

การเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม
(*Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood)
และประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้าในการควบคุม

Comparison of Cassava Varieties on Infection of Root-knot Nematode,
Meloidogyne incognita (Kofoid and White) Chitwood and Efficiency of Commercial
Products of Antagonistic Fungi for Controlling

ภูมิ ตะอูน¹ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์^{2, 3*} ศิวาลัย สิริมังกรรัตน์^{2, 3} และ ดวงรัตน์ ธงภักดิ์¹
Pum Ta-oun¹, Weerasak Saksirat^{2, 3*}, Sivilai Sirimungkarat^{2, 3} and Duangrat Thongphak¹

¹สาขากีฏวิทยาและโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

¹Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

²ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

²Agricultural Biotechnology Research Center for Sustainable Economy, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

³กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม
มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

³Cultivation and Product Development Research Group of Wild Silkmoths and Economic Insects for Value Added Creation,
Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

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

(Received: 6 August 2019; Accepted: 30 September 2019)

Abstract: Ten well-known varieties of cassava; (Rayong 5, 7, 9, 11, 13, 72 and 90, KU 50, Huay Bong 60 and 80) were tested on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (RKN) infection in greenhouse condition. The cassava plant was grown in the pot (Ø 15 cm), until 21 days after planting, the nematode egg suspension (3,000 eggs) was infested in the pot per plant. After 45 days of inoculation, the quantitative nematode parameters (number of gall/root system, number of eggs/g root, and number of female adults/g root) and also growth parameters, (shoot height, shoot and root fresh weight and root fresh weight), were evaluated. The result showed that Rayong 9 was the most susceptible variety to RKN. For the efficiency of 4 commercial products of antagonistic fungi (*Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma harzianum*) on control RKN of cassava variety Rayong 9 was investigated under greenhouse condition in comparison to using nematicide (carbosulfan) and control 1 (no use of the products or nematicide and inoculation with RKN egg suspension) and untreated cassava (control 2). The commercial products were applied using recommendation rates to the cassava plants in pots. After 7, 5, 3 and 0 days of fungal application, the RKN egg suspension was inoculated in the soil. The experiments were carried out in a greenhouse comprised 19 treatments, 4 replications in CRD. After 45 days of RKN inoculation, cassava plants were determined and evaluated on RKN and growth parameters. The result of the experiment (March 16th - May 1st, 2018)

demonstrated that the 4 antagonistic products and carbosulfan were ($P < 0.05$) effective on control RKN showing 60.35 - 276.80 egg masses/root system with gall reduction of 60.28 - 91.34% and better than control treatment (696.96 egg masses), even though on the application of 7, 5, 3 or 0 day before RKN inoculation. Especially, using *T. harzianum* at 7 days before RKN inoculation, gave rise to the lowest number of RKN parameters, compared to other treatments treated with RKN and showing the most reduction of gall 91.34%.

Keywords: Commercial product, antagonistic fungi, control, root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, cassava variety

บทคัดย่อ: การทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 5, 7, 9, 11, 13, 72 และ 90, เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และ 80 ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* (RKN) ในสภาพเรือนทดลอง โดยปลูกมันสำปะหลังในกระถาง (\varnothing 15 เซนติเมตร) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 21 วัน จึงราดไข่ไส้เดือนฝอย (3,000 ไข่/ต้นกระถาง) หลังจากนั้น 45 วัน จึงประเมินค่าตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอย (จำนวนปมต่อระบบราก, จำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม และจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม) รวมทั้งตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืช (ความสูงของต้น, น้ำหนักต้นและรากสด และน้ำหนักรากสด) ผลการทดสอบ พบว่าพันธุ์ระยอง 9 อ่อนแอต่อ RKN มากที่สุด ส่วนในการทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำ 4 ชนิด ได้แก่ *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* และ *Trichoderma harzianum* เพื่อควบคุม RKN ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งปลูก 1 ต้นต่อกระถาง เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan, กรรมวิธีควบคุม 1 (ต้นมันสำปะหลังที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว) และกรรมวิธีควบคุม 2 (ต้นมันสำปะหลังที่ไม่มีการใช้ทั้งเชื้อราปฏิปักษ์และสารเคมี carbosulfan รวมทั้งไม่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย) โดยใช้ราปฏิปักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิด ตามอัตราแนะนำในฉลาก ให้กับต้นมันสำปะหลังที่ 7, 5, 3 และ 0 วันก่อนการราดไข่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 19 กรรมวิธี 4 ซ้ำ หลังจากนั้น 45 วัน จึงประเมินค่าตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอยและตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืช ผลการทดลอง (16 มีนาคม - 1 พฤษภาคม 2561) พบว่า ราปฏิปักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิดและสารเคมี carbosulfan มีค่าจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากอยู่ระหว่าง 60.35 - 276.80 กลุ่มไข่ สามารถลดการเกิดปมลงได้ 60.28 - 91.34% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ากรรมวิธีควบคุม 1 อย่างชัดเจน (696.96 กลุ่มไข่) ($P < 0.05$) ในการควบคุม RKN ทั้งการใช้ที่ 7, 5, 3 และ 0 วัน ก่อนการราดไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้รา *T. harzianum* 7 วัน ก่อนการราดไข่ มีค่าตัวชี้วัดปริมาณ RKN ทุกค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งหมดที่มีการทดสอบด้วยไข่ RKN และสามารถลดการเกิดปมลงได้มากที่สุด 91.34%

คำสำคัญ: ราปฏิปักษ์รูปการค้ำ การควบคุม ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* พันธุ์มันสำปะหลัง

