต็มวัยของแมลงชนิดนี้สามารถทำลายเมล็ดธัญพืชได้อย่างรุนแรง โดยเต็มวัยจะเจาะกินเมล็ดพืชทำให้เป็นรูอยู่ทั่วไป ส่วนตัวหนอนกัดกินอยู่ภายในเมล็ดทำให้เนื้อภายในเมล็ดเป็นโพรง บางครั้งจะกัดกินเนื้อเมล็ดภายในจนเหลือแต่เปลือกหุ้มเมล็ด ทำให้เมล็ดมีน้ำหนักเบา และเสื่อมคุณค่าทางอาหาร (อุดม, 2521)

จากการทดสอบการเข้าทำลายของตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาพบปริมาณความเสียหายเพิ่มขึ้นในระหว่างเดือนที่ 4 และเดือนที่ 6 โดยหลังจากเก็บรักษาไว้ 4 เดือน มีความเสียหาย 45.8-55.5 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเก็บรักษาไว้ 6 เดือน มีความเสียหายถึง 92.4-98.3 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายโดยน้ำหนักและจำนวนแมลงที่ปล่อยเข้าไปมีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (Bitran *et al.*, 1978) โดยความเสียหายในช่วงการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดเท่ากับ 52.1 มิลลิกรัมต่อเมล็ด เมื่อมีจำนวนแมลงที่เจาะเมล็ดออกมาเฉลี่ย 2 ตัว ซึ่งการบริโภครวมของแมลงที่เจาะเมล็ดออกมา 1 ตัวเท่ากับ 35.1 มิลลิกรัม และมีประมาณ 25 มิลลิกรัมในเมล็ดที่มีแมลงเจาะเมล็ดออกมามากกว่าหนึ่งตัว (Adams, 1976) และจากการประเมินความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยว จากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูข้าวโพดในสามตำบลทางตอนใต้ของประเทศโซมาเลียพบว่า มีอัตราการเข้าทำลายเฉลี่ย 8.8 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเสียหาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยน้ำหนักจากการเข้าทำลายซังข้าวโพดเฉลี่ย 24.35-31.85 เปอร์เซ็นต์ และมีความเสียหายโดยน้ำหนักจากการเข้าทำลายในระดับตัวอย่างเมล็ด 2-4 เปอร์เซ็นต์ (Abukar *et al.*, 1986)

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดพบว่า ในระยะไข่ทำให้ความงอกลดลง 13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะตัวเต็มวัยทำให้ความงอกลดลงถึง 93 เปอร์เซ็นต์ (Santos *et al.*, 1990) และยังมีการทดสอบการสูญเสียโปรตีนจากการกินของแมลงศัตรูข้าวโพด พบว่า ด้วงงวงข้าวโพดและผีเสื้อข้าวเปลือกเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวโพด ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณโปรตีนในเมล็ดที่ถูกทำลายประมาณ 8.76-50.85 มิลลิกรัมต่อเมล็ดข้าวโพด 1 กรัม ซึ่งความเสียหายโดยน้ำหนักของเมล็ด 1 หน่วยแปรผันตาม 1.6729 หน่วยของการสูญเสียปริมาณโปรตีน (Khare *et al.*, 1976)

การตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

เหตุผลที่ต้องมีการตรวจหาแมลงนั้นมีหลายข้อดังนี้ 1) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาว่ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการป้องกันกำจัดแล้วหรือไม่ 2) เพื่อประเมินผลของการป้องกันกำจัด 3) เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบก่อนที่จะรับรองคุณภาพของผลผลิต ในแง่ของการค้าหรือรับรองว่าปลอดจากแมลงศัตรูที่สำคัญก่อนที่ผลผลิตนั้นจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศ หรือนำเข้ามาภายในประเทศ และ 4) เพื่อเป็นเครื่องมือที่สำคัญของงานค้นคว้าวิจัยทางด้านแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการตรวจหาแมลงพอจะแยกออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ วิธีทางตรง ซึ่งแมลงจะถูกพบเห็นโดยตรงจากการตรวจ และวิธีทางอ้อม ซึ่งเป็นการตรวจหาแมลงที่หลบซ่อนหรือทำลายอยู่ข้างในโดยไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก เช่น การวัดอุณหภูมิ การวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การวัดปริมาณของกรดยูริก การตรวจโดยใช้รังสี x-ray และการใช้คลื่นเสียง ฯลฯ

