บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ถั่วเขียว

ชื่อสามัญ : mungbean, green gram, golden gram

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Vigna radiate* (L.) Wilezek

วงศ์ : Leguminosae

ความสำคัญของถั่วเขียว

ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย โดยปลูกเป็นพืชหลัก และพืชหมุนเวียนในระบบการปลูกพืช เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุสั้น เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุเพียง 65-80 วัน ถั่วเขียวมีแหล่งกำเนิดอยู่ตอนเหนือของอินเดีย อย่างไรก็ดีไม่มีการพบว่ามีพันธุ์ป่าในแถบนี้จึงคาดกันว่ามีต้นกำเนิดมาจากถั่ว *Phaseolus radiatus* ซึ่งพบเป็นพืชป่าแพร่หลายในอินเดียและพม่า(อำนาจ, 2544) ในบางท้องที่ก็มีการนำถั่วนี้มาปลูกเช่นกัน จากอินเดียถั่วเขียวก็แพร่หลายเข้าไปในจีน ประเทศไทย ประเทศในอินโดจีนอื่น ๆ และเพิ่งมีการนำเข้าไปในบางส่วนของ ออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกาเมื่อไม่นานมานี้เอง(จวงจันทร์, 2527)

ถั่วเขียวเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ในประเทศอินเดียนั้นมีการปลูกกันตั้งแต่ในที่สูงเท่าระดับน้ำทะเลจนถึงที่สูง 6,000 ฟุต ส่วนมากมักปลูกก่อนหรือตามหลังการปลูกพืชหลัก เช่น ข้าว และข้าวโพด เป็นต้น(จวงจันทร์, 2527) ขึ้นได้ดีในดินร่วนหรือดินเหนียว ทนแล้งได้ดี สามารถขึ้นได้ในแถบที่มีน้ำฝนกระจายเพียงราว 800 มม. ต่อ ปี ในฤดูปลูกมีน้ำฝน 300-500 มม. ก็เพียงพอ แต่เป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำขัง อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเป็นพืชวันสั้นแต่ในอินเดียมีการพบพันธุ์วันยาวด้วยเช่นกัน(กรมวิชาการเกษตร, 2537)

พันธุ์ที่ปลูกในปัจจุบันแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1. ถั่วเขียวผิวมัน ได้แก่ พันธุ์อู่ทอง 1, กำแพงแสน 1, กำแพงแสน 2 และ ชัยนาท 72 ฯลฯ และ 2. ถั่วเขียวผิวดำ ได้แก่ พันธุ์อู่ทอง 2 และพิษณุโลก 2 (เฉลิมพล และสมชาย, 2546) สำหรับลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเขียวแตกต่างกันตามชนิดของ พันธุ์ อาทิ เช่น พันธุ์กำแพงแสน 2 มีลักษณะเด่น คือ มีฝักอยู่เหนือทรงพุ่ม จึงทำให้ต้านทานต่อการหักล้มได้ดี (เฉลิมพล และสมชาย, 2546) มีความต้านทานต่อโรคใบจุด และราแป้งได้ดีให้ผลผลิตเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

193.9 กิโลกรัม ต่อไร่ และมีน้ำหนักดีเมื่อนำไปเพาะถั่วงอก (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2546) แต่มีลักษณะด้อยที่ให้ผลผลิตต่ำเมื่อปลูกในดินด่าง

พฤกษศาสตร์ของถั่วเขียว

ถั่วเขียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L) Wilczek (ถั่วเขียวผิวมัน, mungbean, green gram,) และ *Vigna mungo* (L) Hepper (ถั่วเขียวผิวดำ, black gram) เป็นพืชล้มลุกอายุปีเดียว (annual crop) มีระบบรากแบบรากแก้ว และมีรากแขนงมากมาย รากแก้วหยั่งลึกแต่รากแขนงจะแตกออกจากส่วนบนใกล้ ๆ ผิวดิน ที่รากจะเป็นที่อาศัยของแบคทีเรีย *Rhizobium sp.*(อำนาจ, 2544)

ลำต้นของถั่วเขียวพันธุ์เพาะปลูกเป็นพวกตั้งตรง ไม่ใช่เป็นเถาเลื้อย ต้นเป็นพุ่ม มีความสูงจากระดับดินถึงยอดของลำต้น 50-120 ซม. ปกติมีการแตกกิ่งก้านมากมายคืออาจมีกิ่งตั้งแต่ 3 ถึง 15 กิ่ง (จวงจันทร์, 2527) ทั้งนี้แล้วแต่ระยะปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถ้าปลูกห่างก็มีจำนวนกิ่งมาก ลำต้นมีสีเขียวมีขนเป็นจำนวนมาก(ทัศนีย์, 2540)

ใบของถั่วเขียวเกิดเป็นกลุ่มที่เรียกว่าใบรวม (compound leaves) มีกลุ่มละ 3 ใบ (trifoliate leaves) ใบเกิดสลับกันบนลำต้น มีก้านใบรวม (petiole) ยาว ตรงโคนก้านใบรวมมีหูใบ (stipule) รูปไข่จำนวน 2 ใบ ใบย่อย (leaflet) ของถั่วเขียวจำนวน 3 ใบนั้น ใบกลางมีก้านใบ (petiolule) ยาว ที่ฐานของใบย่อยแต่ละใบมีหูใบย่อย (stipel) ใบละ 1 คู่ ใบของถั่วเขียวมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวจัด มีรูปไข่ (ovate) (นันทกร, 2543)

ดอกของถั่วเขียวเป็นดอกที่เกิดเป็นกลุ่ม (inflorescence) มีช่อดอกแบบ raceme เกิดจากตาระหว่างก้านใบและลำต้นหรือกิ่ง (axillary bud) กลุ่มละ 5-10 ดอก และเกิดที่ยอดของลำต้นหรือยอดของกิ่ง ที่ยอดของลำต้นอาจมี 10-20 ดอก ก้านของช่อดอก (peduncle) ยาวราว 2-13 ซม. มีกลีบรอง (calyx) (เฉลิมพล และสมชาย, 2546) กลีบดอกมีสีเหลืองอมเขียวเป็นดอกแบบผีเสื้อมี standard 1 กลีบ, wing และ keel อย่างละ 2 กลีบ, standard ซึ่งเป็นกลีบที่โตที่สุดของดอก มีความกว้าง 1-1.7 ซม.(สวิง และอาวุธ, 2516) ภายในกลีบดอกจะมีดอกตัวผู้ (stamen) 10 อัน จับกันแบบ diadelphous เป็นกระเปาะห่อหุ้มดอกตัวเมีย (pistil) (อำนาจ, 2544)