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ผลผลิต และสภาพพื้นที่ สำหรับในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังมีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งไส้เดือนฝอยสามารถแพร่ระบาด

ในสภาพดินปลูกที่มีความชื้น เช่นจากวิธีการให้น้ำดังกล่าว (Office of Expert, Department of Agriculture, 2019)

สำหรับโรครากปมนี้มีสาเหตุมาจากไส้เดือนฝอยรากปม (root-knot nematode, *Meloidogyne* spp.) ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยศัตรูพืชที่สำคัญทำลายพืชได้หลายชนิดในประเทศไทยมีรายงานโรครากปมในมันสำปะหลังที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. incognita* เป็นครั้งแรกในแปลงปลูก

ของเกษตรกรบริเวณปากทางเข้าอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย (Sonthirat et al., 1978) ต่อมา Maneechote et al. (2016) รายงานว่าโรครากปมของมันสำปะหลังมีการระบาดรุนแรงในปี พ.ศ. 2544 ที่จังหวัดชัยภูมิ ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ตั้งแต่ 20-100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในต่างประเทศนั้น จากการสำรวจในประเทศอุกันดาพบว่า มีไส้เดือนฝอยหลายชนิดที่มีความสัมพันธ์กับมันสำปะหลัง แต่มีบางชนิดที่ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้ชนิดที่ทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด คือ *M. incognita*, *M. javanica* และ *Pratylenchus brachyurus* ซึ่งการสูญเสียผลผลิตหัวมันสำปะหลังนั้นมีสูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. (Coyne, 1994)

สำหรับการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยศัตรูพืชมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้สารเคมี การใช้สารอินทรีย์ การควบคุมทางชีววิธี การใช้พันธุ์ต้านทาน และวิธีทางเขตกรรม ซึ่งการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละวิธีนั้นต่างมีข้อจำกัด เช่น การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ลงทุนสูง เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และตกค้างในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำวิธีการอื่นที่ปลอดภัย อาทิ ชีววิธีมาใช้ร่วมด้วยในการควบคุม จึงเป็นแนวทางที่ควรให้ความสำคัญ สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีรายงานควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนั้น มีการใช้ราปฏิบัตินำ เช่น *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* และ *Trichoderma* spp. เป็นต้น (Saksirirat, 2017) ทั้งนี้พบว่าในต่างประเทศมีการใช้ทั้งรา *P. lilacinus* และรา *B. bassiana* ซึ่งให้ผลดีใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Ekanayake and Jayasundara, 1994) ส่วนในประเทศไทยมีการนำรา *P. lilacinus* บางรูปการค้ำมาใช้ และมีจุดเน้นเพื่อควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลัง โดยทดสอบในระดับแปลงปลูกที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอยรากปม ซึ่งพบว่าการใช้สารเคมี oxamyl, carbofuran และรา *P. lilacinus* มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลัง ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Lertsuchatavanich, 2015) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่อ่อนแอสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิบัตินำการควบคุมโรค

รากปมของมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลอง สำหรับการนำไปใช้โดยตรงหรือประยุกต์ใช้ในสภาพไร่ด้วยวิธีการผสมผสานเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป รวมทั้งเป็นข้อมูลประกอบสำหรับการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังต่อการทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

1.1 พันธุ์มันสำปะหลัง

พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาศึกษาเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ ระยะเวลา 5, 7, 9, 11, 13, 72 และ 90, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ 80 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 3 จังหวัดขอนแก่น

1.2 การเตรียมดินและต้นมันสำปะหลัง

นำดินร่วนผสมกับทรายในอัตราส่วน 1 : 1 สำหรับใช้ทดสอบในข้อ 1 และดินร่วนผสมดินทรายผสมพีทมอสในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 สำหรับใช้ทดสอบในข้อ 2 บรรจุในถุงพลาสติกทึบร้อน และนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาบรรจุกระถาง (Ø15 เซนติเมตร) ปลูกมันสำปะหลังทุกพันธุ์ลงในกระถางที่มีดิน 1 ต้นต่อ 1 กระถาง โดยใช้ท่อนพันธุ์ความยาว 20 เซนติเมตร ให้อยู่สูง 15-15-15 ในอัตรา 2 กรัมต่อต้นต่อกระถาง หลังการปลูกรดน้ำ 1 ครั้งต่อวัน เพื่อใช้สำหรับการทดลองข้อ 1 และ 2

1.3 การแยกและเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม

เก็บตัวอย่างโรครากปมของมันสำปะหลังที่มีสาเหตุมาจากไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จากแปลงของเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ นำตัวอย่างรากที่เป็นปมมาแยกกลุ่มไข่เดี่ยว ๆ ที่เป็นไข่แก่และมีสีน้ำตาล แล้วนำไปเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมนี้ โดยใช้มะเขือเทศพันธุ์สีดา เพื่อใช้เตรียมไข่และสารแขวนลอยไข่ไส้เดือนฝอยรากปมสำหรับการทดลอง (ประยุกต์ตามวิธีการของ Chupraphawan et al., 2007)

1.4 การเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังต่อการทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

นำมันสำปะหลังทั้ง 10 พันธุ์ที่มีอายุ 21 วันซึ่งปลูกในกระถางตามข้อ 1.2 มารดด้วยไข่ไส้เดือนฝอยที่เตรียมตามข้อ 1.3 ในอัตราไข่ 3,000 ฟองต่อกระถาง (ประยุกต์ตาม Kagoda *et al.*, 2004; Tangchitsomkid *et al.*, 2015; van Vuuren and Woodward, 2001) สำหรับกรรมวิธีควบคุม คือ มันสำปะหลัง 10 พันธุ์ที่ไม่มีการราดไข่ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มีทั้งหมด 20 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ (กระถาง) วางกระถางให้ห่างกันประมาณ 25 เซนติเมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ตรวจสอบผลหลังจากราดไข่ 45 วัน โดยมีกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้