การใช้คลื่นเสียงในการตรวจหาแมลงที่ทำลายอยู่ภายในเมล็ด เป็นวิธีที่สามารถให้คำตอบได้ทันที ถ้ามีตัวหนอนของแมลงที่กำลังกินหรือเคลื่อนไหวอยู่ภายในเมล็ด และยังเป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายตัวอย่าง แมลงยังคงมีชีวิตอยู่ ซึ่งจะมีประโยชน์มากโดยเฉพาะงานทางด้านวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบประกอบไปด้วย chamber ซึ่งสามารถกันไม่ให้เสียงและแรงสั่นสะเทือนผ่านออกไปได้ และใน chamber ดังกล่าวจะมีไมโครโฟนอยู่ด้วย เมื่อนำตัวอย่างที่จะตรวจสอบใส่ลงใน chamber ไมโครโฟนซึ่งมีความสามารถขยายเสียงได้สูงมาก จะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงตัวหนอนที่กำลังกินอาหารหรือเคลื่อนไหวผ่านออกมาทาง lound speaker หรือแปรสัญญาณเสียงออกมาในรูปกราฟด้วย oscilloscope (ชุมพล, 2533)

จากรายงานการศึกษาพบว่า มีงานทดลองอยู่หลายชิ้นที่มีการประยุกต์ใช้การตรวจวัดเสียงของแมลงที่มีแหล่งอาศัยแตกต่างกัน เช่น แมลงในดิน แมลงที่อาศัยในลำต้นพืช และแมลงที่บินอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอากาศ ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของแมลงในอันดับ Orthoptera หรือพวกจิ้งหรีดและตั๊กแตน จำนวน 25 ชนิดในเกาะอังกฤษได้จากเสียงการกินอาหาร การต่อสู้ การเคลื่อนที่ หรือการสื่อสารของแมลงโดยการใช้เสียง และพบว่าวิธีนี้มีความถูกต้องถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Chesmore and Nellenbach, 2001) เช่นเดียวกันนั้นได้มีการตรวจวัดเสียงของตัวหนอนเจาะลำต้นส้ม (*Oemona hirta* (F.)) โดยสามารถระบุลักษณะของเสียงเคี้ยวอาหารจากตัวหนอนได้ในช่วงความถี่ระหว่าง 500-4,000 kHz ส่วนเสียงที่เกิดจากการกัดกินชิ้นพืชอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 8,000 kHz (Rohitha *et al.*, 1994) และในตรวจวัดคลื่นเสียงจากการเคลื่อนที่ในดินของตัวหนอน citrus root weevil โดยใช้ piezoelectric microphone และ accelerometers พบว่า คลื่นเสียงอยู่ในช่วงความถี่ 400 Hz และมีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 80-90 เดซิเบล ส่วนตัวหนอน phyllophaga มีระดับความดังของเสียงมากกว่า background noise ประมาณ 10 เดซิเบล และเสียงจากการกินกับการเคลื่อนที่ของแมลงทั้งสองชนิดนี้มีค่าใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดจากไส้เดือนดินที่อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 300-600 Hz นอกจากนี้ผลการทดลองยังสามารถแยกชนิดของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในดิน ได้แก่ กิ้งกือ แมลงกะชอน ไส้เดือน ตัวหนอนดิน และมด โดยดูจากลักษณะแถบเสียงในช่วงความถี่ต่าง ๆ และระดับความดัง (Mankin *et al.*, 1998a, b, 2001)

