

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย ในเบบี้ฮ่องเต้บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่

Efficacy of Fungal Bioinsecticides on Striped Flea Beetle Control in Baby Pak Choi in Highland of Chiang Mai Province

นาวิน สุขเลิศ^{1/} จิราพร กุลสาริน^{1/} ไสว บรณพานิชพันธุ์^{1/*} และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ^{2/}
Nawin Sukleard^{1/}, Jiraporn Kulsarin^{1/}, Sawai Buranapanichpan^{1/*} and Weerathep Pongprasert^{2/}

^{1/}ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

^{2/}ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

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

*Corresponding author: Email: sawai1955@gmail.com

(Received: 1 March 2016; Accepted: 26 April 2016)

Abstract: Efficacy of fungal bioinsecticides in controlling striped flea beetles, *Phyllotreta striolata* (Fabricius), on baby pak choi was conducted in laboratory and greenhouse conditions of Mae Tho Royal Project Development Center, Chiang Mai. Fungal bioinsecticides consisted of *Metarhizium anisopliae* isolate 4849, *Beauveria bassiana* isolate 5335, commercial *M. anisopliae* (Metazan[®]) and commercial *B. bassiana* (Buerin[®]) comparing with a chemical insecticide (acetamiprid) as positive control. The result in the laboratory revealed that Metazan[®], *Metarhizium anisopliae* isolate 4849 (1×10^8 conidia/ml) and Buerin[®] showed 100 percent of mortality after 7 days of spraying on adults of striped flea beetle whereas *Beauveria bassiana* isolate 5335 (1×10^8 conidia/ml) gave the lowest percentage mortality (85.72%). For acetamiprid, all the beetles were completely control after 2 days of spraying. The efficacy of the fungal bioinsecticides under greenhouse condition at 22 days after transplanting showed that Metazan[®] were the highest efficiency in controlling striped flea beetles which the lowest number of beetles was found on the plants (0.51 beetle/plant) with no statistical significantly different ($P < 0.05$) to acetamiprid (0.51 beetle/plant). In addition, all the tested bioinsecticides showed no adverse effects on growth and development of baby pak choi i.e. height, canopy width and fresh weight after harvesting.

Keywords: Bioinsecticides, striped flea beetle, baby pak choi

บทคัดย่อ: การทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย *Phyllotreta striolata* (Fabricius) ได้ดำเนินการทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และแปลงปลูกภายใต้โรงเรือนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง ประกอบด้วย เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 เชื้อรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) และเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) โดยศึกษาเปรียบเทียบกับสารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยการพ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อราไปบนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลาย พบว่า หลังการพ่นสาร 7 วัน การตายของด้วงหมัดผักที่ได้รับเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนีเดีย/มิลลิลิตร และเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือร้อยละ 100 ส่วนเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนีเดีย/มิลลิลิตร มีการตายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือร้อยละ 85.72 ขณะที่การพ่นสารฆ่าแมลง acetamiprid ทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายทั้งหมดตายหลังจากพ่น 2 วัน สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์เชื้อราในแปลงปลูกเบบ๊องใต้โรงเรือน ที่พืชอายุ 22 วันหลังย้ายปลูกพบว่า เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย โดยมีค่าเฉลี่ยของแมลงที่พบเท่ากับ 0.51 ตัวต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) จากการรมวิธีที่ใช้สารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid (0.50 ตัวต่อต้น) นอกจากนี้ สารชีวภัณฑ์เชื้อราไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเบบ๊องได้ ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: สารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง ด้วงหมัดผักแถบลาย เบบ๊องใต้

คำนำ

เบบ๊องใต้ (baby pak choy) เป็นพืชผักอีกชนิดหนึ่งที่งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกบนพื้นที่สูง เช่น ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โจ้ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะเรียง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เป็นต้น เป็นผักที่มีรสหวานกรอบสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2555) ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการส่งออกไปยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรป สถานการณ์ตลาดโลกให้ความสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัยในสินค้าเกษตร โดยเฉพาะความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งนี้ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีความปลอดภัยได้ตามมาตรฐานสากล ปัญหาหลักในการผลิตเบบ๊องใต้เพื่อส่งออกไปยังสหภาพยุโรป คือ การปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตร และการปนเปื้อนของแมลงในผลผลิต ส่งผลให้ผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำให้คุณภาพผลผลิตเสียหาย คือ ด้วงหมัดผักหรือด้วงหมัดผักกาด (flea

beetle) ในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ด้วงหมัดผักแถบลาย และด้วงหมัดผักสีน้ำเงิน แต่มากกว่าร้อยละ 80 เป็นด้วงหมัดผักแถบลาย (สิริวัฒน์, 2526) ด้วงหมัดผักเป็นแมลงศัตรูผักที่สำคัญทางเศรษฐกิจมาก ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะ กรุงเทพฯ พืชผักโลก นครสวรรค์ และเชียงใหม่ เป็นต้น โดยพบว่า พืชอาหารหรือพืชอาศัยจะมีสารหรือกลิ่นดึงดูดแมลงให้เข้าทำลายมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ (Xue and Yang, 2008) การระบาดมักพบรุนแรงมากในช่วงฤดูหนาวต่อฤดูร้อน (วิโรเทพ, 2545) ทำให้ผลผลิตเสียหายเป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านคุณภาพ และปริมาณ ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงลดลง ผลผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ และไม่สามารถส่งออกยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรปได้ การควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายทำได้ยาก แม้แต่การใช้สารฆ่าแมลงก็ไม่สามารถควบคุมอย่างได้ผลดี ในปัจจุบันสารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ในการควบคุมแมลงส่วนใหญ่ถูกสหภาพยุโรปห้ามใช้ เช่น คาร์แทป (cartap) ไดโนทีฟูเร็น (dinotefuran) และคาร์บาริล (carbaryl) เป็นต้น (ชวนา และคณะ, 2553) มูลนิธิโครงการหลวงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการควบคุมแมลงดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี

มีคุณภาพ ปลอดภัย และสามารถส่งออกสหภาพยุโรปได้ การใช้สารชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมี เช่น เชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) เป็นเชื้อราที่สามารถทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด (Moorhouse *et al.*, 1992) มีการทดสอบการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในแปลงดอกดาวเรือง หลังจากพ่นเชื้อรา 7 วัน ทำให้หนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ตายร้อยละ 74 (ภัทรดนัย และคณะ, 2557) และมีการทดสอบกับเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในมะเขือม่วงพบว่าสามารถควบคุมเพลี้ยจักจั่นได้โดยตัวอ่อนตายร้อยละ 83.33 (จริยา และคณะ, 2558) นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมแมลงต่าง ๆ อีกหลายชนิด เช่น ตั๊กแตน (Entz *et al.*, 2008) หนอนผีเสื้อเจาะยอดมะฮอกกานี (Balachander *et al.*, 2012) ไช้ของยูงลาย (Leles *et al.*, 2012) ปลวก (Nasr and Moein, 1997) ลูกน้ำยุงก้นปล่องและยุงรำคาญ (Mohanty *et al.*, 2008) เพลี้ยแป้งองุ่น (Kirchmair *et al.*, 2004) และเพลี้ยไฟ (Azaizeh *et al.*, 2002) เป็นต้น มีการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรากับปลวก *Coptotermes curvignathus* ศัตรูต้นยางพารา พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 5×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร สามารถควบคุมปลวกได้ นอกจากนี้สารจากเชื้อราที่มีความเข้มข้นของสปอร์เริ่มต้น 1×10^8 , 5×10^7 และ 2.5×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ปลวกตายคิดเป็นร้อยละ 90, 89 และ 93 ตามลำดับ (เศรษฐพงศ์ และคณะ, 2553) เชื้อราที่มีความเข้มข้น 6×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร สามารถทำให้ตัวเต็มวัยยุงรำคาญตายอยู่ในช่วงร้อยละ 6.00-80.67 (อัษฎลดี และคณะ, 2553) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา 3 ไอโซเลทกับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 1, 2 และ 3 โดยใช้ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 10^7 , 10^8 , 10^9 และ 10^{10} สปอร์/มิลลิลิตร พบว่า เชื้อรา ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น 6×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ทำให้หนอนกระทู้วัย 3 ตายในอัตราสูงสุดถึงร้อยละ 79.49 ภายใน 7 วัน (สุภัสสา, 2550) เชื้อราสร้างสปอร์หรือโคนิเดียที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เชื้อรามีชีวิตอยู่นานโดยสามารถพบได้ถึงร้อยละ 40-60 ในสัปดาห์ที่ 19 (Bruck and Donahue, 2007) ในสภาพ

ธรรมชาติเชื้อรามีชีวิตอยู่ในดินนาน 1 ปี และสามารถมีชีวิตอยู่ในแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าวเป็นเวลา 3 ปี (สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร, 2556) นอกจากนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Beauveria bassiana* ร่วมกับ *Nosema pyrausta* ใน ตัวอ่อนวัยที่ 1-5 ของหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (European corn borer) พบว่า การตายของหนอนวัยที่ 1 สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.16 ที่ความเข้มข้น 4.91×10^5 โคนิเดีย/มิลลิลิตร (Khaled *et al.*, 2010) และศูนย์บริหารศัตรูพืชจังหวัดนครราชสีมา (2556) ได้รายงานถึงเชื้อราบีวเวเรีย (*B. bassiana*) ว่ามีการผลิตสปอร์ที่ต้านทานต่อลักษณะที่รุนแรงของสภาพแวดล้อมได้ เมื่อสภาพแวดล้อม ความชื้น และอุณหภูมิเหมาะสมจะมีการงอกของสปอร์ เมื่อเชื้อราเข้าไปอยู่ในร่างกายของแมลงแล้วจะผลิตสารพิษที่จะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอ่อนแอลง และเมื่อแมลงตายลงจะมีการผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ชื่อ oosporein ที่จะไปสนับสนุนให้ เชื้อรานี้แข่งขันจนชนะแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของแมลง จนในที่สุดภายในลำตัวแมลงทั้งหมดจะเต็มไปด้วยเส้นใยของเชื้อรา และเมื่อสภาวะเหมาะสมหรือความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 92 เชื้อราจะสร้างเส้นใยแทงทะลุร่างกายแมลงออกมาภายนอก ทำให้แมลงตายในที่สุด (ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ, 2555) เมื่อแมลงตายจะมีลักษณะแห้งแข็งคล้ายมัมมี มีผงสีขาวปกคลุมลำตัวหรือเรียกว่า white muscardine (Tanada and Kaya, 1993)

ดังนั้น เชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) และเชื้อราบีวเวเรีย (*Beauveria bassiana*) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดและการทำลายพืช ภายใต้อาตรฐานความปลอดภัยในระดับสากล และเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่าย รวมถึงเป็นวิธีที่ลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสามารถส่งออกไปยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรปได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในสภาพห้องปฏิบัติการ

เก็บรวบรวมด้วงหมัดผักแถบลายในพื้นที่การผลิตพืชผักในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่มีการระบาด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ จอมสุรางค์ และคณะ (2550) ใช้ต้นเบบี๋ฮ่องเต้ อายุประมาณ 15-20 วัน เป็นพืชอาหารวางไว้ในกรงตาข่ายขนาด 60x60x60 เซนติเมตร ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักแถบลายเข้าไปในกรงและเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นคัดเลือกตัวเต็มวัยอายุเฉลี่ย 7-10 วัน เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ และสารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้เป็นสารเปรียบเทียบ วางแผนการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการแบบ CRD (completely randomized design) ประกอบไปด้วย 8 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 โคโรเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^5 โคโรเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 3 พ่นเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 โคโรเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^5 โคโรเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 6 พ่นเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 7 พ่นสารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 8 ชุดควบคุม

ทำการพ่นสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง และสารเคมีฆ่าแมลงตามกรรมวิธีที่กำหนดโดยใช้เครื่องพ่นที่มีละอองขนาดเล็ก (air brush sprayer) จำนวน 1 ครั้ง ลงบนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลาย ในจานแก้วที่รองด้วยกระดาษกรอง บรรจุเทอร์นิฟเป็นพืชอาหาร และก้อนวุ้น เพื่อให้ความชื้น โดยแต่ละกรรมวิธีดำเนินการ 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้ตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักแถบลาย จำนวน 10 ตัว ตรวจนับการตายของด้วงหมัดผักแถบลายหลังการพ่นทุกวันเป็นเวลา 9 วัน ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การตายที่ถูกต้องโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมหลังจากการพ่นในระดับห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการตายของแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี least significant difference (LSD) และคำนวณค่า LT_{50} (ระยะเวลาที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่ง) ของสารชีวภัณฑ์

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน

เลือกสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงจากงานทดสอบที่ 1 ดำเนินการทดสอบในปลูกเบบี๋ฮ่องเต้ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โต ต.บ่อสลี อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ ภายใต้โรงเรือน ขนาด 6x30 เมตร วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ พ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง และสารเคมีโดยพ่นหลังย้ายปลูก วันที่ 7, 12 และ 17 ตามลำดับ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ
- กรรมวิธีที่ 2 พ่นเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ
- กรรมวิธีที่ 4 พ่นเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

acetamiprid อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 6 ชูดควบคุม

ตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลายซ้ำละ 1 ตารางเมตร โดยสุ่มพืชจำนวน 15 ต้น เก็บข้อมูลในวันที่ 7, 12, 17 และวันเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 22 หลังย้ายปลูกตามลำดับ บันทึกการเจริญเติบโต ด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ร่องรอยการทำลายของแมลง (เกณฑ์วัดระดับการทำลาย 1=0%, 2=1-20%, 3=21-40%, 4=41-60%, 5=61-80% และ 6=81-100%) เปรียบเทียบคุณภาพและปริมาณของผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในระดับห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงกับสารฆ่าแมลงในห้องปฏิบัติการพบว่าหลังจากพ่นเชื้อสาเหตุโรคแมลง 7 วัน ผลการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]), *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) และ acetamiprid อัตราการตายเฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 100 แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 และ *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดี/มิลลิลิตร ซึ่งมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 93.75 และ 90.62 ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 85.72 หลังจากพ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ Tanada and Kaya (1993) ที่ระบุว่าหลังจากที่เชื้อราเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลงแล้ว จะมีการสร้างเส้นใย โคโคนิดีและสปอร์ ต่าง ๆ ในระยะเวลา 60-72 ชั่วโมง และทำให้แมลงตายในที่สุด เชื้อรา

M. anisopliae ทางการค้า (เมทาซาน[®]) มีประสิทธิภาพทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายตายเฉลี่ยสูงสุด คือร้อยละ 32.22, 58.68, 78.82 และ 93.75 ตามลำดับ ส่วนสารเคมี acetamiprid พบอัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายหลังจากพ่นสารเคมีแล้ว 1 และ 2 วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 95 และ 100 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากสารฆ่าแมลง acetamiprid เป็นสารที่ได้รับการพัฒนาให้เป็นสารกำจัดแมลงชนิดดูดซึมออกฤทธิ์แบบเฉียบพลัน (Kiryama and Nishimura, 2002)

การทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 , 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร และ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) พบว่า หลังจากผ่านไป 7 วัน อัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายที่เกิดจากเชื้อราชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.62, 100 และ 100 โดยมีค่า LT_{50} เท่ากับ 4.59, 4.60 และ 3.40 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวใกล้เคียงกับการศึกษาของเศรษฐพงศ์และคณะ (2553) ที่ระบุว่า *M. anisopliae* ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนิดีต่อมิลลิลิตร ทำให้ปลวกตายร้อยละ 90 และสามารถทำให้แมลงหัวขาวโรงเรือน *Trialeurodes vaporariorum* Westwood วัยที่ 2 ตายร้อยละ 72.67 (สิริญา และคณะ, 2554) และจากการทดสอบเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 , 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) พบว่า หลังจากผ่านไป 7 วัน อัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายที่เกิดจากเชื้อราชนิดนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) การตายเฉลี่ยสูงสุดคือร้อยละ 100 แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ที่ความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดี/มิลลิลิตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยร้อยละ 90.62 ส่วนเชื้อ *B. bassiana* ที่ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร การตายเฉลี่ยร้อยละ 85.72 โดยมีค่า LT_{50} (ระยะเวลาที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่ง) เท่ากับ 4.56, 4.63 และ 4.13 วัน ตามลำดับ

Table 1 Average mortality percentage of striped flea beetle and LT₅₀ of fungal bioinsecticides after spraying with the fungal bioinsecticides and chemical insecticide under laboratory

Treatment	Application rate	Average mortality percentage of insects at various days after spraying ^{1/}							LT ₅₀
		1	2	3	4	5	6	7	
<i>M. anisopliae</i> isolate 4849	1x10 ⁷ conidia/ml	5.00 ^{bc}	5.00 ^{bc}	7.50 ^{de}	32.64 ^{cd}	52.08 ^d	74.11 ^c	90.62 ^{ab}	4.59
<i>M. anisopliae</i> isolate 4849	1x10 ⁸ conidia/ml	5.00 ^{bc}	12.78 ^b	21.11 ^{bc}	46.53 ^{bc}	69.79 ^{bc}	83.48 ^{abc}	100.00 ^a	4.60
<i>M. anisopliae</i> (Metazan [®])	200 g/20 L water	5.00 ^{bc}	10.00 ^b	32.22 ^b	58.68 ^b	78.82 ^b	93.75 ^{ab}	100.00 ^a	3.40
<i>B. bassiana</i> isolate 5335	1x10 ⁷ conidia/ml	5.00 ^{bc}	5.00 ^{bc}	13.05 ^{cde}	29.51 ^d	47.11 ^d	67.86 ^c	93.75 ^{ab}	4.56
<i>B. bassiana</i> isolate 5335	1x10 ⁸ conidia/ml	2.50 ^{bc}	5.00 ^{bc}	10.55 ^{cde}	28.42 ^d	51.04 ^d	70.54 ^c	85.72 ^b	4.63
<i>B. bassiana</i> (Buverin [®])	80 g/20 L water	7.50 ^b	7.78 ^{bc}	13.61 ^{cd}	34.38 ^{cd}	60.42 ^{cd}	80.80 ^{bc}	100.00 ^a	4.13
acetamiprid	10 g/20 L water	95.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	-
Control	-	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^e	0.00 ^e	0.00 ^e	0.00 ^d	0.00 ^c	-
LSD	-	6.32	9.09	13.31	14.40	16.59	17.50	12.94	-

^{1/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง ได้แก่ เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น 1x10⁸ โคนิเดีย/มิลลิลิตร *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) เชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ความเข้มข้น 1x10⁷ โคนิเดีย/มิลลิลิตร *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) และสารเคมี acetamiprid ในสภาพแปลงปลูกเบบี๋ฮ่องเต้ (ภายใต้โรงเรือน) เมื่อพืชอายุ 22 วัน พบว่า ระดับการถูกทำลายเฉลี่ยของเบบี๋ฮ่องเต้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดควบคุมพืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.88 ส่วนสารเคมี acetamiprid พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.85 แต่ไม่แตกต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) ที่พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยคือ 4.08 และ 4.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้ เมื่อนำผลผลิตดังกล่าวไปตัดแต่งใบแก่และใบที่ถูกแมลงเข้าทำลายออก สามารถส่งผลผลิตจำหน่ายให้กับมูลนิธิโครงการหลวง เพราะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

ซึ่งหากมีระดับการทำลายอยู่ช่วงระดับ 5-6 จะไม่สามารถตัดแต่งและจำหน่ายได้ เพราะใบและยอดส่วนใหญ่ถูกทำลายมาก และจำนวนด้วงหมัดผักแถบลายที่พบเฉลี่ยบนต้นเบบี๋ฮ่องเต้ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยชุดควบคุมพบจำนวนแมลงเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.28 ตัว/ต้น แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ความเข้มข้น 1x10⁷ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และ *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น 1x10⁸ โคนิเดีย/มิลลิลิตร ซึ่งพบจำนวนแมลงเฉลี่ย 1.22 และ 1.12 ตัว/ต้น ตามลำดับ

ส่วนสารเคมี acetamiprid พบจำนวนแมลงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.50 ตัว/ต้น แต่ไม่ต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) ที่พบจำนวนแมลงเฉลี่ยคือ 0.51 ตัว/ต้น (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ การเจริญเติบโตเฉลี่ยของเบบี๋ฮ่องเต้ ด้านความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสูงต้นเฉลี่ยคือ 15.45, 16.25, 16.06, 16.02 และ 15.90 เซนติเมตร ตามลำดับ ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยคือ 16.96, 19.44, 19.79, 19.43 และ 20.42 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ทดแทน

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย
ในเบบีส่องต้นบนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่

Table 2 Average damage level of plants from striped flea beetle (grown under greenhouse)

Treatment	Application rate	Average damage level of plants ^{1/}			
		Day after transplanting (days)			
		7	12	17	22
<i>M. anisopliae</i> isolate 4849	1x10 ⁸ conidia/ml	1.60 ^a	5.28 ^a	4.77 ^c	4.58 ^{bc}
<i>M. anisopliae</i> (Metazan [®])	200 g/20 L water	1.32 ^a	5.01 ^a	4.75 ^c	4.08 ^{cd}
<i>B. bassiana</i> isolate 5335	1x10 ⁷ conidia/ml	1.40 ^a	5.37 ^a	5.40 ^b	4.87 ^b
<i>B. bassiana</i> (Buverin [®])	80 g/20 L water	1.40 ^a	5.02 ^a	4.89 ^c	4.47 ^{bcd}
acetamiprid	10 g/20 L water	1.47 ^a	4.95 ^a	4.56 ^c	3.85 ^d
Control	-	1.67 ^a	5.70 ^a	5.93 ^a	5.88 ^a
LSD	-	0.46	1.33	0.49	0.67

^{1/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

Table 3 Average number of striped flea beetle found on plants (grown under greenhouse)

Treatment	Application rate	Average number of insects per plant ^{1/}			
		Day after transplanting (days)			
		7	12	17	22
<i>M. anisopliae</i> isolate 4849	1x10 ⁸ conidia/ml	0.36 ^a	1.93 ^{ab}	1.09 ^{ab}	1.12 ^a
<i>M. anisopliae</i> (Metazan [®])	200 g/20 L water	0.31 ^a	1.42 ^{bc}	1.21 ^{ab}	0.51 ^b
<i>B. bassiana</i> isolate 5335	1x10 ⁷ conidia/ml	0.21 ^a	2.13 ^a	1.27 ^a	1.22 ^a
<i>B. bassiana</i> (Buverin [®])	80 g/20 L water	0.40 ^a	2.00 ^{ab}	1.44 ^a	0.92 ^{ab}
acetamiprid (Molan [®])	10 g/20 L water	0.42 ^a	0.86 ^c	0.70 ^b	0.50 ^b
Control	-	0.42 ^a	2.12 ^a	1.43 ^a	1.28 ^a
LSD	-	0.32	0.60	0.54	0.46

^{1/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

Table 4 Average growth of plants (grown under greenhouse) at 22 days after transplanting

Treatment	Application rate	Average growth of plants (cm) ^{1/}	
		Height	Width
<i>M. anisopliae</i> isolate 4849	1x10 ⁸ conidia/ml	15.45 ^a	19.69 ^a
<i>M. anisopliae</i> (Metazan [®])	200 g/20 L water	16.25 ^a	19.44 ^a
<i>B. bassiana</i> isolate 5335	1x10 ⁷ conidia/ml	16.06 ^a	19.79 ^a
<i>B. bassiana</i> (Buverin [®])	80 g/20 L water	16.00 ^a	19.43 ^a
acetamiprid	10 g/20 L water	15.90 ^a	20.42 ^a
Control	-	15.88 ^a	19.52 ^a
LSD	-	1.15	1.30

^{1/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

สารเคมีได้ แต่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ทั้งระดับความเข้มข้น ช่วงเวลาที่ใช้และความถี่ในการพ่น เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง พบว่าสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักแถบลายแตกต่างกัน ผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารฆ่าแมลง acetamiprid มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงหมัดผักแถบลายสูงสุด ทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายตายทั้งหมด หลังจากพ่น 2 วัน ส่วนสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงหลังจากพ่น 7 วัน ที่มีประสิทธิภาพสามารถฆ่าแมลงได้เฉลี่ยร้อยละ 100 คือเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]), *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น 1×10^8 โคโคนิดี/มิลลิลิตร และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) ส่วนเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 และ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดี/มิลลิลิตร พบอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 93.75 และ 90.62 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำลายด้วงหมัดผักแถบลายเช่นเดียวกันกับสารเคมีฆ่าแมลง แต่ที่ใช้เวลาในการฆ่าแมลงนานกว่า และเมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบสารชีวภัณฑ์เชื้อรากับกำจัดแมลงในสภาพแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน ที่พืชอายุ 22 วัน พบว่า พืชที่พ่นด้วยสารฆ่าแมลง acetamiprid พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.85 ไม่ต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน[®]) และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน[®]) พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ย 4.08 และ 4.47 ตามลำดับ และสารฆ่าแมลงและสารชีวภัณฑ์เชื้อรากับกำจัดแมลงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเบบี๋อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มูลนิธิโครงการหลวง ที่ได้สนับสนุนพื้นที่ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จริยา สีดวงแก้ว จิราพร กุลสาริน ไสว บุรณพานิชพันธ์ และสิริญา คัมภีโร. 2558. ชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายและประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงสำหรับการควบคุมในมะเขือม่วง. วารสารเกษตร 31(2): 193-201.
- จอมสุรางค์ ดวงธิดา วิรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธ์ และจิราพร ตยุดิวิภูมิกุล. 2550. ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของด้วงหมัดผักแถบลายในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วิทยาศาสตร์การเกษตร 5(1): 20-29.
- ชวนา กำเนิดบุญ อัจฉรีย์ เตโชฟาร วลีรัตน์ วราภรณ์บุญ อัจฉราภรณ์ วงศ์สุขศรี และทัศนีย์ ดุสุวรรณ์. 2553. ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดตามชนิดวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่สหภาพยุโรปอนุญาตให้ใช้ และขึ้นทะเบียนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบรับรองมาตรฐานการผลิต สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 53 หน้า.
- ภัทรดนัย ชัยสวัสดิ์ จิราพร กุลสาริน ไสว บุรณพานิชพันธ์ และสิริญา คัมภีโร. 2557. ประสิทธิภาพของ *Nomuraea* และ *Metarhizium* สาเหตุโรคแมลงในการควบคุมหนอนกระทู้ผักของดอกดาวเรือง. วารสารเกษตร 30(1): 11-19.
- วิรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2545. ทิศทางการวิจัยเพื่อควบคุมหนอนใยผักในประเทศไทย. วารสารเกษตรนเรศวร 6(1): 81-98.
- เศรษฐพงศ์ อัศวรัตน์ กฤษณพัฒน์ จิตจักษ์ ปองสิทธิ์ โปธิคุณ และอรวรรณ ปิยะบุญ. 2553. ประสิทธิภาพของสารจากเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในการกำจัดปลวก *Coptotermes curvignathus* ศัตรูในต้นยางพารา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html> (15 มกราคม 2556).

- ศูนย์บริหารศัตรูพืชจังหวัดนครราชสีมา. 2556. เชื้อราบีวเวอเรีย (*Beauveria bassiana*). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.pmc05.doae.go.th/Bueverria.pdf> (18 มกราคม 2556).
- ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ. 2555. เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.thaibiocontrol.org/main.php?filename=Metarhizium> (8 ตุลาคม 2555).
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2555. ผักกาดฮ่องเต้เล็ก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.hrdi.or.th/knowledge/detail/1488/> (5 มกราคม 2556).
- สิริญา คัมภีโร จิราพร กุลสาริน ยาวลักษณ์ จันทราบง และมาลี ตั้งระเปียบ. 2554. ประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมแมลงหวี่ขาวโรงเรือน. วารสารเกษตร 27(1): 49-57.
- สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- สุภัทสา ประคองสุข. 2550. ความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของ *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลตต่าง ๆ กับหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (F.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 47 หน้า.
- สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2556. การควบคุมพืชโดยชีววิธี (Biological control). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.pmc05.doae.go.th/bio%20control.pdf> (15 มกราคม 2556).
- อัญชลี นาทองคำ ศิวาลัย สิริมังกรรัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ หทัยรัตน์ อุไรรงค์ และเบญจมาศ แก้วรัตน์. 2553. ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium* spp. ไอโซเลตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ. วารสารวิจัย มช. 15(10): 930 - 940.
- Abbott, W. S. 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 256-267.
- Azaizeh, H., G. Gindin, O. Said and I. Barash. 2002. Biological control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in cucumber using the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Phytoparasitica 30(1): 18-24.
- Balachander, M., O. K. Remadevi, T. O. Sasidharan and N. S. Bai. 2012. Virulence and mycotoxic effects of *Metarhizium anisopliae* on mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Forestry Research 23(4): 651-659.
- Bruck, D. J. and K. M. Donahue. 2007. Persistence of *Metarhizium anisopliae* incorporated into soilless potting media for control of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* in container-grown ornamentals. Journal of Invertebrate Pathology 95: 146-150.
- Entz, S. C., L. M. Kawchuk and D. L. Johnson. 2008. Discovery of a North American genetic variant of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* pathogenic to grasshoppers. BioControl 53(2): 327-339.
- Khaled, M., A. Rahman, M. Barta and L. Cagan. 2010. Effects of combining *Beauveria bassiana* and *Nosema pyrausta* on the mortality of *Ostrinia nubilalis*. Central European Journal of Biocontrol 5(4): 472-480.
- Kirchmair, M., L. Huber, M. Porten, J. Rainer and H. Strasser. 2004. *Metarhizium anisopliae*, a

- potential agent for the control of grape phylloxera. *BioControl* 49(3): 295-303.
- Kiriyama, K. and K. Nishimura. 2002. Structural effects of dinotefuran and analogues in insecticidal and neural activities. *Pest Management Science* 58(7): 669-676.
- Leles, R. N., W. B. D'Alessandro and C. Luz. 2012. Effects of *Metarhizium anisopliae* conidia mixed with soil against the eggs of *Aedes aegypti*. *Parasitology Research* 110(4): 1579-1582.
- Mohanty, S. S., K. Raghavendra, P. K. Mittal and A. P. Dash. 2008. Efficacy of culture filtrates of *Metarhizium anisopliae* against larvae of *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 35: 1199-1202.
- Moorhouse, E. R., A. K. Chamley and A. T. Gillespie. 1992. A review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of Applied Biology* 121(2): 431-454.
- Nasr, F. N. and S. I. M. Moein. 1997. New trend of the use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sokorin and *Verticillium indicum* (Petch) Gams as entomopathogens to the termite *Cryptotermes brevis* (Walker) (Isoptera, Kalotermitidae). *Anz. Schiidlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 70: 13-16.
- Tanada, Y. and H. K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, San Diego. 666 p.
- Xue, H. J. and X. K. Yang. 2008. Common volatiles are major attractants for neonate larvae of the specialist flea beetle *Altica koreana* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Naturwissenschaften* 95(7): 639-645.
-