กรรมวิธีควบคุมที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 และ 19 คือมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5, 7, 9, 11, 13, 72 และ 90, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ 80 ที่ไม่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย ตามลำดับ

กรรมวิธีทดลองที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 คือมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5, 7, 9, 11, 13, 72 และ 90, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ 80 ที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย ตามลำดับ

หลังจากราดไข่ได้ 45 วัน บันทึกข้อมูลตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอย (quantitative nematode parameters) ได้แก่ จำนวนปมต่อระบบราก (ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์หลักในการประเมินตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมเพื่อป้องกันถึงความรุนแรง)ประยุกต์ตาม Begum *et al.* (2014) และ Tangchitsomkid *et al.* (2015) จำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม และจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม โดยการย้อมสีตัวเต็มวัยเพศเมียด้วย acid fuchsin ตามวิธีการของ Byrd *et al.* (1983) และตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืช (growth parameters) ได้แก่ ความสูงของต้น น้ำหนักต้นและรากสด และน้ำหนักรากสด ดำเนินการทดลองในฤดูร้อน (16 มีนาคม - 1 พฤษภาคม 2561) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่บันทึก (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. การทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่อไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลัง

2.1 ราปฏิปักษ์รูปการค้ำ

รวบรวมราปฏิปักษ์รูปการค้ำที่สำคัญ 4 ชนิดเพื่อทดสอบการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้แก่ Product 1 (รา *Beauveria bassiana*) อัตราแนะนำในการใช้ 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, Product 2 (รา *Paecilomyces lilacinus*) Product 3 (รา *Metarhizium anisopliae*) อัตราแนะนำในการใช้ 200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ Product 4 (รา *Trichoderma harzianum*) อัตราแนะนำในการใช้ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อมีการใช้จึงนำราปฏิปักษ์รูปการค้ำใส่ลงในน้ำในอัตราแนะนำ แล้วราดลงที่โคนต้นมันสำปะหลัง 250 มิลลิเมตรต่อต้น

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำ

ทดสอบราปฏิปักษ์รูปการค้ำทั้ง 4 ชนิด และสารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan โดยใช้ตามอัตราที่แนะนำไว้ในฉลาก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 19 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (กระถาง) โดยมีรายละเอียดของกรรมวิธีดังนี้

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

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

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

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

กรรมวิธีที่ 17 มันสำปะหลัง + ราดไข่ไส้เดือนฝอย + สารเคมี carbosulfan

กรรมวิธีที่ 18 มันสำปะหลัง + ราดไข่ไส้เดือนฝอย (กรรมวิธีควบคุม 1)

กรรมวิธีที่ 19 มันสำปะหลังอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม 2)

เตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมที่ได้จากการทดลองที่ 1.4) ปลูกในกระถาง ตามวิธีเดียวกันกับข้อ 1.2 เมื่อมันสำปะหลังมีอายุครบ 14 วัน จึงปลูกราปฏิบัตินำในกรรมวิธีที่ 1-4 โดยซึ่งราปฏิบัตินำรูปการดำทั้ง 4 ชนิด ตามอัตราที่ใช้ ซึ่งระบุไว้ในฉลากผลิตภัณฑ์ แล้วราดที่โคนต้นมันสำปะหลัง 250 มิลลิลิตร ต่อต้น หลังจากนั้น 2 วัน ปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 5-8 อีก 2 วันปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 9+12 และต่อมาอีก 3 วันปฏิบัติเช่นเดียวกันสำหรับกรรมวิธีที่ 13+16 และในกรรมวิธีที่ 17 ใส่สารเคมี carbosulfan ในอัตราแนะนำ 2.5 กรัมต่อต้น ใส่สารแขวนลอยไข่ไส้เดือนฝอยรากปมรอบโคนต้นมันสำปะหลัง ปริมาณไข่ 3,000 ฟองต่อต้นต่อกระถาง ในกรรมวิธีที่ 1-18 แต่ละกรรมวิธีทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละกระถาง แต่ละกระถางปลูกมันสำปะหลัง 1 ต้น โดยมีชุด

ควบคุม ได้แก่ กรรมวิธีที่ 18 ใส่ไข่ไส้เดือนฝอยรากปมอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ 19 ไม่มีการราดราปฏิบัตินำใด ๆ และไม่มีการใช้สารเคมี carbosulfan รวมทั้งไม่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอยรากปม ดูแลรักษาต้นมันสำปะหลัง เช่นเดียวกับข้อ 1.2

ประเมินประสิทธิภาพของราปฏิบัตินำการดำและสารเคมี carbosulfan ต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลังหลังจากราดไข่ 45 วัน บันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 1.4 แต่เป็นการเก็บข้อมูลจำนวนกลุ่มไข่ต่อระบบรากแทน (ประยุกต์ตามกรรมวิธีของ Begum *et al.*, 2014 และ Tangchitsomkid *et al.*, 2015)

ผลการศึกษา

1. การเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังต่อการทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

ผลการทดสอบพบว่ามันสำปะหลังทั้ง 10 พันธุ์หลังการราดไข่ไส้เดือนฝอยรากปม 45 วัน (Table 1) นั้นไม่แสดงอาการผิดปกติในส่วนเหนือดินให้เห็น รวมทั้งอาการใบเหี่ยวเหลืองหรืออาการแคระแกร็น จึงไม่สามารถ