ฝักของถั่วเขียวมีสีเขียว เมื่อแก่ถึงเก็บเกี่ยวได้ มีสีเทาดำหรือน้ำตาล ฝักยาว 5-10 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของฝัก 0.4-0.6 ซม. ลักษณะกลมหรือค่อนข้างกลม มีขนสั้นทั่วไปบนฝัก แต่ละฝักมีเมล็ด 5-15 เมล็ด(เพิ่มพูน, 2531) เมล็ดมีขนาดเล็ก เมล็ดกลมหรือค่อนข้างกลม โดยทั่วไปมีสีเขียว แต่เมล็ดถั่วเขียวอาจมีสีอื่น ๆ ก็ได้แล้วแต่พันธุ์ เช่น สีเหลืองทอง เหลืองอมเขียวหรือสีดำ ขนาดของเมล็ดถั่วเขียวถ้าวัดเป็นน้ำหนักแล้วจะหนักราว 4-8 กรัม/100 เมล็ด (นันทกร, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ถั่วเขียวเป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollinated) ละอองเกสรจะโปรยเวลา 21.00-03.00 น. (พีระศักดิ์, 2545) ดอกที่ผสมแล้วจะบานในวันรุ่งขึ้น กลีบดอกของดอกนั้นจะเหี่ยวลงในตอนเย็นของวันเดียวกัน(เฉลิมพล และสมชาย, 2546) ในระยะออกดอกถ้ามีฝนอัตราการผสมติดจนมีเมล็ดจะต่ำมาก

ด้วงถั่วเขียวหรือด้วงเจาะเมล็ดถั่ว

ชื่อสามัญ Cowpea Weevil

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosobruchus maculatus* Fabricius

อันดับ Coleoptera

วงศ์ Bruchidae

ชีวประวัติและวงจรชีวิต

ด้วงถั่วเขียวเป็นแมลงที่มีการถอดรูปแบบ (holometabolous หรือ complete metamorphosis) คือมีการเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (egg) ระยะตัวหนอน (larva) ระยะดักแด้ (pupa) และระยะตัวเต็มวัย (adult) การเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวตั้งแต่ระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของอาหาร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของเมล็ด อินทวัฒน์ (2537) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ จะมีระยะการเจริญเติบโตสั้นประมาณ 21- 23 วัน และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาประมาณ 36 วัน ซึ่งแต่ละระยะมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

ไข่ (egg) ไข่มีลักษณะยาวรี มีสีใสในตอนแรกและต่อมาก็มีสีขุ่นปนเหลืองระยะไข่ใช้ระยะเวลา 3-6 วันจึงฟักเป็นตัวหนอน โดยตัวเมียชอบวางไข่อย่างน้อย 1 ฟองต่อเมล็ด ตัวเมียมักวางไข่บนผิวเมล็ดหรือบนฝักแก่ในไร่ 2-3 ฟองต่อถั่วเขียวหนึ่งเมล็ด ตลอดชีวิตการวางไข่ได้ 40-128 ฟอง (เฉลี่ยประมาณ 50 ฟอง) (วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2526; Talekar, 1988)

ตัวหนอน (larva) ไข่ฟักเป็นตัวหนอนภายใน 3-6 วัน ตัวหนอนเจาะเข้าไปกัดกินและอาศัยอยู่ในเมล็ดเป็นเวลา 13-20 วัน และเข้าดักแด้อยู่ภายในโพรงที่มันเจาะกินอยู่ เมื่อฟักออกจากไข่ใหม่ ตัวหนอนมีสีขาวขุ่นปนเหลือง ลำตัวค่อนข้างอ้วนและมีลักษณะโค้ง ส่วนหัวมีสีน้ำตาลปนดำขนาดเล็กกว่าลำตัว ลำตัวยาวประมาณ 0.38 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.17 มิลลิเมตร หนอนเมื่อออกจากไข่จะเจาะผ่านส่วนเปลือกเมล็ดถั่วเขียวตรงที่ไข่ติดกับเมล็ดเข้าไปอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ดตลอดเวลาจนกระทั่งโตเต็มที่ ซึ่งลำตัวมีลักษณะป้อมและผิวหนังย่นมากขึ้น มีความยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 1.8 มิลลิเมตร ระยะหนอนใช้เวลาประมาณ 13-20 วัน (อุดม, 2521)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดักแด้ (pupa) ก่อนที่หนอนของด้วงถั่วเขียวจะเข้าสู่ระยะดักแด้จะกัดกินส่วนใกล้กับเปลือกเมล็ดถั่ว (seed coat) ให้เยื่อบางๆ หรือเรียกว่าหน้าต่าง (window) เพื่อให้ตัวเต็มวัยสามารถผ่านออกมาจากเมล็ดได้ (Talekar, 1988) ดักแด้เป็นแบบ exarate มีความยาวประมาณ 3.2 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 1.7 มิลลิเมตร ระยะดักแด้ใช้เวลาประมาณ 3-7 วัน

ตัวเต็มวัย (adult) เมื่อฟักออกจากดักแด้ แล้วจะพักตัวอยู่ในเมล็ดถั่วเขียวประมาณ 3-4 วัน แล้วเอาหัวดันทะลุเยื่อบางๆ ที่ปิดรูไว้ออกมาหลังจากออกมาจากเมล็ดถั่วเป็นเวลาประมาณ 3-8 นาที ด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* ก็เริ่มจับคู่ผสมพันธุ์ (Talekar, 1988) และมักวางไข่ในวันเดียวกัน ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นาน 3-18 วัน ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา ปล้องท้องส่วนสุดท้ายมีขนาดใหญ่และมองเห็นได้ชัดเพราะปีกสั้นคลุมส่วนท้องไม่มิด มีแถบหรือจุดสีน้ำตาลแก่บนปีกทั้งสองข้าง ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหน้าทำให้หัวเล็กและงุ้มเข้าหาส่วนอก ตามีขนาดใหญ่ หนวดเป็นแบบฟันเลื่อยสั้น ๆ และปลายปีกมีสีดำ มีขนาดลำตัวยาว 3.0-4.5 มิลลิเมตร (วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533) วงจรชีวิตประมาณ 19-33 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการพัฒนาจากไข่จนเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 24 วัน

ความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว (เพ็ญสุข, 2509) ได้ศึกษาวงจรชีวิตของด้วงถั่วเขียวที่เลี้ยงภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องพบว่ามีระยะไข่ 5-7 วัน, หนอน 10-12 วัน, ดักแด้ 5-7 วัน และตัวเต็มวัย 13-18 วัน

