

การใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกเพื่อควบคุมด้วงซีไ้
Alphitobius diaperinus (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Use of Formaldehyde Incorporated with Propionic Acid to Control Lesser
Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)

รัตนาภรณ์ หมายหมั่น¹ เยาวลักษณ์ จันทรียง^{1*} ไสว บุรณพานิชพันธ์¹ และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ²
Rattanaporn Maimun¹, Yaowaluk Chanbang^{1*}, Sawai Buranapanichpan¹ and Weerathep Pongprasert²

¹ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

²Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University,
Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: Email: lukksu@hotmail.com

(Received: 5 September 2018; Accepted: 13 November 2018)

Abstract: Lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) is an important insect pest of poultry farms which is able to transmit several microorganisms and affect human health. The preliminary study of the life cycle of lesser mealworm on chicken feed was performed under the laboratory conditions at $25.79 \pm 3.43^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $78.87 \pm 2.88\%$. The result found that the average development period of egg stage was 5.19 ± 0.39 days, larval stage was 40-108 days with 8-11 instars, the pupal stage was 6.16 ± 0.81 days and total life cycle from egg to adult stage was 68.45 ± 15.17 days. Formaldehyde and propionic acid are additives that commonly used to control bacteria (e.g. *Salmonella*) and molds in animal feed. Therefore, the effect of formaldehyde incorporated with propionic acid in the control of the eggs and 1st instar larva of lesser mealworm was investigated. The result showed that the mixture of formaldehyde and propionic acid at ratio of 0.051:0.012, 0.068:0.016 and 0.085:0.020% a.i. affected eggs and 1st instar larva of lesser mealworm and the mortality of those stages was first found on the 7th days after contacting chemical. The 100% mortality of eggs and 1st instar larva was found from all ratio of those mixture at the 32th and 14th days after contacting chemicals, respectively.

Keywords: Lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, chicken feed, formaldehyde, propionic acid

บทคัดย่อ: ดัวงซีโก้ *Alphitobius diaperinus* (Panzer) จัดเป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่สำคัญในฟาร์มสัตว์ปีก สามารถเป็นพาหะนำโรคมาสู่สัตว์เลี้ยง และอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ จึงศึกษาวงจรชีวิตของดัวงซีโก้ *A. diaperinus* ในสภาพห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ $25.79 \pm 3.43^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย $78.87 \pm 2.88\%$ โดยเลี้ยงด้วยอาหารไก่พบว่าระยะไข่เฉลี่ย 1.30 ± 0.46 วัน ระยะหนอนมี 8-11 วัย ใช้เวลา 40-108 วัน ระยะดักแด้ใช้เวลาเฉลี่ย 6.16 ± 0.81 วัน รวมระยะเวลาจากไข่เจริญเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลา 68.45 ± 15.17 วัน และในอาหารสัตว์ได้มีการเติมสารฟอร์มาลดีไฮด์และกรดโพธิ์อินิกผสมลงไปเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *Salmonella* sp. ดังนั้นได้ทำการทดสอบสารดังกล่าวในการควบคุมดัวงซีโก้ *A. diaperinus* โดยนำอาหารไก่ผสมสารฟอร์มาลดีไฮด์กับกรดโพธิ์อินิกสัดส่วน 0.051:0.012, 0.068:0.016 และ 0.085:0.020% a.i. หรืออัตราผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3, 4 และ 5 กิโลกรัมต่อตันอาหารไก่ นำมาทดสอบกับดัวงซีโก้ในระยะไข่ และระยะตัวหนอนวัยที่ 1 พบว่าสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์อินิกอัตราส่วน 0.051:0.012, 0.068:0.016 และ 0.085:0.020% a.i. มีผลต่อการตายของดัวงซีโก้ทั้งในระยะไข่และตัวหนอนวัยอ่อนระยะที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 7 หลังสัมผัสสาร โดยในระยะไข่พบอัตราการตายสูงสุดร้อยละ 100 ในทุกอัตราผสมที่ 32 วัน หลังสัมผัสสารผสม ในขณะที่ระยะหนอนวัยที่ 1 พบอัตราการตายสูงสุดร้อยละ 100 ในทุกอัตราผสมที่ 14 วัน หลังสัมผัสสารผสม ฟอร์มาลดีไฮด์และกรดโพธิ์อินิก

คำสำคัญ: ดัวงซีโก้, ดัวงกระเบื้อง, *Alphitobius diaperinus*, อาหารไก่, ฟอร์มาลดีไฮด์, กรดโพธิ์อินิก

คำนำ

ดัวงซีโก้ หรือดัวงกระเบื้อง (lesser mealworm) *Alphitobius diaperinus* (Panzer) เป็นแมลงที่พบการกระจายได้ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เช่น ประเภทเมล็ดพืช เมล็ดธัญพืช ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเมล็ดพืช รวมถึงวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ และยังเป็นแมลงศัตรูสำคัญในอุตสาหกรรมสัตว์ปีก โดยระยะไข่และตัวหนอนวัยแรกของดัวงซีโก้ซึ่งมีขนาดเล็กสามารถติดไปกับอาหารสัตว์สำเร็จรูประหว่างการนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และพบตัวหนอนและตัวเต็มวัยตามกองปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก เชื้อรา ซากสัตว์ ไม้ฝุ (Francisco and Prado, 2001) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าดัวงซีโก้เป็นพาหะนำโรคได้หลายชนิดในสัตว์ปีก เช่น พาหะนำโรคเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus* spp. เชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Escherichia* spp., *Salmonella* spp. และ *Campylobacter* spp. รวมถึงพยาธิ และไวรัส เช่น โรค Fowlpox โรค Newcastle disease (Roche et al., 2009) เมื่อสัตว์ปีกกินแมลงเป็นอาหาร ทั้งตัวหนอนและตัวเต็มวัยอาจทำให้เกิดอุดตันในลำไส้ได้เนื่องจากสัตว์ปีกไม่มีเอนไซม์ย่อยไคติน (chitinase) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังลำตัวของแมลง (Dunford and Kaufman, 2012)

การป้องกันกำจัดดัวงซีโก้ให้มีประสิทธิภาพใช้วิธีแบบผสมผสาน เน้นการรักษาความสะอาดภายในและภายนอกฟาร์มหรือเล้าไก่ และการสุขาภิบาลที่ดี เนื่องจากการใช้สารเคมีเป็นไปได้ยากเมื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์ปีก เพราะสารเคมีอาจตกค้างไปกับผลิตภัณฑ์สัตว์เนื่องจากอาหารสัตว์ทุกประเภทสามารถเป็นแหล่งอาหารให้กับดัวงซีโก้ได้ จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ให้มีคุณภาพที่ดี ปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สัตว์และแมลง หรือการตกค้างของยาหรือสารเคมีที่อาจเป็นพิษหรือก่ออันตรายต่อสัตว์ ในโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) ร่วมกับกรดโพธิ์อินิก (propionic acid) ทำความสะอาดระบบการผลิต และเนื่องจากเป็นกรดธรรมชาติจึงมีการนำมาใช้ผสมกับอาหารสัตว์ เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และรักษาคุณภาพของอาหารสัตว์ และพบว่าสารผสมระหว่างดังกล่าวมีผลในการป้องกันกำจัดไรในอาหารสัตว์ ทำให้ปริมาณจำนวนของไรในอาหารไก่ลดลงและมีผลทำให้การเข้าทำลายซ้ำของไรช้าลงได้ (ฉัตรภรณ์ และคณะ, 2557; สุพิชฌาย์ และเยาวลักษณ์, 2560) จึงมีความเป็นไปได้ในการนำสารผสมดังกล่าวใช้ควบคุมดัวงซีโก้ได้ อย่างไรก็ตามตามรายงานการศึกษาในส่วนนี้ยังมีอยู่น้อยมาก จึงทำการการศึกษาการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์อินิก

เพื่อควบคุมด้วงซีโก้ (*A. diaperinus*) ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดด้วงซีโก้โดยมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณด้วงซีโก้ *A. diaperinus*

นำตัวเต็มวัยด้วงซีโก้ (คละเพศ) ประมาณ 200 ตัว จากฟาร์มเลี้ยงไก่ที่จังหวัดลำพูน เลี้ยงในอาหารไก่ปริมาณ 200 กรัม ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่อาจติดมากับอาหารไก่ และเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ที่ปิดฝาเจาะรูขนาดใหญ่ตรงกลางปิดด้วยผ้าไนลอน เพื่อป้องกันแมลงหลบหนีหลังจากแมลงผสมพันธุ์และวางไข่ในภาชนะประมาณ 5 วัน จากนั้นร่อนแยกตัวเต็มวัยออกไปใส่ไว้ในกล่องพลาสติกใหม่ที่บรรจุอาหารไก่เพื่อวางไข่ต่อไป ในระหว่างการเลี้ยงมีการให้มันฝรั่งที่หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ เพื่อเป็นแหล่งน้ำให้กับด้วงซีโก้ และนำไปเก็บไว้ในกล่องพลาสติกที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุมความชื้น เมื่อแมลงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยจึงใช้ในการศึกษา

การศึกษาวงจรชีวิตของด้วงซีโก้ *A. diaperinus*

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ขั้นต้นคือศึกษาวงจรชีวิตของด้วงซีโก้ นำระยะตัวเต็มวัยด้วงซีโก้ (คละเพศ) จำนวน 200 ตัว เลี้ยงลงในกล่องพลาสติกทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 14 เซนติเมตร พร้อมอาหารไก่ปริมาณ 200 กรัม เป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้ตัวเต็มวัยวางไข่ จากนั้นทำการแยกไข่ที่ละฟอง โดยส่องภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (stereo microscope) จำนวน 100 ฟอง ใส่กล่องพลาสติกใสทรงกระบอกเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร นำไปเก็บไว้ในกล่องพลาสติกที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุมความชื้น ตรวจสอบดูไข่ทุกวัน เมื่อไข่ฟักออกมาเป็นตัวหนอนวัยที่ 1 จึงทำการแยกเลี้ยงเดี่ยวในกล่องพลาสติกใสทรงกระบอก ปิดด้วยฝาพลาสติกเจาะเป็นช่องระบาย

อากาศที่ปิดด้วยผ้าใยแก้ว ใส่อาหารไก่ลงไปจนเพียงพอต่อการกินของแมลง ให้มันฝรั่งสดหั่นเป็นชิ้น ขนาด 0.5 × 0.5 มิลลิเมตร เพื่อเป็นแหล่งความชื้นทุก 7 วัน ทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของด้วงซีโก้

การศึกษาอัตราส่วนผสมของฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิโอนิกที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดด้วงซีโก้ *A. diaperinus*

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิโอนิกที่สามารถกำจัดด้วงซีโก้ในอัตราที่แนะนำให้ใช้ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ (recommended concentration: RC) และระยะเวลาที่มีผลในการกำจัดด้วงซีโก้ เมื่อด้วงซีโก้สัมผัสกับอาหารที่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิโอนิก โดยนำสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์กับกรดโพธิโอนิกสัดส่วน 0.051:0.012, 0.068:0.016 และ 0.085:0.020% a.i. w/w หรืออัตราผลิตภัณฑ์เทียบเท่ากับ 3, 4 และ 5 กิโลกรัมต่อตันอาหารไก่ ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นตามอัตราแนะนำที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ผสมกับอาหารไก่ 200 กรัม จากนั้นสูมตัวอย่างอาหารที่ผสมกับสารผสมกรดดังกล่าวมา 10 กรัม โดยการจำลองสถานการณ์การปนเปื้อนในอาหารสัตว์ด้วยการนำมาทดสอบกับด้วงซีโก้ในระยะไข่ ระยะหนอนวัยอ่อน ระยะหนอนวัยแก่ ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ในแต่ละระยะจำนวน 10 ตัว ต่ออาหารสัตว์ที่คลุกด้วยสารผสม 10 กรัม ส่วนในชุดควบคุมเป็นอาหารสัตว์ที่ไม่ได้ผสมกรดใด ๆ ลงในกล่องพลาสติก จากนั้นตรวจนับการตายของแมลงทุก 7 วัน รวมระยะเวลา 1 เดือน ทุกกรรมวิธี (ความเข้มข้นและระยะของด้วงซีโก้) ทำ 4 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธีจะเตรียมไว้สำหรับการตรวจนับการตายของแมลงเพียงครั้งเดียวในแต่ละช่วงเวลาโดยไม่นำกลับมานับซ้ำ จากนั้นคำนวณปรับปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง (corrected mortality) หากพบแมลงในชุดควบคุมมีการตาย ให้คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วเปรียบเทียบความ

แตกต่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงโดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาวงจรชีวิตของด้วงซีโก้ *A. diaperinus*

ผลการศึกษาวงจรชีวิตของด้วงซีโก้ที่เจริญในอาหารไก่ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25.79 ± 3.43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 78.87 ± 2.88 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโตของด้วงซีโก้มี 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย (ภาพที่ 1) โดยระยะไข่ ตัวหนอน และดักแด้ ใช้ระยะเวลา 5.19 ± 0.39 , 57.10 ± 2.19 และ 6.16 ± 0.81 วัน ตามลำดับ สำหรับระยะตัวเต็มวัยมีอายุตั้งแต่การออกจากดักแด้จนถึงปัจจุบัน (ถ.ค. 60 - ส.ค. 61) รวมระยะเวลา 9 เดือน และแมลงยังคงมีชีวิตอยู่ 1) ระยะไข่ มีลักษณะสีขาวนวล รูปร่างยาวรี ขนาดกว้างเฉลี่ย 0.50 ± 0.00 มิลลิเมตร และยาว 1.26 ± 0.07 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) 2) ระยะหนอน รูปร่างคล้ายหนอนนกแต่มีขนาดเล็กกว่า หนอนมี 8-11 วัย หนอนที่มี 8 วัย มีอายุรวม 42 วัน หนอนที่มี 9-11 วัย มีอายุเฉลี่ยรวม 39.43 ± 2.42 , 49.21 ± 2.43 และ 55.00 ± 2.00 วัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dunford and Kaufman (2012) ที่รายงานว่า ระยะการเจริญเติบโตของหนอนด้วงซีโก้ที่น้อยที่สุด พบว่ามี 6 วัย และมากที่สุดมี 11 วัย และในระยะตัวหนอนยังมีพฤติกรรมการกินพวกเดียวกันเอง (cannibalism) (Axtell, 1994) Szczepanik *et al.* (2016) รายงานว่า ตัวหนอนที่มีขนาดลำตัวใหญ่และแข็งแรง กินไข่และตัวหนอนที่ตัวเล็กและอ่อนแอกว่า ถ้าหนอนอยู่รวมกันส่งผลให้ไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ 3) ดักแด้ ด้วงซีโก้สามารถเข้าดักแด้และเป็นตัวเต็มวัยเมื่ออยู่เพียงลำพัง จำนวนประชากรไม่หนาแน่นหรือแออัด อาหาร และน้ำเพียงพอ และก่อนเข้าดักแด้หนอนมีลักษณะโค้งงอ

หนอนหยุดกินอาหาร ไม่เคลื่อนไหว และขดตัวเป็นวงกลม ดักแด้มีขนาดลำตัวกว้างเฉลี่ย 2.27 ± 0.18 มิลลิเมตร และยาวเฉลี่ย 5.69 ± 0.43 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และระยะดักแด้ของด้วงซีโก้เป็นระยะที่สามารถแยกเพศได้ง่ายกว่าในระยะตัวหนอน และตัวเต็มวัย (Esquivel *et al.*, 2012) 4) ตัวเต็มวัยมีลำตัวสีดำและมันวาว รูปร่างกว้างเป็นรูปไข่และโค้งนูนปานกลาง ขอบของส่วนหัวจะแบ่งตาออกเป็น 2 ส่วน คือ 2 ส่วน 3 ของตา (Hayashi *et al.*, 2004) ทั้งเพศผู้และเพศเมียไม่สามารถแยกด้วยตาเปล่า การแยกเพศต้องใช้ลักษณะของหนาม (spurs) บริเวณปลายหน้าแข้ง (tibia) ของขาคู่กลาง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Esquivel *et al.*, 2012) ตัวเต็มวัยเพศเมียมีขนาดลำตัวกว้าง 2.68 ± 0.15 มิลลิเมตร ยาว 5.99 ± 0.38 มิลลิเมตร และเพศผู้มีขนาดลำตัวกว้าง 2.49 ± 0.13 มิลลิเมตร ยาว 5.41 ± 0.29 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) ตัวเต็มวัยของด้วงซีโก้มีอายุมากกว่า 9 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dunford and Kaufman (2012) ที่รายงานว่า ตัวเต็มวัยของด้วงซีโก้มีชีวิตนานถึง 1 ปี และมากที่สุดถึง 2 ปี

การศึกษาอัตราส่วนผสมของฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรูฟิโอนิกที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดด้วงซีโก้ *A. diaperinus*

ผลของการศึกษาการใช้สารผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรูฟิโอนิกที่ผสมลงในอาหารไก่ หลังจากปล่อยแมลงระยะไข่ และระยะตัวหนอนวัยอ่อน (ตัวหนอนวัยที่ 1) ให้สัมผัสกับอาหารสัตว์ผสมกับสารผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรูฟิโอนิก ทำการตรวจนับการตายของแมลงทุก 7 วัน เป็นเวลา 1 เดือน โดยการตรวจนับการตายของไข่จากช่วงระยะการฟักออกเป็นตัวหนอน ซึ่งช่วงระยะเวลาการฟักออกเป็นตัวหนอนนี้สังเกตได้จากวงจรชีวิตของด้วงซีโก้ คือ 5-6 วัน หากไข่ฟักออกเป็น

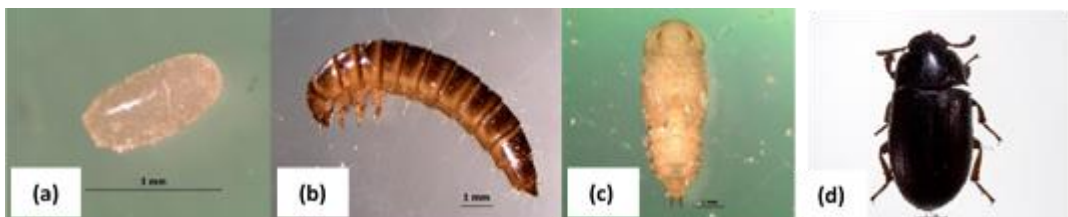


Figure 1. Lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*; egg (a), larva (b), pupa (c) and adult (d)

Table 1. Duration and size of various developmental stages of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* reared on chicken feed in laboratory condition at $25.72 \pm 3.43^{\circ}\text{C}$ and $78.87 \pm 2.88\% \text{RH}$

Developmental stage	Age Mean \pm SD (Days)	Range (Days)	Body	
			Width (mm) Mean \pm SD	Length (mm) Mean \pm SD
Egg	5.19 \pm 0.39	(5-6)	0.50 \pm 0.00	1.26 \pm 0.07
Larva	57.10 \pm 2.19	(30-94)	-	-
Instar 1	1.30 \pm 0.46	(1-2)	0.40 \pm 0.00	1.77 \pm 0.09
Instar 2	5.63 \pm 1.63	(3-10)	0.69 \pm 0.48	2.14 \pm 0.18
Instar 3	6.28 \pm 1.30	(3-10)	0.46 \pm 0.05	2.32 \pm 0.19
Instar 4	4.41 \pm 0.96	(2-7)	0.51 \pm 0.03	3.15 \pm 0.22
Instar 5	3.99 \pm 0.82	(3-6)	0.69 \pm 0.05	4.15 \pm 0.43
Instar 6	0.94 \pm 0.79	(3-7)	0.75 \pm 0.07	4.25 \pm 0.39
Instar 7	3.82 \pm 1.16	(2-8)	0.96 \pm 0.06	5.20 \pm 0.25
Instar 8	4.67 \pm 1.04	(3-8)	1.02 \pm 0.06	5.58 \pm 0.33
Instar 9	5.87 \pm 1.78	(3-11)	1.39 \pm 0.09	6.97 \pm 0.48
Instar 10	7.76 \pm 2.33	(2-13)	1.67 \pm 0.09	9.04 \pm 0.71
Instar 11	9.37 \pm 1.70	(5-12)	1.67 \pm 0.09	9.04 \pm 0.71
Pupa	6.16 \pm 0.81	(5-8)	2.27 \pm 0.18	5.69 \pm 0.43
Total life cycle (Eggs - Adults)	68.45 \pm 2.15	(40-108)	-	-
Adult (longevity)	6.16 \pm 0.81	(5-8)	-	-
Male	at least 9 months	at least 9 months	2.49 \pm 0.13	5.41 \pm 0.29
Female	at least 9 months	at least 9 months	2.68 \pm 0.15	5.99 \pm 0.38

ตัวหนอนแต่ไม่สามารถมีชีวิตต่อไปได้ ให้นำรวมเป็นการตายของระยะไข่ด้วงซีไก่ด้วยเช่นกัน การตายในระยะไข่ที่เกิดขึ้นนี้ไข่ได้ฟักออกเป็นตัวหนอนเรียบร้อยแล้ว และหนอนที่ฟักออกมาจะมีการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราความเข้มข้นของสารผสม 0.051:0.012, 0.068:0.016 และ 0.085:0.020% a.i. หรืออัตราผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3, 4 และ 5 กิโลกรัมต่อตันอาหารไก่ เริ่มมีการตายของไข่ด้วงซีไก่ในวันที่ 7 โดยมีอัตราการตายร้อยละ 1.78 ± 2.06 , 3.57 ± 7.14 และ 4.46 ± 6.76 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ในวันที่ 14 อัตราการตายในระยะไข่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 43.75 ± 10.26 , 86.61 ± 13.48 และ 54.46 ± 26.79 ตามลำดับ และในวันที่ 28 อัตราการตายในระยะไข่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 ± 0.00 , 97.32 ± 5.36

และ 97.32 ± 5.36 ตามลำดับ โดยในวันที่ 32 อัตราการตายในระยะไข่สูงสุดร้อยละ 100 ในทุกอัตราผสมของสารผสมในอาหารสัตว์ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามการตายของไข่ในวันที่ 7 มีความแปรปรวนของชุดข้อมูลค่อนข้างสูงเนื่องจากจำนวนการตายของไข่ในแต่ละซ้ำมีจำนวนน้อยหรือไม่พบการตายในหนึ่งชุดการทดลอง และมีเพียง 1 ซ้ำที่มีการตายของไข่สูง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าเฉลี่ยในภาพรวมมีอัตราการตายที่ต่ำและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของการตายของไข่ใน 7 วันแรก

ในระยะตัวหนอนวัยอ่อน (ตัวหนอนวัยที่ 1) ในอาหารไก่ที่ผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิโอินิก ที่อัตราความเข้มข้น 0.051:0.012, 0.068:0.016 และ 0.085:0.020% a.i. พบว่าสารผสมดังกล่าวมีผลทำให้

Table 3. Mortality percentage of larval stage of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* controlled by different dosages of formaldehyde incorporated with propionic acid in chicken feed

Dosage (kg/ton)	Mean percent lesser mealworm mortality (mean \pm SD after days) ¹			
	7	14	28	32
3 (0.051:0.012%a.i.)	22.32 \pm 5.36b	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a
4 (0.068:0.016%a.i.)	19.64 \pm 13.83b	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a
5 (0.085:0.020%a.i.)	25.00 \pm 15.15b	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a	100 \pm 0.00a

¹ Means within the same row and column followed by the same letter are not significantly different at $P>0.205$ (LSD=8.88)

เท่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มความเข้มข้นได้อีก เนื่องจากมาตรฐานการใช้โพรพิโอนิกในอาหารสัตว์ยอมให้มีสารโพรพิโอนิกได้ถึง 1%a.i. หรือ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารสัตว์ (EFSA, 2011) ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีกรรงานการใช้สารฟอร์มาลดีไฮด์และกรดโพรพิโอนิก หรือกรดอินทรีย์ในการควบคุมด้วงซีไ้มาก่อน จากฉัตรภรณ์ และคณะ (2557) มีการรายงานว่า สารผสมฟอร์มาลดีไฮด์และกรดโพรพิโอนิก อัตรา 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มปริมาณ และป้องกันการเข้าทำลายซ้ำของไร *Suidasia pontifica* ในอาหารไก่ ซึ่งเป็นไรศัตรูในโรงเก็บ และพบในอาหารสัตว์ ที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพอาหารสัตว์ เช่นเดียวกับการรายงานของ สุทธิชัย และเยาวลักษณ์ (2560) รายงานว่า การนำฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก อัตรา 3 กิโลกรัมต่อตันอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นอัตราที่แนะนำให้ใช้ผสมอาหารสัตว์มาใช้ผสมกับอาหารสุกรระหว่างระบบการผลิต พบว่าสารผสมดังกล่าวเมื่อผสมเข้าไปในขบวนการการผลิตอาหารสุกรส่งผลให้พบจำนวนไรในอาหารสัตว์ลดลง ซึ่งในต่างประเทศได้มีการนำสารฟอร์มาลดีไฮด์มาใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะเชื้อ *Salmonella* ในอาหารสัตว์ อัตราเหมาะสมที่ 660 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (European Commission, 2002)

ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์ฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกับกรดโพรพิโอนิกอัตรา 0.051:0.012%a.i. w/w สามารถนำมาผสมกับวัสดุรองรังกำจัดหรือลดปริมาณไข่และหนอนวัยที่ 1 ของด้วงซีไ้ได้ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลา

ของสารที่สัมผัสกับแมลงด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการด้วงซีไ้ และถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดด้วงซีไ้

สรุป

การศึกษาวงจรชีวิตของด้วงซีไ้ *Alphitobius diaperinus* ที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่ ในสภาพห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25.79 ± 3.43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 78.87 ± 2.88 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไข่มีอายุประมาณ 5-6 วัน หนอนมี 11 วัย โดยวัยที่ 8 ถึง 11 สามารถเข้าสู่ดักได้ ระยะหนอนมีอายุประมาณ 30-94 วัน ดักแด้ของด้วงซีไ้ มีอายุประมาณ 5-8 วัน รวมระยะเวลาจากไข่ถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 40-108 วัน และระยะตัวเต็มวัยมีโอกาสอยู่รอดมากกว่า 300 วัน อาหารไก่ผสมกับฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกในอัตราความเข้มข้น 0.051:0.012%a.i. ในอาหารสัตว์ มีผลต่อด้วงซีไ้ไก่ในระยะไข่ และระยะหนอนวัยอ่อน โดยมีผลทำให้ไข่และหนอนวัยอ่อนของด้วงซีไ้ที่ตายอย่างสมบูรณ์ในวันที่ 28 และ 14 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจาก P.V.T. Manufacturing Co., Ltd. จ. นนทบุรี

และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และขอขอบคุณ คุณชนะพล เจียสวัสดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เก็บตัวอย่างแมลงใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ ซึ่งทำให้การทดลองนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรภรณ์ กุณาวงศ์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง ไสว บูรณพานิชพันธ์ และ อัมร อินทร์สังข์. 2557. การควบคุมไร *Suidasia pontifica* Oudemans ในอาหารไก่ โดยใช้ฟอมาดีไฮด์ร่วมกับกรดไพโรพิโอนิก. วารสารเกษตร 30(3): 243-252.

พุดิพัฒน์ คุณะปัญญาติติก ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2560. ประสิทธิภาพของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการกำจัดมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus*) ในข้าวและสัณฐานวิทยาของไหมมอดหนวดยาว. วารสารเกษตร 33(3): 377-385.

รัตนพร ไชยศรี และ ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์. 2558. ชีววิทยาของด้วงเมล็ดกาแฟ *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) ในกระเทียมและการควบคุมโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. วารสารเกษตร 31(1): 11-19.

สุพิชฌาย์ แสนสุวรรณ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2560. การควบคุมไร *Suidasia pontifica* ด้วยความร้อนและฟอมาดีไฮด์ ร่วมกับกรดไพโรพิโอนิกในอาหารสุกร. วารสารเกษตร 33(1): 39-47.

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18(2): 265-267.

Axtell, R.C. 1994. Biology and economic importance of the darkling beetle in poultry houses. pp. 8-17. In: Proceedings of the Poultry Supervisors' Short Course. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Dunford, J. C. and P. E. Kaufman. 2012. Lesser mealworm, litter beetle, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). (Online). Available: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/poultry/lesser_mealworm.htm (January 25, 2018).

EFSA. 2011. Scientific opinion on the safety and efficacy of propionic acid, sodium propionate, calcium propionate and ammonium propionate for all animal species. The EFSA Journal 9(12), doi:10.2903/j.efsa.2011.2446.

European Commission. 2002. Update of the opinion of the scientific committee for animal nutrition on the use of formaldehyde as a preserving agent for animal feedingstuffs of 11 June 1999. (Online). Available: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/animal-feed_additives_rules_scan-old_report_out95.pdf (January 26, 2018).

Esquivel, J.F., T.L. Crippen and L.A. Ward. 2012. Improved visualization of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) Part I: Morphological features for sex determination of multiple stadia. Psyche 2012, doi: 10.1155/2012/328478.

Francisco, O. and A.P.D. Prado. 2001. Characterization of the larval stages of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) using head capsule width. Revista Brasileira de Biologia 6: 125-131.

Hayashi, T., S. Nakamura, P. Visarathanonth, J. Uraichuen and R. Kengkanpanich (eds.). 2004. Stored Rice Insect Pests and Their Natural Enemies in Thailand. JIRCAS International Agricultural Series No.13. Bangkok, Thailand. 79 p.

- Morás, A., F.M. Pereira, M. de Oliveira, I. Lorini, M.A. Schirmer and M.C. Elias. 2006. Diatomaceous earth and propionic acid to control *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis* rice stored grain pests. pp. 823-828. *In: Proceedings of 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. Campinas, São Paulo, Brazil.
- Roche, A.J., N.A. Cox, L.J. Richardson, R.J. Buhr, J.A. Cason, B.D. Fairchild and N.C. Hinkle. 2009. Transmission of *Salmonella* to broilers by contaminated larval and adult lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Poultry Science* 88: 44-48.
- Scheff, D.S. 2016. Packaging technologies for the control of stored-product insects. Department of Grain Science and Industry, College of Agriculture, Kansas State University, Kansas. 156 p.
- Szczepanik, M., A. Gliszczynska, M. Hnatejko and B. Zawitowska. 2016. Effects of halolactones with strong feeding deterrent activity on the growth and development of larvae of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Applied Entomology and Zoology* 51(3): 393-401.
-