Table 1. Number of galls/root system, number of eggs/g root, number of female adults/g root, shoot height, shoot and root fresh weight and root fresh weight of different cassava varieties inoculated with root-knot nematode *Meloidogyne incognita*

Cassava varieties	Galls/root system		Eggs/g root		Female adults/g root		Shoot height (cm)		Shoot and root fresh weight (g)		Root fresh weight (g)	
	Control	Inoculation	Control	Inoculation	Control	Inoculation	Control	Inoculation	Control	Inoculation	Control	Inoculation
Rayong 5	0 d	159.67 ab	0 d	34.88 a	0 d	82.66 a	50.33 a	38.67 bcd	126.60 a	80.10 cde	7.49 bcd	6.92 bcd
Rayong 7	0 d	91.33 bc	0 d	13.21 c	0 d	60.66 abc	39.83 bcd	32.5 def	99.30 ab	40.80 h	7.21 bcd	7.33 bcd
Rayong 9	0 d	168.33 a	0 d	26.57 ab	0 d	83.00 a	48.67 a	45.23 ab	67.70 def	83.20 bcde	6.55 bcd	7.11 bcd
Rayong 11	0 d	117.00 abc	0 d	15.72 bc	0 d	54.00 abc	50.67 a	45.00 abc	126.20 a	107.80 ab	11.28 a	8.32 b
Rayong 13	0 d	53.66 cd	0 d	11.34 c	0 d	46.33 bc	38.17 bcd	36.17 de	63.20 efg	67.30 ef	4.83 d	5.76 bcd
Rayong 72	0 d	142.00 ab	0 d	18.13 bc	0 d	71.00 ab	37.00 cd	38.27 bcd	95.60 bc	83.60 bcde	6.41 bcd	8.05 bc
Rayong 90	0 d	60.00 cd	0 d	14.62 c	0 d	44.66 bc	35.27 de	27.03 f	53.30 fgh	46.80 gh	6.31 bcd	5.36 cd
Kasetsart 50	0 d	59.33 cd	0 d	12.20 c	0 d	36.33 c	40.03 bcd	35.00 def	80.80 cde	65.80 efg	6.69 bcd	6.25 bcd
Huay Bong 60	0 d	104.00 abc	0 d	14.31 c	0 d	55.00 abc	38.33 bcd	34.30 def	69.90 efg	64.30 efg	7.93 bc	6.12 bcd
Huay Bong 80	0 d	62.66 cd	0 d	10.59 cd	0 d	52.00 bc	28.27 ef	32.87 def	97.40 bc	88.50 bc	5.54 bcd	5.73 bcd
F-test	**		**		**		**		**		**	
C.V. (%)	46.99		41.39		33.66		6.7		10.02		13.72	

Means followed by the same letter(s) in the columns of control and inoculation are not significantly different ($P>0.05$, DMRT)

ประเมินด้วยสายตาว่าพันธุ์ใดอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม เมื่อนำรากมันสำปะหลังมาตรวจสอบ เพื่อประเมินพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอยจากตัวชีวิตปริมาณไส้เดือนฝอย แสดงให้เห็นว่าพันธุ์มันสำปะหลังกรรมวิธีที่มีการราดไข่ ซึ่งมีจำนวนปมต่อระบบรากมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์ระยอง 9 (168.33 ปม) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 5 (159.67 ปม), ระยอง 72 (142.00 ปม), ระยอง 11 (117.00 ปม) และห้วยบง 60 (104.00 ปม) แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับพันธุ์ระยอง 7 (91.33 ปม), ห้วยบง 80 (62.66 ปม), ระยอง 90 (60.00 ปม), เกษตรศาสตร์ 50 (59.33 ปม) และ ระยอง 13 (53.66 ปม) ส่วนกรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการราดไข่ของทั้ง 10 พันธุ์นั้นไม่พบการเกิดปมใด ๆ เลย

ส่วนพันธุ์มันสำปะหลังในกรรมวิธีที่มีการราดไข่ ซึ่งมีจำนวนไข่ต่อราก 1 กรัมมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์ระยอง 5 (34.88 ฟอง) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 9 (26.57 ฟอง) แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับพันธุ์ระยอง 72 (18.13 ฟอง), ระยอง 11 (15.72 ฟอง), ระยอง 90 (14.62 ฟอง), ห้วยบง 60 (14.31 ฟอง), ระยอง 7 (13.21 ฟอง), เกษตรศาสตร์ 50 (12.20 ฟอง), ระยอง 13 (11.34 ฟอง) และห้วยบง 80 (10.59 ฟอง) โดยไม่พบไข่ไส้เดือนฝอยรากปมในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการราดไข่ในมันสำปะหลังทั้ง 10 พันธุ์

สำหรับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม นั้น พันธุ์ที่มีจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียมากที่สุดและรองลงมาตามลำดับโดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 9 (83.00 ตัว), ระยอง 5 (82.66 ตัว), ระยอง 72 (71.00 ตัว), ระยอง 7 (60.66 ตัว), ห้วยบง 60 (55.00 ตัว) และระยอง 11 (54.00 ตัว) แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับพันธุ์ห้วยบง 80 (52.00 ตัว), ระยอง 13 (46.33 ตัว), ระยอง 90 (44.66 ตัว) และเกษตรศาสตร์ 50 (36.33 ตัว) และสำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการราดไข่ของทั้ง 10 พันธุ์นั้น ไม่พบตัวเต็มวัยเพศเมีย

ในกรณีที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย ความสูงของต้นนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 27.03-45.23 เซนติเมตร มันสำปะหลังที่มีความสูงที่สุด ได้แก่พันธุ์ระยอง 9 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 11 (45.00 เซนติเมตร), ระยอง 5 (38.67 เซนติเมตร) และระยอง 72 (38.27

เซนติเมตร) ส่วนกรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่มีการราดไข่นั้น พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 28.27-50.67 เซนติเมตร โดยพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุดคือระยอง 11 และพันธุ์ที่มีความสูงต่ำที่สุดคือห้วยบง 80

สำหรับน้ำหนักต้นและรากสดในกรณีที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย มีค่าอยู่ระหว่าง 40.80-107.80 กรัม พบว่าที่มีค่ามากที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 11 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ห้วยบง 80 (88.50), ระยอง 72 (83.60) และระยอง 9 (83.20) ส่วนพันธุ์ที่มีค่าต่ำที่สุดคือระยอง 7 ทั้งนี้กรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่มีการราดไข่นั้นพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 53.30-126.60 กรัม โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือระยอง 5 และพันธุ์ที่มีน้ำหนักต่ำที่สุดคือระยอง 90

ส่วนน้ำหนักรากสดในกรณีที่มีการราดไข่ไส้เดือนฝอย มีค่าอยู่ระหว่าง 5.36-8.32 กรัม โดยพบว่าพันธุ์ระยอง 11 มีค่ามากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 72 (8.05 กรัม), ระยอง 7 (7.33 กรัม), ระยอง 9 (7.11 กรัม), ระยอง 5 (6.92 กรัม), เกษตรศาสตร์ 50 (6.25 กรัม), ห้วยบง 60 (6.12 กรัม), ระยอง 13 (5.76 กรัม) และห้วยบง 80 (5.73 กรัม) ทั้งนี้พันธุ์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดคือระยอง 90 ส่วนกรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่มีการราดไข่นั้นพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 4.83-11.28 กรัม ทั้งนี้พันธุ์ที่มีน้ำหนักรากมากที่สุดได้แก่ พันธุ์ระยอง 11 และน้อยที่สุดคือพันธุ์ระยอง 13

ซึ่งเมื่อประเมินจากตัวชีวิตปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมจากค่าของจำนวนปมต่อระบบรากเป็นประเด็นหลัก มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีความอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปมมากที่สุด จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดต่อการนำมาใช้ทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* นอกจากจำนวนปมต่อระบบรากแล้ว จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าจำนวนไข่ต่อรากและจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัมก็ให้ผลในการทำงานเดียวกันอย่างชัดเจน

2. การทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์รูปการค้ำต่อโรครากปมของมันสำปะหลัง

จากการใช้ราปฏิปักษ์รูปการค้ำ 4 ชนิด (รา *B. bassiana*, รา *P. lilacinus*, รา *M. anisopliae* และ รา *T. harzianum*) เพื่อควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลัง

ในสภาพเรือนทดลองในฤดูร้อน เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี carbosulfan และการไม่ใช้ราปฏิปักษ์ ซึ่งแสดงใน Table 2 พบว่า การใช้ราปฏิปักษ์ 4 ชนิด ทั้งที่ 7, 5, 3 และ 0 วัน ก่อนการราดไข่ไส้เดือนฝอย (กรรมวิธีที่ 1-16) และการใช้สารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) เมื่อประเมินจากตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอยนั้น พบว่า มีจำนวนกลุ่ม

ไข่ต่อระบบรากอยู่ระหว่าง 60.35-276.80 กลุ่มไข่ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 18 (กรรมวิธีควบคุม 1, มีการราดไข่ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการใช้ทั้งราปฏิปักษ์และสารเคมี) ที่มีจำนวนมากที่สุด (696.96 กลุ่มไข่) ซึ่งสามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ลงได้ 60.28-91.34 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การใช้รา *T. harzianum* ที่ 7 วัน ก่อนการราด

Table 2. Efficiency of commercial products of antagonistic fungi on infection of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and growth parameters of cassava plants tested in warm season (March 16th - May 1st, 2018)

Treatment	Egg masses/root system (egg mass)	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	179.60 bc	27.60 b	11.63 cde	22.03 c	133.80 abc	22.20 abc	74.23
2. Product 2 (7 days) + RKN eggs	194.46 bc	10.46 bcd	7.88 efgh	23.80 abc	149.06 abc	29.47 abc	72.10
3. Product 3 (7 days) + RKN eggs	195.62 bc	18.62 bcd	8.00 defgh	27.00 a	174.92 ab	26.82 abc	71.93
4. Product 4 (7 days) + RKN eggs	60.35 cd	5.54 cd	4.13 h	23.50 bc	135.43 abc	24.33 abc	91.34
5. Product 1 (5 days) + RKN eggs	154.90 bc	8.91 bcd	9.63 cdef	25.75 ab	177.77 a	27.89 abc	77.77
6. Product 2 (5 days) + RKN eggs	250.55 b	17.49 bcd	16.50 b	23.50 bc	144.49 abc	25.04 abc	64.05
7. Product 3 (5 days) + RKN eggs	211.40 bc	8.03 cd	6.00 fgh	24.73 abc	179.72 a	35.05 a	69.67
8. Product 4 (5 days) + RKN eggs	154.02 bc	23.08 bc	12.00 cde	23.13 bc	125.47 abc	18.013 c	77.90
9. Product 1 (3 days) + RKN eggs	276.80 b	15.92 bcd	13.13 bc	22.13 c	146.46 abc	29.10 abc	60.28
10. Product 2 (3 days) + RKN eggs	197.84 bc	20.91 bc	12.50 bcd	22.50 bc	135.98 abc	20.04 bc	71.61
11. Product 3 (3 days) + RKN eggs	185.03 bc	6.96 cd	10.75 cde	25.00 abc	161.68 abc	34.14 ab	73.45
12. Product 4 (3 days) + RKN eggs	177.68 bc	21.29 bc	10.88 cde	24.25 abc	136.08 abc	20.67 abc	74.50
13. Product 1 (0 day) + RKN eggs	171.77 bc	19.58 bc	8.63 cdefg	23.75 abc	129.77 abc	20.95 abc	75.35
14. Product 2 (0 day) + RKN eggs	163.05 bc	19.95 bc	9.50 cdef	22.10 c	129.62 abc	20.99 abc	76.61
15. Product 3 (0 day) + RKN eggs	175.35 bc	12.13 bcd	7.63 efgh	23.38 bc	147.95 abc	25.49 abc	74.84
16. Product 4 (0 day) + RKN eggs	238.32 b	10.04 bcd	7.75 efgh	24.50 abc	159.92 abc	32.09 abc	65.81
17. Nematicide (carbosulfan) (0 day)	76.37 cd	12.74 bcd	4.75 gh	23.25 bc	104.34 c	17.92 c	89.04
18. Control 1 + RKN eggs	696.96 a	92.24 a	39.75 a	18.75 d	116.89 bc	19.23 c	0
19. Control 2 (No RKN eggs)	0.00 d	0.00 d	0.00 i	22.25 bc	134.03 abc	22.56 abc	-
F-test	**	**	**	**	**	**	
C.V. (%)	46.40	60.46	25.78	8.85	24.02	34.55	