มยุรา (2532) พบว่าวงจรชีวิตของด้วงถั่วเขียวสั้นที่สุด อยู่ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน และยาวที่สุด อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ลักษณะตัวเต็มวัยทั้งสองเพศมีความแตกต่างกัน Caswell(1960) รายงานว่า ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวมี 2 รูปแบบ คือ ตัวเต็มวัยที่บินเคลื่อนไหวอย่างคล่องแคล่ว พบทำลายถั่วในสภาพแปลงปลูก และตัวเต็มวัยปกติ พบทำลายถั่วในสภาพโรงเก็บ (Southgate, 1958) ซึ่งทั้งสองรูปแบบ มีความแตกต่างกันทางสัณฐานวิทยา, สรีรวิทยา และพฤติกรรม ภายใต้สภาพแวดล้อม และระบบนิเวศวิทยาของแต่ละท้องที่ (Utida, 1972) ดังรายงานของบุษรา (2529) รายงานว่า active form มีสีของลำตัว (cuticle) เข้มกว่า normal form เนื่องจาก active form มีจำนวนขนที่ปกคลุมบนปีกน้อย จงทำให้สีของลำตัวเข้มกว่า normal form นอกจากนี้ Caswell (1960) พบว่า active form ชอบบินไปสู่แสงสว่าง มีความว่องไว และบินได้ไกล ส่วน normal form เชื่องช้า และชอบบินระยะใกล้ๆ ด้วงถั่วเขียวมีถิ่นกำเนิดจากแถบแอฟริกา และมีเขตการแพร่กระจายไปทั่วโลก (Subramanyam and Hagstrum, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชอาหาร

เมล็ดถั่วทุกชนิด เช่น ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ยกเว้นถั่วเหลือง (วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533)

ศัตรูธรรมชาติ

ตามรายงานมีตัวเบียนของหนอนด้วงถั่วเขียวในอันดับ Hymenoptera ที่อยู่ในวงศ์ Pteromalidae มี *Anesopteromalus calandrae, Dinarmus laticeps* ในวงศ์ Eupelmidae มี *Bruchocida vuilletii* เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีตัวเบียนด้วงถั่วเขียวชนิดอื่นๆ เช่น *Oedaule spp., Dinarmus spp.* (Pteromalinae) และ *Uscana spp.* (Lathromerinae) (ชุมพล, 2533)

ความเสียหายจากการเข้าทำลายหลังการเก็บเกี่ยว

ความสูญเสียของผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว แบ่งเป็นความสูญเสียด้านปริมาณและด้านคุณภาพ มีปัจจัยที่เป็นสาเหตุสำคัญอยู่ 2 ประการคือปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) โดยมีอุณหภูมิกับความชื้นเป็นตัวการสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิต และอายุการเก็บรักษาส่วนปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) เป็นพวกศัตรูที่เข้าทำลายหลังการเก็บเกี่ยว ที่พบอยู่หลายชนิด เช่น นก หนู เชื้อรา ไรและแมลง ซึ่งศัตรูเหล่านี้ในแต่ละปีทำความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วเขียวเป็นอย่างมาก จากที่กล่าวมาแล้วนั้นนับว่าแมลงเป็นตัวการสำคัญที่ทำความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วเขียวได้มากที่สุด (วิเชียร, 2525) ผลเสียหายที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บกับเมล็ดพืชมีดังนี้ 1) ทำให้ผลผลิตสูญเสียน้ำหนัก 2) ทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหาร 3) เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอก 4) ทำให้ผลผลิตเสียคุณภาพ 5) ทำให้สูญเสียเงินทอง 6) ทำให้เสียชื่อเสียง และ7) ทำให้เกิดปัญหาทางสังคม ในปัจจุบันการรายงานความสูญเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวยังมีอยู่น้อยและไม่มีใครสามารถประเมินความเสียหายทั้งหมดออกมาเป็นตัวเลข หรือเป็นรูปธรรมให้เห็นได้อย่างชัดเจน (ชุมพล, 2533)

ด้วงถั่วเขียวหรือด้วงเจาะเมล็ดถั่วทำลายเมล็ดถั่วทุกชนิดยกเว้นเมล็ดถั่วเหลือง (สุภารดา และอานัติ, 2538) เมล็ดที่ถูกทำลายจะเห็นมีไข่สีขาวติดอยู่ที่ผิวเมล็ด และมีรูกลมๆ อย่างน้อย 1 รูที่เกิดจากการที่ตัวเต็มวัยเจาะออกมาจากเมล็ด (วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533) เนื้อภายในเมล็ดจะถูกตัวอ่อนกัดกินจนเหลือแต่เปลือกหรือเป็นโพรงไม่สามารถนำไปบริโภคหรือใช้ทำพันธุ์ได้ (ไพฑูรณ์ และสุภารดา, 2538) ในการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว *C. maculatus* เพียงชนิดเดียวในหนึ่งรุ่น (generation) น้ำหนักของเมล็ดจะสูญหายเป็น 55.6–73 เปอร์เซ็นต์ (Talekar, 1988) ด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายถั่วเขียวได้ตั้งแต่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว โดยการเข้าไปวางไข่ที่ฝักถั่วเขียวจากแปลงปลูก (Sagnia, 1994)

บุษรา (2529) ได้ศึกษาช่วงเวลาที่ด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายถั่วเขียวในแปลงปลูกโดยการใช้สวิงโฉบจับตัวเต็มวัย พบว่าช่วงเวลา 18.00 น. เป็นเวลาที่จับตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวได้ปริมาณสูงสุด สำหรับใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเทศไทย มีการเก็บเกี่ยวฝักถั่วเขียวจากแปลงปลูก 2 ครั้ง เนื่องจากฝักถั่วเขียวมีความสุกแก่ไม่พร้อมกัน (พีระศักดิ์, 2545) แล้วจึงตากเมล็ดเพื่อลดความชื้น ก่อนการนวด และการกะเทาะเมล็ด (บุษรา, 2529) เพื่อบรรจุกระสอบเตรียมเข้าโรงเก็บซึ่งเมื่อนำเมล็ดถั่วเขียวที่มีไข่ของด้วงถั่วเขียวเข้ามาปะปนอยู่ภายในกระสอบ จะทำให้เมล็ดถั่วเขียวเกิดความเสียหาย และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน(Bellow, 1982)

เนื่องจากการทำลายของด้วงถั่วเขียวซึ่งสามารถเข้าทำลายถั่วเขียวตั้งแต่ในแปลงปลูก โดยแมลงเพศเมียจะวางไข่บริเวณฝักถั่ว เมื่อแมลงเติบโตเป็นตัวหนอนจะเจาะเข้าไปอาศัยกัดกินและเข้าดักแด้ภายในเมล็ดทำให้เมล็ดสูญเสียทั้งทางด้านปริมาณทำให้น้ำหนักของเมล็ดลดลง และเสียคุณภาพ เช่น ทำให้สูญเสียความงอก (ชุมพล 2533; Hagstrum, 1985; Ketoh *et al*., 2002) การทดลอง Sanon *et al* (1998) ด้วงถั่วเขียวจำนวน 750 ตัวสามารถทำลายเมล็ดถั่วหนัก 3 กิโลกรัม และเพิ่มประชากรเป็น 66,000 ตัวภายในระยะเวลาเพียง 6 เดือน ทำให้น้ำหนักเมล็ดถั่วลดลงเหลือเพียง 626 กรัม คิดเป็นความเสียหายถึง 79 เปอร์เซ็นต์ มีรายงานว่า ความเสียหายของถั่วเขียวเนื่องจากด้วงถั่วเขียวเข้าทำลาย 75-80 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 2 เดือน (ชุมพล, 2533) และ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 3-5 เดือน (Singh *et al*., 1978)

