บทที่ 5
วิจารณ์

5.1 การศึกษาวงจรชีวิตของมอดฟันเลื่อยในข้าวสารปทุมธานี 1

ชีววิทยาของมอดฟันเลื่อยที่เลี้ยงด้วยข้าวสาลีพบรายงานว่า ไข่สามารถฟักออกมาเป็นหนอนวัยที่ 1 ได้ภายใน 3-5 วัน (Beckel *et al.*, 2007) และบางรายงานพบว่า ไข่ใช้เวลาฟักเพียง 1 วัน (Chandrasckhar *et al.*, 2005) ระยะหนอนมี 2-5 วัย ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตทั้งหมด 12-15 วัน (Mason, 2003) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามอดฟันเลื่อยที่เลี้ยงด้วยข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ใช้เวลาฟักเฉลี่ย 2.72±1.60 วัน และระยะหนอนมี 4 วัย เจริญจากวัยที่ 1 ไปเป็นวัยที่ 2, 3 และ 4 ใช้เวลา 2.42±0.97, 2.70±0.65, 2.74±0.90 และ 3.31±0.80 วัน ตามลำดับ มีอัตราการพักตัวก่อนเข้าดักแด้ 1.10±0.30 วัน และเข้าดักแด้เป็นระยะเวลา 5.92±0.67 วัน ใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 19.81±1.65 วัน เปรียบเทียบกับบางรายงานพบว่าวัยของหนอนมอดฟันเลื่อยมีถึงวัย 5 และหนอนวัยที่ 2 จนถึงหนอนวัยที่ 5 ใช้เวลาในการเจริญเติบโตทั้งหมด 5 วัน ใช้ระยะในการพักตัวก่อนเข้าดักแด้ 1 วัน (Chandrasckhar *et al.*, 2005) จากระยะดักแด้จนถึงตัวเต็มวัยพบว่าใช้ระยะเวลา 4-7 วัน (Calvin,1990) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองนี้

5.2 การศึกษาการวางไข่ และการเจริญเติบโตของมอดฟันเลื่อยในอาหารชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาของ Sinha (1971) พบว่ามอดฟันเลื่อยเจริญเติบโตได้ดีในข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ โดยที่อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน และนอกจากนี้พบว่า มอดฟันเลื่อยเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในข้าวโอ๊ตบด (crushed oats) อย่างไรก็ตาม Leonard *et al.* (1973) พบว่ามอดฟันเลื่อยเจริญเติบโตได้ดีในข้าวสาลี และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าว เปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อนำข้าวบาร์เลย์และข้าว ที่มีการบดหยาบบางส่วนมาเป็นอาหารของแมลงให้ ผลของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยลักษณะของธัญพืช เช่น เมล็ดเต็มที่ไม่มีรอยแตกหรือรอยทำลาย และเมล็ดที่ถูกบด มีบทบาทในการเจริญเติบโตของมอดฟันเลื่อยซึ่งเป็นกลุ่มแมลงที่ทำลายกัดกินภายนอกเมล็ด (Haines, 1991)

5.3 การศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนในการควบคุมมอดฟันเลื่อย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนในการควบคุมมอดฟันเลื่อย พบว่าระยะดักแด้เป็นระยะที่ทนทานต่อก๊าซโอโซนมากที่สุด เมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีอัตราการตาย 60.83±3.19 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะไข่ หนอน และตัวเต็มวัยของมอดฟันเลื่อยพบการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และมอดฟันเลื่อยระยะดักแด้ตายอย่างสมบูรณ์ที่ 6 ชั่วโมงแตกต่างจากการศึกษาของ Al-Ahmadi *et al.* (2009) พบว่าระยะไข่ และระยะดักแด้ของมอดฟันเลื่อยมีแนวโน้มอ่อนแอต่อก๊าซโอโซน โดยพบว่าไข่ และดักแด้ของมอดฟันเลื่อยที่เข้าทำลายผลอินทผลัม (date) มีการตายอย่างสมบูรณ์เมื่อได้รับก๊าซโอโซน 7 ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในขณะที่มอดฟันเลื่อยระยะหนอนกับตัวเต็มวัยในผลอินทผลัมที่ใช้ก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้นเป็น 30 ppm ใช้เวลาถึง 6 ชั่วโมง จึงทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งกิจกรรมการหายใจของแมลงในระยะต่าง ๆ อาจมีบทบาทสำคัญต่อการตอบสนองก๊าซโอโซน ซึ่งโดยปกติแล้วแมลงในกลุ่มที่มีการถอดรูปสมบูรณ์แบบ (complete metamorphosis) ระยะไข่และระยะดักแด้ มีกิจกรรมการหายใจและการใช้ออกซิเจนน้อยกว่าระยะอื่น ๆ นอกจากนี้ ไข่ของแมลงยังมีโอกาสที่จะสูญเสียน้ำได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่น ๆ (Schmolz and Lamprecht, 2000) ชนิดของแมลงก็มีการตอบสนองต่อก๊าซโอโซนแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Yoshida (1974) พบว่าด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) อ่อนแอต่อก๊าซโอโซนมากกว่ามอดฟันเลื่อยถึง 80 เท่า

5.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนกำจัดมอดฟันเลื่อย

จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนกำจัดมอดฟันเลื่อย พบว่าเมื่อนำระยะดักแด้ ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อก๊าซโอโซนของมอดฟันเลื่อย ไปผ่านก๊าซโอโซน ความเข้มข้น 60 ppm พร้อมกับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง พบว่ามีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการศึกษาของ Kells *et al.* (2001) เมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 25-50 ppm เป็นระยะเวลา 3-5 วัน สามารถทำให้มอดแป้ง และด้วงงวงข้าวโพด มีอัตราการตายมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมากขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการรมก๊าซโอโซนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Erdman (1979) ว่าเมื่อใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 95 –115 ppm เป็นระยะเวลา 3.5 – 6 ชั่วโมงทำให้ มอดแป้งทั้ง 2 ชนิดคือ *Tribolium confusum* และ *T. castaneum* มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และรายงานของ Armstrong (2008) เมื่อใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสในสภาพสุญญากาศนาน 6 ชั่วโมง ทำให้มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* ทุกระยะมีการตายอย่างสมบูรณ์ แต่ขัดแย้งกับ Yoshida (1974) ทำการศึกษาการใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดมอดฟันเลื่อยที่อยู่ในข้าวบาร์เลย์ที่ระดับ 0.66 ถึง 0.83 mg/min หรือ 878-1102 ppm เป็นเวลา 18 ชั่วโมง กำจัดตัวเต็มวัยมอดฟันเลื่อยได้ 46 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าก๊าซโอโซนที่ใช้ในความเข้มข้น 95-120

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ppm ให้ค่า LT_{95} เท่ากับ 70 นาที ในขณะที่การทดลองของ Mason *et al.* (1997) ใช้ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่ำเพียง 5 ppm ใช้เวลายาวนานกว่าเป็น 3-5 วัน จึงจะทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์

อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มข้นของก๊าซโอโซน และระบบสุญญากาศ เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการกำจัดแมลงทั้งสิ้น (Hollingsworth and Armstrong, 2005)

5.5 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากการใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดแมลง

การรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คือปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ลดลง จาก 2.07 เป็น 1.15 ppm อย่างไรก็ตามปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ยังไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของข้าวหอมมะลิ (0.07 ppm) (Buttery *et al.*, 1983) การศึกษาความหอมในผลไม้บางชนิด เช่น สตรอเบอรี่ (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Camarosa) เมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 0.35 ppm เป็นเวลา 3 วันแล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าความหอมของสตรอเบอรี่ลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Pérez *et al.*,1999)

ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน มีความชื้นลดลงจาก 12.81 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 12.28 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากในกรรมวิธีการทดลองได้นำซิลิกาเจลใส่ลงใน ozone chamber และใส่ซิลิกาเจลในกล่องพักก๊าซโอโซน เพื่อดูดความชื้นของก๊าซโอโซน ซึ่งเครื่องผลิตก๊าซโอโซนจะสามารถผลิตก๊าซโอโซนได้ดีเมื่ออากาศมีความชื้นต่ำ และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ความชื้นในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ลดลง

ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนพบว่าค่า b* (yellowness) ซึ่งเป็นค่าที่นำมาอธิบายความเหลืองของข้าวสารมีค่าสูงขึ้นจาก b* 7.09 ไปเป็น b* 8.38 สามารถทำให้ข้าวเปลี่ยนสีจากสีขาวไปเป็นสีขาวออกเหลืองได้ ค่า L* (brightness) ซึ่งเป็นค่าที่นำมาอธิบายความโปร่งแสงของข้าวสารพบว่า ค่า L* มีค่าสูงขึ้นจาก L* 47.85 ไปเป็น L* 52.05 ซึ่งก๊าซโอโซนสามารถทำให้ข้าวสารมีความโปร่งแสงมากขึ้น ดัชนีความขาวมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 47.36 ไปเป็น 51.31 ค่าดังกล่าวอธิบายได้ว่าข้าวสารชุดควบคุมมีสีขาวโปร่งแสง และข้าวที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมงมีสีเหลืองโปร่งแสง แต่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ของกรมการค้าต่างประเทศ เนื่องจากค่าการยอมรับของเมล็ดข้าวสีเหลืองมีปะปนได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ แต่ข้าวสารที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน มีสีเหลืองทุกเมล็ด (กระทรวงพาณิชย์, 2540)

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ระยะเวลา 20 ชั่วโมง คุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ของกรมการค้าต่างประเทศ