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*

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

No. egg masses from control 1

ไขได้เดือนฝอย (กรรมวิธีที่ 4) ควบคุมได้เดือนฝอยได้ดีที่สุด ซึ่งมีจำนวนกลุ่มไขน้อยที่สุด (60.35 กลุ่มไข) ทั้งนี้สามารถลดการเกิดปมลงถึง 91.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม 1 รองลงมาคือการใช้สารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17, 76.37 กลุ่มไข) โดยทั้ง 2 กรรมวิธีนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งทุกกรรมวิธีที่มีการใช้ราปฏิปักษ์และกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี carbosulfan นั้น มีประสิทธิภาพพออย่างชัดเจน ($P < 0.05$) ในการควบคุมได้เดือนฝอย

เมื่อพิจารณาจากการตรวจนับจำนวนไขต่อราก 1 กรัม นั้น พบว่าการใช้รา *T. harzianum* ที่ 7 วัน ก่อนการราดไขได้เดือนฝอย (กรรมวิธีที่ 4) มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน การควบคุมได้เดือนฝอย โดยพบเพียง 5.54 ฟอง ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีที่ไม่มีการควบคุมใด ๆ (กรรมวิธีที่ 18, 92.24 ฟอง/ราก 1 กรัม) และ การใช้รา *B. bassiana* ที่ 7 วัน ก่อนการราดไขได้เดือนฝอย (กรรมวิธีที่ 1, 27.60 ฟอง/ราก 1 กรัม) แต่กรรมวิธีที่ 4 นี้ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ราปฏิปักษ์อื่น ๆ ที่เหลือและสารเคมี carbosulfan ซึ่งมีประสิทธิภาพโดยเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่กรรมวิธีที่ 11, 7, 5, 16, 2, 15, 17, 9, 6, 3, 13, 14, 10, 12 และ 8 ตามลำดับ

สำหรับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียต่อราก 1 กรัม นั้น พบว่ากรรมวิธีที่ 18 (กรรมวิธีควบคุม 1) มีจำนวนได้เดือนฝอยมากที่สุด 39.75 ตัว ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งหมด ในขณะที่การใช้รา *T. harzianum* ที่ 7 วัน (กรรมวิธีที่ 4) มีประสิทธิภาพดี ที่สุด ซึ่งให้ค่าตัวเต็มวัยเพศเมียน้อยที่สุด 4.13 ตัว โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีรองลงมาคือการใช้สารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) 4.75 ตัวและกรรมวิธีที่มีการใช้ราปฏิปักษ์อื่น ๆ (เรียงจำนวนจากน้อยไปหามากคือ กรรมวิธีที่ 7, 15, 16, 2 และ 3 ตามลำดับ)

ส่วนตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของพืชนั้น พบว่า ความสูงของต้นในกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งใช้รา *M. anisopliae* 7 วันก่อนการราดไขมีความสูงของต้นสูงที่สุด (27.00 เซนติเมตร) โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ราปฏิปักษ์ กรรมวิธีอื่นซึ่งให้ค่ารองลงมาตามลำดับคือ กรรมวิธีที่ 5, 11, 7, 16, 12, 2 และ 13 แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติกับการใช้ราปฏิปักษ์กรรมวิธีอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นและสารเคมี carbosulfan รวมทั้งกับ กรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธีที่ 18) ซึ่งมีความสูงของต้น น้อยที่สุด (18.75 เซนติเมตร) สำหรับน้ำหนักต้นและราก สดพบว่า การใช้รา *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 7, 5 วัน ก่อนการราดไข) ให้ค่าน้ำหนักต้นและรากสดมากที่สุด (179.72 กรัม) รองลงมาคือการใช้รา *B. bassiana* (กรรมวิธีที่ 5, 177.77 กรัม) ซึ่งทั้งสองกรรมวิธีดังกล่าวนี้ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ยกเว้นกรรมวิธี การใช้สารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีที่ 17) และ กรรมวิธีควบคุม 1 (กรรมวิธี 18) ในขณะที่น้ำหนักรากสด นั้น การใช้รา *M. anisopliae* (กรรมวิธีที่ 7) ทำให้มีน้ำหนักมีน้ำหนักรากสดมากที่สุด (35.05 กรัม) ซึ่ง กรรมวิธีที่ 11 (รา *M. anisopliae*, 34.14 กรัม) ให้ผล ใกล้เคียงรองลงมาและไม่แตกต่างกันทางสถิติ อีกทั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ยกเว้นกรรมวิธีที่ 10 (รา *P. lilacinus*), 18 (กรรมวิธีควบคุม 1), 8 (รา *T. harzianum*) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่ 17 (สารเคมี carbosulfan) ซึ่งมีน้ำหนักรากสดต่ำที่สุด ตามลำดับ

วิจารณ์

จากการทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังทั้ง 10 พันธุ์ ในสภาพการราดไขได้เดือนฝอยรากปม พบว่าพันธุ์มัน สำปะหลังที่มีจำนวนปมต่อระบบรากมากที่สุดคือพันธุ์ ะยะของ 9 (168.3 ปม) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ ะยะของ 5, 72, 11 และห้วยบง 60 ส่วนมันสำปะหลังที่มี จำนวนปมน้อยที่สุดคือพันธุ์ยะของ 13 แสดงให้เห็นว่ามัน สำปะหลังที่มีความอ่อนแอต่อได้เดือนฝอยรากปม คือ พันธุ์ยะของ 9 เมื่อประเมินจากตัวชี้วัดปริมาณได้เดือน ฝอยโดยใช้จำนวนปมต่อระบบรากเป็นเกณฑ์ พบว่าพันธุ์ อ่อนแอให้ผลไม่สอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการ เกษตร ที่รายงานว่ามันสำปะหลังพันธุ์ยะของ 72 เป็นหนึ่งใน พันธุ์ต้านทานได้เดือนฝอยรากปม (Office of Expert, Department of Agriculture, 2019; Tangchitsomkid et al., 2015) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พันธุ์ยะของ 72 มีแนวโน้ม เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอซึ่งอยู่ในลำดับต้น ๆ โดยมีค่าตัวชี้วัด

ปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมจำนวนรองลงมาจากพันธุ์ระยอง 9 และระยอง 5 ซึ่งการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นในเรือนทดลองที่มีการรดน้ำไส้เดือนฝอยรากปมที่มีความสม่ำเสมอ โดยมุ่งหวังให้ได้พันธุ์อ่อนแอที่สุดสำหรับสำหรับใช้ทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิบัตินำต่อไป ซึ่งมีโอกาสให้ผลที่ไม่เหมือนกันจากการทดสอบในสภาพที่แตกต่างกันเช่น สายพันธุ์ของไส้เดือนฝอย ความเข้มข้นของน้ำ สภาพพื้นที่และดินทดลอง ฤดูกาล ตลอดจนอายุของพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สำหรับพันธุ์ระยอง 9 นั้นก็ให้ผลที่สอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการเกษตร (Office of Expert, Department of Agriculture, 2019; Tangchitsomkid et al., 2015) ที่จัดเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม ทั้งนี้ได้คัดเลือกพันธุ์ระยอง 9 ไปทดสอบการควบคุมโรครากปมนี้ด้วยราปฏิบัตินำการควบคุม เพื่อให้ผลที่มีความชัดเจนสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้โดยวิธีเช่นราปฏิบัตินำกับพันธุ์อื่น ๆ รวมทั้งในสภาพไรต่อไป สำหรับพันธุ์ที่แข็งแรงเมื่อประเมินจากค่าตัวชี้วัดที่สำคัญ (จำนวนปมต่อระบบราก) และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์อ่อนแอแล้ว พันธุ์แข็งแรงที่มีค่าตัวชี้วัดดังกล่าวอยู่ในกลุ่มน้อย - น้อยที่สุด 3 ลำดับ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 13, เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 90 ตามลำดับ จึงเป็นพันธุ์ที่น่าสนใจ เพื่อการนำไปศึกษาต่อไปในสภาพไรที่ความแตกต่างกันเช่น พื้นที่ชนิดดิน และฤดูกาล เป็นต้น

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิบัตินำการควบคุม 4 ชนิด เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย carbosulfan และการไม่ใช้ทั้งราปฏิบัตินำและสารเคมี carbosulfan (กรรมวิธีควบคุม 1, กรรมวิธีที่ 18) ต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 โดยเป็นพันธุ์อ่อนแอที่สุดจากการคัดเลือกนี้ต่อการเข้าทำลายในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งทำการทดสอบในฤดูร้อน พบว่าการใช้ราปฏิบัตินำการควบคุมทั้ง 4 ชนิดและสารเคมี carbosulfan มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม ไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ 7, 5, 3 และ 0 วัน ก่อนการรดน้ำ โดยสามารถลดการเกิดปมลงได้ 60.28-91.34 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การใช้รา *T. harzianum* 7 วัน ก่อนการรดน้ำ ทำให้ตัวชี้วัดปริมาณไส้เดือนฝอย มีค่าน้อยกว่าในกรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งหมดที่มีการทดสอบกับ

ไส้เดือนฝอย (ลดการเกิดปมได้สูงที่สุด 91.34 เปอร์เซ็นต์) การที่รา *T. harzianum* มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมได้ดังนี้ อาจเนื่องจากมีกลไกในการเป็นปฏิบัตินำต่อไส้เดือนฝอยได้หลายอย่าง อาทิ การทำลายไข่ ที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase (Sahebani and Hadavi, 2008) และ protease (Sharon et al., 2001) หรือแม้แต่การมีคุณสมบัติของการเจริญครอบคลุมรากพืชและกระตุ้นความต้านทานโรคพืช (induced systemic resistance) ได้ (Martinez-Medina et al., 2016; Saksirirat, 2017) รวมทั้งการสร้างสารที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยเช่น 6-pentyl- α -pyrone เป็นต้น (Tranier et al., 2014) สำหรับค่าตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่ได้นั้น พบว่ากรรมวิธีควบคุม 1 มีความสูงของต้นน้อยที่สุด และมีน้ำหนักต้นและรากสดอยู่ในระดับต่ำเกือบที่สุด ในขณะที่การใช้รา *M. anisopliae* ต่างกรรมวิธีทำให้ต้นมันสำปะหลังมีความสูง รวมทั้งน้ำหนักต้นและรากสดอยู่ในระดับมาก - มากที่สุด ส่วนน้ำหนักรากสด กรรมวิธีควบคุม 1 นั้น ก็ตรวจพบไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลายราก แต่ไม่แสดงอาการรากปมที่ชัดเจน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการประเมินผลมันสำปะหลังที่อายุ 45 วัน หลังการรดน้ำ ทั้งนี้ Lertsuchatavanich (2015) ได้รายงานว่าการพัฒนาการโรครากปมของมันสำปะหลังนั้น จะสังเกตได้ชัดเจนที่บริเวณรากฝอย เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 6 เดือน ดังนั้นน้ำหนักรากสดจึงมีโอกาสใกล้เคียงโดยไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีต่าง ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพ (การใช้ราปฏิบัตินำส่วนใหญ่และสารเคมี carbosulfan) นอกจากนั้นการใช้ราปฏิบัตินำยังให้ผลดี เช่น การเป็นราเอนโดไฟต์ (endophyte) ที่มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืช โดยมีราปฏิบัตินำหลายชนิดที่เป็นเอนโดไฟต์ (endophytic fungi) ซึ่งมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ Greenfield et al. (2016) ได้รายงานเป็นครั้งแรกว่ารา *B. bassiana* และรา *M. anisopliae* เป็นราเอนโดไฟต์ในมันสำปะหลัง โดยมีการเจริญครอบคลุมรากมันสำปะหลังได้มากที่บริเวณโคนรากมากกว่าปลายราก ซึ่งรา *M. anisopliae* นั้นมีความสามารถในการอาศัยอยู่ในต้นได้ยาวนานและดีกว่ารา *B. bassiana* อีกทั้งการใช้สารเคมี carbosulfan หรือแม้แต่กรรมวิธีควบคุม 2 (กรรมวิธีที่ 19, ไม่มีการใช้รา

ปฏิบัติไม่มีการใช้สารเคมี carbosulfan และไม่มีการราดไข่ได้เดือนฝอย) นั้น ยังให้ค่าตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่มากในระดับไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ราปฏิบัติน้ำรูปการค้ำกรรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนใหญ่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของราปฏิบัติน้ำรูปการค้ำกรรรมที่ควรพิจารณาเพื่อการขยายผลการศึกษาต่อไป

สรุป

การทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยะของ 5, 7, 9, 11, 13, 72 และ 90, เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และ 80 ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. inognita* ในสภาพเรือนทดลอง พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปมมากที่สุดคือ พันธุ์ระยะของ 9 เมื่อนำราปฏิบัติน้ำรูปการค้ำ 4 ชนิด (รา *B. bassiana*, รา *P. lilacinus*, รา *M. anisopliae* และ รา *T. harzianum*) มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันสำปะหลังพันธุ์ระยะของ 9 พบว่าราปฏิบัติน้ำรูปการค้ำ *T. harzianum* มีประสิทธิภาพเทียบเท่าสารเคมี carbosulfan ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในสภาพเรือนทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 3 จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ก่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน และกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์เหมาป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยบางส่วน รวมทั้งการให้ความอนุเคราะห์การใช้ครุภัณฑ์และอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

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.

Chupraphawan, Y., W. Saksirirat, A. Hiransalee and N. Sanaomuang. 2007. Evaluation of soil fungi for suppressing root-knot nematode *Meloidogyne incognita* of chilli in microplot trials. Khon Kaen Agriculture Journal 35(2): 189-195. (in Thai)

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.

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.

Lertsuchatavanich, U. 2015. Efficiency of chemical and bioproduct on controlling root-knot nematode of cassava. pp. 1-7. In: Proceedings of the 53rd Conference of Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

- Maneechote, C., S. Sahaya, P. Ekkathin and Y. Anantanamane (eds.). 2016. Handbook of Integrated Pest Management of Cassava. Guarantee Co., Bangkok. 67 p. (in Thai)
- 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.
- Office of Expert, Department of Agriculture. 2019. Plant Pest. (Online). Available: http://www.expertdoa.com/km_plant_info.php?ProductID=16 (May 10, 2019). (in Thai)
- 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.
- Saksirirat, W. 2017. Antagonistic Fungi for Biological Control of Plant Diseases. Klung Nana Partnership, Khon Kaen. 212 p. (in Thai)
- 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.
- Sonthirat, S., K. Suthisuk, W. Norasing, S. Ratchatha and C. Suwannasam. 1978. Plant parasitic nematode in the northeast. Research Paper No.3, Agricultural Office of the Northeast, Khon Kaen. 50 p. (in Thai)
- Tangchitsomkid, N., P. Mulchanta, U. Lertsuchatwanit and O. Boonseng. 2015. Selection and evaluation of cassava germ plasm resistant to root-knot nematode. Full Report. NSTDA, Bangkok. 69 p. (in Thai)
- Tranier, M.-S., J. Pognant-Gros, R.D.C. Quiroz, C.N.A. Gonzalez, T. Mateille and S. Roussos. 2014. Commercial biological control agents targeted against plant-parasitic root-knot nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 57(6): 831-841.
- 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.
-