

ประสิทธิภาพของราสกุล *Metarhizium* และ *Beauveria*  
ในการควบคุมเพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglyphicus*

พาหะนำโรคใบขาวอ้อย

Efficiency of *Metarhizium* and *Beauveria* to Control the  
Leafhopper Vector, *Matsumuratettix hiroglyphicus*, of  
Sugarcane White Leaf Disease

จุฑามาส ฮวดประสิทธิ์ และจเรีมาศ วังคีรี\*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต  
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ยุพา หาญบุญทรง

สาขากัญชีวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Jutamas Huadprasit and Jureemart Wangkeeree\*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,  
Thammasat University Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Yupa Hanboonsong

Entomology Division, Department of Plant Science and Agricultural Resources,  
Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Nai Muang, Muang, Khon Kaen 40002

บทคัดย่อ

เพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglyphicus* เป็นแมลงพาหะนำเชื้อโไฟโตพลาสมาสาเหตุของโรคใบขาวอ้อย ซึ่งเป็นโรคที่มีความสำคัญมากที่สุด การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของราสาเหตุโรคแมลงในการเข้าทำลายเพลี้ยจักจั่น *M. hiroglyphicus* ทั้งระยะตัวเต็มวัย ตัวอ่อน และไข่ โดยใช้รา 2 สกุล 3 ชนิด 17 ไอโซเลท ผลการทดลองในระยะตัวเต็มวัยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ภายหลังฉีดพ่นรา 12 วัน ราที่มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายดีที่สุดคือ *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC30455 ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 55 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ *Beauveria bassiana* ไอโซเลท BCC26682 ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการทดลองในระยะตัวอ่อนพบว่าราที่มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายดีที่สุดคือ *M. anisopliae* ไอโซเลท BCC16000 และ *B. bassiana* ไอโซเลท BCC20196 ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลการทดลอง

ในระยะไข่ ราชที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือ *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC16762 ทำให้ไข่ไม่ฟัก 35 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ *M. anisopliae* ไอโซเลท BCC22353 ทำให้ไข่ไม่ฟัก 25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองสามารถคัดเลือกราไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมปริมาณแมลงพาหะได้

**คำสำคัญ :** เพลี้ยจักจั่นแมลงพาหะ; โรคใบขาวอ้อย; ราสาเหตุโรคแมลง

## Abstract

The leafhopper *Matsumuratettix hiroglyphicus* is the vector of phytoplasma which cause the sugarcane white leaf disease. It is the most destructive disease of the sugarcane planting. The objective of this study was to test the efficiency of the entomopathogenic fungi against this leafhopper, the experiment conducted all insect life stages with fungi 2 genus 3 species and 17 isolates. The result of adult testing revealed that at concentration  $1 \times 10^8$  spore/ml within 12 days of spraying, the *Metarhizium* sp. isolate BCC30455 showed the highest pathogenicity which 55 % of mortality. Follow by, *Beauveria bassiana* isolate BCC26682 was cause 45 % death. For the nymph stage, the *M. anisopliae* isolate BCC16000 and the *B. bassiana* isolate BCC20196 were show the nymph death with 30 %. While the eggs stage, the *Metarhizium* sp. isolate BCC16762 cause 35 % of unhatched and *M. anisopliae* isolate BCC22353 cause 25 % of unhatched. From the result of this experiment, all those mentioned isolates will be selected for control the leafhopper vector.

**Keywords:** leafhopper vector; sugarcane white leaf disease; entomopathogenic fungal

## 1. บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลได้ปีละหลายหมื่นล้านบาท [1] โดยประเทศไทยจัดเป็นประเทศผู้ผลิตน้ำตาลอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศบราซิลและอินเดีย ซึ่งปริมาณผลผลิตอ้อย (รวมทุกสายพันธุ์) ของประเทศไทยภายในปี พ.ศ. 2558 อยู่ที่ 108.90 ล้านตัน และคาดการณ์ว่าปริมาณผลผลิตอ้อยภายในปี พ.ศ. 2559 จะมีแนวโน้มลดลงอยู่ที่ 104.38 ล้านตัน [2] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งสร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผลผลิตไปเป็นมูลค่าสูง สาเหตุหนึ่งเกิดจากปัญหาโรค

ใบขาวอ้อย (sugarcane white leaf disease) จัดเป็นโรคที่สำคัญของการปลูกอ้อยในประเทศไทยและทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีสาเหตุมาจากเชื้อไฟโตพลาสมา (phytoplasma) ซึ่งสามารถแพร่ระบาดผ่านทางท่อนพันธุ์อ้อยที่มีเชื้อไฟโตพลาสมาอยู่และมีเพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) เป็นแมลงพาหะที่สำคัญ โดยพฤติกรรมเคลื่อนที่และการดูดกินของแมลงพาหะดังกล่าว มีผลโดยตรงต่อการแพร่ระบาดของโรคใบขาว เนื่องจากเพลี้ยจักจั่นเป็นแมลงปากดูด ภายหลังที่แมลงได้รับเชื้อจากการดูดกินน้ำเลี้ยงที่ต้นอ้อยที่เป็นโรคใบขาวอ้อยแล้ว เชื้อไฟโตพลาสมาจะถูกส่งผ่านไปตามต่อมน้ำลายต่อทางเดินอาหาร hemolymph อวัยวะสืบพันธุ์

แล้วเกิดการเพาะขยายเชื้อโรครากในตัวของแมลง โดยเชื้อสามารถถ่ายทอดได้ทั้งในระยะตัวเต็มวัยและตัวอ่อน หรือจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูกผ่านทางไข่ได้ [3]

การควบคุมแมลงโดยชีววิธี (biological control) เป็นการใช้องค์ความรู้ธรรมชาติของแมลงในการควบคุม โดยใช้สิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมาช่วยทำลายแมลงศัตรู เพื่อลดการควบคุมแมลงศัตรูจากวิธีการใช้สารเคมีมาส่งเสริมการใช้สารทางชีวภาพ (biopesticide) เป็นการสร้างความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คำนึงถึงความปลอดภัยของมนุษย์และสัตว์เป็นสำคัญ โดยราสาเหตุโรคแมลง (entomopathogenic fungi) เป็นหนึ่งในวิธีการควบคุมแมลงโดยชีววิธี สามารถเข้าทำลายแมลงที่อาศัยอยู่ได้ โดยสปอร์ของราจะไปตกที่บริเวณผิวของตัวแมลง เมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม สปอร์ของราจะงอกแล้วแทงทะลุผ่านผิวชั้นคิวติเคิล (cuticle) และช่องเปิด เช่น รูหายใจหรือบาดแผล เข้าไปในตัวแมลงแล้วดูดซึมสารอาหารทำลายเนื้อเยื่อและระบบอวัยวะต่าง ๆ หรือบางชนิดอาจปลดปล่อยสารพิษ แล้วขยายเพิ่มจำนวนจนตัวแมลง จากนั้นจะปรากฏเห็นเส้นใยหรือไฮฟา (hypha) เจริญปกคลุมที่ผิวภายนอกของตัวแมลง [4] ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการนำราสาเหตุโรคแมลงไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มของการนำราสาเหตุโรคแมลงมาใช้ควบคุมจำนวนประชากรของแมลงศัตรูยังมีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน

จากรายงานการศึกษาถึงแนวทางการนำราสาเหตุโรคแมลงมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เช่น การใช้รา *Metarhizium anisopliae* ในการควบคุมแมลงวันผลไม้ (*Ceratitis capitata*) [5] การใช้รา *Beauveria bassiana* และรา *M. anisopliae* ในการเข้าทำลายด้วงเจาะลำต้นกล้วย (*Odoiporus longicollis*) ในห้องปฏิบัติการ [6] การประเมินรา *B.*

*bassiana* สายพันธุ์ ATCC 74040 ในการจัดการแมลงวันผลไม้ (*C. capitata*) [7] การใช้ราสาเหตุโรคแมลงในการทำลายยุงก้นปล่อง (*Anopheles funestus*) [8] การใช้รา *M. anisopliae* JEF-003 ที่จำแนกได้จากตัวอ่อนของหนอนนก (*Tenebrio molitor*) ในการควบคุมตัวอ่อนของยุงลายสวน (*Aedes albopictus*) [9] การใช้รา *M. anisopliae* ไอโซเลท PSUM04 ควบคุมเพลี้ยอ่อนฝัก (*Lipaphis erysimi*) ในฝักคะน้าระบบไฮโดรโปนิคส์ [10] การใช้รา *B. bassiana* และ *Purpureocillium lilacinum* ที่อาศัยอยู่ในดินพีชมาควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa zea*) [11] การทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์รากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta striolata*) ในเบ็ช้ฮ่องเต้บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ [12] อย่างไรก็ตามสำหรับเพลี้ยจักจั่นที่เป็นแมลงพาหะนำโรคใบขาวอ้อย *M. hiroylyphicus* นั้น ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงการนำราสาเหตุโรคแมลงมาใช้ในการควบคุมจำนวนประชากรของแมลงพาหะมาก่อน

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมและป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นแมลงพาหะนำโรคใบขาวอ้อยด้วยการใช้ราสาเหตุโรคแมลงในสกุล *Metarhizium* และ *Beauveria* และเพื่อนำรามีประสิทธิภาพไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณประชากรแมลงต่อไป

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงพาหะเพื่อใช้ในการทดสอบ

โดยดักจับเพลี้ยจักจั่น *M. hiroylyphicus* ในอำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น ในช่วงที่มีการระบาด คือ เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2558 โดยใช้กับดักแสงไฟและอุปกรณ์หลอดดูดแมลง ตั้งแต่

เวลา 18:30 ถึง 20:30 น. นำแมลงที่ได้มาเลี้ยงบนต้น  
อ้อยที่มีกรงพลาสติกครอบและมีทรายโรยรอบโคนต้น  
เพื่อสำหรับเป็นที่วางไข่และเพิ่มปริมาณ โดยเลี้ยงไว้ใน  
ห้องควบคุมอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

## 2.2 ราสาเหตุโรคแมลงที่นำมาใช้ทดสอบ

ราที่นำมาทดสอบนั้น เป็นราที่ได้รับมาจาก

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
(National Center for Genetic Engineering and  
Biotechnology) ประกอบด้วยรา 2 สกุล 3 ชนิด  
(*Metarhizium* sp., *M. anisopliae* และ *B.*  
*bassiana*) จำนวน 17 ไอโซเลท ซึ่งคัดเลือกมาจากรา  
ที่พบจากตัวแมลงในอันดับ Hemiptera (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ราสาเหตุโรคแมลง 17 ไอโซเลท ที่ใช้ศึกษา ซึ่งนำมาจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ  
แห่งชาติ

ลำดับ	ไอโซเลท	ชื่อวิทยาศาสตร์	อันดับของแมลงอาศัยที่พบ
1	BCC27998	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hemiptera
2	BCC16000	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hemiptera
3	BCC16762	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hemiptera
4	BCC12817	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Orthoptera
5	BCC22353	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Coleoptera
6	BCC35992	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Coleoptera
7	BCC32164	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Dictyoptera
8	BCC30455	<i>Metarhizium</i> sp.	Hemiptera
9	BCC22046	<i>Metarhizium</i> sp.	Hemiptera
10	BCC29224	<i>Metarhizium</i> sp.	Hemiptera
11	BCC22355	<i>Beauveria bassiana</i>	Hemiptera
12	BCC20196	<i>Beauveria bassiana</i>	Hemiptera
13	BCC26682	<i>Beauveria bassiana</i>	Hemiptera
14	BCC25948	<i>Beauveria bassiana</i>	Hemiptera
15	BCC19930	<i>Beauveria bassiana</i>	Coleoptera
16	BCC19012	<i>Beauveria bassiana</i>	Coleoptera
17	BCC14482	<i>Beauveria bassiana</i>	Coleoptera

## 2.3 การเตรียมสารแขวนลอยรา

เลี้ยงราแต่ละไอโซเลทเพื่อเพิ่มจำนวนใน  
อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) แล้ว  
นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน  
หรือจนกว่าจะสร้างสปอร์สมบูรณ์ จากนั้นเตรียมสาร  
แขวนลอยราแต่ละไอโซเลทในน้ำกลั่นหนึ่งฝาเชื้อ 15  
มิลลิลิตรที่ผสมสาร Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.1

เปอร์เซ็นต์ ด้วยการขูดโคนเดี่ยวจากผิวหน้าของ  
อาหาร PDA ลงในน้ำ ผสมให้เข้ากัน แล้วกรองด้วยผ้า  
ขาวบาง เพื่อให้ได้สปอร์ของราแขวนลอยในน้ำ เจือจาง  
สารแขวนลอยรา แล้วนำไปตรวจนับปริมาณสปอร์ต่อ  
ปริมาตรด้วย haemocytometer แล้วนำไปคำนวณหา  
ความเข้มข้นของสปอร์และปรับระดับความเข้มข้นให้  
ได้  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร [10,13,14]

## 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของราในการ เข้าทำลายแมลงในระยะตัวเต็มวัยและตัวอ่อน

ทดสอบประสิทธิภาพของราบนตัวเต็มวัย และตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่น *M. hiroglyphicus* โดยฉีดพ่น สารแขวนลอยราความเข้มข้นให้ได้  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อ มิลลิลิตร ลงบนตัวของแมลง หลังจากนั้นนำไปเลี้ยงใน กรงพลาสติกที่มีต้นอ้อยอยู่ วางกรงเลี้ยงแมลงบนถาด ที่ใส่น้ำเพื่อรักษาความชื้น แล้วนำไปเลี้ยงในห้อง ควบคุมอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส วางแผนการ ทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแต่ละไอโซเลทมี 4 ซ้ำการทดลอง ใช้เพลี้ย จักจั่นซ้าละ 5 ตัว และใช้น้ำกลั่นผสมสาร Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นกลุ่มควบคุม บันทึก จำนวนเพลี้ยจักจั่นที่ตายทุก ๆ วัน เป็นเวลา 12 วัน นำ ซากแมลงที่ตายมาวางบนกระดาษกรองที่ขึ้น เพื่อ ตรวจสอบว่ามีสปอร์ของราบนตัวแมลงหรือไม่เมื่อมี สปอร์ราเกิดขึ้น นำมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์และ นำห้วงเชี้ยวเชื้อ (loop) และสปอร์รามาเลี้ยงบนอาหาร PDA เพื่อเป็นการยืนยันว่าแมลงดังกล่าวตายด้วยราที่ ทดสอบ

## 2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของราในการ เข้าทำลายแมลงในระยะไข่

ทดสอบประสิทธิภาพของราบนไข่เพลี้ย จักจั่น *M. hiroglyphicus* โดยคัดเลือกไข่ที่มีลักษณะ แต่ง ผิวเรียบ มีสีเหลืองอ่อน ปรากฏตาสีแดงของตัว แมลง มาใส่ในภาชนะพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ที่มีทรายอยู่ หยดสารละลายแขวนลอยรา ความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ลงไปปริมาตร 10 ไมโครลิตร แล้วนำไปวางบนกระดาษกรองที่ชุ่มน้ำ ซึ่งอยู่ในจานเพาะเลี้ยง (petri dish) ปิดฝาและพันจาน เพาะเลี้ยงด้วยพาราฟิล์ม (parafilm) เพื่อเป็นการ รักษาความชื้น วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแต่ละ ไอโซเลทมี 4 ซ้ำการทดลอง ใช้ไข่ซ้าละ 5 ฟอง และ

ใช้น้ำกลั่นผสมสาร Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นกลุ่มควบคุม บันทึกจำนวนไข่ที่ไม่ฟัก ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 12 วัน นำซากไข่ที่ไม่ฟักมา ตรวจดูเส้นใยของราและความผิดปกติด้วยกล้อง จุลทรรศน์

## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

### 3.1 ประสิทธิภาพของราสาเหตุโรคแมลงในการ เข้าทำลายเพลี้ยจักจั่น *M. hiroglyphicus*

ผลการวิจัยพบว่าราที่นำมาทดสอบ สามารถทำให้เพลี้ยจักจั่นตายได้ทุกไอโซเลท มีอัตราการ ตายของแมลงระยะตัวเต็มวัยตั้งแต่ 5-55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ราที่นำมาใช้ในการ ทดสอบประสิทธิภาพ เป็นราที่สามารถเข้าทำลายแมลง อาศัยหรือสามารถก่อให้เกิดโรคได้กับแมลงหลายชนิด [4] เพลี้ยจักจั่นที่ราไอโซเลทดังกล่าวเข้าทำลายจึงตาย ได้ทุกไอโซเลท โดยรา 2 ไอโซเลท แรกที่ทำให้อัตราการ ตายของแมลงสูงที่สุด ได้แก่ รา *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC30455 มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลาย แมลงในระยะตัวเต็มวัยดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 55 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉีดพ่นรา 12 วัน รองลงมา คือ รา *B. bassiana* ไอโซเลท BCC26682 ที่ระดับความ เข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้เพลี้ยจักจั่น ตาย 45 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉีดพ่นรา 12 วัน จาก การทดลองพบว่าเพลี้ยจักจั่นเริ่มตายหลังจากฉีดพ่นรา ในวันที่ 3 แต่ยังไม่มียเส้นใยของราขึ้นปกคลุมตามลำตัว ของแมลงและจะเห็นเส้นใยที่ผิวภายนอกของแมลง ชัดเจนภายหลังจากตาย 9 วัน (รูปที่ 1ก และ 1ข) จากนั้นนำซากแมลงที่ตายด้วยราไปส่องด้วยกล้อง จุลทรรศน์และนำสปอร์ราที่ปรากฏบนตัวแมลงไป เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA พบว่าเมื่อสังเกตภายใต้ กล้องจุลทรรศน์จะปรากฏลักษณะเส้นใยและสปอร์

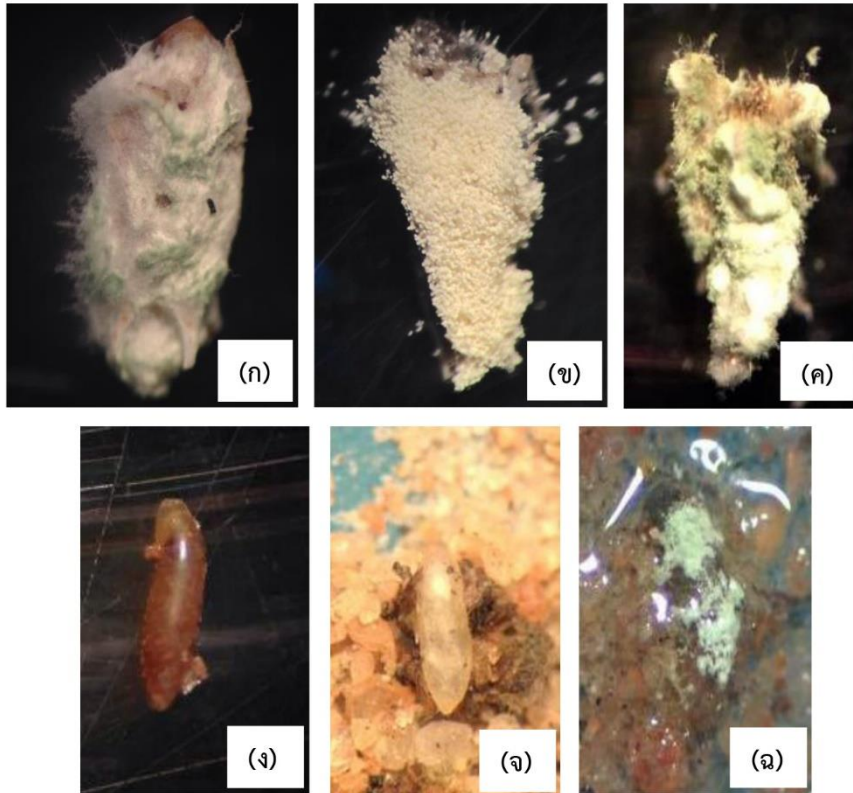
ของราบนตัวแมลง ประกอบกับราที่เจริญบนอาหาร PDA มีลักษณะโคโลนีเหมือนกับราชนิดนั้น ๆ จึงเป็นการยืนยันว่าแมลงตายจากราชนิดที่นำมาทดสอบ การทดสอบประสิทธิภาพของรา *Metarhizium* และ *Beauveria* กับแมลงระยะตัวเต็มวัยอื่น ๆ เช่น การทดสอบความรุนแรงของราสาเหตุโรคแมลงจำนวน 12 ไอโซเลท ของ *Beauveria* และ *Metarhizium* กับตัวเต็มวัยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) พบว่ามีช่วงการตายสะสมของแมลงอยู่ที่ 17.2-82.1 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากให้รา 10 วัน ความรุนแรงระหว่างราของไอโซเลทที่ทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย *M. flavoviride* ไอโซเลท Mf82 และ

*M. anisopliae* ไอโซเลท Ma20 มีความรุนแรงมากที่สุดและมีอัตราการตายสะสม 82.1 เปอร์เซ็นต์ และ 65.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ[13] การศึกษาประสิทธิภาพของรา *Metarhizium* spp. ไอโซเลทภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการควบคุมแมลงศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจ พบว่าการทดสอบกับตัวเต็มวัยยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ด้วยสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $6 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ให้ค่าเฉลี่ยอัตราการตายอยู่ระหว่าง 6.00-80.67 เปอร์เซ็นต์[15] การทดสอบประสิทธิภาพของรา *M. anisopliae* ไอโซเลท Tk4 ต่อการเข้าทำลายปลวก (*Coptotermes formosanus*) พบว่าภายหลังจากให้

ตารางที่ 2 ผลของราสาเหตุโรคแมลงในการเข้าทำลายเพลี้ยจักจั่น *M. hiroglyphicus* ในระยะตัวเต็มวัย ตัวอ่อนและไข่ ภายหลังจากฉีดพ่นสารแขวนลอยรา 12 วัน

ลำดับ	ไอโซเลท	ชื่อวิทยาศาสตร์	เปอร์เซ็นต์การตายของแมลง/ไข่ที่ไม่ฟัก		
			ตัวเต็มวัย	ตัวอ่อน	ไข่
-	control	-	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
1	BCC27998	<i>Metarhizium anisopliae</i>	10.00±11.55 <sup>c1/</sup>	5.00±10.00	15.00±19.15 <sup>b</sup>
2	BCC16000	<i>Metarhizium anisopliae</i>	15.00±19.15 <sup>bc</sup>	30.00±25.82	5.00±10.00 <sup>b</sup>
3	BCC16762	<i>Metarhizium anisopliae</i>	20.00±0.00 <sup>bc</sup>	25.00±30.00	35.00±25.17 <sup>a</sup>
4	BCC12817	<i>Metarhizium anisopliae</i>	15.00±10.00 <sup>bc</sup>	10.00±20.00	10.00±11.55 <sup>b</sup>
5	BCC22353	<i>Metarhizium anisopliae</i>	10.00±11.55 <sup>c</sup>	5.00±10.00	20.00±16.33 <sup>ab</sup>
6	BCC35992	<i>Metarhizium anisopliae</i>	5.00±10.00 <sup>c</sup>	20.00±0.00	10.00±11.55 <sup>b</sup>
7	BCC32164	<i>Metarhizium anisopliae</i>	15.00±19.15 <sup>bc</sup>	0.00±0.00	10.00±11.55 <sup>b</sup>
8	BCC30455	<i>Metarhizium</i> sp.	55.00±34.16 <sup>a</sup>	5.00±10.00	5.00±10.00 <sup>b</sup>
9	BCC22046	<i>Metarhizium</i> sp.	15.00±10.00 <sup>bc</sup>	5.00±10.00	5.00±10.00 <sup>b</sup>
10	BCC29224	<i>Metarhizium</i> sp.	5.00±10.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00	5.00±10.00 <sup>b</sup>
11	BCC22355	<i>Beauveria bassiana</i>	20.00±23.09 <sup>bc</sup>	20.00±0.00	0.00±0.00 <sup>b</sup>
12	BCC20196	<i>Beauveria bassiana</i>	20.00±23.09 <sup>bc</sup>	30.00±47.61	0.00±0.00 <sup>b</sup>
13	BCC26682	<i>Beauveria bassiana</i>	45.00±37.86 <sup>ab</sup>	10.00±11.55	0.00±0.00 <sup>b</sup>
14	BCC25948	<i>Beauveria bassiana</i>	10.00±11.55 <sup>c</sup>	10.00±11.55	10.00±20.00 <sup>b</sup>
15	BCC19930	<i>Beauveria bassiana</i>	30.00±20.00 <sup>abc</sup>	10.00±11.55	10.00±11.55 <sup>b</sup>
16	BCC19012	<i>Beauveria bassiana</i>	25.00±19.15 <sup>abc</sup>	20.00±16.33	0.00±0.00 <sup>b</sup>
17	BCC14482	<i>Beauveria bassiana</i>	30.00±25.82 <sup>abc</sup>	15.00±10.00	0.00±0.00 <sup>b</sup>

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 1 เพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglypticus* ระยะตัวเต็มวัยที่ถูกเข้าทำลายโดยรา *Metarhizium* sp. BCC30455 (ก) และรา *Beauveria bassiana* BCC26682 (ข) ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 ที่ถูกเข้าทำลายโดยรา *Metarhizium anisopliae* BCC16000 (ค) ลักษณะของไข่ภายหลังได้รับสารแขวนลอยรา ไข่ผิดปกติมีสีเหลืองส้ม (ง) ไข่ผิดปกติพบเส้นใยราปกคลุม (จ) ราเข้าทำลายตัวอ่อนที่ฟักในระยะแรก (ฉ)

สารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร 2-4 วัน ทำให้ปลวกมีอัตราการตายระหว่าง 23.3-86.6 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการตาย 4-7 วัน พบเส้นใยสีขาวขึ้นปกคลุมและปรากฏสปอร์สีเขียวของราบนซากของปลวก [16] การทดสอบประสิทธิภาพของรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* ที่แยกได้จากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่าสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระยะตัวเต็มวัยตาย 75 และ 58.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [14] การศึกษาประสิทธิภาพ

ของรา *B. bassiana* ในการเข้าทำลายมวนห้ำ ( *Lygus lineolaris* ) ดัวงวงเจาะตา ( *Anthonomus signatus* ) และดัวงวงเจาะราก ( *Otiorynchus ovatus* ) สตรอเบอร์รี่ พบว่าสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้แมลงศัตรูสตรอเบอร์รี่มีอัตราการตายอยู่ระหว่าง 23.3-100 เปอร์เซ็นต์ [17] ดังนั้นประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงขึ้นอยู่กับความรุนแรง ชนิดและไอโซเลทของราที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งชนิดของแมลงที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยในการ

ขีดขวางการเข้าทำลายแมลงของรา เช่น ความหนาของผนังลำตัวหรือแมลงบางชนิดอาจอยู่ในระยะที่ไม่มีปีกได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิดปีกสั้นและเพลี้ยอ่อนที่ไม่มีปีก

ส่วนราที่นำมาทดสอบกับแมลงระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การตายตั้งแต่ 0-30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยราที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงสูงที่สุด ภายหลังการฉีดพ่นราแล้ว 12 วัน ได้แก่ รา *M. anisopliae* ไอโซเลท BCC16000 (รูปที่ 1ค) และรา *B. bassiana* ไอโซเลท BCC20196 มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงในระยะตัวอ่อนดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 30 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการฉีดพ่นรา 12 วัน รองลงมา คือ รา *B. bassiana* ไอโซเลท BCC16762 ทำให้เพลี้ยจักจั่นตาย 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายกับระยะตัวเต็มวัย พบว่าตัวอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากระยะตัวอ่อนของเพลี้ยจักจั่นมีการลอกคราบเปลี่ยนวัย ทำให้สปอร์ราหลุดออกจากตัวแมลงได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการต้านทานของแมลงต่อการเข้าทำลายของรา [18] เช่นเดียวกับประสิทธิภาพของราในการเข้าทำลายแมลงในระยะตัวเต็มวัย คือ ความรุนแรงขึ้นอยู่กับชนิดไอโซเลทของรา รวมทั้งชนิดของแมลง เช่น การคัดเลือกรา *B. bassiana* เพื่อทดสอบความรุนแรงกับตัวอ่อนแมลงหีวขาว 2 ชนิด (*Bemisia tabaci* และ *Trialeurodes vaporariorum*) ภายใต้อุณหภูมิปฏิบัติการ พบว่าสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร จากราทุกไอโซเลท สามารถก่อให้เกิดโรคกับแมลงหีวขาวได้ทั้ง 2 ชนิด โดยมีช่วงอัตราการตายระหว่าง 3-85 เปอร์เซ็นต์ [19] การทดสอบประสิทธิภาพของรา *B. bassiana* ต่อการควบคุมตัวอ่อนแมลงนูน (*Polyphylla fullo*) ระยะตัว

อ่อนวัยที่ 1, 2 และ 3 พบว่าสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $4 \times 10^9$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ตัวอ่อนวัยที่ 1 และ 2 มีอัตราการตายระหว่าง 27.2-79.8 เปอร์เซ็นต์ และวัยที่ 3 มีอัตราการตายระหว่าง 17.5-71.6 เปอร์เซ็นต์ [20] การศึกษาผลของรา *B. bassiana* และ *M. anisopliae* กับตัวอ่อนตักแตนหนวดยาว (*Uvarovistia zebra*) พบว่าสารแขวนลอยรา *B. bassiana* และ *M. anisopliae* ที่ระดับความเข้มข้น  $5 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้แมลงมีอัตราการตาย 57.7 และ 55.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [21] การประเมินประสิทธิภาพของรา *B. Bassiana* ไอโซเลท Bb1801 ในการควบคุมตัวอ่อนเต่าทอง (*Dendroctonus valens*) พบว่าสารแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาที่ทำให้แมลงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (lethal time,  $LT_{50}$ ) เท่ากับ 4.60 วัน [22]

ในขณะที่ราที่นำมาทดสอบกับระยะไข่ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่ฟักตั้งแต่ 0-35 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยราที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่ไม่ฟักสูงที่สุด ทำให้ไข่มีลักษณะผิดปกติและปรากฏราที่ผิว ได้แก่ รา *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC16762 คือ ที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ไข่ไม่ฟักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ รา *M. anisopliae* ไอโซเลท BCC22353 ทำให้ไข่ไม่ฟัก 20 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะของไข่ที่ไม่ฟักจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเหลืองส้ม (รูปที่ 1ง) และปรากฏราขึ้นที่ผิวของไข่ (รูปที่ 1จ) ซึ่งปัจจัยที่ขัดขวางการเข้าทำลายของราในระยะไข่อาจเนื่องจากไข่มีการป้องกันทางสรีรวิทยาด้วยเยื่อหุ้มไข่ชั้นนอก (egg chorion) [23] และที่ผิวของไข่เคลือบด้วยไข (waxy coating) ซึ่งป้องกันน้ำและยับยั้งการเข้าทำลายของรา [24] อย่างไรก็ตาม ไข่ที่ได้รับรา ไข่ที่ฟักออกเป็นตัวอ่อนในระยะแรกสามารถสัมผัสกับสปอร์ราบนเยื่อหุ้ม



ไข่ชั้นนอกในระหว่างการฟักหรือสัมผัสกับราในสภาพแวดล้อมภายนอกบริเวณที่ไข่อยู่ได้ [25,26] (รูปที่ 1ด) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เราไม่พบผลทำให้เกิดการตายจนกระทั่งภายหลังการฟักไข่ โดยงานวิจัยที่ทดสอบประสิทธิภาพของราสาเหตุโรคมะเร็งกับระยะไข่ของแมลง เช่น การทดสอบประสิทธิภาพของรา *B. bassiana* ในการเข้าทำลายไข่ด้วงงวงมะพร้าว (*Rhynchophorus ferrugineus*) พบว่าสารละลายแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ไข่ไม่ฟัก 61.1 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการให้รา 4 วัน [27] การทดสอบความรุนแรงของรา *B. bassiana* ต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไข่ไรแมงมุม (*Tetranychus cinnabarinus*) พบว่าภายหลังการฉีดพ่นราลงบนไข่ 12 วัน ไข่ที่รา *B. bassiana* เข้าทำลายจะหมดแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลส้ม พบการเจริญเติบโตของราและสารละลายแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $5 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ไข่ไม่ฟัก 65.4 เปอร์เซ็นต์ [28] การศึกษาความอ่อนแอของไข่เห็บ (*Ornithodoros lahorensis*) ต่อการรับอโรรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* พบว่าภายหลังไข่ได้รับสารละลายแขวนลอยราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^7$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ไข่มีลักษณะหด เปลี่ยนเป็นสีแดง มีการสร้างสปอร์ที่ผิวของไข่และมีอัตราการไม่ฟักไข่ 85.5 เปอร์เซ็นต์ [29]

#### 4. สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของราสกุล *Metarhizium* และ *Beauveria* พบว่าราทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยจักจั่น *M. hiroglyphicus* ได้ แต่มีระดับความรุนแรงแตกต่างกันในแต่ละไอโซเลท ดังนั้นจึงสามารถคัดเลือกราที่มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างดีกว่าไอโซเลทอื่น ๆ ได้แก่ รา *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC30455 และ

BCC16762 รา *M. anisopliae* ไอโซเลท BCC16000 และรา *B. bassiana* ไอโซเลท BCC26682 และ BCC20196 เป็นต้น นำไปพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงพาหะต่อไป เช่น การเพิ่มระดับความรุนแรงของรา โดยนําราคัดเลือกผ่านการเข้าทำลายแมลงพาหะชนิดนี้ เพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพให้ดีกว่าเดิม ร่วมกับการปรับรูปแบบของราให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยเครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ

#### 6. รายการอ้างอิง

- [1] สุภาวดี โพธิยะราช, 2559, บริหารงานวิจัยแบบมุ่งเป้า, จดหมายข่าวประชาคมวิจัย 21: 1-114.
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรไตรมาส 1 ปี 2559 และแนวโน้มปี 2559, แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th/download/bapp/2559/outlook/Q1-59.pdf>, 8 กรกฎาคม 2559.
- [3] Hanboonsong, Y., Choosai, C., Panyim, S. and Damak, S., 2002, Transovarial transmission of sugarcane white leaf phytoplasma in vector *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura), *Insect Mol. Biol.* 11: 97-103.
- [4] Abrol, D.P., 2014, Integrated Pest Management, Academic Press, USA., 561 p.
- [5] นริศ ท้าวจันทร์ และอนุชิต ชินาจริยวงศ์, 2551, ประสิทธิภาพการควบคุมของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในแมลงวันผลไม้ (Diptera:

- Tephritidae), ว.วิทย์. กษ. 39: 22-25.
- [6] แสงแข น้าวานิช, วิบูลย์ จงรัตน์เมธีกุล, โสภณ อุไรชื่น, วราภรณ์ บุญเกิด, กัลยาณี สุวิทวัส และ สมชาย ธนสินชยกุล, 2557, ประสิทธิภาพของ เชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Metarhizium anisopliae* ที่มีต่อด้วงเจาะลำต้นกล้วยในสภาพห้องปฏิบัติการ, เกษตร 42: 707-711.
- [7] Ortu, S., Cocco, A. and Dau, R., 2009, Evaluation of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain ATCC 74040 for the management of *Ceratitis capitata*, Bull. Insectol. 62: 245-252.
- [8] Mouatcho J.C., 2010, The Use Entomopathogenic Fungi Against *Anopheles funestus* Giles (Diptera: Culicidae), Faculty of Science, Witwatersrand University.
- [9] Lee, S.J., Kim, S., Yu, J.S., Kim, J.C., Nai, Y.S. and Kim., J.S., 2015, Biological control of Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) using *Metarhizium anisopliae* JEF-003 millet grain, J. Asia. Pac. Entomol. 18: 217-221.
- [10] กนกกาญจน์ ดลิ่งผล และนริศ ท้าวจันทร์, 2557, การใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM04 ควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae) ในผักคะน้าระบบไฮโดรโปนิคส์, เกษตร 42: 634-638.
- [11] Lopez, D.C. and Sword, G.A., 2015, The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* *Purpureocillium lilacium* enhance the growth of cultivated cotton ( *Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*), Boil. Control 89: 53-60.
- [12] นาวัน สุขเลิศ, จิราพร กุลสาริน, ไสว บรุษพานิช พันธุ์ และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ, 2559, ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อร่ากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบสายในเบบี่ฮ่องเต้บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่, ว.เกษตร 32: 171-180.
- [13] Li, M., Lin, H., Li, S., Chen, P., Jin, L. and Yang, J., 2012, Virulence of entomopathogenic fungi to adults and eggs of *Nilaparvata lugens* Stal ( Homoptera: Delphacidae), Afr. J. Agr. Res. 7: 2183-2190.
- [14] เพชรหทัย ปฎิรูปานุสร และอัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, 2550, ประสิทธิภาพของเชื้อราทำลายแมลงต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยจักจั่นสีเขียว, น. 144-154, การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, ปทุมธานี.
- [15] อัญชลี นาทองคำ, ศิวาลัย สิริมังครรัตน์, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์, หทัยรัตน์ อุไรรงค์ และเบญจมาศ แก้วรัตน์, 2553, ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium* spp. ไอโซเลทภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการควบคุมแมลงศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจ, ว.วิจัย มช. 15: 930-940.
- [16] Ravindran, K., Qiu, D., and Sivaramkrishnan, S., 2015, Sporulation characteristics and virulence of *Metarhizium anisopliae* against subterranean termites (*Coptotermes formosanus*), Intl. J. Microbiol. Res. 6: 1-4.
- [17] Sabbahi, R., Merzouki, A. and Guertin, C.,

- 2008, Efficacy of *Beauveria bassiana* against the strawberry pests, *Lygus lineolaris*, *Anthonomus signatus* and *Otiorynchus ovatus*, J. Appl. Entomol. 132: 151-160.
- [18] El-Sharabasy, H.M., 2015, Laboratory evaluation of the effect of the entomopathogenic fungi, *Hirsutella thompsonii* and *Paecilomyces fumosoroseus*, against the citrus brown mite, *Eutetranychus orientalis* (Acari:Tetranychidae), Plant Protect Sci. 51: 39-45.
- [19] Quesada-Moraga, E., Maranhao, E.A.A., Valverde-Garci, P. and Santiago-Alvarez, C., 2006, Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity, Biol. Contr. 36: 74-28.
- [20] Erler, F. and Ozgur Ates, A., 2015, Potential of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Coleoptera: Scarabaeidae), as biological control agents against the June beetle, J. Insect Sci. 15: 44-49.
- [21] Mohammadbeigi, A. and Port, G., 2015, Effect of Infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the feeding of *Uvarovistia zebra*, J. Insect Sci. 15: 88-91.
- [22] Zhang, L.W., Liu, Y.J., Yao, J., Wang, B., Huang, B., Li, Z.Z., Fan, M.Z. and Sun, J.H., 2011, Evaluation of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes) isolates as potential agents for control of *Dendroctonus valens*, J. Insect Sci. 18: 209-216.
- [23] Verde, G.L., Torta, L., Momdello V., Caldarella, C.G., Burruano, S. and Caleca, V., 2015, Pathogenicity bioassays of isolates of *Beauveria bassiana* on *Rhynchophorus ferrugineus*, Pest Manag Sci. 71: 323-328.
- [24] Gindin, G., Ment, D., Rot, A., Glazer, I. and Samish, M., 2009, Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) to tick eggs and the effect of egg cuticular lipids on conidia development, J. Med. Entomol. 46: 531-538.
- [25] Mochi, D.A., Monteiro, A.C., Machado, A.C.R. and Yoshida, L., 2010, Efficiency of entomopathogenic fungi in the control of eggs and larvae of the horn fly *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae), J. Vet. Parasitol. 167:62-66.
- [26] Pereira, A., Casals, P., Salazar, A.M. and Gerding, M., 2011, Virulence and pre-lethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* on *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae), Chilean J. Agr. Res. 71: 554-559.
- [27] Dembilio, O., Moraga, E.Q., Alvarez, C.S. and Jacas, J.A., 2010, Potential of an indigenous strain of the entomopatho-

- genic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, J. Invertebr. Pathol. 104: 214-221.
- [28] Shi, W. B. and Feng, M. G., 2004, Lethal effect of *Beauveria bassiana* *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* ( Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system, Biol. Contr. 30: 165-173.
- [29] Tavassoli, M., Malekifard, F., Soleimanzadeh, A., Pourseyed, S.H., Bernousi, I. and Mardani, K., 2012, Susceptibility of different life stages of *Ornithodoros lahorensis* to entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, Parasitol Res. 111: 1779-1783.