



ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการเจริญและประสิทธิภาพของ
เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin

ในการควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง

Effect of Pesticides on Growth and Efficacy of

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin

for Controlling of Cassava Pink Mealybug

จันทิมา จันทนพิมพ์^{1,2} ศิวิลัย ลีริมังครารัตน์^{1,2,3,4*} และ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์^{2,3,4}

บทคัดย่อ

การทดสอบผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้แก่ สารกำจัดแมลง (thiamethoxam, amitraz) สารป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช (mancozeb, benomyl) และสารกำจัดวัชพืช (paraquat dichloride) ต่อการเจริญของเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* และประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง (*Phenacoccus manihoti*) สำหรับผลต่อการอยู่รอดของสปอร์พบว่า การนำเชื้อราขาวความเข้มข้น 1×10^4 และ 1×10^5 สปอร์/มล. มา spread ลงบนอาหารที่มีส่วนผสมของสารเคมีดังกล่าว ตรวจสอบการงอกของสปอร์ที่เวลา 1 และ 3 วัน นั้น เชื่อที่ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์/มล. ตรวจสอบผล 1 วัน กรรมวิธีควบคุม (อาหาร PDA ไม่ผสมสารใด ๆ) มีการเจริญของเชื้อราสูงที่สุด (444.33 cfu/plate) แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนในกรรมวิธีที่ผสม PDA กับสารเคมีต่าง ๆ นั้น เฉพาะ PDA+ thiamethoxam เท่านั้นที่มีการเจริญของเชื้อราขาว (185.33 cfu/plate) ส่วนเชื้อที่ความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์/มล. ตรวจสอบการเจริญหลังการเพาะเลี้ยงเชื้อ 3 วัน นั้น การเจริญของเชื้อสูงที่สุดพบในอาหาร PDA+thiamethoxam (269.00 cfu/plate) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่มีค่ารองลงมาเท่ากับ 252.60 cfu/plate ขณะที่เชื้อราที่เลี้ยงในอาหาร PDA+amitraz (166.80 cfu/plate) และ PDA+ paraquat dichloride (145.00 cfu/plate) มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ

¹สาขาชีววิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

²กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

³ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

⁴ศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

*Corresponding Author, E-mail: sivilai@kku.ac.th

ส่วนผลต่อการเจริญของเส้นใยนั้น เชื้อจะเจริญเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเชื้อราที่เลี้ยงในอาหาร PDA+thiamethoxam มีเส้นผ่าศูนย์กลาง (\emptyset) การเจริญในวันที่ 7 (\emptyset 2.72 ซม.) และวันที่ 14 (\emptyset 4.67 ซม.) ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (\emptyset 2.72 และ 5.32 ซม. ตามลำดับ) เฉพาะ PDA+benomyl เท่านั้นที่เชื้อไม่สามารถเจริญได้ และเมื่อนำสปอร์ของเชื้อราขาวที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหาร PDA+สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สามารถเจริญได้ดี มาทดสอบประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อ 1×10^8 สปอร์/มล. พบให้เพลี้ยแป้งวัย 3-ตัวเต็มวัย พบว่าการเข้าทำลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการปลูกเชื้อ โดยเชื้อราที่เลี้ยงใน PDA+thiamethoxam มีการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งมากที่สุด ทั้งในวันที่ 7 (17.78%), 10 (43.33%), 14 (46.67%) และ 21 (46.67%) หลังการปลูกเชื้อ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างชัดเจน รวมทั้งกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราที่เลี้ยงด้วยอาหาร PDA ซึ่งไม่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชใดๆที่ทุกช่วงเวลาของการตรวจผล (9.44 30.25 30.25 และ 33.28% ตามลำดับ) โดยกรรมวิธีที่มี thiamethoxam และ PDA อย่างเดียวให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราขาว *B. bassiana* สามารถนำมาใช้ร่วมกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะ thiamethoxam ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลังลดลง

ABSTRACT

The effect of chemical pesticides such as insecticides (thiamethoxam, amitraz), fungicides (mancozeb, benomyl) and herbicide (paraquat dichloride) on the growth of white muscardine fungus (*Beauveria bassiana*) and its efficiency for controlling of cassava pink mealybug (*Phenacoccus manihoti*) was carried out. The pesticides were mixed in medium. Spore suspensions of 1×10^4 and 1×10^5 spores/ml were spread on the medium. The spore survival after 1 and 3 days after spreading was evaluated. It was found that the highest survival was detected in control treatment (PDA without pesticides) with concentration of 1×10^5 spores/ml at 1 day after spreading (444.33 cfu/plate) and significantly different ($P < 0.05$) to others. Only the treatment of PDA+thiamethoxam, the fungus was able to grow and express viability of 185.33 cfu/plate For the concentration of 1×10^4 spore/ml treated after 3 days, the maximum fungal growth was found in PDA+thiamethoxam medium (269.00 cfu/plate) which was not significantly different to the following treatment (control treatment, 252.60 cfu/plate). Whereas, the growth of fungus on PDA+ amitraz (166.80 cfu/plate) and PDA+paraquat dichloride (145.00 cfu/plate) were similar and not significantly different. The effect of pesticides on mycelial growth was depended on age. It grew on PDA+thiamethoxam with colony diameter (\emptyset) of 2.72 (7 days) and 4.67 cm (14 days), which was not significantly different with control (2.72 and 5.32 cm, respectively). Only on PDA+benomyl, the fungus was unable to grow. When the spore of good survival fungi from all treatments were tested on the infection efficiency against the 3rd instar-

adult cassava pink mealybug with conidial concentration of 1×10^8 spore/ml, the result revealed that the fungal infectivity trended to increase by the time after inoculation. The fungal spore obtained from PDA+thiamethoxam had the most infection rate at all dates after inoculation (17.78%, 43.33%, 46.67%, 46.67% at 7, 10, 14 and 21 days respectively), which were clearly higher than the spores derived from other treatments and control treatment (PDA) (9.44, 30.25, 30.25 and 33.28%, respectively). However, the infectivity from both treatments (PDA+thiamethoxam, PDA) at all checking times were not significantly different. The result of this study indicates that the *B. bassiana* could be used in combination with the pesticides, especially thiamethoxam as well without adverse effect against cassava pink mealybug

คำสำคัญ: สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช *Beauveria bassiana* *Phenacoccus manihoti* ผลกระทบ ประสิทธิภาพเชื้อ

Keywords: Pesticide, *Beauveria bassiana*, *Phenacoccus manihoti*, Side effect, Infectivity

บทนำ

การป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังมีหลายวิธี เช่น การเกษตรกรรม ชีววิธี วิธีกล และการใช้สารเคมี (โอภาส, ม.ป.ป.) ซึ่งสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นำมาใช้ในแปลงมันสำปะหลังอย่างแพร่หลาย เช่น thiamethoxam, benomyl และ paraquat dichloride (อุตมศักดิ์, 2555; กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.; กรมวิชาการเกษตร, ม.ป.ป.) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติของสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร รายงานว่ามีการนำเข้าวัสดุอันตรายทางการเกษตรในปี 2557 มากกว่า 147,376 ตัน และมีมูลค่าการนำเข้าประมาณ 22,000 ล้านบาท ปัจจุบันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนทั้งในส่วนของเกษตรกรและผู้บริโภค (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, ม.ป.ป.) การควบคุมโดยชีววิธีจึงเป็นทางเลือกที่มีความปลอดภัยต่อการใช้งานและลดความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารที่เป็นอันตรายในธรรมชาติ

เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) ได้ถูกนำมาใช้ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งสามารถควบคุมแมลงได้หลายชนิด เช่น ตัวงแรมมะพร้าว ตัวงหวอดยาวกินเหง้าอ้อย เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยแป้ง เป็นต้น (Samules et al., 1989; ศิวาลัย, 2546; ศิวาลัยและคณะ, 2556; กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.) โดยมีรายงานเกี่ยวกับการใช้เชื้อราขาวที่เพาะด้วยเมล็ดข้าวฟ่างสามารถทำให้เพลี้ยแป้งตายและเพลี้ยแป้งสีชมพูในแปลงลดลง 70-80% (Rodtong et al., 2012) และพบว่าเชื้อราขาวจะสร้าง hyphal body ที่ 6 วันหลังการปลูกเชื้อและการเจริญของเชื้อราจะถูกจำกัดอยู่ภายในตัวเพลี้ยที่ตาย หลังการปลูกเชื้อ 6-7 วัน (Amnuaykanjanasin et al., 2012) สำหรับการใส่เชื้อราขาวร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีผลกระทบต่อการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยพบว่าการใช้สารกำจัดเชื้อราที่มีผลต่อการงอกของสปอร์มากกว่าการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Isaria farinosa* ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเชื้อในการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งลดลง (Demirci et al., 2011)

นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการใช้ chlorothalonil และ mancozeb ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช มีผลต่อการอยู่รอดของสปอร์เชื้อราขาวมากกว่าในแปลงที่มีการใช้ copper hydroxide หรือน้ำ (Jaros-Su et al., 1999) ส่วนสารเคมีกำจัดวัชพืช lenacil และสารเคมีกำจัดแมลง imidacloprid สามารถใช้ร่วมกันกับการใช้เชื้อราขาว *B. bassiana* ได้ (Poprawski et al., 1995; Alizadeh et al., 2007) การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อการศึกษาเพื่อคัดเลือกหาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้ในแปลงมันสำปะหลัง ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ร่วมกับกับเชื้อราขาวในการควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง การตรวจสอบประสิทธิภาพของเชื้อราขาวที่สามารถอยู่รอดได้ดี หลังจากการทดสอบร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การศึกษาผลกระทบต่อเนื่องของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อประสิทธิภาพของเชื้อราขาว รวมทั้งเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการควบคุมเพลี้ยแป้งดังกล่าวโดยวิธีผสมผสานในสภาพไร่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อเชื้อราขาว *Beauveria bassiana*

1.1 การอยู่รอดของสปอร์

การเตรียมเชื้อ นำเชื้อราขาวที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA (sabouraud dextrose agar) ในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.50 % (65–92 %) เป็นเวลา 14 วัน นำมาผสมน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว จึงชุดเอาสปอร์แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยดำเนินการในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic technique) นับจำนวนสปอร์ด้วย haemocytometer ปรับความเข้มข้นของสปอร์ให้ได้ 1×10^5 สปอร์/มล. และ 1×10^4 สปอร์/มล.

การเตรียมอาหารทดสอบ เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) แล้วนำมาผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยใช้อัตราเฉลี่ยตามคำแนะนำในฉลาก (ตารางที่ 1) ขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อยังอุ่นอยู่ (ประมาณ 60°C) โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ ความเข้มข้นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามอัตราแนะนำ

ตารางที่ 1 สารเคมีที่นิยมนำมาใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงมันสำปะหลังที่นำมาใช้ในการทดสอบ

กลุ่มสารเคมี	สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช				
	ประเภทสาร	สารออกฤทธิ์	รูปการค้า ^๑	รูปแบบ	อัตราแนะนำ ¹
Neonicotinoid	สารเคมีกำจัดแมลง	thiamethoxam	แอคทารา 25 ดับบลิวจี ^๑	WG 25%	1–2 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
Amidine	สารเคมีกำจัดแมลง	amitraz	นินไมท์ ^๑	EC 20%	50 มล./น้ำ 20 ลิตร
Alkylenebis (dithiocarbamate)	สารเคมีป้องกันกำจัด เชื้อราโรคพืช	mancozeb	เทนเอ็ม ^๑	WP 80%	30-50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
Benzimidazole	สารเคมีป้องกันกำจัด เชื้อราโรคพืช	benomyl	ฟีนดาโซล 50 ^๑	WP 50%	20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
Bipyridylium	สารเคมีกำจัดวัชพืช	paraquat dichloride	กรัมม็อกโซน ^๑	SL 27.6%	80-120 มล./น้ำ 60- 80 ลิตร

หมายเหตุ: ^{1/} อัตราตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) 6 กรรมวิธี โดยมีอาหารทดสอบ(กรรมวิธี) แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำ (ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์/มล.) และ 5 ซ้ำ (ความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์/มล.) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไม่ผสมสารใด ๆ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA + สารเคมีกำจัดแมลง thiamethoxam (1.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)

กรรมวิธีที่ 3 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA + สารเคมีกำจัดแมลง amitraz

กรรมวิธีที่ 4 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA + สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช mancozeb (40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร)

กรรมวิธีที่ 5 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA + สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช benomyl

กรรมวิธีที่ 6 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA+ สารเคมีกำจัดวัชพืช paraquat dichloride (100 มล. ต่อน้ำ 70 ลิตร)

โดยเทอาหารเลี้ยงเชื้อตามกรรมวิธีต่าง ๆ ปริมาตร 20 มล. ลงในจานแก้ว (plate, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม.) ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ (ความเข้มข้น 1×10^5 หรือ 1×10^4 สปอร์/มล.) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร หยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้แล้ว เพาะเลี้ยงบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ (spread plate) ด้วยแท่งแก้วรูปตัว L นำไปเก็บในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 83.56% (74–92%) โดยที่ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์/มล. ตรวจนับจำนวนสปอร์ที่มีชีวิต (colony forming unit (cfu)/plate) ที่ 24 ชม. (1 วัน) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ดัดแปลงตามวิธีของ Golshan et al. (2013) ส่วนความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์/มล. ตรวจนับจำนวนสปอร์ที่มีชีวิตเมื่อครบ 3

วัน นำค่า cfu/plate ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) รวมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของเชื้อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

1.2 การเจริญของเส้นใย

นำเชื้อราขาว *B. bassiana* ซึ่งเพาะเลี้ยงบนอาหาร SDA ในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.50% (65–92 %) นาน 14 วัน มาเจาะด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (\varnothing) 0.7 ซม. โดยเจาะขึ้นวันบริเวณขอบโคโลนีมาวางลงตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามกรรมวิธีต่าง ๆ ในข้อ 1.1 ในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 86.95% (74–96%) ให้แสงตลอด 24 ชม. บันทึกลักษณะการเจริญเติบโต วัดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยที่ 7 และ 14 วัน หลังจากการบ่มเชื้อ

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสปอร์เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง

การเตรียมเพลี้ยแป้งสีชมพู เชื้อเพลี้ยแป้งสีชมพูระยะตัวอ่อนวัย 3-ตัวเต็มวัยด้วยฟูกัน ลงบนชิ้นฟักทอง (พันธุ์ศรีเมือง) ที่มีขนาด 2×2 นิ้ว จำนวน 15 ตัวต่อซ้ำ เชื้อทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง จึงทดสอบการฉีดพ่นตามกรรมวิธีต่าง ๆ

การเตรียมเชื้อราขาว คัดเลือกเชื้อราขาวที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามกรรมวิธีในข้อ 1.1 โดยคัดเลือกเฉพาะกรรมวิธีที่สปอร์งอกและเชื้อเจริญได้ดี มีจำนวนโคโลนีมากสม่ำเสมอ และนำมาเพาะเลี้ยงต่อเป็นเวลา 14 วันบนอาหาร PDA ซึ่งมีกรรมวิธีต่างๆของเชื้อราขาวในการทดสอบประสิทธิภาพการเข้าทำลายเพลี้ย

แบ่ง แผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ ซึ่งทดสอบบน ฟักทองดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารใด ๆ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ฉีดพ่นสารจับใบ Besmor[®] 0.0125%

กรรมวิธีที่ 3 ฉีดพ่นด้วยสปอร์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบน PDA

กรรมวิธีที่ 4 ฉีดพ่นด้วยสปอร์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบน PDA + thiamethoxam

กรรมวิธีที่ 5 ฉีดพ่นด้วยสปอร์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบน PDA + amitraz

กรรมวิธีที่ 6 ฉีดพ่นด้วยสปอร์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบน PDA + paraquat dichloride

การฉีดพ่นเชื้อราขาว ในกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นเชื้อราขาว เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ผสม Besmor[®] ให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 0.0125% และมีความหนาแน่นของสปอร์ในสารแขวนลอยเท่ากับ 1×10^8 สปอร์/มล. ฉีดพ่นสารแขวนลอยสปอร์นี้บนตัวเพลี้ยแป้งที่อยู่บนฟักทองในอัตรา 2 มล./ชิ้น นำชิ้นฟักทองไปบ่มในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท ซึ่งมีความชื้นจากสำลีชุบน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (moist chamber) กล่องละชิ้นจากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 27.52°C ($25.4\text{--}29.5^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 73.41% (51–87%)

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการเข้าทำลายของเชื้อราขาว ตรวจสอบการตายของเพลี้ยแป้งสีชมพูในทุกระบบวิธี ด้วยการตรวจสอบตัวมีชีวิตและตัวตาย ทุกวันเป็นเวลา 10 วัน รวมทั้งที่ 14 และ 21 วันหลังการปลูกเชื้อ (day post inoculation, dpi) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 27.52°C ($25.4\text{--}29.5^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 73.41% (51–87%) ตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อราขาวต่อเพลี้ยแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์

แบบสเตอริโอ คำนวณเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1. ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อเชื้อราขาว *Beauveria bassiana*

1.1 การอยู่รอดของสปอร์

จากการทดสอบผลของสารเคมีต่อการอยู่รอดของสปอร์เชื้อราขาว โดยเพาะเลี้ยงเชื้อราขาวที่ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์/มล. บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ หลังการปลูกเชื้อ 1 วัน พบว่ากรรมวิธีควบคุมที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ไม่ผสมสารเคมีใด ๆ มีการเจริญของเชื้อรามากที่สุดเท่ากับ 444.33 cfu (colony forming unit)/plate แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับทุกกรรมวิธี รองลงมาคือ PDA+thiamethoxam ที่มีการงอกของสปอร์เท่ากับ 185.33 cfu/plate ส่วนกรรมวิธีอื่นๆไม่พบมีการเจริญของเชื้อรา (0 cfu/plate) เมื่อคิดเป็นอัตราการอยู่รอดของสปอร์นั้น เชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการอยู่รอดของสปอร์มากถึง 41.71% ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ($P < 0.05$) ส่วนการงอกของสปอร์ของเชื้อราที่ความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์/มล. บนอาหาร PDA ผสมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หลังการเพาะเลี้ยงเชื้อรา 3 วัน พบว่าเชื้อราขาวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการงอกของสปอร์สูงที่สุด (269.00 cfu/plate) รองลงมาและไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (PDA อย่างเดียว) ที่มีการงอกของสปอร์เท่ากับ 252.60 cfu/plate

แต่ทั้ง 2 กรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.05$) ส่วนเชื้อราขาวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+amitraz (166.80 cfu/plate) และ PDA+paraquat dichloride (145.00 cfu/plate) มีการงอกของสปอร์ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เชื้อราขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารเคมี mancozeb

และ benomyl ไม่พบการงอกของสปอร์ (0 cfu/plate) และเมื่อคิดเป็นอัตราการอยู่รอดของสปอร์ พบว่าเชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการอยู่รอดของสปอร์มากถึง 106.49 % ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการงอกของสปอร์เชื้อราขาว *Beauveria bassiana*

กรรมวิธี	การงอกของสปอร์ (cfu/plate)($\times 10^5$) ^{1/}	การอยู่รอด (%) ^{1/}	การงอกของสปอร์ (cfu/plate)($\times 10^4$) ^{2/}	การอยู่รอด (%) ^{2/}
PDA (ไม่ผสมสารใด ๆ)	444.33 a	100 a	252.60 a	100 a
PDA+thiamethoxam	185.33 b	41.71 b	269.00 a	106.49 a
PDA+amitraz	0 c	0 c	166.80 b	66.03 b
PDA+mancozeb	0 c	0 c	0 c	0 c
PDA+benomyl	0 c	0 c	0 c	0 c
PDA+paraquat dichloride	0 c	0 c	145.00 b	57.40 b
F-test	**	**	**	**
C.V.(%)	33.99	31.15	17.41	17.07

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, $P > 0.05$); ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%;
^{1/}ตรวจผล 1 วัน หลังการเพาะเลี้ยงเชื้อ นับจำนวน cfu ที่การเจือจาง 10^5 เท่าจากสารแขวนลอยสปอร์เริ่มต้น; ^{2/}ตรวจผล 3 วัน หลังการเพาะเลี้ยงเชื้อ นับจำนวน cfu ที่การเจือจาง 10^4 เท่าจากสารแขวนลอยสปอร์เริ่มต้น

1.2 การเจริญของเส้นใย

ในด้านการเจริญของเส้นใยเชื้อราขาว *B. bassiana* ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ในทุกกรรมวิธีมีการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้นตามอายุของเชื้อที่เพิ่มขึ้น เฉพาะใน PDA ที่ผสม benomyl เท่านั้นที่ไม่มีการเจริญของเชื้อใด ๆ เลยทั้งวันที่ 7 และ 14 ซึ่งหลังการเพาะเลี้ยงเชื้อ 7 วัน พบว่าเชื้อราขาวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการเจริญของเส้นใยเท่ากับเชื้อราขาวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยเท่ากับ 2.72 ซม. ซึ่งทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ แต่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.05$) ส่วนการเจริญของเส้นใยของเชื้อที่อายุ 14 วัน พบว่ากรรมวิธีควบคุมมีการเจริญของเส้นใยสูงที่สุด (\emptyset 5.32 ซม.) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเชื้อที่เจริญบนอาหาร PDA+thiamethoxam (\emptyset 4.67 ซม.) โดยที่ทั้ง 2 กรรมวิธีแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนั้นพบว่าที่อายุเชื้อ 7 วัน อาหาร PDA ที่ผสมสาร mancozeb มีผลทำให้เชื้อ *B. bassiana* มีการเจริญที่ช้าที่สุด (\emptyset 1.09 ซม.) ส่วนที่อายุเชื้อ 14 วัน เชื้อเจริญช้าที่สุดในอาหาร PDA+amitraz (\emptyset 2.32 ซม.) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราขาว *Beauveria bassiana*

กรรมวิธี	เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย (ซม.)	
	7 วัน	14 วัน
PDA (ไม่ผสมสารใด ๆ)	2.72 a	5.32 a
PDA+thiamethoxam	2.72 a	4.67 a
PDA+amitraz	1.44 b	2.32 b
PDA+mancozeb	1.09 c	2.69 b
PDA+benomyl	0 d	0 c
PDA+paraquat dichloride	1.57 b	2.60 b
F-test	**	**
C.V.(%)	10.34	25.03

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, $P>0.05$); ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของสปอร์เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง

กรรมวิธี	การติดเชื้อ (%)			
	7 วัน	10 วัน	14 วัน	21 วัน
ไม่ฉีดพ่นสารใด ๆ (ควบคุม)	0	0 b	0 b	0 b
ฉีดพ่น Besmor® (ควบคุม)	0	0 b	0 b	0 b
PDA (ไม่ผสมสารใด ๆ)	9.44	30.25 a	30.25 a	33.28 a
PDA+thiamethoxam	17.78	43.33 a	46.67 a	46.67 a
PDA+amitraz	11.75	33.02 a	35.40 a	40.16 a
PDA+paraquat dichloride	12.56	37.95 a	37.95 a	37.95 a
F-test	ns	**	**	**
C.V.(%)	106.29	31.82	32.90	30.44

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, $P>0.05$); ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. ประสิทธิภาพของสปอร์เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชการทำลายต่อเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง

จากการนำสปอร์เชื้อราขาวที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหาร PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดที่เจริญได้ดีทั้งการเจริญของสปอร์และเส้นใย และมีความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโต มาทดสอบประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง พบการติดเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม

ระยะเวลาหลังการพ่นเชื้อ โดยหลังการพ่นเชื้อ 7 วัน พบมีการเข้าทำลายสูงสุดในกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราที่เลี้ยงด้วยอาหาร PDA+thiamethoxam (17.78%) แต่ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเข้าทำลายหลังการปลูกเชื้อ 10 14 และ 21 วัน ในกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราขาวนั้น เพลี้ยแป้งสีชมพูได้รับการเข้าทำลายใกล้เคียงกันซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการพ่นด้วยเชื้อราขาวที่เลี้ยงด้วยอาหาร PDA+thiamethoxam เพลี้ยแป้งสีชมพูมีการติดเชื้อสูงสุดอีกเช่นกัน ทั้งในวันที่ 10 (43.33%), 14

(46.67%) และ 21 (46.67%) รองลงมาคืออาหาร PDA+paraquat dichloride เพลี้ยแป้งสีชมพูมีการติดเชื้อในวันที่ 10 และ 14 เท่ากัน (37.95%) ส่วนการติดเชื้อที่ 21 วันนั้น PDA+amitraz (40.16%) มีค่ารองลงมาจาก PDA+thiamethoxam สำหรับเชื้อราที่เลี้ยงในอาหาร PDA โดยไม่ผสมสารเคมีนั้นพบว่าการติดเชื้อในวันที่ 10 14 และ 21 วัน น้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆที่มีการใช้สารเคมีผสม ซึ่งมีค่าคือ เท่ากับ 30.25 30.25 และ 33.28% ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การทดสอบผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้งสารกำจัดแมลง สารป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช และสารกำจัดวัชพืช ต่อการอยู่รอดของสปอร์เชื้อราขาวนั้น พบว่าการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ต่อการออกของสปอร์ในเวลา 1 วัน กรรมวิธีที่เลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการงอกของสปอร์เท่ากับ 185.33 cfu/plate รองจากกรรมวิธีควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบถึงการอยู่รอดของสปอร์เชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA+thiamethoxam นั้นมีการอยู่รอดของสปอร์มีมากถึง 41.71% เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน การงอกสปอร์ของเชื้อราที่เพาะเลี้ยงด้วยความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์/มล.บนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการงอกของสปอร์สูงที่สุด 269.00 cfu/plate โดยมีการอยู่รอดของสปอร์สูงสุดถึง 106.49% ซึ่งผลการทดลองนี้ให้ผลในทำนองเดียวกันกับการทดลองของ Oliveira et al. (2003) ที่พบว่าเชื้อราขาว *B. bassiana* ที่เจริญบน PDA+thiamethoxam เมื่อใช้ในอัตราตามคำแนะนำ ตรวจผลหลังจาก 24 ชั่วโมงมีการงอกของสปอร์ 62.3% , colony area 25.2 ตร.มม. โดยไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (27.2ตร.มม) และ thiamethoxam มีการยับยั้งการผลิตสปอร์น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารเคมี

กำจัดแมลงตัวอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า thiamethoxam ไม่มีผลต่อการงอกและการผลิตสปอร์ของเชื้อราขาว *B. bassiana* รวมทั้งไม่มีผลต่อหัวเชื้อ *B. thuringiensis*, *B. bassiana* หรือ *M. anisopliae* ที่ใช้ในแปลงถั่ว (Filno et al., 2001; Neves et al., 2001) ส่วนการเจริญของเส้นใยเชื้อราขาว *B. bassiana* ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ในทุกกรรมวิธีมีการเจริญเพิ่มขึ้นตามอายุของเชื้อที่เพิ่มขึ้น แต่เฉพาะ benomyl เท่านั้นที่ไม่มีการเจริญของเชื้อเลย ในทำนองเดียวกันการศึกษาของ Demirci et al. (2011) ซึ่งรายงานว่าการใช้ captan, chlorothalonil, mancozeb และ propineb ที่ 5 ไมโครกรัม/มล. สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Isaria farinose* และ mancozeb ที่อัตรา 2,500–5,000 ไมโครกรัม/มล. สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อนี้ได้ จากผลการทดสอบเชื้อราขาวครั้งนี้ที่เชื้ออายุ 7 วัน กรรมวิธีที่ใช้สาร thiamethoxam มีการเจริญของเส้นใยเท่ากับการเลี้ยงเชื้อในอาหาร PDA อย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย 2.72 ซม. ส่วนการศึกษาอื่นที่เกี่ยวกับเจริญของเส้นใยของเชื้อที่อายุ 14 วัน นั้น เชื้อที่เจริญบนอาหาร PDA+thiamethoxam มีการเจริญของเส้นใย (\varnothing 4.67 ซม.) รองจากกรรมวิธีควบคุมคือ PDA (\varnothing 5.32 ซม.) และพบว่าที่อายุเชื้อ 7 วัน อาหาร PDA ที่ผสมสาร mancozeb สามารถทำให้เชื้อ *B. bassiana* เจริญได้ในระดับหนึ่ง ให้ผลคล้ายกับการศึกษาของ Kouassi et al. (2003) ที่สรุปว่าหลังจากการใช้ mancozeb ในอัตราแนะนำ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA ที่อายุ 8, 12 และ 16 วัน เชื้อราขาวมีการเจริญของเส้นใยเพียงเล็กน้อย สำหรับผลการทดลองนี้ในการนำสปอร์ของเชื้อราขาวที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหาร PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ มาทดสอบประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งสีชมพู นั้น พบ

การติดเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการปลูกเชื้อ โดยหลังการปลูกเชื้อ 7–21 วัน มีการติดเชื้อสูงสุดในกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราที่เลี้ยงด้วยอาหาร PDA+thiamethoxam สำหรับเชื้อราที่เลี้ยงในอาหาร PDA โดยไม่ผสมสารเคมีนั้นพบว่าการติดเชื้อในวันที่ 10, 14 และ 21 วัน น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีการใช้สารเคมีผสม นอกจากนั้น จากการศึกษาของ Demirci et al. (2011) ที่ทดสอบผลของ mancozeb ต่อเชื้อรา *Isaria farinosa* ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งส้ม พบว่าสามารถทำให้อัตราการตายของไซลลดลง 30.40% , วัย 1 ตาย 29.72% และตัวเต็มวัยเพศเมียตาย 34.01% แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารฆ่าเชื้อรา benomyl และ mancozeb มีผลกระทบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราขาว ส่วนสารกำจัดแมลง thiamethoxam นั้นกลับมีผลกระทบต่อเจริญของเส้นใยและสปอร์ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราขาวบน PDA ผสมสารเคมีนี้ ทำให้มีการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งมีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดที่ทุกอายุการตรวจสอบ ประกอบกับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งสีชมพูนั้น แนะนำให้ใช้สารเคมี thiamethoxam นี้ ฉีดพ่นหรือแช่ท่อนพันธุ์ (กรมวิชาการเกษตร, ม.ป.ป.) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช thiamethoxam นั้น สามารถใช้ร่วมกันกับเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ในการควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพู โดยการนำมาฉีดพ่นแบบผสมผสานในสภาพไร่ได้อย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สวทช. และกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ป่าและแมลงสำคัญของเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยร่วม มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี (AG-BIO/PERDO-CHE), ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และสถานที่ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (ม.ป.ป.). เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมวิชาการเกษตร. (ม.ป.ป.). การควบคุมเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังอย่างถูกต้อง. แหล่งข้อมูล : <http://gmis.doa.go.th/~mealybug/control.html>. ค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2557
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (ม.ป.ป.). เอกสารวิชาการเรื่อง บิวเวอเรีย *Beauveria bassiana*. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สวก. หน้า 70-72.
- ศิริวัลย์ สิริมังครารัตน์. (2546). โรควิทยาของแมลง. ภาควิชาชีววิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 108-109.
- ศิริวัลย์ สิริมังครารัตน์ นิภา แถนสีแสง วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ จันทิมา จันทนพิมพ์ และกรวิภา พงษ์อนันต์. (2556). ัญพืชที่เหมาะสมต่อการผลิตสปอร์ของเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ไอโซเลตที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 3. 25-27 เมษายน 2556. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. (ม.ป.ป.). รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2557. แหล่งข้อมูล http://www.doa.go.th/ard/index.php?option=com_content&view=article&id=22:stat2535&catid=29:stat&Itemid=104 ค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2558
- อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. (2555). โรคและแมลงศัตรูของมันสำปะหลัง. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 2-14.

- โอภาส บุญเลี้ยง. (ม.ป.ป.). เพลี้ยแป้งมหันตภัยต่อมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่. หน้า 10-14.
- Alizadeh, A., Samih, M.A., Khezi M. and Riseh, R.S. (2007). Compatibility of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. with several pesticides. International Journal of Agriculture & Biology 9: 31-34.
- Amnuaykanjanasin, A., Jirakkakul, J., Panyasiri, C., Panyarakkit, P., Nounurai, P., Chantasingh, D., Eurwilaichitr, L., Cheevahanarak, S. and Tanticharoen. M. (2012). Infection and colonization of tissues of the aphid *Myzus persicae* and cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* by the fungus *Beauveria bassiana*. Biocontrol 58(3): 379-391.
- Demirci, F., Mustu, M., Kaydan, M.B. and Ulgenturk, S. (2011). Effect of some fungicides on *Isaria farinosa* and *in vitro* growth and infection rate on *Plenococcus citri*. Journal of Phytoparasitica 39: 353-360.
- Filho, A.B., Almeida J.E.M. and Lamas, C. (2001). Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms. Journal of Neotropical Entomology 30(3): 437-447.
- Golshan, H., Saber, M., Majidi-shilsar, F., Bagheri M. and Mahdavi, V. (2013). Effects of common pesticides used in rice fields on the conidial germination of several isolates of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. J. Entomol. Res. Soc. 15(1): 17-22.
- Jaros-Su, J., Groden E. and Zhang, J. (1999). Effects of selected fungicides and the timing of application on *Beauveria bassiana* induced mortality of the colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Biological Control 15: 259-269.
- Kouassi, M.D. Coderre. and Todorova, S.I. (2003). Effects of the timing of applications on the incompatibility of three fungicides and on isolate of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina). J. Appl. Ent. 127: 421-426.
- Neves, P.M.O.J., Hirose, E., Tchujo, P.T. and Moino Jr, A. (2001). Compatibility of entomopathogenic fungi with neonicotinoid insecticides. Journal of Neotropical Entomology 30(2): 263-268.
- Oliveira, C.N., Neves, P.M.O.J. and Kawazoe, L.S. (2003). Compatibility between the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and insecticides used in coffee plantations. Journal of Scientia Agricola 60: 663-667.
- Poprawski, T.J. and Majchrowicz, I. (1995). Effect of herbicides on *in vitro* vegetative growth and sporulation of entomopathogenic fungi. Journal of Crop Production 14: 81-87.
- Rodtong, S., Songsrirote, S., Khumlert, R. and Khamjang, P. (2012). Field application of the fungus *Beauveria bassiana* for controlling the dominant cassava mealybug found in Nahon Ratchasima, Thailand. Thai Mycological Conference 6th March 2012. Rama Garden Hotel. Bangkok, Thailand.
- Samuels, K.D.Z., Heale, J.B. and Llewellyn, M. (1989). Characteristics relating to the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* toward *Nilaparvata lugens*. Invertebr. Pathol. 53: 25-31.