สำหรับการใช้คลื่นเสียงเพื่อสำรวจตัวอย่างเมล็ดพืชนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดคลื่นเสียง การกระจายคลื่นเสียง และการตรวจสอบคลื่นเสียง มีทั้งปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความเข้มของเสียง ระยะเวลา ลักษณะแถบเสียงของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงและจากภายนอก และปัจจัยทางชีวภาพ เช่น ลักษณะทางสรีระวิทยาและพฤติกรรมที่จำเพาะเจาะจงต่อชนิดของแมลง อุณหภูมิ รวมทั้งชนิดและคุณภาพของเมล็ดพืช (Mankin *et al.*, 1997a) ซึ่งจากรายงานพบว่า คลื่นเสียงของแมลงที่ตรวจพบนั้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มระดับความดังของเสียงแมลงที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นตาม โดยระดับความดังของเสียงด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.)) จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 13 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 25 องศาเซลเซียส แต่เสียงจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-38 องศาเซลเซียส และลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 38 องศาเซลเซียส เป็น 45 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันพบว่า อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่ออัตราการกินอาหารของแมลงและการผลิตคลื่นเสียงในระยะตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยทำให้มีอัตราการเพิ่มของการเคลื่อนที่และการผลิตคลื่นเสียงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิจาก 17.5-30 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันกับรายงานการศึกษาการตรวจสอบคลื่นเสียงจากการเข้าทำลายของตัวหนอนผีเสื้อ (*Pectinophora gossypiella* (Saunders)) ในฝ้ายจะต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 38 องศาเซลเซียส ก่อนการตรวจสอบ (Mankin *et al.*, 1997a, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการตรวจวัดคลื่นเสียงที่เกิดจากการเข้าทำลายของตัวหนอนมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวและผีเสื้อข้าวเปลือก หลังวางไข่ 13-19 วัน โดยการใช้เครื่อง piezoelectric sensors พบว่าคลื่นเสียงที่ตรวจวัดได้มีค่าประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ ของระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงไปเป็นระยะดักแด้ และพบว่า มีอัตราการเข้าทำลาย 1-20 เมล็ดต่อ 100 มิลลิลิตร ของเมล็ดข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ซึ่งสรุปได้ว่า อัตราการเข้าทำลายมีความสัมพันธ์กับจำนวนของคลื่นเสียงที่ตรวจพบ และช่วงของคลื่นเสียงที่เกิดจากการกินของแมลงมีช่วงที่สั้นกว่าช่วงของคลื่นเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของแมลง (Vick *et al.*, 1988) ซึ่งจากการทดลองวัดคลื่นเสียงระหว่างการกินอาหารของตัวหนอนด้วงงวงข้าว ก็พบว่ามีความถูกต้องถึง 64 เปอร์เซ็นต์ สำหรับประเมินการเข้าทำลายของแมลงชนิดนี้ (Shuman *et al.*, 1993)

จากการศึกษาต่อมาก็พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับคลื่นเสียงที่เกิดจากแมลง จะแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร โดยจำนวนคลื่นเสียงของแมลงในระยะตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นของประชากรแมลงที่ 2, 5, 10 และ 20 ตัว ต่อข้าวสาลี 1.5 กิโลกรัม (Hagstrum *et al.*, 1990) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณของคลื่นเสียงที่ตรวจพบยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวรับเสียง ระยะการเจริญเติบโต และปริมาณของแมลง แต่ไม่ขึ้นอยู่กับเพศและช่วงการผสมพันธุ์ของแมลง (Hagstrum *et al.*, 1991) ซึ่งการตรวจสอบคลื่นเสียงของแมลงใช้ได้ผลดีกับแมลงศัตรูในโรงเก็บบางชนิดเท่านั้น เช่น มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และด้วงงวงข้าว แต่ยังขาดประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้กับแมลงขนาดเล็ก เช่น มอดฟันเลื่อย เป็นต้น (Hagstrum and Flinn, 1993) เช่นเดียวกันนั้นยังพบว่า ในการประเมินประชากรแมลงโดยการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงนั้นประสบปัญหาอยู่ 2 ประการคือ ชนิดของแมลงไม่สามารถจำแนกได้ด้วยการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และกิจกรรมของแมลงสามารถผันแปรตามอุณหภูมิ ทำให้มีผลต่อความแปรปรวนของคลื่นเสียง (Hagstrum *et al.*, 1993) จากนั้นได้มีการศึกษาต่อพบว่า จำนวนเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคลื่นเสียงของแมลงมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแมลง ที่ความหนาแน่น 0-17 ตัวต่อข้าวสาลี 1 กิโลกรัม ซึ่งปริมาณแมลงจะมีมากในส่วนบนของถังเก็บเมล็ดข้าวสาลี จึงควรมีการติดตั้งตัวรับที่ไวต่อคลื่นเสียงให้กระจายในส่วนของตัวอย่างเพื่อกำหนดระดับการเข้าทำลายของแมลงได้อย่างถูกต้อง (Hagstrum *et al.*, 1996)

และในช่วงเวลาเดียวกันนั้นยังมีการศึกษาหาความดังและความถี่ของคลื่นเสียงที่เหมาะสมต่อการตรวจสอบแมลง โดยพบว่าคลื่นเสียงจากภายนอกมีระดับความดังของคลื่นเสียงประมาณ 50-85 เดซิเบล อ้างอิงกับระดับการอัดตัวของเสียงที่ 20 μPa ขณะที่ตัวเต็มวัยของแมลงขนาดเล็กหรือตัวหนอนที่กินอยู่ภายในเมล็ดมีการผลิตระดับความดังของคลื่นเสียงเพียง 15-35 เดซิเบล อ้างอิงกับระดับการอัดตัวของเสียงที่ 20 μPa ที่ความถี่ 2-6 kHz จากระยะห่าง 3 เซนติเมตร ของตัวอย่างเมล็ด (Mankin *et al.*, 1996a) และพบว่าตัวหนอนของด้วงงวงข้าวในเมล็ดข้าวสาลีสามารถวัดระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความดังของคลื่นเสียงได้เพียง 23dB และไม่สามารถตรวจสอบแมลงได้ถ้าไม่มีการลดคลื่นเสียงจากภายนอกลง 10 dB หรือมากกว่า (Mankin *et al.*, 1996b) ต่อมาจึงได้มีการลดความดังของคลื่นเสียงจากภายนอกลงให้อยู่ระหว่าง 60-90 dB ที่ความถี่ 1-10 kHz เพื่อให้เหมาะต่อการตรวจสอบแมลงได้ (Mankin *et al.*, 1997b)

พฤติกรรมของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

พฤติกรรมของแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ดพืชได้รับผลกระทบจากปัจจัยทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และสิ่งมีชีวิต เช่น ความเข้มของแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของเมล็ดพืช ขนาดและพันธุ์ โครงสร้างของโรงเก็บเมล็ดพืชและวัสดุที่ใช้ การรบกวนจากความหนาแน่นของแมลงชนิดเดียวกันและแมลงชนิดอื่น ๆ รวมทั้งตัวห้ำและตัวเบียน สัตว์มีกระดูกสันหลังและโรค นอกจากนี้แล้วกิจกรรมของมนุษย์ก็มีผลต่อพฤติกรรมของแมลงได้ด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การจัดการเมล็ดพืช การลดความชื้น การทำความสะอาด การทำให้เย็น การทำความสะอาด ฯลฯ ซึ่งสามารถใช้ในการจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บได้

การเคลื่อนย้ายของแมลงศัตรูในโรงเก็บจะเกิดขึ้นจากการเดินหรือการบิน ตามการฟุ้งกระจายของกลิ่นเมล็ดพืช แต่การเคลื่อนย้ายของแมลงตามการฟุ้งกระจายของฟีโรโมนนั้นยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด เพราะฟีโรโมนมีระดับกลิ่นที่ต่ำกว่ากลิ่นของเมล็ดพืช จึงสันนิษฐานว่าการฟุ้งกระจายของฟีโรโมนจะมีอิทธิพลในระยะไกลได้ดี ซึ่งจากการศึกษาการรวมกลุ่ม และการผลิตฟีโรโมนอื่น ๆ ของแมลง พบว่า ฟีโรโมนมีความเป็นไปได้ที่เป็นตัวกำหนดการวางไข่ของด้วงงวง (*Sitophilus granarius* (L.)) โดยจะทำให้ความหนาแน่นของไข่ในระดับเมล็ดลดลง (Cox *et al.*, 2000) ซึ่งการเคลื่อนย้ายของแมลงภายในกองเมล็ดพืชนั้น ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ สิ่งปนเปื้อน เมล็ดพืช และแมลงชนิดอื่น ๆ รวมทั้งศัตรูธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) มีความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่า 5 ตัวต่อ 1 กิโลกรัมของเมล็ดพืช จะมีการเคลื่อนย้ายจากด้านบนของกองเมล็ดลงมายังด้านล่างของกองเมล็ด และมีการรวมกลุ่มในจุดที่มีความชื้นและเมล็ดถูกทำลาย (Smith, 1978; Loschiavo, 1983) และ *C . ferrugineus* จะมีการอพยพได้ดีไปยังบริเวณที่อบอุ่นของเมล็ดพืชเมื่ออุณหภูมิลดลงในฤดูหนาว (Flinn and Hagstrum, 1998)

การแพร่กระจายของแมลงจะไม่มีรูปแบบแน่นอน ใน *S . granarius* การแพร่กระจายจะเริ่มขึ้นในวันแรกหลังจากที่ฟัก แต่กิจกรรมที่ใช้ในการกินยังคงที่ตลอดชีวิต กิจกรรรมที่ใช้ในการวิ่งจะเกิดขึ้นมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ แล้วต่อจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ ตามอายุของแมลง (Stein, 1994) อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเพิ่มการเคลื่อนที่ของแมลง การแพร่กระจายอาจจะปรับเปลี่ยน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิถีชีวิตในถิ่นที่อยู่ที่ไม่คงที่หรือไม่สามารถคาดเดาได้ ถ้าถิ่นที่อยู่เริ่มที่จะกลายเป็นสิ่งที่ไม่ชอบ จะทำให้แมลงเกิดการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการค้นหาถิ่นที่อยู่ใหม่ให้มีเงื่อนไขที่ความเหมาะสมมากขึ้น(Southwood,1962)

จากรายงานของ Surtees (1963) ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดพืชต่อพฤติกรรมการแพร่กระจายของแมลงในกองเมล็ดพืช โดยได้ทดสอบการเคลื่อนย้ายแบบสุ่มขณะที่มีการรวมกลุ่มของแมลง ภายใต้การเคลื่อนย้ายของแมลงที่ตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอย่างมาก และมีการหมุนเวียนของเมล็ดพืชอยู่ในระดับต่ำ พบว่ามอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)) มีปริมาณประชากรเพิ่มขึ้นในบริเวณที่อบอุ่นและมีความชื้นสูงของกองเมล็ดพืช ในขณะที่ *S. granarius* มีการเคลื่อนย้ายไปยังด้านบนและด้านข้างของกองเมล็ดพืช ส่วนตัวเต็มวัยของ *C. ferrugineus* ยังคงมีการเคลื่อนย้ายอยู่ภายในบริเวณที่อบอุ่นของกองเมล็ดพืชซึ่งมีอุณหภูมิ 20-42 องศาเซลเซียส และเมื่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ไม่ได้รับอาหารและสูญเสียพฤติกรรมการป้องกันตัวเองจากตัวห้ำ จะทำให้มอดแป้งต้องลดการเคลื่อนที่ให้น้อยลงไม่เกิน 30 วินาที นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวเต็มวัยของมอดแป้งจะปล่อย benzoquinones บนกอง เป็นสาเหตุให้มอดแป้งมีการอพยพออกจากพื้นที่ชุมนุม (Faustini and Burkholder, 1987)

การเพิ่มปริมาณและการเข้าทำลายของแมลงภายในกองเมล็ด ส่งผลให้มีการหายใจของแมลงและเกิดความร้อนมากขึ้น ขณะที่ความร้อนไม่สามารถจะระบายออกไปได้ จะทำให้เกิด hot spot ขึ้นภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของกองเมล็ด และจะขยายวงกว้างขึ้นไปเรื่อย ๆ ความชื้นบริเวณ hot spot จะมีการรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ เมื่อมีน้ำหรือความชื้นมากขึ้นเชื้อราก็จะลงทำลาย ทำให้เมล็ดพืชจับกันแข็งเป็นก้อน งอก และเน่าเสีย (Howe, 1962; Freeman, 1974) นอกจากนี้เมื่อมีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืช จะทำให้แมลงมีโอกาสเกิดการเคลื่อนย้ายสูง ดังนั้นการเก็บเมล็ดพืชที่ปราศจากแมลงอาจเป็นไปได้ที่จะลดไม่เพียงแต่การเข้าทำลายของแมลงโดยตรง จากการอพยพและการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนแมลงเท่านั้น แต่ยังลดโอกาสของการเข้าทำลายแมลงชนิดอื่น ๆ ในระยะยาวได้ด้วย (Sedlacek and Weston, 1995)

การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ

การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ 1) การป้องกันและกำจัดโดยวิธีที่ไม่ใช้สารฆ่าแมลง ส่วนใหญ่มักจะเกี่ยวข้องกับการป้องกันหรือควบคุมหรือส่งเสริมปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวแมลง เพื่อ ไม่ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแมลง และ 2) การป้องกันและกำจัดโดยใช้สารฆ่าแมลง ส่วนใหญ่ก็จะเป็นการใช้สารฆ่าแมลงกับผลผลิตหรือวัสดุสิ่งของที่ใช้บรรจุผลิตผลนั้นๆ รวมทั้งโรงเก็บ เพื่อป้องกันหรือกำจัดแมลงโดยตรง แต่เนื่องจากการใช้สารเคมีในการควบคุมปริมาณแมลงศัตรูพืชก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และเป็นมลภาวะต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สิ่งแวดล้อม การค้นคว้าวิจัยการควบคุมปริมาณแมลงโดยวิธีทางฟิสิกส์จึงได้เกิดขึ้นเพื่อช่วยลดปัญหากับสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การใช้พลังงานเสียงในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) การใช้พลังงานเสียงในระดับสูง ซึ่งสามารถทำให้แมลงตายได้โดยตรงจากความร้อนที่เกิดขึ้น หรือไปทำอันตรายกับอวัยวะภายในหรืออวัยวะรับเสียง โดยผลของคลื่นเสียงที่ความถี่สูง ๆ จะทำให้อวัยวะบางส่วนของแมลงเกิดการแตกหัก (mechanical injury) ซึ่งการที่แมลงถูกทำอันตราย ถูกทำลายหรือถูกทำให้เกิดบาดแผล จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของแมลง แต่แมลงอาจจะหายคืนสู่สภาพปกติได้ (ทิพย์วดี, 2535) และ 2) การใช้พลังงานเสียงในระดับต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อพฤติกรรมหรือเปลี่ยนแปลงอุปนิสัยของแมลงในแง่การป้องกันกำจัดได้ ตัวอย่างเช่น การใช้เสียงอุลตร้าโซนิค ซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่ระดับความดังของเสียงประมาณ 115 เดซิเบล ในการควบคุมกำจัดหนูและแมลงสาบ คลื่นเสียงดังกล่าวทำให้หนูและแมลงสาบสูญเสียการทรงตัว หลงทิศทางกลับรังไม่ถูก ทำให้อดอาหาร และอาจตายในที่สุด (ชุมพล, 2533)

หลังจากนั้นจึงมีการศึกษาถึงผลกระทบของเสียงอัตราซาวด์ต่อการลำเลียงของอสุจิ จำนวนของตัวหนอน และน้ำหนักของตัวหนอนผีเสื้อ (*Plodia interpunctella* (Hübner)) พบว่า จากการใช้เครื่องมือผลิตคลื่นความถี่ที่ระดับ 21, 25 และ 35 kHz ที่ระดับความดังของเสียง 94 dB ที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร ทำให้ผีเสื้อตัวเมียได้รับอสุจิน้อยกว่า 27 เปอร์เซ็นต์ และผลิตตัวหนอนได้น้อยกว่า 48 เปอร์เซ็นต์ และยังทำให้น้ำหนักของตัวหนอนโดยรวมลดลงเหลือ 66 เปอร์เซ็นต์ (Huang *et al.*, 2002)

ในเวลาต่อมาจึงมีการใช้คลื่นเสียงในการควบคุมปริมาณยุง โดยอาจใช้คลื่นเสียงเพื่อการดึงดูดหรือการขับไล่ยุงได้ ซึ่งพบว่าการใช้คลื่นเสียงในการขับไล่ยุงได้รับความสนใจมาก จึงปรากฏให้เห็นในรูปของการค้าโดยทั่วไป โดยยุงตัวเมียสามารถจะดึงดูดยุงตัวผู้ จากความถี่ของคลื่นเสียงของการกระพือปีกประมาณ 2000 Hz จึงได้ใช้ความถี่นี้ในการควบคุมปริมาณยุง (Andrade and Bueno, 2001) และเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกในการขับไล่ยุงในเวลาต่อมา ตัวอย่างเช่น Popular Electronic ซึ่งสามารถสร้างความถี่ระหว่าง 2000-2500 Hz (Greenlee, 1970) Anti-Pic (A-Pic) มีการผลิตขึ้นใช้ในประเทศบราซิล สามารถสร้างความถี่ได้ 5.1 kHz Mosquito Repeller DX-600 (M-Re) สามารถสร้างความถี่ 6.0 kHz และ Bye-Bye Mosquito (BB-M) สามารถสร้างความถี่ได้ระหว่าง 5.4-8.8 kHz ซึ่งทั้ง M-Re และ BB-M มีการผลิตใช้กันในประเทศไต้หวัน (Coro and Suarez, 2000) และยังมีการผลิตเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิคต่างๆ ขึ้นเพื่อใช้ในการป้องกันการรบกวนจากแมลง เช่น Magneto Sonic Technology สร้างความถี่ได้ระหว่าง 20-75 kHz สามารถใช้ในการป้องกันการรบกวนจากมด แมลงสาบ หมัด จิ้งหรีด ผึ้ง แมงมุม แมงป่อง หนู และค้างคาวได้

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้คลื่นวิทยุในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บในเวลาต่อมา โดยจากรายงานการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลื่นวิทยุที่ระดับ 39 และ 2450 MHz

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวในข้าวสาลี พบว่า คลื่นวิทยุที่ระดับ 39 MHz มีประสิทธิภาพดีกว่าคลื่นวิทยุที่ระดับ 2450 MHz โดยจะทำให้อัตราการตายของด้วงงวงข้าวเกิดขึ้นได้เร็วกว่า 1 วัน (Nelson and Stetson, 1974) และยังมีการศึกษาถึงผลกระทบของคลื่นวิทยุที่ระดับ 39 MHz ต่อการเกิดขึ้นของ *Tenebrio molitor* (L.) พบว่า คลื่นวิทยุมีผลต่อการลดจำนวนลงของการเกิดเป็นตัวเมีย ต่อมาจึงมีการศึกษาผลกระทบของคลื่นวิทยุต่อความแข็งแรงของตัวอสุจิและการแพร่พันธุ์ของ *T. molitor* พบว่า จำนวนของตัวอสุจิและเปอร์เซ็นต์ของการวางไข่มีความสัมพันธ์กันกับการเพิ่มขึ้นของระดับคลื่นวิทยุและระยะเวลาที่ปล่อยคลื่น (Rai *et al.*, 1975, 1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved