

ชีววิทยาของด้วงเมล็ดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* (De Geer)
(Coleoptera: Anthribidae) ในกระเทียมและการควบคุมโดยใช้
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Biology of Coffee Bean Weevil *Araecerus fasciculatus*
(De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) in Garlic and Its Control
Using Carbon Dioxide

รัตนาพร ไชยศรี^{1/} และ ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์^{1/*}
Rattanaorn Chaisri^{1/} and Piyawan Suttiapran^{1/}*

Abstract: The research consisted of biology study of coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) in postharvest garlic cloves, *Allium sativum* L. and its control using carbon dioxide (CO₂). The use of CO₂ for controlling coffee bean weevil in garlic was conducted in laboratory at about 27 °C and 68% RH. The result revealed that the eggs were able to hatch within 6.60 ±1.51 days. There were 4-instars of larvae which took 46.40 ±3.66 days, pupal stage was 5.20 ±0.83 days and adult longevity was 29.75 ±5.68 days. Total life cycle was 87.95 ±37.83 days. And effect of CO₂ against coffee bean weevil was conducted in garlic cloves. Egg, larval, pupal stages and adult on garlic cloves of coffee bean weevil were treated with CO₂ at 35% concentration for 72 hours. The highest mortality (100%) was found in adult stage, while the mortalities of pupae and larvae were 32.50 and 27.93% and egg was significant lower ($P \leq 0.05$) in mortality (0.50%) than others. The result showed that egg stage was the most tolerant stage to CO₂ treatment.

Keywords: Coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus*, carbon dioxide, garlic

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: E-mail address: piyawanss43@gmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษาชีววิทยาของด้วงเมธิดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* (De Geer) และการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในการควบคุม ผลการทดลองพบว่าด้วงเมธิดกาแฟเมื่อเลี้ยงในกลีบกระเทียม *Allium sativum* L. หลังการเก็บเกี่ยวในสภาพห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ด้วงเมธิดกาแฟมีระยะไข่ 6.60 ± 1.51 วัน ระยะหนอนมีทั้งหมด 4 วัย ใช้เวลารวม 46.40 ± 3.66 วัน ระยะดักแด้ 5.20 ± 0.83 วัน และระยะตัวเต็มวัย 29.75 ± 5.68 วัน ตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 87.95 ± 37.83 วัน การใช้ก๊าซ CO₂ ที่ความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ รมด้วงเมธิดกาแฟในทุกกระยะการเจริญเติบโตที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าระยะตัวเต็มวัยมีการตายมากที่สุดคือ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะดักแด้และระยะหนอนมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 32.50 และ 27.93 ตามลำดับ ในระยะไข่มีความทนทานต่อก๊าซ CO₂ มากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบการตายน้อยที่สุดคือ 0.50 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ด้วงเมธิดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กระเทียม

คำนำ

ด้วงเมธิดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) เป็นแมลงที่เข้าทำลายเมธิดกาแฟและผลิตผลอื่นในโรงเก็บทำให้เกิดความเสียหายรวมทั้งกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว (พรทิพย์ และคณะ, 2548) เป็นหนึ่งในศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ (Back and Cotton, 1922; Wintgens, 2004; Barrera, 2008) จากการสังเกตกระเทียมที่ซื้อจากท้องตลาดพบว่าหากนำมาเก็บรักษาไว้จะมีด้วงเมธิดกาแฟเข้าทำลายกัดกินหัวกระเทียมอยู่ภายในทำให้หัวฝ่อเสียหายรับประทานไม่ได้ กระเทียมเป็นพืชที่มีความสำคัญ คนไทยใช้กระเทียมเป็นส่วนประกอบของอาหารเกือบทุกชนิดแทบทุกครัวเรือน ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้ในประเทศ นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีผลผลิตประมาณ 9,000 ตันต่อปี ผลผลิตเฉลี่ย 2,051 กิโลกรัมต่อไร่ (กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ, 2553) และมีมูลค่าการส่งออก 8 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2553 และเพิ่มขึ้นเป็นกว่า 16 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2554 (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2555) ราคาส่งออก Free on Board (FOB) ราคาสินค้าที่ส่งมอบ ณ ท่าเรือเป็นราคาซื้อขายระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ที่ตกลงกันจะส่งมอบสินค้า ณ ท่าเรือที่กำหนดไว้ของกระเทียมสด หรือแช่เย็น ในช่วงปีพ.ศ. 2550-2552 ที่ผ่านมาราคาในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ราคานำเข้ากระเทียมในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มราคาถูกลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการนำเข้า

กระเทียมจากประเทศเพื่อนบ้านภายใต้ข้อตกลงสัญญาเขตการค้าเสรีอาเซียน (ASEAN Free Trade Area, AFTA) โดยเฉพาะนำเข้าจากประเทศจีนซึ่งมีราคาถูกกว่ากระเทียมในประเทศ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่, 2554) โดยต้นทุนการผลิตกระเทียมจีนอยู่ที่ประมาณ 5.8 บาท ต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าการผลิตกระเทียมของไทยมากกว่าเท่าตัว กระเทียมไทยมีราคาสูงกว่าเนื่องจากผลผลิตกระเทียมที่ลดลงจากการลดปริมาณพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร และมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงมากขึ้น (ธนสิน และรุจ, 2557)

กระเทียมแห้งเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้มักพบแมลงศัตรูเข้าทำลาย เช่น มอดยาสูบ (cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)) (สุทธิสันต์ และวิโรจน์, 2551) ด้วงปีกตัด (pineapple beetle; *Urophorus* (*Carpophilus*) *humeralis* (Fabricius)) ผีเสื้อข้าวโพด (tropical warehouse moth, *Ephestia cautella* (Walker)) มอดหนวดยาว (flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus* (Schönherr)) และด้วงเมธิดกาแฟ (coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* (De Geer)) (พรรณเพ็ญ และคณะ, 2554)

การป้องกันกำจัดแมลงหลังการเก็บเกี่ยวมีได้หลากหลายวิธี การรมผลิตผลด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ ก๊าซ CO₂ เป็นสารรมชนิดหนึ่งไม่ติดไฟ มีผลต่อแมลงโดยกระตุ้นทำให้หายใจ (spiracle) ของแมลงเปิดกว้างและเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้น

แล้วก๊าซจะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้ในร่างกายนแมลงมี CO₂ สูงส่งผลให้แมลงขาดออกซิเจน (Davidson and Pearis, 1966) มีรายงานการใช้ก๊าซ CO₂ กับแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด เช่น รายงานการศึกษาผลกระทบของก๊าซ CO₂ ต่อด้วงวงข้าวพบว่าก๊าซ CO₂ ที่ระดับความเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ด้วงวงข้าวตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 10 วัน (กุลวิษณุ และคณะ, 2552) การทดสอบกับมอดแป้งและหนอนผีเสื้อ Indian meal moth พบว่า ก๊าซ CO₂ ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ทำให้แมลงทั้งสองชนิดตาย 95 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีพิษตกค้างในเมล็ดพืช (Monro, 1975) ประสิทธิภาพของก๊าซ CO₂ ในการซึมผ่านของเมล็ดพืชเข้าไปทำลายแมลงนั้น จะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไปแล้วแต่นชนิดของเมล็ดพืชชนิดนั้น ๆ นอกจากนี้การใช้ CO₂ ร่วมกับเมทิลโบรไมด์ ในอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก จะทำให้ก๊าซ CO₂ เป็นตัวช่วยพาให้เมทิลโบรไมด์กระจายได้ทั่วถึงทุกส่วนที่ใช้ในการรมโดยเฉพาะส่วนบริเวณที่ติดพื้น (Wainman et al., 1983) จากการทดลองของ Riudavets et al. (2010) โดยใช้ก๊าซ CO₂ ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ความดัน 15 และ 20 บาร์ ระยะเวลา 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ ทำการรมมอดพื้นเลื้อย (*Oryzaephilus surinamensis*) ด้วงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) มอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica*) ด้วงถั่วแดง (*Acanthoscelides obtectus*) เหาหนังสือ (*Liposcelis bostrychophila*) และไรศัตรูโรงเก็บ (*Tyrophagus putrescentiae*) ผีเสื้อข้าวโพด (*E. kuehniella*) มอดตัวแบน (*C. ferrugineus*) มอดยาสูบ (*L. serricorne*) ในระยะไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบว่าระยะไข่ของเหาหนังสือและมอดยาสูบทนทานต่อก๊าซ CO₂ ที่ความดัน 15 บาร์ แต่ CO₂ ที่ความดัน 20 บาร์ ระยะเวลา 60 นาที สามารถกำจัดแมลงได้ทุกชนิด อย่างไรก็ตามอาจมีปัจจัยอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ชนิดและวัยของแมลง ประชากรของแมลง ความชื้นภายในเมล็ด และอุณหภูมิ เป็นต้น (ชุมพล, 2533) ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชีววิทยาของด้วงเมล็ดกาแฟในกลีบกระเทียม และศึกษาความทนทานต่อก๊าซ CO₂ ของด้วงเมล็ดกาแฟในระยะต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาชีววิทยาของด้วงเมล็ดกาแฟในกระเทียม

โดยนำกระเทียมมาแช่แข็งที่อุณหภูมิระหว่าง -10 ถึง -25 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่อาจติดมาด้วย จากนั้นทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำกลีบกระเทียมที่เตรียมไว้ประมาณ 300 กรัม ใส่ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 11x11x6 เซนติเมตรที่ฝากล่องเจาะรูปิดด้วยผ้าตาข่าย เพื่อระบายอากาศและป้องกันแมลงหลบหนี นำตัวเต็มวัยของด้วงเมล็ดกาแฟ มาใส่ในกล่องเลี้ยงแมลงจำนวน 100 ตัว ปล่อยไว้ประมาณ 72-120 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวเมียวางไข่ จากนั้นนำกลีบกระเทียมที่มีไข่ของด้วงเมล็ดกาแฟที่แยกตัวเต็มวัยออกแล้ว มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ นำกลีบกระเทียมที่มีไข่ของด้วงเมล็ดกาแฟในช่วงเดียวกัน (มีการเตรียมตัวอย่างที่นำมาตรวจดูระยะการเจริญเติบโตของแมลงอย่างเพียงพอ ตัวอย่างที่นำมาตรวจดูไม่นำกลับมาใช้อีก) มาตรวจสอบทุกวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จนกระทั่งไข่ฟักออกมาเป็นตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย บันทึกอายุและวัดขนาดของทุกระยะการเจริญเติบโต

การประเมินความทนทานของด้วงเมล็ดกาแฟเมื่อได้รับก๊าซ CO₂

นำด้วงเมล็ดกาแฟ ระยะไข่ ระยะหนอนวัย 3 (ระยะไข่-หนอนวัย 3 ใช้เวลา 23-26 วัน) ระยะดักแด้ (ระยะไข่-ดักแด้ใช้เวลา 43-45 วัน) ที่อยู่ในกลีบกระเทียม และระยะตัวเต็มวัย อายุ 3 วันหลังจากออกจากดักแด้ แต่ละระยะจำนวน 10 ตัว พร้อมกลีบกระเทียมที่ใช้เป็นอาหารประมาณ 50 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปทรงชมพู (ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร) แยกทำการทดลองแต่ละระยะการเจริญเติบโตโดยนำด้วงเมล็ดกาแฟมาผ่านก๊าซ CO₂ จากถังบรรจุก๊าซ CO₂ บริสุทธิ์ ที่ความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ วัดความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ด้วยเครื่องวัดก๊าซ headspace gas (BRIDGE analyzers Inc.) หลังจากรมก๊าซ CO₂ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นเปิดขวดแล้วปิดด้วยผ้าขาวบาง ตรวจนับการตายหลังจากแมลงในระยะไข่ ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ได้รับ

CO₂ เป็นเวลา 2-3 วัน ส่วนระยะหนอนนั้นนำด้วงกาแฟระยะหนอน (23-28 วัน หลังจากวางไข่) ที่อยู่ในกลีบกระเทียม 10 ตัว ในกระเทียม 10 กลีบมาทดสอบรมก๊าซ CO₂ เป็นเวลา 72 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน หลังจากนั้น 7 วัน นำกลีบกระเทียมในแต่ละกรรมวิธีมาผ่าดูหนอน หนอนที่มีการเคลื่อนไหว นับว่าเป็นหนอนที่ยังไม่ตาย ส่วนที่แห้งไม่เคลื่อนไหว และเน่าละ นับว่าเป็นหนอนที่ตาย ตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งบรรจุอากาศธรรมดา (มีปริมาณ CO₂ ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์) แต่ละระยะทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว จากนั้นทำคำนวณจำนวนแมลงที่ตาย และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การตายในชุดที่ผ่านการรมก๊าซ โดยนำมาคำนวณปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง (corrected mortality) ด้วย Abbott's formula (Abbott, 1925) ในกรณีที่พบจำนวนแมลงตายในชุดควบคุม (ไม่ผ่านการรมก๊าซ) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลและวิจารณ์

ด้วงเมล็ดกาแฟที่เจริญในกลีบกระเทียม มีการเจริญเติบโตในสภาพอุณหภูมิห้องปฏิบัติการ (28-32 องศาเซลเซียส) ในกระเทียมมีความชื้น 59.9-61.64 เปอร์เซ็นต์ พบว่าด้วงเมล็ดกาแฟเพศเมียจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยวในกลีบกระเทียมโดยด้วงเพศเมียจะกัดกินกระเทียมให้เป็นรูแล้ววางไข่และจะปิดรูที่มีไข่ด้วยสารเหนียว ไข่จะมีลักษณะกลมรี ส่วนหัวและท้ายมน (ภาพที่ 1) ระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 6.60 ± 1.51 วัน (ตารางที่ 1)

มีความกว้างเฉลี่ย 0.31 ± 0.03 มิลลิเมตร และความยาว 0.57 ± 0.03 มิลลิเมตร เมื่อหนอนพักออกจากไข่จะอาศัยอยู่ในกลีบกระเทียม ระยะหนอนมีทั้งหมด 4 วัย รวมใช้เวลาเฉลี่ย 46.40 ± 3.66 วัน ระยะหนอนจะมีความกว้างของหัวกะโหลกอยู่ในช่วง 0.20-0.82 มิลลิเมตร และความกว้างของลำตัวเพิ่มขึ้น ตัวหนอนวัยสุดท้ายจะลอกคราบและเข้าดักแด้อยู่ในกลีบกระเทียมระยะเวลาเฉลี่ยของระยะดักแด้คือ 5.20 ± 0.83 วัน

ตัวเต็มวัยเมื่อออกจากดักแด้ในระยะแรกยังอาศัยอยู่ในกลีบกระเทียม ไม่มีการเจาะเปลือกหุ้มกลีบกระเทียมแต่จะตัวเต็มวัยระยะนี้จะมีลำตัวสีน้ำตาลอ่อนต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีจุดสีน้ำตาลเข้มขึ้นประปรายที่ปีกคู่แรก หลังจากนั้นด้วงเมล็ดกาแฟจะกัดเปลือกกระเทียมเพื่อออกมาภายนอก ทำให้กระเทียมเกิดรูจากการเจาะที่มีความกว้างขนาดพอที่ตัวเต็มวัยจะออกมาได้ (ภาพที่ 2) ตัวเต็มวัยมีส่วนหัวกว้างและยื่นออกไปด้านหน้าคล้ายงวง หนวด 3 ปล้องสุดท้ายมีขนาดใหญ่กว่าปล้องอื่น ๆ มีช่วงอายุเฉลี่ย 29.75 ± 5.68 วัน วงจรชีวิตของด้วงเมล็ดกาแฟตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 87.95 ± 37.83 วัน (ตารางที่ 1) ซึ่งมีระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ยใกล้เคียงกับรายงานของ รัตนภาพร (2555) ที่เลี้ยงในข้าวโพดและมีระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ย 89.33 วัน ที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซ็นต์ แต่รายงานของ Npumechi (1993) ที่เลี้ยงด้วงเมล็ดกาแฟด้วยแผ่นมันสำปะหลังดิบในประเทศไนจีเรีย มีระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ย 46 วัน อุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีคือ 20-33 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 11-12 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ด้วงเมล็ดกาแฟในระยะไข่ ระยะหนอน และระยะดักแด้

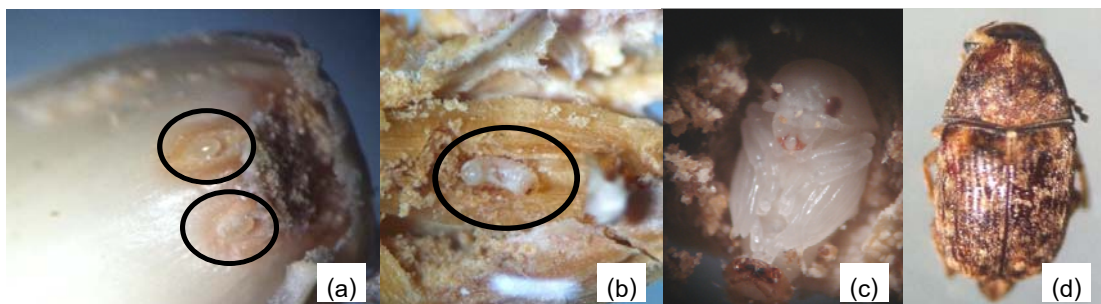


Figure 1 Coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus*; eggs (a) (circles), larva (b) (circle), pupa (c) and adult on garlic clove (d)

Table 1 Duration and size of various developmental stages of coffee bean weevil, *A. fasciculatus* reared on garlic cloves in laboratory condition at 27°C and 68% RH

Developmental stage	Age Mean $\pm$ SD (Days)	Range (Days)	Head capsule Width (mm) mean $\pm$ SD	Body	
				Width (mm) Mean $\pm$ SD	Length (mm) Mean $\pm$ SD
Egg	6.60 $\pm$ 1.51	(5-8)	-	0.31 $\pm$ 0.03	0.57 $\pm$ 0.03
Larva	46.40 $\pm$ 3.66	(34-56)	-	-	-
Instar 1	10.00 $\pm$ 2.34	(7-12)	0.20 $\pm$ 0.00	0.27 $\pm$ 0.02	0.45 $\pm$ 0.09
Instar 2	9.60 $\pm$ 1.14	(8-11)	0.44 $\pm$ 0.07	0.77 $\pm$ 0.12	0.99 $\pm$ 0.18
Instar 3	10.20 $\pm$ 2.17	(7-13)	0.76 $\pm$ 0.04	1.67 $\pm$ 0.16	5.40 $\pm$ 1.39
Instar 4	16.60 $\pm$ 3.20	(12-20)	0.82 $\pm$ 0.14	2.19 $\pm$ 0.07	4.19 $\pm$ 0.48
Pupa	5.20 $\pm$ 0.83	(4-6)	-	1.95 $\pm$ 0.12	4.42 $\pm$ 0.19
Adult	29.75 $\pm$ 5.68	(24-36)	-	1.80 $\pm$ 0.18	3.29 $\pm$ 0.31
Total life cycle	87.95 $\pm$ 37.83	(67-106)	-	-	-

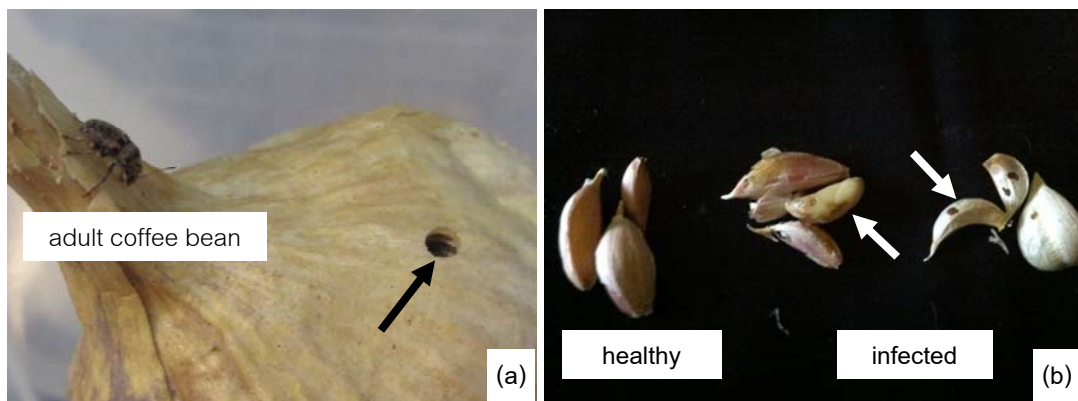


Figure 2 Damage of coffee bean weevil in garlic bulb (a) and in garlic cloves (b) (arrow)

ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และ Jean (2004) รายงานว่า ด้วงเมล็ดกาแฟที่เลี้ยงในเมล็ดกาแฟมีระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยคือ 61-87 วัน นอกจากนี้ยังรายงานที่อุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส ทำให้ด้วงเมล็ดกาแฟไม่สามารถดำรงชีวิตได้ ซึ่งพืชอาหาร และอุณหภูมิ อาจเป็นสาเหตุทำให้ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกันโดยอุณหภูมิต้องเหมาะสมไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ปัจจัยของความชื้นสัมพัทธ์และพืชอาหารมีผลต่อความอยู่รอดของด้วงเมล็ดกาแฟ Sayed (1935) รายงานว่าด้วงเมล็ดกาแฟมีข้อจำกัดในการเจริญและพัฒนาในเมล็ดข้าวโพดและจันทน์เทศ (nutmeg) หากสภาพในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

มีผลต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของด้วงเมล็ดกาแฟ ซึ่งในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ดังกล่าวนี้อาจทำให้แมลงมีอายุยาวนานขึ้น (86-134 วัน) ถ้าอยู่ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ความอยู่รอดของด้วงเมล็ดกาแฟอาจขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการวางไข่ หากแมลงวางไข่บนพืชอาหารพบว่าไข่นั้นไม่สามารถฟักเป็นตัวหนอนได้

จากการทดสอบบรณด้วงเมล็ดกาแฟด้วยก๊าซ CO₂ ความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง พบว่า ด้วงเมล็ดกาแฟในระยะไข่มีความทนทานต่อก๊าซ CO₂ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0.50 $\pm$ 0.58 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.05$) รองลงมาระยะหนอน และระยะดักแด้ มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 27.93 ± 10.05 และ 32.50 ± 0.95 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนระยะตัวเต็มวัยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์คือมีความทนทานต่อก๊าซ CO_2 น้อยที่สุด (ตารางที่ 2) โดยเปอร์เซ็นต์การตายของระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัยมากกว่าระยะไข่อาจเนื่องจากระยะไข่มีการหายใจน้อยกว่าระยะอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Davidson and Pearis (1966) ที่พบว่าก๊าซ CO_2 มีผลต่อแมลง โดยกระตุ้นทำให้รูหายใจ (spiracle) ของแมลงซึ่งเป็นอวัยวะสำคัญในแมลงระยะหนอนและระยะตัวเต็มวัยโดยรูหายใจเปิดกว้างและเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการรวมเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้ในร่างกายแมลงมี CO_2 สูง ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนในการเจริญเติบโตลดลงและทำให้แมลงตายในที่สุด ในขณะที่ระยะไข่ของแมลงมีรูหายใจ (aeropyle) ขนาดเล็กมาก อาจเป็นสาเหตุให้ระยะไข่ไม่มีการรับก๊าซ CO_2 ได้น้อยกว่า จึงส่งผลกระทบต่อระยะไข่ให้น้อยกว่า (Chapman, 1998) นอกจากนี้ Gautam *et al.* (2014) รายงานว่า โครงสร้างที่แมลงใช้แลกเปลี่ยนอากาศผ่านผนังเซลล์ของไข่แมลง ได้แก่ aeropyle ซึ่งเป็นช่องเปิดขนาดเล็กสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซกับบรรยากาศได้ และ micropyle ซึ่งเป็นช่องเปิดที่ไข่ใช้ในการรับสเปิร์ม พบว่า ผีเสื้อยาสูบ *Ephestia elutella* (Hübner) และ มอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (F.) เป็นแมลงที่มี aeropyle จำนวนมาก (17.4 ± 0.79 และ $291,200 \pm 13,145$ รู ตามลำดับ) พื้นที่แลกเปลี่ยนอากาศมาก (20.71 ± 1.39 และ 990.1 ± 180.4 ตารางไมครอน (μm^2)

ตามลำดับ) แสดงความอ่อนแอต่อการรวมด้วยก๊าซ sulfuryl fluoride ในขณะที่ด้วงปีกตัด *Carpophilus hemipterus* (L.) เป็นแมลงที่มีจำนวน aeropyle เท่ากับ 2 ± 0.0 รู และพื้นที่เท่ากับ 2.16 ± 0.19 ตารางไมครอน ซึ่งมีจำนวน aeropyle น้อยกว่าผีเสื้อยาสูบและมอดยาสูบ พบว่าต้องใช้ก๊าซ sulfuryl fluoride มากกว่าในการกำจัดอย่างสมบูรณ์

สอดคล้องกับการศึกษาของ Davidson and Peairs (1966) ที่พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อแมลง โดยกระตุ้นทำให้รูหายใจ (spiracle) เปิดกว้างและเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้ในร่างกายแมลงมีคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนในการเจริญเติบโตลดลงและทำให้แมลงตายในที่สุด นอกจากนี้การศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแมลงและไรศัตรูในโรงเก็บ 9 ชนิด ได้แก่ มอดพื้นเลื้อย (*O. surinamensis*) มอดตัวแบน (*C. ferrugineus*) มอดยาสูบ (*L. serricorne*) ด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) มอดหัวป้อม (*R. dominica*) ด้วงถั่วแดง (*A. obtectus*) ผีเสื้อข้าวโพด (*E. kuehniella*) เหาหน้างสี (*Li. bostrychophila*) และไรศัตรูโรงเก็บ (*T. putrescentiae*) ในทุกระยะการเจริญเติบโต ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ความดัน 15 และ 20 บาร์ ระยะเวลา 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่าระยะไข่ของเหาหน้างสีและมอดยาสูบทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความดัน 15 บาร์ (Riudavets *et al.*, 2010) อีกทั้งจากการรายงานของ Annis and Morton (1997) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซ

Table 2 Mortality percentage of coffee bean weevil, *A. fasciculatus* in garlic cloves exposed to 35% CO_2 for 72 hrs.

Developmental stage	Mortality $\pm$ S.D. ^{1/}
Adult	100 ± 0.00 a ¹
Pupa	32.50 ± 0.95 b
Larva	27.93 ± 10.05 b
Egg	0.50 ± 0.58 c

^{1/} Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95 % by LSD.

คาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมด้วงงวงข้าว *S. oryzae* ทุกระยะการเจริญเติบโต ที่ความเข้มข้น 15-100 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระยะดักแด้มีความทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาความเป็นพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อมอดสมุนไพรมอดหญ้า (Stegobium paniceum) และมอดยาสูบ (*L. serricorne*) ในทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลงทั้ง 2 ชนิด พบว่าในระยะดักแด้เป็นระยะที่ทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ และระยะตัวเต็มวัยมีความอ่อนแอที่สุด (Gunasekaran and Rajendran, 2005)

อย่างไรก็ตามก๊าซ CO₂ อาจมีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษากระเทียมในระยะยาว จึงควรมีการศึกษาระดับ CO₂ ที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงและส่งผลต่อคุณภาพกระเทียมน้อยที่สุด ก๊าซ CO₂ มีผลต่อกระเทียมในการช่วยชะลอการงอก การเสื่อมและการเปลี่ยนสีของกระเทียม แต่หากปริมาณ CO₂ ที่สูงมากเกินไป อาจส่งผลไปลดปริมาณสาร fructan สารสำคัญในกระเทียมที่เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรุคโตสได้

สรุป

การศึกษาดั้วเมล็ดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* ที่เลี้ยงในกระเทียม ซึ่งมีความชื้น 59.9-61.64 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส พบว่า ดั้วเมล็ดกาแฟสามารถเจริญเติบโตได้ดี บนกลีบกระเทียม โดยระยะไข่ 6.60 ± 1.51 วัน ระยะหนอนมีทั้งหมด 4 วัย ใช้เวลารวม 46.40 ± 3.66 วัน ระยะดักแด้ 5.20 ± 0.83 วัน และระยะตัวเต็มวัย 29.75 ± 5.68 วัน ตั้งแต่ระยะไข่ถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 87.95 ± 37.83 วัน ระยะไข่ของด้วงเมล็ดกาแฟมีความทนทานต่อก๊าซ CO₂ ที่ความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 72 ชั่วโมง มากที่สุดเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุดคือ 0.5 ± 0.58 ในขณะที่ระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย มีเปอร์เซ็นต์การตายคือ 27.93 ± 10.05 , 32.5 ± 0.95 และ 100.00 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และความอนุเคราะห์ด้วงเมล็ดกาแฟจาก คุณกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในความอนุเคราะห์ใช้ก๊าซ CO₂ และเครื่องวัดก๊าซ CO₂ และห้องปฏิบัติการในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ. 2553. กระเทียม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.ndoae.com/Data_plant/garlic2010.htm (10 มิถุนายน 2556).
- กุลวิชัย พานิชกุล เยาวลักษณ์ จันทรียง พรัชราชตนะพันธ์. 2552. ผลของฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโต และการทำลายของด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* (L.) บนข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41: 215-218.
- ชุมพล กันทะ. 2533. หลักการป้องกันการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 249 หน้า.
- ธนสิน เด่นเจริญกุล และรุจ ศิริสัญลักษณ์. 2557. ผลกระทบการเปิดเขตการค้าเสรีไทย-จีนต่อเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมใน จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วารสารเกษตร 30(1): 79-87.
- พรรณเพ็ญ ชโยภาส ณัฐวัฒน์ แยมยิ้ม กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม รังสิมา เก่งการพานิช ใจทิพย์ อุไรชื่น ดวงสมร สุทธิสุทธิ ภาวินี หนูชนะภัย อัจฉรา

- เพชรโชติ และ ศรุตา สิทธิไชยากุล. 2554. ประสิทธิภาพกับดักแสงไฟในการดักจับด้วงปีกตัดในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเดิม ประจำปี 2554. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. หน้า 19-25.
- พรทิพย์ วิสารทานนท์ พรหมเพ็ญ ชโยภาส ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิลักษณ์ ร่วมเย็น ภาวินี หนูชนะภัย และ อัจฉรา เพชรโชติ. 2548. แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 170 หน้า.
- รัตนพร ไชยศรี. 2555. ชีวิตวิทยาและฤดูกาลระบาดของด้วงกาแฟ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 21 หน้า.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2555. สถิติการค้าสินค้าเกษตรกับต่างประเทศ 2554. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 120 หน้า.
- สุทธิสันต์ พิมพ์สวัสดิ์ และ วิโรจน์ แก้วเรือง. 2551. มอดยาสืบค้นรู้หมายเลย ๑ ขาใบหมอน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.gotoknow.org/posts/176049> (15 มีนาคม 2557).
- สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่. 2554. ความเคลื่อนไหวราคาส่งออก/นำเข้ากระเทียม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://tisc.feu.ac.th/content.aspx?file_upload_id=1956 (11 มิถุนายน 2557).
- Abbott, W. S. 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18:256-267.
- Annis, P. C. and R. Morton. 1997. The acute mortality effects of carbon dioxide on various life stages of *Sitophilus oryzae*. Journal of Stored Products Research 33(2): 115-124.
- Back, E. A. and R. T. Cotton. 1922. Stored- Grain Pests. Farmer's Bulletin No. 1260. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C. 47 p.
- Barrera, J. F. 2008. Coffee Pests and Their Management. pp. 961-998. In: J. L. Capinera (ed.). Encyclopedia of Entomology. 2nd ed. Springer, Amsterdam.
- Chapman, R. F. 1998. The insects: Structure and function. 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Davidson, R. H. and L. M. Peairs. 1966. Insect Pests of Farm Garden and Orchard. John Wiley & Son, Inc., New York. 675 p.
- Gautam, S. G., G. P. Opit, J. S. Tebbets, D. Margosan, and S. Walse. 2014. Egg morphology of key stored-product insect pests of the United States. Annals of the Entomological Society of America 107: 1-10.
- Gunasekaran, N. and S. Rajendran. 2005. Toxicity of carbon dioxide to drugstore beetle *Stegobium paniceum* and cigarette beetle *Lasioderma serricorne*. Journal of Stored Products Research 41(3): 283-294.
- Monro, H. A. U. 1975. Manual of Fumigation for Insect Control. FAO Rome. 381 p.
- Npumechi, M. N. 1993. The Biology of *Araecerus fasciculatus* DeG. (Coleoptera: Anthribidae) on selected tuber product. M. Sc, Thesis. University of Nigeria, Nigeria. 138 p.

- Riudavets, J., C. Castañé, O. Alomar, M. J. Pons, and R. Gabarra. 2010. The use of carbon dioxide at high pressure to control nine stored-product pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 228-233.
- Sayed, M. T. EL. 1935. On the biology of *Araecerus fasciculatus* De Geer (Col., Anthribidae), with special reference to the effects of variation in the nature and water content of the food. *Annals of Applied Biology* 22(3): 557-577.
- Wainman, H., E. Chakrabarti and P. R. Warre. 1983. The use of a methyl bromide/carbon dioxide mixture as space Fumigant. *International Pest Control* 25: 174-175.
- Wintgens, J. N. 2004. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim. 976 p.
-