พรทิพย์ (2535) รายงานว่า การทำลายถั่วเขียวของด้วงถั่วเขียวพบได้ตลอดปี อีกประการหนึ่ง ด้วงถั่วเหล่านี้สามารถเจาะถุงพลาสติกที่เรียกว่า โพลีเอทธีลีน (polyethylene) ได้ด้วย (ชุมพล, 2533) ด้วงถั่วเขียวสามารถแพร่กระจายไปทั่วโลกแต่ทำความเสียหายให้แก่เมล็ดพืชในเขตร้อนและแถบอบอุ่นมากกว่าแถบหนาวตัวเต็มวัยโดยเฉพาะพวก active form สามารถบินได้แข็งแรงจึงแพร่กระจายได้รวดเร็ว(วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533) ประชากรเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บเมล็ดถั่วเขียวไว้ข้ามปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวไว้ในโรงเก็บที่ไม่มีการจัดการที่ดี จะเปิดโอกาสให้ด้วงถั่วเขียวแพร่พันธุ์ และเพิ่มประชากร สามารถทำความเสียหายกับเมล็ดถั่วเขียว และพืชตระกูลถั่วอื่นๆ ที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆได้

จากการทดสอบการเข้าทำลายของตัวหนอนของด้วงถั่วเขียวในระหว่างการเก็บรักษาพบปริมาณความเสียหายเพิ่มขึ้นในระหว่างเดือนที่ 4 และเดือนที่ 6 โดยหลังจากการเก็บรักษาไว้ 4 เดือน มีความเสียหาย 45.8-55.5 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากการเก็บรักษาไว้ 6 เดือน มีความเสียหายถึง 92.4-98.3 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายโดยน้ำหนักและจำนวนแมลงที่ปล่อยเข้าไปมีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (Bitran *et al.*, 1978) โดยความเสียหายในช่วงการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวเท่ากับ 52.1 มิลลิกรัมต่อเมล็ด เมื่อมีจำนวนแมลงที่เจาะเมล็ดออกมาเฉลี่ย 2 ตัว ซึ่งการบริโภคครวมของแมลงที่เจาะเมล็ดออกมา 1 ตัวเท่ากับ 35.1 มิลลิกรัม และมีประมาณ 25 มิลลิกรัมในเมล็ดที่มีแมลงเจาะเมล็ดออกมามากกว่าหนึ่งตัว (Adams, 1976) และจากการประเมินความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วเขียวในสามตำบลทางตอนใต้ของประเทศโซมาเลียพบว่ามีอัตราการเข้าทำลายเฉลี่ย 8.8 เปอร์เซ็นต์โดยมีความเสียหายโดยน้ำหนักจากการเข้าทำลายเมล็ดถั่วเขียวเฉลี่ย 24.35-31.85 เปอร์เซ็นต์ และมีความเสียหายโดยน้ำหนักจากการเข้าทำลายในระดับตัวอย่างเมล็ด 2-4 เปอร์เซ็นต์ (Abukar *et al*., 1986)

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่มีการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว พบว่า ในระยะหนอนทำให้ความงอกลดลง 93 เปอร์เซ็นต์ (Santos *et al*., 1990) และยังมีการทดสอบการสูญเสียโปรตีนจากการกินของแมลงศัตรูถั่วเขียว พบว่า ด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของถั่วเขียว ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณโปรตีนในเมล็ดที่ถูกทำลายประมาณ 8.76-50.85 มิลลิกรัมต่อเมล็ดถั่วเขียว 1 กรัม ซึ่งความเสียหายโดยเมล็ด 1 หน่วยแปรผันตาม 1.6729 หน่วยของการสูญเสียปริมาณโปรตีน (Khare *et al*., 1976)

การเพิ่มปริมาณและการเข้าทำลายของแมลงภายในกองเมล็ด ส่งผลให้มีการหายใจของแมลงและเกิดความร้อนมากขึ้น ขณะที่ความร้อนไม่สามารถระบายออกไปได้จะทำให้เกิด hot spot ขึ้นภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของกองเมล็ด และจะขยายวงกว้างขึ้นไปเรื่อยๆ ความชื้นบริเวณ hot spot จะมีการรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ เมื่อมีน้ำหรือความชื้นมากขึ้นเชื้อราก็จะลงทำลาย ทำให้เมล็ดพืชจับกันแข็งเป็นก้อน เมล็ดเริ่มงอกและเน่าเสีย (Howe, 1962; Freeman, 1974) นอกจากนี้เมื่อมีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืชจะทำให้แมลงมีโอกาสเกิดการเคลื่อนย้ายสูง ดังนั้นการเก็บเมล็ดพืชที่ปราศจากแมลงอาจเป็นไปได้ที่จะลดไม่เพียงแต่การเข้าทำลายของแมลงโดยตรง จากการอพยพและการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนแมลงเท่านั้น แต่ยังมีโอกาสของการเข้าทำลายแมลงชนิดอื่นๆ ในระยะยาวได้ด้วย (Sedlacek and Weston, 1995)

ความสำคัญของระดับเสียงที่มีผลต่อแมลง

หลายการทดลองที่มีการประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดเสียงของแมลงที่มีแหล่งอาศัยแตกต่างกัน เช่นแมลงในดิน แมลงที่อาศัยในลำต้นพืชหรือแมลงที่บินอยู่ในอากาศ ดังที่ Chesmore and Nellenbach (2001) สามารถจำแนกชนิดแมลงในอันดับ Orthoptera กลุ่มจิ้งหรีดและตั๊กแตนจำนวน 25 ชนิดในเกาะอังกฤษได้จากเสียงการกินอาหาร การต่อสู้ การเคลื่อนที่ หรือการสื่อสารของแมลงโดยใช้เสียง และพบว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากมีความถูกต้องถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่ Mankin *et al*. (1998a, 1998b, 2001) พบว่าคลื่นเสียงจากการเคลื่อนที่ในดินของตัว
หนอน Diaprepes citrus 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 และเสียงจากการกัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เคี้ยวอาหารกับการเคลื่อนที่ของแมลงทั้งสองชนิดนี้มีความใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดจากไส้เดือนดินที่อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 300-600 Hz และอยู่ได้นานคงที่เพียง 5-10 มิลลิวินาทีเท่านั้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังสามารถแสดงลักษณะ spectrum ของเสียงจากสิ่งมีชีวิตในดินโดยแยกเป็นชนิดต่างๆได้แก่ กิ้งกือ, แมลงกะชอน, หนอนในดิน, ไส้เดือน และ มด โดยดูจากความแตกต่างของคลื่นเสียงในช่วงความถี่ต่างๆ และระดับความดังของเสียง(Faustini and Burkholder, 1987)

ปัจจุบันการใช้เครื่องตรวจจับเสียง (acoustic sensors) การตรวจคลื่นความถี่ดิจิตอล (digital signal processing techniques) ตรวจจับเสียงเพื่อหาแมลงศัตรูพืชในดินมีความผันแปรที่เกิดจากปัจจัยทางกายภาพหลายประการ(Stein, 1994) นับตั้งแต่ อัตราการส่งสัญญาณไปสู่เสียง, ปริมาณความเบี่ยงเบน, การแบ่งสัญญาณ หรือการตกของสัญญาณเมื่อผ่านวัสดุ, การส่งเสียงของสัตว์อื่นหรือสิ่งมีชีวิตอื่น หรือค่าการแบ่งสัญญาณเสียงเมื่อตรวจวัดของคลื่นสัญญาณเมื่อทำการส่งสัญญาณเสียงแต่ละครั้ง การแบ่งสัญญาณเมื่อคลื่นเดินทางผ่านดินจะมีมากกว่าเมื่อเดินทางผ่านอากาศ(Southwood, 1962) มีข้อมูลแสดงหลายแห่งที่กล่าวว่า หากคลื่นเสียงที่ความถี่ต่ำกว่า 5 kHz เดินทางผ่านดินทรายจะสามารถตรวจจับได้ในระยะทาง 5-50 เซนติเมตร. รวมถึงการส่งคลื่นผ่านต้นไม้ใบไม้และกองใบไม้ได้ถึงระยะ 8 เมตร(Surtees, 1963) มีรายงานการศึกษาหลายพื้นที่ในรัฐฟลอริดา และอลาบาม่าที่ใช้เครื่องดักจับและไมโครโฟนเสียบดินเพื่อตรวจหาเสียง (acoustic sensors) และที่จะแยกหาเสียงของสัตว์ศัตรูพืชและสัตว์ทั่วไป พบว่าการใช้เครื่องมือดังกล่าวสามารถแยกระหว่าง Phyllophaga (white grubs), Diaprepes (citrus root weevils), Scapteriscus (mole cricket), และสัตว์ศัตรูพืชอื่นๆ รวมถึง background noises อื่น ๆ เช่น เ ครื่องบิน รถยนต์

Hagstrum *et al*. (1988, 1990) ตรวจวัดคลื่นเสียงของแมลงเพื่อประเมินหาความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวเปลือกในระยะตัวหนอน พบว่าสามารถใช้วิธีนี้ในการตรวจสอบและมีความถูกต้องของประชากรที่ตรวจวัดเทียบได้กับการนับจำนวนแมลงโดยตรงจากตัวอย่างเมล็ดเมื่อเปรียบเทียบเสียงที่เกิดในระยะตัวหนอนกับระยะตัวเต็มวัยก็พบว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากตัวเต็มวัยมีปริมาณมากกว่าตัวหนอนถึง 37 เท่า และในการศึกษาครั้งต่อมาก็พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเสียงที่เกิดจากแมลงจะแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร Vick *et al*. (1988)ได้ตรวจวัดคลื่นเสียงของตัวหนอนมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าว และผีเสื้อข้าวเปลือกที่เข้าทำลายเมล็ดข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพดด้วยการใช้ piezoelectric sensors พบว่ามีอัตราการเข้าทำลายในเมล็ดข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพดปริมาณ 100 มิลลิลิตรมีจำนวน 1-20 เมล็ดที่ถูกทำลาย และสรุปไว้ว่าปริมาณความดังของเสียงที่ตรวจพบมีความสัมพันธ์กับอัตราการเข้าทำลายของแมลง(Flinn and Hagstrum, 1998)

การตรวจวัดเสียงของแมลงสามารถใช้ติดตามการเข้าทำลาย และควบคุมปริมาณของแมลงได้อย่างต่อเนื่อง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดกับผลผลิต อันเนื่องมาจากการเข้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำลายที่ไม่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน (Adam *et al.*, 1953) เสียงของแมลงที่ตรวจวัดได้จะเกิดจากกิจกรรมต่างๆ เช่นการกินอาหารหรือการเคลื่อนที่ของแมลง การวัดเสียงตรวจหาแมลงศัตรูโรงเก็บด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างเมล็ดเพื่อสุ่มตัวอย่างหาแมลงที่เป็นที่นิยมมากที่สุด (Manis 1992) คือ การใช้วัสดุกลวงเก็บเมล็ด วัสดุนี้มักจะเป็นรูปทรงกระบอกเสียบเข้าไปในกองเมล็ดที่ต้องการสุ่ม เมล็ดจำนวนหนึ่งจะไหลเข้าสู่ช่องกลวงของวัสดุ เมล็ดที่ได้คือหนึ่งตัวอย่าง (Milner *et. al*. 1950, Schatzki and Fine 1988)

เสาวลักษณ์ (2547) ได้ศึกษาระดับคลื่นเสียงที่มีผลต่อพฤติกรรมในการกิน การเพิ่มจำนวนของแมลง และการเคลื่อนที่ของด้วงงวงข้าวโพด พบว่าคลื่นเสียงที่ระดับความถี่ 8 kHz มีผลให้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายโดยน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพด จำนวนแมลงที่เกิดขึ้นใหม่ และเปอร์เซ็นต์การเข้าหากองของด้วงงวงข้าวโพดมีค่าน้อยที่สุด Rohitha *et al*.(1994) ได้ตรวจวัดเสียงของตัวหนอน Lemon tree borer (*Oemona hirta*) ซึ่งแมลงชนิดนี้จะเจาะทำลายต้นพืชตระกูลส้ม โดยสามารถระบุลักษณะของเสียงเคี้ยวอาหารจากตัวหนอนได้ในช่วงความถี่ 500- 4,000 Hz ส่วนเสียงที่เกิดจากการกัดกินชิ้นส่วนพืชอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 8,000 Hz และจากการทดลองของ Green (1998) ที่ตรวจวัดเสียงจากการเคลื่อนที่และการกินอาหารของหนอน sugarcane rootstock borer weevil (*Diaprepes abbreviatus*) ที่เข้าทำลายพืชตระกูลส้มซึ่งแมลงชนิดนี้จะใช้เปลือกส้มตั้งแต่รากไปถึงยอดส้ม พบว่าเสียงจากกิจกรรมดังกล่าวจะอยู่ในช่วงความถี่ที่ 150 และ250 Hz ซึ่งระดับความดังของเสียงแมลงมีค่าสูงกว่า background noise ประมาณ 15 เดซิเบล

การใช้พลังงานเสียงในระดับสูง ซึ่งสามารถทำให้แมลงตายได้โดยตรงจากความร้อนที่เกิดขึ้นหรือไปทำอันตรายกับอวัยวะภายในหรืออวัยวะรับเสียง โดยผลของคลื่นเสียงที่ความถี่สูงๆ จะทำให้อวัยวะบางส่วนของแมลงเกิดการแตกหัก (mechanical injury) (Faustini and Burkholder, 1987) ซึ่งการที่แมลงถูกทำอันตรายถูกทำลายหรือทำให้เกิดบาดแผล จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของแมลง แต่แมลงอาจจะหายคืนสู่สภาพปกติได้ (ทิพย์วดี, 2535) การใช้พลังงานเสียงในระดับต่ำจะมีผลต่อพฤติกรรมหรือเปลี่ยนแปลงอุปนิสัยของแมลงในแง่การป้องกันกำจัดได้ (Southwood, 1962) ตัวอย่างเช่น การใช้เสียงอุลตร้าโซนิค ซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่ระดับความดังของเสียงประมาณ 115 เดซิเบล ในการควบคุมกำจัดหนูและแมลงสาบ คลื่นเสียงดังกล่าวทำให้หนูและแมลงสาบสูญเสียการทรงตัวหลงทิศทางกลับรังไม่ถูกทำให้อดอาหาร และอาจตายได้ในที่สุด (ชุมพล, 2533)

การศึกษาถึงผลกระทบของเสียงอัลตราซาวด์ต่อการลำเลียงของอสุจิ จำนวนของตัวหนอน และน้ำหนักของตัวหนอนผีเสื้อ *Plodia interpunctella* (Hübner) พบว่า การใช้เครื่องมือผลิตคลื่นความถี่ที่ระดับ 21, 25 และ 35 kHz ที่ระดับความดังของเสียง 94 dB ที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร ทำให้ผีเสื้อเพศเมียได้รับอสุจิน้อยลง 27 เปอร์เซ็นต์ และผลิตตัวหนอนได้น้อยกว่า 48 เปอร์เซ็นต์ คลื่นเสียงจึงมีผลต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พฤติกรรมและเปลี่ยนแปลงอุปนิสัยของแมลงได้ และสามารถนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดได้ (Huang *et al*., 2002)

Nelson and Stetson, 1974 ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลื่นวิทยุที่ระดับ 39 และ 2,450 MHz ในการควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวในข้าวสาลี พบว่า คลื่นวิทยุที่ระดับ 39 MHz มีประสิทธิภาพดีกว่าคลื่นวิทยุที่ระดับ 2,450 MHz โดยจะทำให้อัตราการตายของด้วงงวงข้าวเกิดขึ้นได้เร็วกว่า 1 วัน และได้มีการใช้คลื่นเสียงในการควบคุมปริมาณยุงโดยอาจใช้คลื่นเสียงเพื่อการดึงดูดหรือขับไล่ยุงได้ ซึ่งพบว่าการใช้คลื่นเสียงในการขับไล่ยุงได้รับความสนใจมาก โดยยุงเพศเมียสามารถดึงดูดยุงเพศผู้จากความถี่ของคลื่นเสียงของการกระพือปีกประมาณ 2,000 Hz จึงได้ใช้ความถี่นี้ในการควบคุมปริมาณยุง (Andrade and Bueno, 2001)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่จะส่งผลโดยตรงกับกิจกรรมของแมลง (ทั้งตัวอ่อนและตัวแก่) และเพิ่มความสามารถ ในการตรวจจับเสียงของเครื่องด้วย Hagstrum and Flinn (1993) พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในห้องตรวจจาก 17.5 องศาเซลเซียส เป็น 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ตัวแก่แมลง (หลายชนิดที่สำคัญๆและพบทั่วไปในสถานที่เก็บเมล็ดพันธุ์) เพิ่มการเคลื่อนไหวและการส่งเสียง(Stein, 1994) ผู้ทำงานตรวจสอบเมล็ดได้ใช้ผลการค้นพบนี้ด้วยการฉายแสง infrared ไปยังกลุ่มตัวอย่างเมล็ดเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวของแมลง ความร้อนและพลังจากแสงอินฟราเรดทำให้แมลงมีการเคลื่อนไหวอย่างมาก จนสามารถมองเห็นด้วยตา Edward (1991) กล่าวว่าเครื่อง Berlese funnels และเครื่องมืออื่นที่ใช้ประกอบกัน จะติดตั้งหลอดไฟอินฟราเรดเพื่อใช้งาน

Birch 1945, Stinner *et. al*. 1974, Flinn *et al*. 1997 เป็นนักวิจัยที่รวบรวมงานวิจัยด้านอุณหภูมิที่มีต่อแมลง จนนำสู่พัฒนาการอีกด้านหนึ่งนอกเหนือการใช้แสงอินฟราเรด คือ การติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (thermal treatment) การศึกษาด้านการใช้อุณหภูมิเพื่อเพิ่มการกินอาหาร เป็นการศึกษาของ Matsuki *et. al*. (1994) ขณะที่ Shade *et. al.* 1990 และ Au 1997 ศึกษาด้านอุณหภูมิกับการส่งเสียงของแมลง พบว่าตัวหนอนของแมลงศัตรูฝ้าย Pectinophora gossypiella (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) จะส่งเสียงที่ดังทำให้เครื่องตรวจเสียงดักจับเมื่อสมอฝ้ายถูกเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38 องศาเซลเซียส ก่อนตรวจเสียง ในขณะที่อุณหภูมิของการเก็บเมล็ดพืชทั่วไปจะอยู่ที่ 25-28 องศาเซลเซียส (บางแห่งอาจจะต่ำกว่านี้ เพื่อป้องกันการเติบโตของแมลงและเชื้อรา) (Burges and Burrel 1964, Loschiavo 1985, Noyes *et. al*. 1995, Maier *et. al*. 1996)

ดังนั้น การเพิ่มอุณหภูมิกระตุ้นการเคลื่อนไหวของแมลงจึงควรต้องนำกลุ่มตัวอย่างมากในลักษณะของการสุ่มและทำการเพิ่มอุณหภูมิก่อนนำเข้าตรวจจับเสียงขณะนี้ยังไม่มีการศึกษาวิจัยที่แยกแยะไปถึงปฏิกิริยาของแมลงศัตรูพืชในไซโลเก็บรักษาแม้กระทั่งในห้องทดลอง ก็ต้องใช้ความพยายามอย่างมากที่ต้องขจัด background noise ด้วยการปกปิดช่องหรือรูโหว่ที่ทำให้ background

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

noise เล็ดลอดเข้ามาได้ สุดท้ายก็คือ การที่ต้องใช้ไมโครโฟนจ่อใกล้กับตำแหน่งที่แมลงอยู่ให้มากที่สุด (Ewing and Bennet-Clark 1968, Ryker 1988). การใช้ระบบการใช้เสียงเพื่อดักจับแมลงทำขึ้นครั้งแรกในห้องทดสอบที่มีเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมน้อย (Adams *et. al*. 1953. Wojcik 1968) และ ในตู้ควบคุมเสียง (anechoic chambers) (Vick *et. al*. 1988b. Webb *et. al.* 1988). Shade *et. al.* (1990) ทดสอบใช้วิธีกำจัดเสียงรบกวนด้วยการวางเมล็ดพืชที่ถูกทำลายด้วยแมลง (เมล็ดพืชที่มีตัวแมลงอาศัยอยู่ภายใน) ให้ตรงกับเครื่องตรวจจับเสียง ultrasonic sensor เพื่อนำมาวิเคราะห์จากช่วงการส่งสัญญาณเสียง โดยสรุป Shade ค้นพบว่าอากาศเป็นตัวกั้นฉนวนของ ultrasonic background noise และพบต่อไปว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงของความสามารถในการส่งสัญญาณจะเป็นผลโดยตรงกับระยะห่างระหว่างเครื่องตรวจจับเสียงกับแหล่งกำเนิดเสียง คลื่นเสียง ultrasound จะเดินทางผ่านวัสดุจำพวกไม้ได้น้อยมาก (Sheffrahn *et. al*. 1993) ได้ทำการทดลองให้คลื่นเสียง ultrasound เดินทางผ่านชิ้นไม้ที่ถูกทำลายด้วยปลวก เปรียบเทียบกับชิ้นไม้ที่ไม่ถูกทำลาย เพื่อหาวิธีลดความผิดพลาดอันเกิดจากการรบกวนของ background noise.

การใช้เครื่องมือ ตรวจสอบเสียงเพื่อหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชถึงแม้เป็นที่นิยมทั่วไป แต่ก็มีการผิดพลาดได้เช่นกัน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจาก 1. ภาวะการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมตามอายุขัยของแมลง 2. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ทำให้เป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมของการทำงานของเครื่องตรวจจับที่ตั้งโปรแกรม 3. เกิดจากความเบี่ยงเบนเมื่อใช้เครื่องตรวจ. Vick *et. al*. (1988) เป็นบุคคลหนึ่งที่ยืนยันถึงเหตุผิดพลาดดังกล่าว เขาศึกษาตัวอ่อน *Sitophilus oryzae* (L.) ที่เติบโตในเมล็ดธัญพืช จากการเติบโตตั้งแต่ระยะไข่เริ่มจับเสียงเป็นครั้งแรกที่ประมาณ วันที่ 13 หลังระยะไข่จนถึงระยะสุดท้ายของระยะดักแด้ เครื่องตรวจเสียงสามารถตรวจได้ราว 70-90 เปอร์เซ็นต์ ของการตรวจสุ่มเป็นระยะทุก ๆ 5 นาที จำนวน 10 ครั้ง เป็นระยะเวลา 50 นาที Shuman *et. al.* (1993) ศึกษา *S. oryzae* ระยะ ที่ 4 พบว่าเครื่องตรวจเสียงจะตรวจได้ราว 70 เปอร์เซ็นต์ จากการสุ่มตรวจเป็นเวลา 9 นาที โดยที่เครื่องตรวจได้ตั้งให้ตรวจหาตัวอ่อนจากปริมาณเมล็ดธัญพืช 1 กก. บุคคลทั้งสองตั้งสมมุติฐานว่า ตัวอ่อนส่วนที่ตรวจไม่พบเนื่องจากไม่มีเสียงหรือส่งเสียงดังไม่เพียงพอที่เครื่องจะตรวจพบได้ ในขณะที่เครื่องตรวจเสียงได้ตั้งค่าการตรวจไว้ที่การค้นหาตัวอ่อนจำนวน 1-3 ตัวจากเมล็ด 1 กก. Weaver *et. al*. (1996, 1997) ได้ศึกษาตัวอ่อนแมลงชนิดเดียวกัน ใช้เครื่องตรวจที่เกือบจะเหมือนกับผู้ทดลองสองคน แต่เพิ่มเวลาการตรวจเป็น 30 นาที ทำให้ตรวจพบได้ที่ 86 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาของ Weaver นำไปสู่ความพยายามที่จะสร้างเครื่องตรวจหรือตั้งเครื่องตรวจให้มีระยะตรวจที่ยาว แต่เว้นระยะระหว่างการตรวจให้สั้น รวมถึงการพยายามหาวิธีกระตุ้นให้แมลงมีกิจกรรมเช่นการกิน การส่งเสียง ในช่วงที่เครื่องทำการตรวจแต่ในปัจจุบันนี้ ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และกลศาสตร์เรื่องเสียง การผลิตเครื่องตรวจวัดดิจิตอลที่สามารถทำงานอัตโนมัติ ต่อเนื่อง และทำการบันทึกข้อมูลรายละเอียด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไปได้พร้อม ๆ กันทำให้การตรวจหาแมลงในสินค้าเปลี่ยนมาเป็นการใช้เครื่องตรวจเสียงมากขึ้น (Fleurat-Lesard *et. al.* 1994, Hagtrum *et. al*. 1996, Mankin *et.al*. 1996, Reichmuth *et. al*. 1996)

อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการตรวจแมลงด้วยเครื่องตรวจเสียงต้องประกอบด้วยองค์ความรู้กายภาพและชีวภาพอื่น ๆ อีกทั้งเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพที่เป็นส่วนประกอบของ 1. การส่งเสียงร้องของแมลง 2. การกระจายตัวของเสียง และ 3. กรรมวิธีในการตรวจจับ สิ่งเหล่านี้ต้องมีทั้งความละเอียดและลึกซึ้ง ปัจจัยทางกายภาพที่มีส่วนร่วมของการเกิดเสียง คือ 1. ความเข้มข้นของเสียง 2. ลักษณะเส้นทางเดินของเสียงนับจากจุดเริ่มไปถึงจุดสุดท้ายที่ได้ยิน 3. ระยะทางจากจุดกำเนิดถึงระยะที่ผู้ฟังฟังอยู่ 4. ความสามารถในการได้ยินของผู้ฟัง (Beranek 1988, Forrest and Raspet 1994), 5. การแบ่งสัญญาณเมื่อคลื่นเดินทางผ่านวัสดุ (Hickling and Wei 1995) 6. รูปแบบความต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องของ *background noise* (Mankin *et. al*. 1996). ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆยังรวมถึง 7.ลักษณะเฉพาะด้านกายภาพและพฤติกรรมของแมลงแต่ละสายพันธุ์ 8. อุณหภูมิ (Shade *et.al*. 1990, Hagstrum and Flinn 1993) 9. ชนิดธัญพืชและคุณสมบัติเฉพาะ (Vick *et.al*. 1988a, b)

ปัจจัยหลักเก้าประการข้างต้นได้ถูกนำไปศึกษาเชิงปริมาณอย่างต่อเนื่องโดย Webb *et.al*. (1988), Hagstrum *et.al*. (1988), และ Vick *et.al*. (1988a, b). พบว่าการใช้เครื่องตรวจจับแมลงในสินค้าธัญพืชจะได้ผล ก็ต่อเมื่อสามารถควบคุมองค์ประกอบสามเรื่อง คือ 1. ห้องตรวจต้องควบคุมเสียงรบกวนทั้งจากภายในและภายนอกได้อย่างสมบูรณ์ 2. เสียงจากแมลงที่ต้องการตรวจจับนั้นต้องหนักแน่น ซึ่งหมายถึงว่าแมลงนั้นมีกิจกรรมมีการเคลื่อนไหวแมลงแต่ละชนิดมีพฤติกรรมตอบสนองต่อสิ่งรบกวนที่ไม่เหมือนกันและมีความไวต่อการรบกวนที่ต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งรบกวนอย่างเดียวกัน แมลงบางอย่างจะตอบสนองด้วยการเคลื่อนตัวรุนแรงในขณะที่ แมลงบางชนิดจะตอบสนองด้วยการอยู่นิ่ง 3. เครื่องตรวจต้องมีตัวตรวจจับที่มีความไวสูง (sensitivity) ตั้งค่าได้หลากหลาย มีช่วงการตั้งค่าที่กว้าง ทำงานเป็นอัตโนมัติและต่อเนื่องเป็นช่วงเวลายาวได้ สำหรับชนิดของแมลงที่พบว่าเครื่องตรวจจับค้นพบได้ดี ได้ผลที่น่าเชื่อถือ เช่น grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Bostrichidae), Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Gelechiidae). Hagstrum *et.al*. (1990, 1991, 1996) ยังได้ศึกษาการเพิ่มประชากร ของ *R. dominica, S. oryzae* ในลักษณะของแมลงศัตรูพืชที่พบเป็นการถาวรตามยุ้งฉางไซโลธัญพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Vick *et. al* 1988a ได้ค้นหาวิธีเพื่อลดความผิดพลาดตรวจหาแมลงด้วยคลื่นเสียงระยะไกล เช่นกรณีตรวจหาแมลงในไซโลธัญพืช Vick สร้าง ห้องเก็บเสียงจากไม้โฟม กระดานฉนวน ในห้องนี้ background noise ถูกจำกัดให้อยู่ในระดับเสียงทั่วไปที่หูมนุษย์พอจะได้ยิน เมล็ดที่มีแมลงเข้าทำลายจะมีสัมประสิทธ์การส่งสัญญาณเสียงที่ดี เครื่องตรวจเสียงสามารถดักฟังได้จากระยะหลายเซ็นติเมตร Hickling and Wei 1995 ยืนยันเช่นกันว่า หากมีฉนวนกั้นเสียงจากภายนอก ที่มีลักษณะเป็นห้อง แล้วการตรวจ เสียงของแมลงนั้นสามารถทำได้ โดยเฉพาะเสียงแมลงตัวอ่อน (larvae) กินอาหาร Hagstrom and Flinn ได้สร้างห้องเก็บเสียงจากไม้อัด โฟม และฉนวนกันเสียงอื่น ๆ ขนาด 35 x 40 ซม. ใช้เครื่องตรวจฟังเสียงด้วงกินเมล็ดตัวเต็มวัยจากเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งผลคือสามารถตรวจฟังเสียงแมลงได้ นักวิจัยทำการศึกษาถึงศัตรูพืชที่สำคัญ ๆ แต่ละชนิดอย่างครอบคลุม นับตั้งแต่วงจรชีวิต พฤติกรรม การขยายขนาดประชากร ปัจจัยที่ทำให้เกิดการระบาด รวมไปถึงวิธีการควบคุมแก้ไขที่ได้ผลในแต่ละช่วงของวงจรชีวิต ปัจจุบันการใช้เครื่องตรวจจับเสียง (acoustic sensors) การตรวจคลื่นความถี่ดิจิตอล (digital signal processing techniques) งานวิจัยที่กล่าวทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุฉนวนกั้นเสียงสร้างห้องเพื่อจำลองวิธีการตรวจจับเสียงนั้นสามารถป้องกันเสียงรบกวนอื่น ๆ และส่งผลให้เครื่องตรวจฟังสามารถตรวจจับเสียงแมลงได้

Weaver *et. al.* (1996, 1997) ได้ศึกษาตัวอ่อนแมลง ใช้เครื่องตรวจที่เกือบจะเหมือนกับผู้ทดลองสองคน แต่เพิ่มเวลาการตรวจนับเป็น 30 นาที ทำให้ตรวจพบได้ที่ 86 เปอร์เซ็นต์ การศึกษานำไปสู่ความพยายามที่จะสร้างเครื่องตรวจ หรือติดตั้งเครื่องตรวจให้มีระยะตรวจที่ยาว แต่เว้นระยะระหว่างการตรวจให้สั้น รวมถึงการพยายามหาวิธีกระตุ้นให้แมลงมีกิจกรรมเช่น การกิน การส่งเสียงในช่วงที่เครื่องทำการตรวจ สำหรับงานที่ต้องการคุณภาพ การเก็บเมล็ดจะทำควบคู่ไปกับการใช้คลื่นเอกซ์เรย์ (x-ray radiography) (Milner *et. al.* 1950, Schatzki and Fine 1988) แต่ในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ และกลศาสตร์เรื่องเสียง การผลิตเครื่องตรวจวัดดิจิตอลที่สามารถทำงานอัตโนมัติ ต่อเนื่อง และทำการบันทึกข้อมูลรายละเอียดไปได้พร้อม ๆ กัน ทำให้การตรวจหาแมลงในสินค้าเปลี่ยนมาเป็นการใช้เครื่องตรวจเสียงมากขึ้น (Shade *et.al.* 1990, Hagstrum and Flinn 1993) แต่หากคำนึงถึงสถานการณ์จริงที่การเก็บธัญพืชนั้นเป็นสถานที่ขนาดใหญ่มากๆ การสร้างห้องเก็บเสียงขนาดใหญ่เช่นไซโลและการนำเครื่องตรวจจับเข้าใกล้แหล่งเสียงให้มากที่สุดนั้นจะทำได้อย่างไร (Beranek 1988b, Carn and Hoover 1988, Harris 1994).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหตุและปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นผลต่อการเคลื่อนไหวของแมลง อันเป็นผลต่อเนื่องถึงการใช้เครื่องตรวจเสียง รวมถึงชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างในแง่มุมของขนาดที่มีในการทำงานวิจัยระดับห้องทดลอง และการทำในสภาพจริงไซโลขนาดมหึมา (Smith, 1978; Loschiavo, 1983) ปัจจัยที่เป็นบวกต่อการใช้เครื่องตรวจจับ เช่น การเพิ่มอุณหภูมิควรจะถูกศึกษาเพิ่มเติมให้ชัดลึกยิ่งขึ้น หรือประเด็นด้านปฏิกิริยาของแมลงในเมล็ดกับการตองสนองสิ่งเร้าภายนอกก็ควรได้มีการศึกษาในแมลงที่สำคัญแต่ละชนิด รวมถึงการศึกษาลึกในลักษณะของกระบวนการของการใช้เครื่องตรวจเสียงให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้เป็นช่องว่างระหว่างสภาพสิ่งที่ทำในห้องทดลองกับสิ่งที่ปฏิบัติจริง(Cox *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved