บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ด้วงหนังสัตว์ (hide beetle)

ด้วงหนังสัตว์หรือตัวขมวน (hide beetle) (ภาพ 2.1) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ*Dermestes maculatus* Degeer อยู่ในวงศ์ Dermestidae อันดับ Coleoptera ด้วงหนังสัตว์เป็นแมลงศัตรูสำคัญของปลาแห้ง ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยที่เข้าทำลายให้ปลาแห้งได้รับความเสียหาย (ภาพ 2.2)การเข้าทำลายของแมลงทำให้เกิดการสูญเสียทั้งในด้านปริมาณ (quantity) และคุณภาพ (quality) และความเสียหายจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานหลายเดือน

รูปร่างลักษณะ

ด้วงหนังสัตว์ เป็นด้วงปีกแข็งขนาดเล็กมีหนวดสั้นแบบกระบองและมีความยาวลำตัวประมาณ 7-9 มิลลิเมตรมีลักษณะโค้งนูนรูปไข่ยาวรีลำตัวมีสีดำด้านหลังมีขนเล็กๆ สีเทาปกคลุม ส่วนด้านล่างของลำตัวจะมีขนสีขาวปกคลุมโดยมีแถบสีดำอยู่ทางด้านข้างและส่วนปลายของส่วนท้องตัวเมียวางไข่ได้สูงถึง 800 ฟองไว้บนอาหารในปลาป่นหรือเศษผงจากการทำลายของมันไข่ (ภาพ 2.3) มีขนาดเล็กประมาณ2 มิลลิเมตรสีครีมระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 1-6 วันแล้วฟักออกมาเป็นตัวหนอนหนอน (ภาพ 2.4) มีความยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตรสีน้ำตาลมีขนยาวปกคลุมตามลำตัวและที่ส่วนปลายของส่วนท้องจะมีลักษณะเป็นหนามแหลมยื่นออกมา 2 อันลักษณะที่แตกต่างไปจากหนอนที่อยู่ใน genus เดียวกันคือจะมีเส้นยาวสีอ่อนกว่า (light line) พาดตามความยาวบนกลางหลังหนอนอาจจะลอกคราบ 5-8 ครั้งหรือมากกว่านั้นหนอนวัยสุดท้ายก่อนที่จะเข้าดักแด้จะเจาะลึกลงไปในสิ่งของที่ไม่ใช่อาหารและเป็นของแข็งเพื่อเข้าดักแด้ (ภาพ 2.5) มีความยาวประมาณ 7-10 มิลลิเมตร ระยะดักแด้ประมาณ 6-8 วันวงจรชีวิตตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัยประมาณ 30 วันหรือมากกว่าตัวเต็มวัยเมื่อถูกรบกวนจะแกล้งทำเป็นตายโดยหงายท้องขึ้นและหดขาเข้าหาลำตัว นอกจากนี้ตัวหนอนของแมลงชนิดนี้จะกินไข่และดักแด้ของพวกเดียวกัน (cannibalistic) (ชุมพล, 2533)

พฤติกรรมและการเข้าทำลายของด้วงหนังสัตว์

แมลงชนิดนี้แพร่กระจายไปทั่วโลกโดยเฉพาะในเขตร้อนและเขตอบอุ่นสามารถเกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบาดได้ตลอดทั้งปีพืชอาหารที่แมลงชนิดนี้เข้าทำลาย ได้แก่หนังสัตว์ปลาแห้งปลาป่นเนื้อมะพร้าวแห้งไข่แดงแห้งพวกอาหารรมควันปลาแห้งหรือปลาป่นที่ทำจากปลาน้ำจืดจะถูกแมลงชนิดนี้เข้าทำลายอยู่บ่อยๆทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแมลงชนิดนี้มีความทนทานต่อความเค็มได้ไม่ดีนัก (poor salt tolerance) ตัวหนอนของแมลงชนิดนี้ไม่สามารถเจริญได้เลยในปลาป่นที่มีเปอร์เซ็นต์เกลือสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (ชุมพล, 2533)

ศัตรูธรรมชาติของด้วงหนังสัตว์ด้วงขาแดง(Copra beetle) *Necrobia rufipes*Degeer จัดอยู่ในวงศ์ Cleridaeอันดับ Coleoptera ซึ่งเป็นแมลงศัตรูของปลาแห้งอีกชนิดหนึ่งเป็นตัวห้ำกินไข่และตัวหนอนวัยอ่อนของแมลงชนิดนี้นอกจากนี้ยังมีตัวเบียนซึ่งเป็นไรเช่น*Pyemotes herfsi*และตัวเบียนที่เป็นพวก อมีบาเช่น*Pyxinia crystalligera*และ*P. rubecula*เป็นต้น (ชุมพล, 2533)

การป้องกันกำจัดด้วงหนังสัตว์

การควบคุมแมลงในปลาแห้งสามารถทำได้หลายวิธี มีการศึกษาวิจัยการป้องกันกำจัดแมลงในปลาแห้งดังนี้

1. การใช้สารฆ่าแมลง (insecticide) มีทั้งชนิดที่เป็นของเหลว และเป็นผง นำมาใช้ควบคุมแมลงในปลาแห้งขณะเก็บรักษา โดยวิธี พ่น จุ่ม หรือชนิดผงโรยบนตัวปลา ยาฆ่าแมลงที่ใช้อยู่ในกลุ่ม organophosphates และ pyrethroids (Kisembo, 2007)

2. บุญญา และคณะ(2523) ได้รายงานการใช้รังสีแกมมาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในปลารมควันโดยพบว่าที่ อุณหภูมิ 27±2องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 60±5 เปอร์เซ็นต์ ขนาดปริมาณรังสี 7.5 เกรย์ (1 เกรย์ เท่ากับ 100 rads) ทำให้ไข่ของด้วงหนังสัตว์ไม่ฟักเป็นตัว 100 เปอร์เซ็นต์ และรังสีขนาด 100 เกรย์ สามารถทำหมันดักแด้เพศผู้ของด้วงหนังสัตว์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ไข่ที่เกิดจากตัวเมียปกติผสมกับตัวผู้ทำหมันด้วยรังสีในระยะดักแด้ ไข่ด้วงหนังสัตว์ที่ได้ไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา บุญญาและคณะ (2526) ได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อด้วงหนังสัตว์เพิ่มเติม และพบว่าการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลท์-60 กับระยะต่างๆของขมวนพบว่ารังสีแกมมามีผลต่อการเจริญเติบโตเป็นอย่างมากไข่ที่ได้รับรังสีขนาด 0.1 Kradและหนอนที่รับรังสีขนาด 1 Kradขึ้นไปทำให้ดักแด้เจริญผิดปกติ และตายลงเมื่อรับรังสีขนาด 60 Kradและมีผลให้อายุของตัวเต็มวัยสั้นลงและตายเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นAhmed *et al.* (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้รังสีแกมมากำจัดด้วงหนังสัตว์เช่นเดียวกันโดยใช้รังสีแกมมาขนาด10, 20 และ 30 Krad กับทุกระยะด้วงหนังสัตว์ พบว่ารังสีขนาด 20 Krad มีผลต่อ ระยะไข่หนอน และดักแด้ ส่วนรังสีขนาด30 Krad ทำให้ตัวเต็มวัยของด้วงหนังสัตว์ตายหมดภายใน 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การใช้สารสกัดจากพืชเป็นแนวทางหนึ่งที่นำมาใช้กำจัดแมลงในปลาแห้ง วิเชียรและคณะ (2546) ได้รายงานผลการใช้สารธรรมชาติควบคุมแมลงทำลายปลาแห้งโดยใช้สารสกัดจากพืช พบว่าผลดีปลีใบน้อยหน่าเมล็ดยี่หร่าและผลจันทน์เทศสามารถควบคุมด้วงหนังสัตว์และด้วงขาแดงได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นๆนอกจากดีปลีจะมีผลในการฆ่าแมลงแล้วยังพบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารขับไล่แมลง (repellent) ได้ด้วยเช่นเดียวกับน้ำมันทานตะวัน และน้ำมันมะพร้าวและยังพบว่าสารสกัดจากดีปลีไม่มีผลผลต่อคุณภาพทางอาหารเมื่อนำไปบริโภคด้วย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของสารสกัดจากพืชชนิดอื่น ๆ เช่น พริกไทย กานพลู พริกไทยดำ และผลจันทน์เทศ พบว่าสามารถยับยั้งการแพร่พันธุ์ของด้วงหนังสัตว์ และด้วงขาแดงในปลารมควันได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเห็นได้จากการวางไข่มีปริมาณลดลงในแมลงทั้งสองชนิด (Akinwumi *et al.,* 2006) นอกจากนี้ Akinwumi and Fesobi (2010) ยังได้ศึกษาผลของสารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดนี้ ต่อปริมาณสารอาหารในปลารมควัน พบว่าผลที่ได้สัดส่วนของปริมาณสารอาหารไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งผลเป็นที่ยอมรับ และสามารถนำมาใช้ป้องกันแมลงศัตรูในการเก็บรักษาปลารมควันได้Owoade (2008) ยังได้รายงานผลการใช้สารสกัดจาก พริกไทยดำ พริกชี้ฟ้า ขิง และพริกเชอร์รี่ ทดลองกับด้วงหนังสัตว์ในระยะหนอน อายุ 24-48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 15, 20 และ 25 กรัมต่อกิโลกรัม พบการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 72 ชั่วโมง ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพริกไทยดำ ส่วนพืชทั้ง 3 ชนิด พบการตายที่ 53 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวหนอนที่รอดชีวิตถูกนำมาสังเกตเป็นเวลา 20 วัน พบว่าหนอนมีความยาวของลำตัวเฉลี่ยต่ำกว่าในชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก๊าซโอโซน (ozone)

ก๊าซโอโซน (ozone หรือ O_3) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม ปรากฏอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก ก๊าซโอโซนถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1840 โดย คริสเตียน ฟรีดริช เชินไบน์ (Christian Friedrich Schönbein)นักเคมีชาวเยอรมัน โดยตั้งชื่อตามภาษากรีกคำว่า ozein ซึ่งแปลว่ากลิ่น ก๊าซโอโซนเข้มข้นมีสีฟ้าที่อุณหภูมิ และความดันมาตรฐาน (StandardTemperature andPressure;STP) เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง -112 องศาเซลเซียสก๊าซโอโซนจะเป็นเป็นของเหลวสีน้ำเงิน และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า -193 องศาเซลเซียสก็จะกลายเป็นของแข็งสีดำ มีการนำก๊าซโอโซนไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น นำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเคมีภัณฑ์ นำไปใช้เป็นสารซักฟอก ใช้ฆ่าแบคทีเรีย ฯลฯ ก๊าซโอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีมาก และในขณะเดียวกันก็เป็นสารที่ไม่อยู่ตัว มักจะสลายเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่าย โดยปกติก๊าซโอโซนมักออกซิไดส์โลหะ (ยกเว้นทองคำแพลทินัม และแพลเลเดียม) ให้มีเลขออกซิเดชั่นสูงขึ้น (Rubin, 2001; Wikipedia, 2010; ศูนย์บริหาร และส่งเสริมสิ่งแวดล้อมเครือสหวิริยา, 2553)

ก๊าซโอโซน เป็นก๊าซที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี มีคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ เนื่องจากเมื่อก๊าซโอโซนสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) โดยที่ O_3 จะแตกตัวเป็น O_2และ O ซึ่ง Oจะมีหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ (โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551) ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่มีปฏิกิริยาต่อโปรตีนทำให้โปรตีนถูกทำลายได้โดยปฏิกิริยา oxidation ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบการหายใจของแมลง แมลงจะมีอัตราการเกิดเมทตาบอลิคและการขยายของหลอดลมสูงขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสารตั้งต้นที่ใช้ในการหายใจ ทำให้การหายใจล้มเหลวการทดลองใช้ก๊าซโอโซนในแมลงวันจะทำให้เกิดการตายในแมลงวันได้ที่ก๊าซโอโซนเข้มข้น 4 ppm นอกจากนี้ก๊าซโอโซนยังทำให้สัดส่วนของ โปรตีน dityrosine/ tyrosine สูงขึ้นด้วย (Cross *et al*., 1998) ก๊าซโอโซนมีการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหรือการส่งออกผักและผลไม้ (โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551) และการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ดธัญพืช ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูง โดยไม่ทำให้คุณภาพของอาหารและเมล็ดธัญพืชนั้นสูญเสียไป ทั้งนี้โอโซนเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับเกิน 4 ppm (ตาราง 2.1) การห้ามสัมผัสโอโซนความเข้มข้น 0.1 ppm เป็นเวลาติดต่อกัน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานสมาคม American Conference of Governmental Hygienists (ACGIS) หรือความเข้มข้น 0.3 ppm เป็นเวลานาน 15 นาที อาจทำให้เกิดการระคายเคืองตา และลำคอได้ โอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติโดยการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ และการเกิดฟ้าแลบส่วนในทางการค้าถูกผลิตขึ้นโดยการใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร corona

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุล O_2 แตกตัว และรวมตัวเป็น O_3(อัมพวัน, 2544; US EPA, 1996)

ตาราง 2.1ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่มีผลทางสุขภาพ

ระดับของโอโซน (ppm)	ข้อมูลด้านสุขภาพ
0.02-0.05	สามารถได้กลิ่น
0.1-0.3	ใน 2-3 ชม.จะรู้สึกแสบจมูกและคอ
0.6-0.8	ใน 2-3 ชม. จะมีการกระตุ้นระบบทางเดินหายใจ
1.0-2.0	ใน 2-3 ชม. จะทำให้ระบบทางเดินหายใจผิดปกติ
10	อันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 60 นาที
20	อันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 10 นาที

ที่มา : ชมพูศักดิ์ และเทพพนม (2540)

หลักการผลิตก๊าซโอโซน

การผลิตก๊าซโอโซนใช้หลักของพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักที่เรียกทั่วไปคือ โอโซนเนเตอร์ (ozonator) ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถผลิต และควบคุมระดับของก๊าซโอโซนได้ หลักการทั่วไปคือ อะตอมของออกซิเจนจะได้รับการถ่ายพลังงานจนทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เร่งสภาพหรือมีพลังงานสูง และในที่สุดเกิดการรวมเป็นโมเลกุลของก๊าซโอโซน ทฤษฎีของการทำ corona discharge หรือการเร่งประจุไฟฟ้าให้ออกมาเป็นกลุ่มก้อน หรือเป็นประกายในบรรยากาศจะเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา และเร่งปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจน ดังนั้น ทฤษฎีของโคโรน่าจึงใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตอุปกรณ์โอโซนซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) เพราะแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถควบคุมปริมาณละเอียดได้ และในการผลิตได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ (ชมพูศักดิ์ และเทพพนม, 2540)

ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติที่ปราศจากสีและมีพลังงานก๊าซโอโซนจะไม่คงตัวหรือไม่เสถียร (unstable) เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความดันและการสัมผัสกับสารที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยา oxidationอย่างรวดเร็ว ซึ่งก๊าซโอโซนมีปฏิกิริยาสูงถึง 2.07โวลต์ (oxidation potential)สามารถทำปฏิกิริยา oxidationได้สูง โดยไม่เหลือสารพิษตกค้างใดๆ นอกจากก๊าซออกซิเจน ดังนั้นจึงทำให้มีฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรีย รา และไวรัสได้ดีและรวดเร็วหากเปรียบเทียบกับการใช้คลอรีน พบว่าก๊าซโอโซนมีความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ประมาณ 5,000 เท่าของคลอรีน ก๊าซโอโซนเข้มข้นเพียง 0.01-0.04 ppm สามารถทำลายกลิ่นสารเคมี และก๊าซพิษได้ไม่ทิ้งพิษตกค้าง เนื่องจากผลของปฏิกิริยาที่ทำกับก๊าซโอโซนจะได้ผลลัพธ์เป็นออกซิเจนจึงเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดีด้วย(โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551)การที่ก๊าซโอโซนสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ และทำลายสารพิษที่อาจตกค้างอยู่ในผลผลิตทางการเกษตรเป็นการยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้มากถึง 3 เท่า จากรายงานของ Kells *et al.* (2001) พบว่าก๊าซโอโซนสามารถลดอัตราการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* Speare ได้ถึง 63 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีการใช้ก๊าซโอโซนในการช่วยรักษาคุณภาพของอาหารทะเล ก๊าซโอโซนสามารถใช้กำจัดแมลงสาบภายในโรงพยาบาลซึ่งเป็นวิธีที่ดีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่มีสารพิษตกค้าง (Steeves, 2003)

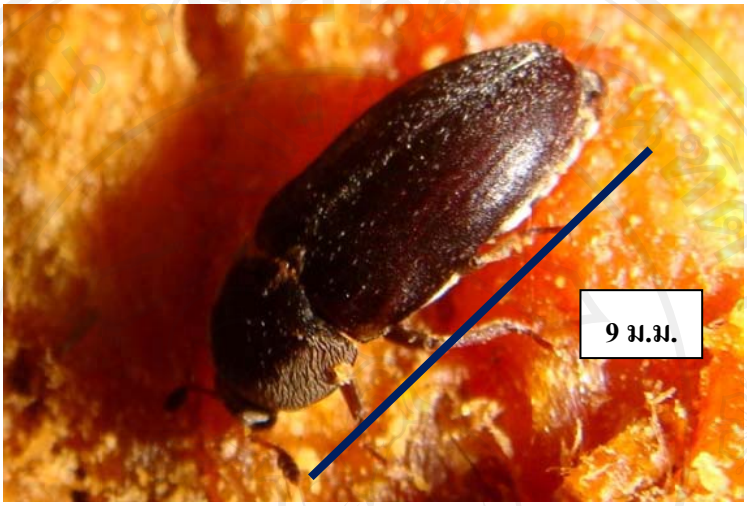
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โอโซนในผลผลิตทางการเกษตรมีดังนี้ได้มีการนำก๊าซโอโซนระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 ppm ในการเก็บรักษาผลแบล็คเบอร์รี่เป็นเวลา 12 วัน โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.3 ppm มีผลต่อสีผิวของผลทำให้เป็นที่นิยมมากขึ้น (Barth *et al*., 1995)ผลเงาะที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนในความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลานาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวผลได้ 93.9 เปอร์เซ็นต์(ดวงธิดา และคณะ, 2549)มีการทดลองใช้ก๊าซโอโซนในผลมะเดื่อแห้ง โดยใช้เวลาน้อยสุดที่ 3 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้น 5ppm สามารถลดจำนวนพวก microorganisms ลงได้ (Öztekin *et al*., 2006)มีการใช้ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง รมเห็ดที่บรรจุในถุงโพลิสไตรีน เป็นเวลานาน 25 นาที และนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียส ทำให้เห็ดมีคุณภาพดีขึ้น (Escriche *et al*., 2001) ธนะชัย และอรุโณทัย (2545) รายงานว่า การให้ก๊าซโอโซนแก่ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เป็นเวลา 30, 40 และ 60 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ก๊าซโอโซนสามารถลดอัตราการเน่าเสียของผลได้เป็นเวลา 24 วัน การรมก๊าซโอโซนที่ใบพืชยังสามารถกำจัดแมลงปากกัด และทำให้ผลิตผลสะอาดได้ (Chappelka *etal*., 1988) การใช้ก๊าซโอโซนในการควบคุมเพลี้ยไฟถั่ว(*Caliothrips fasciatus*)ในส้มพันธุ์ Navels ที่ส่งออกไปยังออสเตรเลีย พบว่าระยะไข่ และตัวอ่อนมีความทนทานต่อก๊าซโอโซนมากที่สุด และเมื่อใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 5,000 ppm รมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพลี้ยไฟถั่วมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (Leesch *etal*., 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก๊าซโอโซนสามารถนำมาใช้ในการควบคุมกำจัดแมลงโดยมีนักวิจัยที่ทำการศึกษาดังนี้ โอโซนสามารถใช้ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยลดการใช้ methyl bromide ได้ (Rajendran, 2001) ใช้กำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากแมลงได้ 5–10 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารที่ผลิตได้ทั่วโลกต่อปี (Callahan, 2003) โดยก๊าซโอโซนจะทำให้แมลงตายได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของเมล็ดธัญพืช การใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดธัญพืชในด้านต่างๆ ได้แก่ กรดอะมิโน กรดไขมัน และองค์ประกอบต่างภายในข้าวโพด ข้าวสาลี และถั่วเหลือง โดยไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้าง(Mendez *et al*.,2002) และนอกจากนี้การใช้ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 50ppm เป็นเวลา 3 วัน ยังสามารถกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด *(Sitophilus zeamais*) มอดแป้ง*(Tribolium castaneum)*และตัวหนอนของ *Plodia interpunctella* ได้ 92-100 เปอร์เซ็นต์ (Kells *etal*., 2001)จากการศึกษาของIŞikber*etal*.(2006) พบว่าการทดลองรมก๊าซโอโซนความเข้มข้นต่ำที่ 1, 5 และ 10 ppm และการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้นสูงที่ 50, 80, 120, 200, 300 และ 400 ppm ทุกระยะการเจริญเติบโตของ *Ephestia kuhniella* (Zell) โดยรมเป็นเวลา 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงขึ้นอัตราการตายของแมลงทุกระยะก็เพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลานานมากขึ้นอัตราการตายของแมลงก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยพบว่าระยะไข่เป็นระยะที่ทนทานที่สุด ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการรมมากกว่า 5 ชั่วโมง จึงจะสามารถกำจัดแมลงในระยะไข่ได้อย่างสมบูรณ์และ IŞikber and Oztenkin (2009) รายงานว่าก๊าซโอโซนมีประสิทธิภาพแทรกซึมผ่านวัตถุได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลิตผล และการใช้ก๊าซโอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผลพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลง หรือน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การตายในกรรมวิธีที่รมโอโซนกับแมลงโดยตรง

จากการศึกษามวลร่างกายที่สูง และอัตราการหายใจของแมลง คือตัวชี้วัดพลังงานที่สูงขึ้นของพลังงานที่เกิดจากการ mobilization อย่างรวดเร็วภายในร่างกาย และการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Guedes *et al*., 2006 ; Oliveira *et al*., 2007) ซึ่งตัวแปรทั้งสองชี้บอกถึงสถานะทางสรีรวิทยา โดยการวัดผลทางสรีรวิทยา คือการวัดอัตราการหายใจซึ่งเป็นเครื่องมือวัดทางอ้อมของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (การสร้าง ATP) (Chown and Gaston, 1999) แมลงแต่ละชนิดมีการหายใจ และน้ำหนักตัวแตกต่างกัน แต่อัตราการหายใจ และน้ำหนักตัวไม่มีผลต่อความอ่อนแอของแมลงต่อก๊าซโอโซน (Sousa *et al* ., 2008)

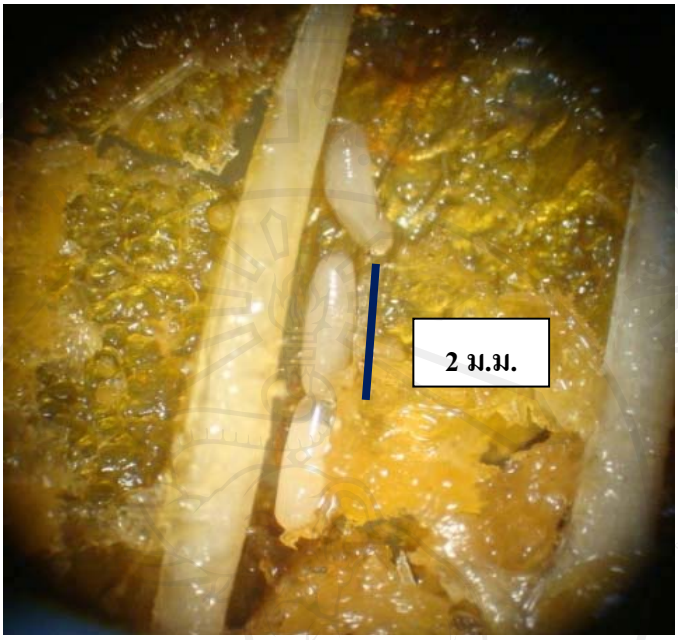
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1รูปร่างลักษณะของด้วงหนังสัตว์(*Dermestes maculatus*) ระยะตัวเต็มวัย

ภาพ 2.2ความเสียหายของปลาสวายแห้งรมควันที่เกิดจากการเข้าทำลายของด้วงหนังสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.3ระยะไข่ของด้วงหนังสัตว์

ภาพ 2.4รูปร่างลักษณะของด้วงหนังสัตว์ระยะหนอนวัย 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.5รูปร่างลักษณะของด้วงหนังสัตว์ระยะดักแด้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved