

ประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood ของมันสำปะหลัง

Efficiency of commercial products of antagonistic fungi for controlling root–knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood of cassava

ภูมิ ต๊ะอูน^{1,2}, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์^{2,3*}, ศิวาลัย สิริมังกรารัตน์^{3,2}
และ ดวงรัตน์ ธงภักดี¹

Pum Ta-oun^{1,2}, Weerasak Saksirirat^{2,3*}, Sivilai Sirimungkararat^{3,2}
and Duangrat Thongpak¹

บทคัดย่อ: การทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำ 4 ชนิด ได้แก่ Product 1 (*Beauveria bassiana*), Product 2 (*Paecilomyces lilacinus*), Product 3 (*Metarhizium anisopliae*) และ Product 4 (*Trichoderma harzianum*) เพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (RKN, *Meloidogyne incognita*) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในสภาพเรือนทดลอง โดยเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan, กรรมวิธีควบคุม 1 (control 1, ต้นมันสำปะหลังที่มีการรอดไข่ไส้เดือนฝอยรากปมอย่างเดียว) และกรรมวิธีควบคุม 2 (control 2, ต้นมันสำปะหลังที่ไม่มีการใช้ทั้งเชื้อราปฏิปักษ์และสารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย รวมทั้งไม่มีการรอดไข่) โดยใช้ราปฏิปักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิด ตามอัตราแนะนำในฉลากให้กับต้นมันสำปะหลังที่ปลูกในกระถาง ต้นละ 1 กระถางที่ 7, 5, 3 และ 0 วันก่อนมีการรอดไข่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มี 19 กรรมวิธี 4 ซ้ำ (กระถาง) แต่ละกระถางมีมันสำปะหลัง 1 ต้น หลังจากรอดไข่ 45 วัน จึงประเมินค่าตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอย ได้แก่ จำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบราก (เกณฑ์หลักในการประเมินความรุนแรง) จำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม และจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม รวมทั้งประเมินตัวชี้วัดการเจริญเติบโต (ความสูงของต้น น้ำหนักต้นและรากสด และน้ำหนักรากสด) ซึ่งจากการทดลองทั้ง 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ฤดูฝน 27 มิถุนายน – 12 สิงหาคม 2561 (21–35.5 °ซ, 88–96% R.H.) และ ฤดูหนาว 23 พฤศจิกายน 2561

Received December 12, 2018

Accepted June 12, 2019

¹ สาขากีฏวิทยาและโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Entomology and Plant Pathology, Fac. of Agriculture, Khon Kaen University

² ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Agricultural Biotechnology Research Center for Sustainable Economy, Fac. of Agriculture, Khon Kaen University

³ กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Cultivation and Product Development Research Group of Wild Silkmoths and Economic Insects for Value Added Creation, Khon Kaen University

* Corresponding author Email: weerasak@kku.ac.th

- 7 มกราคม 2562 (17–35.7 °ซ, 80–96% R.H.) พบว่าทั้งฤดูฝนและฤดูหนาวนั้น การใช้ *T. harzianum* 7 วันก่อนการรดใช้นั้น ให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบกับการใช้ราปฏิบัตินอื่นๆต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม โดยทำให้จำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากเท่ากับ 21.05 และ 116.64 กลุ่มไข่ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารเคมี carbosulfan ที่มีค่าน้อยที่สุด (20.87 และ 97.14 กลุ่มไข่ ตามลำดับ) ทั้งนี้สามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากลงได้ 89.67 และ 93.92 %ตามลำดับ ส่วนตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเมื่อประเมินจากความสูงของต้น น้ำหนักต้นและรากสด และน้ำหนักรากสดใน 2 ฤดูที่ทดสอบนั้น พบว่าความสูงของต้นจากกรรมวิธีควบคุม 1 มีความสูงของต้นน้อยที่สุดในขณะที่การใช้รา *M. anisopliae* ต่างกรรมวิธีทำให้ต้นมันสำปะหลังมีความสูง และน้ำหนักต้นและรากสด มีค่าอยู่ในระดับมาก – มากที่สุด ขณะที่กรรมวิธีควบคุม 1 นั้นมีน้ำหนักต้นและรากสดอยู่ในระดับต่ำ – ต่ำที่สุด ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าราปฏิบัตินรูปการคำ *T. harzianum* มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับสารเคมี carbosulfan ต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลองดังกล่าว

คำสำคัญ: ราปฏิบัติน, รูปการคำ, การควบคุม, ไส้เดือนฝอยรากปม, มันสำปะหลัง

ABSTRACT: The efficiency of 4 commercial products of antagonistic fungi, Product 1 (*Beauveria bassiana*), Product 2 (*Paecilomyces lilacinus*), Product 3 (*Metarhizium anisopliae*) and Product 4 (*Trichoderma harzianum*) on control root-knot nematode (RKN, *Meloidogyne incognita*) of cassava variety Rayong 9 was investigated under greenhouse condition in comparison to using nematicide (carbosulfan) and no use of the products or nematicide but inoculation with RKN egg suspension (control 1) and untreated cassava (control 2). Two experiments were conducted in the rainy season (June 27th – August 12th 2018, 21–35.5 °C, 88–96 % R.H.) and cool season (November 23rd 2018 – January 7th 2019, 17–35.7 °C, 80–96 % R.H.). The commercial products of antagonistic fungi were applied using recommendation rates to the cassava plants in pots, 1 plant/pot. After 7, 5, 3 and 0 days of fungal application, the RKN egg suspension was infested in the potting soil. The experiments were carried out in a greenhouse for 2 seasons, each experiment comprised 19 treatments, 4 replications (pots). After 45 days of RKN inoculation, cassava plants were determined and evaluated on nematode parameter, the number of eggs per root system (main criteria for assessing severity) number of eggs per gram root and number of female adults per gram root, including growth parameter, (plant height, shoot and root fresh weight). The result from 2 seasons, rainy season (June 27th – August 12th 2018, 21–35.5 °C, 88–96% R.H.) and cool season (November 23rd 2018-January 7th 2019, 17–35.7 °C, 80–96% R.H.) showed that the use of *T. harzianum* 7 days before inoculation, gave the best result, compared to other antagonistic fungi used for control root-knot nematodes with the number of egg masses per root system of 21.05 and 116.64 egg masses, respectively, which were not significantly different to the use of carbosulfan with the lowest value (20.87 and 97.14 egg masses, respectively). It also reduced number of eggs per root system 89.67 and 93.92, respectively. The results on growth evaluation of cassava plants, shoot height, shoot and root fresh weight, and root fresh weight obtained from 2 seasons showed that shoot height of control 1 was the minimum height, while more – the most of shoot height, and shoot and root fresh weight were obtained from the application of *M. anisopliae* in different treatments, whereas the control 1 was in the group of low – the lowest values of shoot and root fresh weight. The result of this study indicated that the antagonistic fungus of commercial product *T. harzianum* can be applied efficiently comparable with carbosulfan to control RKN in cassava under this greenhouse condition.

Keywords: Antagonistic fungi, commercial products, control, root-knot nematode, cassava

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (4,807,207ไร่) โดยปี 2560 มีผลผลิต 16,835,078 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังมีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งได้เดือนฝอยสามารถแพร่ระบาดในสภาพดินปลูกที่มีความชื้น เช่นจากวิธีการให้น้ำดังกล่าว (สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร, ม.ป.ป.)

สำหรับโรครากปมนี้มีสาเหตุมาจากไส้เดือนฝอยรากปม (root-knot nematode, *Meloidogyne* spp.) ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยศัตรูพืชที่สำคัญที่สามารถเข้าทำลายพืชได้หลายชนิด เช่น กล้วยไม้ พืชตระกูลถั่ว พืชเส้นใย ไม้ดอกไม้ประดับ ไม้ผล พืชหัว และพืชผัก ทั้งนี้ไส้เดือนฝอยรากปมมีหลายชนิด (species) มีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenesis) สามารถออกไข่ที่สมบูรณ์ได้โดยไม่ต้องผสมกับเชื้อตัวผู้ ทำให้สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว การดำรงชีวิตของไส้เดือนฝอยรากปมต้องอาศัยในที่ที่มีน้ำหรือมีความชื้น ตัวอ่อนมีการฟักตัวอย่างรวดเร็ว และมีการเคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระตามช่องว่างของอนุภาคดิน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหรือมีน้ำเป็นฟิล์มบางๆตามอนุภาคดิน ถ้าความชื้นในดินสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน ปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมจะมีการเพิ่มจำนวนสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าในดินมีความชื้นมากเกินไปจะทำให้การฟักไข่และการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนถูกยับยั้งได้เช่นกัน อาจเนื่องจากขาดการระบายอากาศ (Wallace, 1968) ในประเทศไทยมีรายงานโรครากปมในมันสำปะหลังที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. incognita* เป็นครั้งแรกในแปลงปลูกของเกษตรกรบริเวณปากทางเข้าอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย (สืบศักดิ์ และคณะ, 2521) ต่อมา จรรยาและคณะ (2559) รายงานว่าโรครากปมของมันสำปะหลังมีการระบาดรุนแรงในปี 2544 ที่จังหวัดชัยภูมิ ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เสียหายถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาในปี 2557 พบการระบาดในแปลงมันสำปะหลังจังหวัดกาญจนบุรี กาฬสินธุ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ นครราชสีมา และระยอง

ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ตั้งแต่ 20 – 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในต่างประเทศนั้น จากการสำรวจในประเทศอุกกันดาพบว่า มีไส้เดือนฝอยหลายชนิดที่มีความสัมพันธ์กับมันสำปะหลัง แต่มีไม่กี่ชนิดที่ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้ชนิดที่ทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด คือ *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* และ *Pratylenchus brachyurus* ซึ่งการสูญเสียผลผลิตหัวมันสำปะหลังนั้นมีสูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ต้นเนื่องมาจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. (Coyne, 1994)

สำหรับการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยศัตรูพืชมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้สารเคมี การใช้สารอินทรีย์ การควบคุมทางชีววิธี การใช้พันธุ์ต้านทาน และวิธีทางเขตกรรม (สมควร, 2539) ซึ่งการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละวิธีนั้นต่างมีข้อจำกัด เช่น การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ลงทุนสูง เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และตกค้างในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำวิธีการอื่นที่ปลอดภัย อาทิ ชีววิธีมาใช้ร่วมด้วยในการควบคุม จึงเป็นแนวทางที่ควรให้ความสำคัญ (Jatala, 1986) สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนั้น มีการใช้ราปฏิบัตินทรีย์ เช่น *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* และ *Trichoderma* spp. เป็นต้น (วีระศักดิ์, 2560) ทั้งนี้พบว่าในต่างประเทศมีการใช้ทั้งเชื้อรา *P. lilacinus* และราขาว *B. bassiana* ซึ่งให้ผลดีใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Ekanayake and Jayasundara, 1994) ส่วนในประเทศไทยมีการนำเชื้อรา *P. lilacinus* บางรูปการค้ามาใช้ และมีจุดเน้นเพื่อควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลัง โดยทดสอบในระดับแปลงปลูกที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอยรากปม ซึ่งพบว่าการใช้ *oxamyl*, *carbofuran* และ *P. lilacinus* มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลังดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (อุดมศักดิ์, 2558) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิบัตินทรีย์รูปการค้าในการควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลอง สำหรับนำไปใช้โดยตรงหรือประยุกต์ใช้ด้วยวิธีการผสมผสานต่อไป

วิธีการศึกษา

1. ราวปฏิบัติกรรูปการค้ำ

รวบรวมราวปฏิบัติกรรูปการค้ำที่สำคัญเพื่อทดสอบการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้แก่ Product 1 (ราว *Beauveria bassiana*) อัตราแนะนำในการใช้ 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, Product 2 (ราว *Paecilomyces lilacinus*) และ Product 3 (ราว *Metarhizium anisopliae*) อัตราแนะนำในการใช้ 200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ Product 4 (ราว *Trichoderma harzianum*) อัตราแนะนำในการใช้ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อมีการใช้จึงนำราวปฏิบัติกรรูปการค้ำใส่ลงในน้ำในอัตราแนะนำแล้วรดลงที่โคนต้นมันสำปะหลัง 250 มิลลิลิตรต่อต้น

2. การแยกและเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม

เก็บตัวอย่างโรครากปมของมันสำปะหลังจากแปลงของเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ นำตัวอย่างโรครากปมมาแยกกลุ่มไข่เดี่ยวๆ และเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมโดยใช้มะเขือเทศพันธุ์สีดา (ประยุกต์ตามวิธีการของ ยุวดี, 2550) เพื่อใช้เตรียมไข่ไส้เดือนฝอยตลอดการทดลอง

3. การเตรียมสารแขวนลอยไข่ไส้เดือนฝอยรากปม

นำรากมะเขือเทศที่มีกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แช่ลงในสารละลาย sodium hypochlorite (NaOCl) เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที พร้อมกับใช้แท่งแก้วกวนเบาๆ เพื่อช่วยละลายสารเหนียวและให้ไข่แยกกระจายออกจากกลุ่มไข่ หลังจากนั้นเทสารแขวนลอยไข่ไส้เดือนฝอยผ่านตะแกรงหยาบขนาด 32 mesh (เมช) (ขนาดช่อง 500 ไมครอน, μm) รองรับสารแขวนลอยไข่ไส้เดือนฝอยที่ผ่านตะแกรงและทิ้งสิ่งที่ค้างบนตะแกรง จากนั้นนำสารแขวนลอยไข่ที่ได้มาเทผ่านตะแกรงขนาด 500 mesh (ขนาด 25 μm) แล้วรึบล้างไข่ที่ติดค้างบนตะแกรง 4 ครั้ง จึงนำมาทำเป็นสารแขวนลอยไข่เก็บไว้ในบิกเกอร์ นำไปนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เพื่อใช้สำหรับการศึกษาต่อไป

4. การทดสอบประสิทธิภาพของราวปฏิบัติกรรูปการค้ำต่อโรครากปมของมันสำปะหลัง

ทดสอบราวปฏิบัติกรรูปการค้ำ 4 ชนิด ได้แก่ Product 1 (*B. bassiana*), Product 2 (*P. lilacinus*), Product 3 (*M. anisopliae*), Product 4 (*T. harzianum*) และสารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan โดยใช้ตามอัตราที่ปรากฏในฉลาก โดยทดลองที่เรือนทดลองกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มี 19 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (กระถาง) แต่ละกระถางมีมันสำปะหลัง 1 ต้น โดยมีรายละเอียดของกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ มันสำปะหลัง + Product 1 (*B. bassiana*), Product 2 (*P. lilacinus*), Product 3 (*M. anisopliae*) และ Product 4 (*T. harzianum*) ก่อนรดไข่ไส้เดือนฝอย 7 วัน ตามลำดับ

กรรมวิธีที่ 5, 6, 7 และ 8 คือ มันสำปะหลัง + Product 1 (*B. bassiana*), Product 2 (*P. lilacinus*), Product 3 (*M. anisopliae*) และ Product 4 (*T. harzianum*) ก่อนรดไข่ไส้เดือนฝอย 5 วัน ตามลำดับ

กรรมวิธีที่ 9, 10, 11 และ 12 คือ มันสำปะหลัง + Product 1 (*B. bassiana*), Product 2 (*P. lilacinus*), Product 3 (*M. anisopliae*) และ Product 4 (*T. harzianum*) ก่อนรดไข่ไส้เดือนฝอย 3 วัน ตามลำดับ

กรรมวิธีที่ 13, 14, 15 และ 16 คือ มันสำปะหลัง + Product 1 (*B. bassiana*), Product 2 (*P. lilacinus*), Product 3 (*M. anisopliae*) และ Product 4 (*T. harzianum*) ก่อนรดไข่ไส้เดือนฝอย 0 วัน ตามลำดับ

กรรมวิธีที่ 17 มันสำปะหลัง + ราดไข่ไส้เดือนฝอย + สารเคมี carbosulfan

กรรมวิธีที่ 18 มันสำปะหลัง + ราดไข่ไส้เดือนฝอย (กรรมวิธีควบคุม 1, control 1)

กรรมวิธีที่ 19 มันสำปะหลังอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม 2, control 2)

นำพ่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่มีอายุประมาณ 10 – 12 เดือน มาตัดเป็นพ่อน ยาวท่อนละ 20 เซนติเมตร แล้วนำไปปลูกในกระถาง (๐

15 ซม.) ซึ่งบรรจุน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้ดินที่มีส่วนผสมของดินร่วน : ดินทราย : พีทมอส (อัตราส่วน 1 : 1 : 1) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดี นำส่วนผสมของดินปริมาณ 1 กิโลกรัมบรรจุลงในถุงพลาสติกทึบร้อน แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น จึงใช้ปลูกมันสำปะหลังจำนวน 1 ท่อน(ต้น)ต่อกระถาง เมื่อมันสำปะหลังมีอายุครบ 14 วัน เริ่มปลูกเชื้อราปฏิปักษ์ในกรรมวิธีที่ 1 – 4 โดยซึ่งราปฏิปักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิด ตามอัตราที่ใช้ซึ่งระบุไว้ในฉลากผลิตภัณฑ์แล้วรดที่โคนต้นมันสำปะหลัง 250 มิลลิลิตรต่อต้น หลังจากนั้น 2 วัน ปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 5–8 อีก 2 วันปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 9–12 และต่อมามีอีก 3 วันปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 13–16 และในกรรมวิธีที่ 17 ใส่สารเคมี carbosulfan ในอัตราแนะนำ 2.5 กรัมต่อต้น ใส่สารแขวนลอยไซ้ได้เดือนฝอยรากปมความเข้มข้นในอัตราไซ้ 3,000 ฟองต่อกระถาง (ประยุกต์ตาม van Vuuren and Woodward, 2001; Kagoda et al., 2004; นุชนารถ และคณะ, 2558) ให้กับมันสำปะหลังในกรรมวิธีที่ 1–18 โดยแบ่งใส่ลงในรูลึกประมาณระดับรากมันสำปะหลังห่างโคนต้นประมาณ 4 เซนติเมตร จำนวน 5 รูๆละเท่าๆกัน รอบโคนต้นมันสำปะหลัง

แต่ละกรรมวิธีทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำๆละกระถาง แต่ละกระถางปลูกมันสำปะหลัง 1 ต้น โดยมีชุดควบคุม ได้แก่ กรรมวิธีที่ 18 ใส่ไซ้ได้เดือนฝอยรากปมอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ 19 ไม่มีการราดราปฏิปักษ์ใดๆและไม่มีการใช้สารเคมี carbosulfan รวมทั้งไม่มีการราดไซ้ได้เดือนฝอยรากปม ดูแลรักษาต้นมันสำปะหลังโดยรดน้ำวันละ 1 ครั้ง และเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 วันหลังการปลูกใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 2 กรัมต่อต้น (กระถาง)

ประเมินประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำและสารเคมี carbosulfan ต่อการควบคุมได้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลัง หลังการราดไซ้ 45 วัน ประเมินตัวชี้วัดปริมาณได้เดือนฝอยรากปมจากค่าต่างๆ ได้แก่ จำนวนกลุ่มไซ้ต่อระบบราก (ใช้เป็นเกณฑ์เพื่อบ่งบอกถึงความรุนแรงของได้เดือนฝอยรากปม ประยุกต์ตาม Begum et al.,

2014; นุชนารถ และคณะ, 2558), จำนวนไซ้ต่อราก 1 กรัม และจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม โดยย้อมสีตัวเต็มวัยเพศเมียด้วย acid fuchsin ตามวิธีการของ Byrd et al. (1983) รวมทั้งตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืช (ความสูงของต้น, น้ำหนักต้นและรากสด และน้ำหนักรากสด) โดยทดลองทั้งหมด 2 ช่วงคือ ฤดูฝน (27 มิถุนายน – 12 สิงหาคม 2561, 21–35.5 °ซ, 88–96% R.H.) และ ฤดูแล้ง (23 พฤศจิกายน 2561 – 7 มกราคม 2562, 17–35.7 °ซ, 80–96% R.H.) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ใช้ที่ก (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่อโรครากปมของมันสำปะหลัง

1.1 การทดสอบครั้งที่ 1 (27 มิถุนายน – 12 สิงหาคม 2561)

ผลการทดสอบในฤดูฝนแสดงใน Table 1 โดยเมื่อประเมินจากจำนวนกลุ่มไซ้ กรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมีกำจัดได้เดือนฝอย carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) มีประสิทธิภาพดีที่สุดกล่าวคือ ทำให้มีจำนวนกลุ่มไซ้ต่อระบบรากน้อยที่สุดเท่ากับ 20.87 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้ราปฏิปักษ์รูปการค้ำ *T. harzianum* 7 วันก่อนการราดไซ้ (กรรมวิธีที่ 4, 21.05 กลุ่มไซ้), *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 7, 21.80 กลุ่มไซ้) และ *B. bassiana* (กรรมวิธีที่ 5, 23.67 กลุ่มไซ้) โดยต่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18) ที่มีความอ่อนแอต่อโรครากปมมากที่สุด ซึ่งมีจำนวนกลุ่มไซ้มากที่สุด (203.82 กลุ่มไซ้) การใช้ราปฏิปักษ์ทุกกรรมวิธีสามารถลดจำนวนกลุ่มไซ้ต่อระบบราก 69.64-89.67 % โดยกรรมวิธีที่ 4 ลดจำนวนกลุ่มไซ้ได้มากที่สุด 89.67 %

ในการประเมินค่าจำนวนไซ้ต่อราก 1 กรัม นั้น พบว่าการใช้ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4) ส่งผลให้มีจำนวนไซ้ต่อราก 1 กรัม น้อยที่สุด (15.88 ฟอง) โดยไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพรองลงมาคือ การใช้สารเคมี

carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17, 32.80 ฟอง) ขณะที่ทั้ง 2 กรรมวิธีดังกล่าวและการใช้ราปฏิปักษ์รูปการคำอื่นๆที่เหลือทั้งหมดให้ผลที่แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18, 125.36 ฟอง)

สำหรับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม นั้น พบว่ากรรมวิธีที่ 17 การใช้ carbosulfan มีค่าน้อยที่สุด (3.75 ตัว) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้รา *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4, 4.25 ตัว/ราก 1 กรัม) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้ราปฏิปักษ์อื่นๆที่เหลือทั้งหมด และเฉพาะอย่างยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18) ซึ่งมีจำนวนมากที่สุด (32.75 ตัว/ราก 1 กรัม)

ในด้านตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังนั้น พบว่าความสูงของต้นสูงสุด (22.00 ซม.) ได้จากกรรมวิธีที่ 16 (*T. harzianum*) รองลงมาซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติคือ กรรมวิธีที่ 15, 14, 6, และ 7 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นที่เหลือ รวมทั้งกรรมวิธีที่ 17 (carbosulfan, 17.38 ซม.) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18) ซึ่งต้นมันสำปะหลังมีความสูงน้อยที่สุด (14.75 ซม.) และจากการประเมินน้ำหนักต้นและรากสดนั้น การใช้ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4, 201.24 กรัม) ให้ค่าสูงสุด รองลงมาซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติได้แก่ การใช้ *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 3, 181.00 กรัม) และการใช้ *P. lilacinus* (กรรมวิธีที่ 2, 168.44 กรัม) ส่วนกรรมวิธีควบคุม 2 (กรรมวิธีที่ 19) แม้จะให้ค่าน้อยที่สุด (104.94 กรัม) แต่ก็ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆเกือบทั้งหมด ยกเว้นการใช้ราปฏิปักษ์ในกรรมวิธีที่ 4, 3 และ 2 ดังกล่าวข้างต้น ในส่วนน้ำหนักรากสดนั้น การใช้ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4) ให้ค่าสูงที่สุด (7.68 กรัม) รองลงมาตามลำดับและไม่แตกต่างทางสถิติได้แก่ *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 3, 6.80 กรัม), *P. lilacinus* (กรรมวิธีที่ 10, 6.66 กรัม), *P. lilacinus* (กรรมวิธีที่ 2, 6.31 กรัม) และกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18, 6.24 กรัม) ขณะที่น้ำหนักรากสดต่ำที่สุดคือ การใช้ *P. lilacinus* (กรรมวิธีที่ 6, 3.64 กรัม) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นกรรมวิธีที่ 2-4, 10 และ 18

1.2 การทดสอบครั้งที่ 2 (23 พฤศจิกายน 2561 – 7 มกราคม 2562)

การทดสอบในฤดูหนาวปรากฏผลใน Table 2 แสดงให้เห็นถึงจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากซึ่งพบน้อยที่สุด (97.14 กลุ่มไข่) ในกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ให้ผลรองลงมาได้แก่ การใช้ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4, 116.64 กลุ่มไข่), *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 8, 190.60 กลุ่มไข่) และ *B. bassiana* (กรรมวิธีที่ 5, 193.52 กลุ่มไข่) แต่แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับการใช้ราปฏิปักษ์ในกรรมวิธีอื่นๆที่เหลือ อีกทั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18, ไม่มีการควบคุมใดๆ แต่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอยรากปม) ซึ่งมีจำนวนสูงสุดถึง 1,918.86 กลุ่มไข่ การใช้ราปฏิปักษ์ทุกกรรมวิธีสามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบราก 74.70-93.92 % โดยกรรมวิธีที่ 4 ลดจำนวนกลุ่มไข่ได้มากที่สุด 93.92 %

จากข้อมูลของจำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม นั้น การปฏิบัติที่ส่งผลให้มีค่าต่ำที่สุดและต่ำรองลงมา 1 อันดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเป็นกรรมวิธีเดียวกันกับผลการประเมินจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากคือ กรรมวิธีที่ 17 (carbosulfan, 7.98 ฟอง/ราก 1 กรัม) และกรรมวิธีที่ 4 (*T. harzianum*, 8.80 ฟอง/ราก 1 กรัม) ตามลำดับ อีกทั้งการใช้สารเคมี carbosulfan และ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4) ก็ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 (*P. lilacinus*, 11.78 ฟอง/ราก 1 กรัม) และกรรมวิธีที่ 16 (*T. harzianum*, 12.48 ฟอง/ราก 1 กรัม) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ราปฏิปักษ์ในกรรมวิธีอื่นๆที่เหลือ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18, 41.93 ฟอง/ราก 1 กรัม) ซึ่งมีจำนวนมากที่สุด

สำหรับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม นั้น ได้ผลในทำนองเดียวกันกับการประเมินจำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม โดยพบว่าสารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) ส่งผลให้มีจำนวนตัวต่อราก 1 กรัม น้อยที่สุด (4.75 ตัว) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ *T. harzianum* ทั้งจากกรรมวิธีที่ 16 (6.25 ตัว/ราก 1 กรัม) และกรรมวิธีที่ 4 (6.63 ตัว/ราก 1 กรัม) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18, 41.75 ตัว/ราก 1 กรัม) ซึ่งมีค่ามากที่สุดและกับการใช้ราปฏิปักษ์กรรมวิธีอื่นๆที่เหลือ

ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของ
มันสำปะหลังพบว่า ความสูงของต้นที่ได้จากการใช้
สารเคมีหรือราปฏิปักษ์นั้น ราเขียว *M. anisopliae*
(กรรมวิธีที่ 3) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด 27.00 เซนติเมตร รอง
ลงมาซึ่งไม่แตกต่างทางสถิตินั้นได้จากการใช้ *M.*
anisopliae เช่นกัน (กรรมวิธีที่ 11, 25.00 ซม.) รวม
ทั้งการใช้ *T. harzianum* (กรรมวิธีที่ 4, 24.75 ซม.)
และ *B. bassiana* (กรรมวิธีที่ 5, 24.75 ซม.) แต่ต่าง
ก็มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับการใช้ *B.*
bassiana (กรรมวิธีที่ 1) ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด (21.25
ซม.) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธี
ควบคุม 1 นั้น กรรมวิธีควบคุม 1 มีค่าความสูงของ
ต้นต่ำที่สุด (18.00 ซม.) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่มีความ
แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆที่มีการ
ใช้ราปฏิปักษ์ทั้งหมดและกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี
carbosulfan สำหรับน้ำหนักต้นและรากสดนั้น การ
ใช้ราเขียว *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 7) ส่งผลให้มี

น้ำหนักต้นสดมากที่สุด (190.22 กรัม) ซึ่งไม่แตก
ต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้รา *B. bassiana*
(กรรมวิธีที่ 5, 187.02 กรัม), *P. lilacinus* (กรรมวิธีที่
10, 175.98 กรัม และกรรมวิธีที่ 2, 175.07 กรัม), *T.*
harzianum (กรรมวิธีที่ 4, 172.68 กรัม) และ *M.*
anisopliae (กรรมวิธีที่ 3, 171.92 กรัม) แต่แตกต่าง
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม 1
(กรรมวิธีที่ 18) ซึ่งมีน้ำหนักต้นและรากสดน้อยที่สุด
(131.64 กรัม) และกับการใช้ราปฏิปักษ์กรรมวิธี
อื่นๆที่เหลือ รวมทั้ง carbosulfan ส่วนน้ำหนักราก
สดนั้น กรรมวิธีที่ 18 (กรรมวิธีควบคุม 1) มีน้ำหนัก
รากสดมากที่สุดอย่างชัดเจน (45.23 กรัม) ซึ่งแตก
ต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับทุกกรรมวิธีที่นำมา
ทดสอบในครั้งนี้ รวมทั้งกรรมวิธีควบคุม 2 (กรรมวิธี
ที่ 19, 23.31 กรัม) ทั้งนี้กรรมวิธีที่ใช้ *T. harzianum*
(กรรมวิธีที่ 8) เป็นกรรมวิธีที่ส่งผลให้มีน้ำหนัก
รากสดน้อยที่สุด (21.51 กรัม)

Table 1 Efficiency of commercial products of antagonistic fungi on the infection and growth parameters of cassava plants
infected with *Meloidogyne incognita* tested in rainy season (June 27th – August 12th 2018).

Treatment	Egg masses/ root system	Eggs/g root	Female adults/g root	Shoot height (cm)	Shoot and root fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Reduction of egg masses (%) ¹
1. Product 1 (7 days) + RKN eggs	28.59 cd	59.49 bcd	10.00 cde	15.50 ef	129.70 cd	4.84 bcd	85.97
2. Product 2 (7 days) + RKN eggs	38.63 bcd	47.57 cd	10.88 bcd	18.50 bcd	168.44 abc	6.31 abc	81.05
3. Product 3 (7 days) + RKN eggs	52.18 bc	47.13 cd	13.63 b	18.75 bcd	181.00 ab	6.80 ab	74.4
4. Product 4 (7 days) + RKN eggs	21.05 de	15.88 ef	4.25 f	17.75 bcde	201.24 a	7.68 a	89.67
5. Product 1 (5 days) + RKN eggs	23.67 de	48.89 cd	8.38 de	16.38 def	112.89 d	4.39 cd	88.39
6. Product 2 (5 days) + RKN eggs	31.47 cd	84.22 b	12.25 bc	20.25 ab	120.57 cd	3.64 d	84.56
7. Product 3 (5 days) + RKN eggs	21.80 de	69.40 bc	8.13 de	20.00 abc	112.23 d	3.82 d	89.30
8. Product 4 (5 days) + RKN eggs	37.66 bcd	68.97 bc	12.50 bc	17.25 cdef	139.40 bcd	4.53 bcd	81.52
9. Product 1 (3 days) + RKN eggs	45.83 bcd	84.74 b	12.88 bc	17.25 cdef	134.59 bcd	4.63 bcd	77.51
10. Product 2 (3 days) + RKN eggs	61.88 b	57.14 bcd	13.13 b	18.00 bcde	150.08 bcd	6.66 abc	69.64
11. Product 3 (3 days) + RKN eggs	29.75 cd	55.60 bcd	10.88 bcd	18.50 bcd	132.30 cd	5.15 bcd	85.40
12. Product 4 (3 days) + RKN eggs	40.10 bcd	65.48 bc	10.88 bcd	19.25 bc	145.26 bcd	4.67 bcd	80.33
13. Product 1 (0 day) + RKN eggs	37.85 bcd	68.75 bc	8.63 de	17.88 bcde	132.21 cd	4.75 bcd	81.43
14. Product 2 (0 day) + RKN eggs	42.83 bcd	67.75 bc	10.75 bcd	20.50 ab	126.96 cd	4.99 bcd	78.99
15. Product 3 (0 day) + RKN eggs	26.29 cd	46.35 cd	7.63 e	21.88 a	133.55 cd	4.58 bcd	87.10
16. Product 4 (0 day) + RKN eggs	29.55 cd	60.82 bcd	8.38 de	22.00 a	109.06 d	4.43 cd	85.50
17. Nematicide (carbosulfan) (0 day)	20.87 de	32.80 de	3.75 f	17.38 cdef	112.14 d	5.37 bcd	89.76
18. Control 1 + RKN eggs	203.82 a	125.36 a	32.75 a	14.75 f	112.48 d	6.24 abc	0
19. Control 2 (No RKN eggs)	0.00 e	0.00 f	0.00 g	17.25 cdef	104.94 d	5.07 bcd	-
F-test	**	**	**	**	**	**	
C.V. (%)	37.16	30.56	17.54	10.92	21.80	26.95	

Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different ($P > 0.05$, DMRT).

RKN eggs = inoculation with root-knot nematode eggs, Product 1 = *Beauveria bassiana*, Product 2 = *Paecilomyces lilacinus*,

Product 3 = *Metarhizium anisopliae*, Product 4 = *Trichoderma harzianum*

¹ Reduction of egg masses = $(\text{No. egg masses from control 1} - \text{No. egg masses from treatment}) \times 100$
No. egg masses from control 1

Table 2 Efficiency of commercial products of antagonistic fungi on the infection and growth parameters of cassava plants infected with *Meloidogyne incognita* tested in cool season (November 23rd 2018 – January 7th 2019).

Treatment	Egg masses/ root system	Eggs/g root	Female adults/g root	Shoot height (cm)	Shoot and root fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Reduction of egg masses (%) ¹
1. Product 1(7 days) + RKN eggs	221.94 c	19.27 b	11.88 cde	21.25 e	165.01 cde	23.83 ef	88.43
2. Product 2 (7 days) + RKN eggs	252.70 c	11.78 c	11.88 cde	23.00 bcde	175.07 abc	31.22 cd	86.83
3. Product 3 (7 days) + RKN eggs	276.77 c	19.33 b	10.63 def	27.00 a	171.92 abcd	23.57 ef	85.58
4. Product 4 (7 days) + RKN eggs	116.64 de	8.80 c	6.63 gh	24.75 abc	172.68 abcd	25.33 ef	93.92
5. Product 1 (5 days) + RKN eggs	193.52 cde	22.10 b	13.00 cd	24.75 abc	187.02 ab	24.64 ef	89.91
6. Product 2 (5 days) + RKN eggs	236.20 c	20.57 b	13.88 c	24.50 bcd	165.24 cde	25.04 ef	87.69
7. Product 3 (5 days) + RKN eggs	485.53 b	19.76 b	21.50 b	23.75 bcde	190.22 a	36.80 b	74.70
8. Product 4 (5 days) + RKN eggs	190.60 cde	22.48 b	11.25 cdef	23.00 bcde	146.97 efg	21.51 f	90.07
9. Product 1 (3 days) + RKN eggs	280.83 c	17.87 b	12.50 cd	22.00 de	153.21 defg	27.60 de	85.36
10. Product 2 (3 days) + RKN eggs	239.05 c	18.33 b	13.50 c	22.00 de	175.98 abc	23.62 ef	87.54
11. Product 3 (3 days) + RKN eggs	435.68 b	17.63 b	19.50 b	25.00 ab	166.70 bcde	35.90 bc	77.29
12. Product 4 (3 days) + RKN eggs	263.65 c	17.21 b	11.38 cde	23.50 bcde	140.08 fg	27.42 de	86.26
13. Product 1 (0 day) + RKN eggs	208.13 cd	19.07 b	9.63 def	23.25 bcde	160.27 cdef	23.95 ef	89.15
14. Product 2 (0 day) + RKN eggs	240.75 c	17.74 b	8.75 fg	23.50 bcde	152.37 defg	25.00 ef	87.45
15. Product 3 (0 day) + RKN eggs	405.17 b	17.54 b	19.75 b	24.00 bcd	142.95 fg	35.24 bc	78.88
16. Product 4 (0 day) + RKN eggs	202.46 cd	12.48 c	6.25 h	24.25 bcd	153.17 defg	25.50 ef	89.45
17. Nematicide (carbosulfan) (0 day)	97.14 e	7.98 c	4.75 h	23.25 bcde	147.84 efg	23.53 ef	94.94
18. Control 1 + RKN eggs	1918.86 a	41.93 a	41.75 a	18.00 f	131.64 g	45.23 a	0
19. Control 2 (No RKN eggs)	0.00 f	0.00 d	0.00 i	22.25 cde	145.78 efg	23.31 ef	-
F-test	**	**	**	**	**	**	
C.V. (%)	19.79	18.56	12.79	6.7	8.18	12.18	

Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different ($P > 0.05$, DMRT).

RKN eggs = inoculation with root-knot nematode eggs, Product 1 = *Beauveria bassiana*, Product 2 = *Paecilomyces lilacinus*,

Product 3 = *Metarhizium anisopliae*, Product 4 = *Trichoderma harzianum*

¹ Reduction of egg masses = $(\text{No. egg masses from control 1} - \text{No. egg masses from treatment}) \times 100$
No. egg masses from control 1

สรุปและวิจารณ์

การทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิบักษ์รูปการค้ำ 4 ชนิด ได้แก่ *B. bassiana*, *P. lilacinus*, *M. anisopliae* และ *T. harzianum* เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan และการไม่ใช้ทั้งราปฏิบักษ์และ carbosulfan ต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*M. incognita*) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมในสภาพเรือนทดลอง โดยทำการทดสอบ 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝนและฤดูหนาว ผลการทดสอบใน 2 ฤดู พบว่าราปฏิบักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิดและ carbosulfan มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมได้ไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ 7, 5, 3 และ 0 วันก่อนการราด

ไข่ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ทั้งราปฏิบักษ์และสารเคมี แต่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย (กรรมวิธีควบคุม 1) ทั้งนี้ในฤดูฝนการใช้ *T. harzianum* 7 วันก่อนการราดไข่ก็ให้ผลที่ดีในการควบคุมไส้เดือนฝอย ซึ่งแม้ว่าทำให้มีจำนวนกลุ่มไข่และจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม มีจำนวนไม่น้อยที่สุด แต่ก็ทำให้จำนวนไข่ต่อราก 1 กรัมมีน้อยที่สุด โดยค่าต่างๆนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใช้ carbosulfan ทั้งนี้สามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากลงได้ 89.67 % ส่วนในฤดูหนาวนั้นการใช้ *T. harzianum* ที่ 7 วันก่อนการราดไข่ เป็นกรรมวิธีที่ให้ผลรองลงมาและไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ carbosulfan ซึ่งมีค่าต่ำสุด (ทุกค่าของตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม) สามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากลงได้ 93.92 % ผลการทดสอบ

นี้แสดงให้เห็นว่า ราปฏิปักษ์รูปการค้ำ *T. harzianum* ที่ 7 วันก่อนการราดไข่ไส้เดือนฝอยสามารถนำมาประยุกต์ใช้และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับสารเคมี carbosulfan ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลองได้ทั้ง 2 ฤดู รวมทั้งฤดูร้อน (ข้อมูลยังไม่เผยแพร่) ทั้งนี้ราปฏิปักษ์ที่สำคัญและมีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมมีหลายสกุล เช่น *Paecilomyces*, *Pochonia*, *Metarhizium*, *Trichoderma*, *Beauveria*, *Neonothopanus* เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยมีการค้นพบและมีการผลิตราปฏิปักษ์ในรูปการค้ำหลายชนิด เช่น *P. lilacinus*, *T. harzianum*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* และ *Chaetomium globosum* เป็นต้น โดยมีชื่อการค้าที่หลากหลายในท้องตลาด (วีระศักดิ์, 2560) อย่างไรก็ตามมีรายงานถึงประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp., *B. bassiana* และ *M. anisopliae* ที่เข้าทำลายไส้เดือนฝอยรากปม (*M. incognita*) ได้ (Windham et al., 1993; Thienhirun, 1997; ภาวดี และคณะ, 2556) สำหรับราปฏิปักษ์รูปการค้ำในประเทศไทยนั้น มีข้อมูลน้อยมากในการนำไปใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมส่วนใหญ่เป็นการนำไปใช้ควบคุมโรคเชื้อราและควบคุมแมลงศัตรูพืช ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้มีการทดสอบเพื่อนำราปฏิปักษ์รูปการค้ำมาใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันสำปะหลัง ซึ่งได้ผลชัดเจนว่าการใช้ราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่างๆนี้สามารถควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันสำปะหลังได้ ทั้งนี้การใช้เชื้อรา *T. harzianum* โดยการปลูกเชื้อที่บริเวณรากมันสำปะหลังเป็นเวลา 7 วันก่อนการราดไข่ไส้เดือนฝอยรากปมนั้น ให้ผลของการควบคุมที่ดี โดยทำให้ค่าตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอยทุกค่า มีน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม 1 อีกทั้งการใช้ *T. harzianum* ที่ 5, 3 หรือ 0 วันก่อนการราดไข่ก็ให้ผลในการควบคุมไส้เดือนฝอยที่ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และสามารถเทียบเคียงประสิทธิภาพได้กับสารเคมี carbosulfan การที่เชื้อรา *T. harzianum* มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมได้านั้น อาจเนื่องจากมีกลไกในการเป็นปฏิปักษ์ต่อไส้เดือนฝอยได้หลายอย่าง อาทิ การทำลายไข่ ที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase (Sahebani and Hadavi, 2008) และ protease (Sharon et al.,

2001) หรือแม้แต่การมีคุณสมบัติของการเจริญครอบคลุมรากพืชและกระตุ้นความต้านทานโรคพืช (induced systemic resistance) ได้ (วีระศักดิ์, 2560; Martinez-Medina et al., 2016) นอกจากนี้มีรายงานว่าราปฏิปักษ์หลายชนิดเป็นเชื้อราเอนโดไฟต์ (endophytic fungi) ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ส่วนการประเมินตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืชในด้านความสูงของต้น นำหนักต้นและรากสด และนำหนักรากสดของมันสำปะหลังในการศึกษานี้ พบว่าการใช้เชื้อราปฏิปักษ์รูปการค้ำมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตพืชที่ประเมินดังกล่าวมีค่ามากกว่าการไม่ใช้ราปฏิปักษ์ซึ่งราปฏิปักษ์ *T. harzianum*, *B. bassiana*, *M. anisopliae* รวมทั้ง *Purpureocillium lilacinum* (ชื่อเดิม *P. lilacinus*) นั้น มีรายงานว่าเป็นเชื้อราที่มีคุณสมบัติเป็นเอนโดไฟต์ (Ownley et al., 2010; Batta, 2013; Lopez et al., 2014, Umadevi et al., 2017) และจากผลการทดสอบนี้ในการใช้เชื้อราปฏิปักษ์รูปการค้ำเพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันสำปะหลังซึ่งให้ผลดีเทียบเคียงกับสารเคมี carbosulfan นั้น อาจเป็นเพราะเชื้อราปฏิปักษ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติและกลไกที่หลากหลายที่สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเชื้อ *T. harzianum* ซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการทดสอบครั้งนี้ โดยให้ผลคล้ายกับการศึกษาของ Umadevi et al. (2017) ที่พบว่าเชื้อ *T. harzianum* มีการเจริญเติบโตที่เร็วและมีการเจริญเข้าบริเวณระหว่างเซลล์ของรากพริกไทยดำภายใน 24 ชั่วโมง และสร้าง vesicle ในเซลล์ภายใน 48 ชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงการปลูกเชื้อชนิดนี้ให้กับพืช น่าจะทำให้มีการเจริญของเส้นใยเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้เร็ว ทำให้มีปฏิสัมพันธ์กับพืชและทำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช

สำหรับการประเมินตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจากค่าความสูงของต้น นำหนักต้นและรากสด และนำหนักรากสด ใน 2 ฤดูที่ทดสอบนั้น พบว่ากรรมวิธีควบคุม 1 มีความสูงของต้นน้อยที่สุด และอยู่ในกลุ่มที่มีนำหนักต้นและรากสดในระดับต่ำ – ต่ำที่สุด ในขณะที่การใช้ *M. anisopliae* ต่างกรรมวิธีทำให้ต้นมันสำปะหลังมีความสูงและนำหนักต้นและรากสดมีค่าอยู่ในระดับ

มาก – มากที่สุด ซึ่งผลการทดสอบนี้ พบว่าการที่ราปฏิบัติโดยเฉพาะ *M. anisopliae* ทำให้ต้นมันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ราปฏิบัติอื่นๆ นั้น อาจเนื่องจาก *M. anisopliae* มีการเจริญครอบคลุมบริเวณรากมันสำปะหลังได้ดีและมีชีวิตรอดได้ยาวนานกว่า จึงน่าจะส่งผลให้มันสำปะหลังเจริญได้ดีกว่ากรรมวิธีการใช้ราปฏิบัติอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Greenfield et al. (2016) ที่พบว่า *M. anisopliae* สามารถครอบครองรากมันสำปะหลังโดยมีอายุการอยู่รอดได้คงที่และนานกว่า *B. bassiana* ในส่วนนำหนักรากสดนั้น กรรมวิธีควบคุม 1 มีการตรวจพบไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลายราก โดยไม่แสดงอาการรากปมที่ชัดเจนในทุกฤดู รวมทั้งฤดูร้อน (ข้อมูลยังไม่ได้เผยแพร่) ดังนั้นนำหนักรากสดจึงมีโอกาสใกล้เคียง ไม่แตกต่างทางสถิติ) กับกรรมวิธีต่างๆ (การใช้ราปฏิบัติส่วนใหญ่และ carbosulfan) ที่มีประสิทธิภาพดังเช่นในฤดูฝน นอกจากนั้นการใช้ราปฏิบัติยังให้ผลดี เช่น ส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืช (endophyte) อีกทั้งการใช้สารเคมีหรือแม้แต่กรรมวิธีควบคุม 2 (ไม่มีการใช้ราปฏิบัติ ไม่มีการใช้สารเคมี และไม่มีการรดไข่ไส้เดือนฝอย) จะให้ค่าตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่มาก ในระดับไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ราปฏิบัติรูปการค่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนใหญ่ สำหรับการประเมินในด้านตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่เกิดจากกรรมวิธีต่างๆนั้น กรรมวิธีควบคุมที่ 1 แสดงให้เห็นถึงผลของการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย โดยทำให้มันสำปะหลังมีความสูงของต้นน้อยที่สุดในทุกฤดูที่ทดสอบ และมีการเจริญน้อยกว่ากรรมวิธีที่มีการควบคุมไส้เดือนฝอย ไม่ว่าจะเป็นการใช้ราปฏิบัติหรือการใช้สารเคมี carbosulfan ซึ่งการประเมินนำหนักรากสดและนำหนักรากสดนั้น อาจยังมีผลไม่ชัดเจนที่จะแสดงถึงผลกระทบของไส้เดือนฝอยรากปมต่อนำหนักรากสดดังกล่าว ทั้งนี้เป็นไปได้ที่ในการทดลองนี้ได้ประเมินผลมันสำปะหลังที่อายุ 45 วันหลังการรดไข่ ซึ่งในด้านพัฒนาการโรครากปมของมันสำปะหลังนั้น ปมรากที่บริเวณรากฝอยจะสังเกตเห็นได้ชัดเมื่อมันสำปะหลัง 6 เดือน (อุดมศักดิ์, 2558) ดังนั้นการประเมินนำหนักรากสดที่ทดลองในเรือนทดลองนั้น อาจได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งอาจเนื่องมาจากการทดลองในสภาพโรงเรือน

ที่มีหลังคาแม้ต่างฤดูก็ไม่มีความแตกต่างกันของสิ่งแวดล้อมมากนัก จากผลการศึกษาที่น่าเสนอนี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้ราปฏิบัติรูปการค่าทั้ง 4 ชนิด มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลอง ผลการทดลองนี้สมควรนำไปใช้ในการทดสอบการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลังในสภาพแปลงปลูกต่อไปซึ่งยังมีการศึกษาน้อยมาก โดยเฉพาะในประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 3 จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องพันธุมันสำปะหลัง ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน และกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยบางส่วนและทำให้ความอนุเคราะห์การใช้ครุภัณฑ์และอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จรรยา มณีโชติ สุเทพ สหยา ปรัชญา เอกจัน และ ยุทธวรรณ อนันตมณี (บรรณารักษ์). 2559. คู่มือการจัดการ ปัญหาศัตรูพืชมันสำปะหลังแบบผสมผสาน. การันตี: กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด ภาณุวัฒน์ มุลจันทะ อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช และ โอบาษา บุญเส็ง. 2558. การคัดเลือกและประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ภารดี ศรีลาศักดิ์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ และ ศิวลัย สิริมังครารัตน์. 2556. การทดสอบการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อราต่อกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita* Chitwood) และกิจกรรมเอนไซม์ย่อยสลาย. แก่นเกษตร 41 (ฉบับพิเศษ 1): 221-231.

- ยวดี ชูประภาวรณ. 2550. การประเมินประสิทธิภาพเชื้อราในดินต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* สาเหตุโรครากปมพริกในแปลงปลูกพืชขนาดเล็ก. เกษตร 35(2): 189-195.
- วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์. 2560. ระเบียบปฏิบัติสำหรับควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. หจก. คลังนานาวิทยา: ขอนแก่น.
- สมควร ศิริวัลย์. 2539. การป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยโดยวิธีเขตกรรม. เอกสารเผยแพร่วิชาการโรคพืชและจุลชีววิทยา ประจำปี 2539. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. มันสำปะหลัง. (อ้างอิงเมื่อ 1 มีนาคม 2562) สืบค้นจาก: URL: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=21291&filename=news.
- สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร. ศัตรูพืช. ม.ป.ป. (อ้างอิงเมื่อ 10 พฤษภาคม 2562) สืบค้นจาก: URL: http://www.expertdoa.com/km_plant_info.php?ProductID=16.
- สืบศักดิ์ สนธิรัตน์ เกษกานดา สุทธิสุข วัฒนะ นรสิงห์ สุทิน ราชธา และ ชัชวาล สุวรรณสาร. 2521. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารงานวิจัยฉบับที่ 3. สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- อุดมศักดิ์ เลิศสุชาติวนิช. 2558. ประสิทธิภาพของสารเคมีและชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลัง. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53. 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Batta, Y.A. 2013. Efficacy of endophytic and applied *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales) against larvae of *Plutella xylostella* L. (Yponomeutidae: Lepidoptera) infesting *Brassica napus* plants. *Crop Protection* 44: 128-134
- Begum, K., N. Hasan, S. Khandker, F.M. Aminuzzaman, M. Asaduzzaman, and N. Akhtar. 2014. Evaluation of brinjal cultivars (*Solanum melongena*) against root-knot nematode *Meloidogyne* spp. *Applied Science Reports* 7(3): 129-134.
- Byrd, D.W., T. Kirkpatrick, and K.R. Barker. 1983. An improved technique for clearing and staining plant tissue for detection of nematodes. *Journal of Nematology* 15(1): 142-143.
- Coyne, D.L. 1994. Nematode pests of cassava. *African Crop Science Journal* 2(4): 355-359.
- Ekanayake, H.M.R.K., and N.J. Jayasundara. 1994. Effect of *Paecilomyces lilacinus* and *Beauveria bassiana* in controlling *Meloidogyne incognita* on tomato in Sri Lanka. *Nematologia Mediterranea* 22: 87-88.
- Greenfield, M., M.I. Gomez-Jimenez, V. Ortiz, F.E. Vega, M. Kramer, and S. Parsa. 2016. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* endophytically colonize cassava roots following soil drench inoculation. *Biological Control* 95: 40-48.
- Jatala, P. 1986. Biological control of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 24: 453-489.
- Kagoda, F., D. Coyne, C. Kajumba, and J. Dusabe. 2004. Early screening of cassava for resistance to root knot nematodes. *Uganda Journal of Agricultural Sciences* 9: 574-577.
- Lopez, D.C., K. Zhu-Salzman, M.J. Ek-Ramos, and G.A. Sword. 2014. The entomopathogenic fungal endophytes *Purpureocillium lilacinum* (Formerly *Paecilomyces lilacinus*) and *Beauveria bassiana* negatively affect cotton aphid reproduction under both greenhouse

- and field conditions. PLOS ONE 9 (Issue 8): e103891
- Martinez-Medina, A., I. Fernandez, G.B. Lok, M.J. Pozo, C.M.J. Pieterse, and S.C.M. van Wees. 2016. Shifting from priming of salicylic acid- to jasmonic acid-regulated defences by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. New Phytologist 213(3): 1363-1377.
- Ownley, B.H., K.D. Gwinn, and F.E. Vega. 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. Biological Control 55: 113-128.
- Sahebani, N., and N. Hadavi. 2008. Biological control of the root knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Soil Biology and Biochemistry 40(8): 2016–2020.
- Sharon, E., M. Bar-Eyal, I. Chet, A. Herrera-Estrella, O. Kleifeld, and Y. Spiegel. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology 91(7): 687-693.
- Thienhirun, P. 1997. Efficacy of *Trichoderma* spp. in controlling root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). Ph.D. Thesis, Department of Plant Pathology, Kasetsart University.
- Umadevi, P., M. Anandaraj, and S. Benjamin. 2017. Endophytic interactions of *Trichoderma harzianum* in a tropical perennial rhizo-ecosystem. Research Journal of Biotechnology 12: 22-30.
- van Vuuren, R.J., and B. Woodward. 2001. The response of cassava cultivars to root-knot nematode infestation: An in vitro method. Euphytica 120(1): 109-113.
- Wallace, H.R. 1968. The influence of soil moisture on survival and hatch of *Meloidogyne javanica*. Nematologica 14: 231–242.
- Windham, G.L., M.T. Windham, and G.A. Pederson. 1993. Interaction of *Trichoderma harzianum*, *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne arenaria* on *Trifolium repens*. Nematropica 23: 99-103.