แก่นเกษตร ๓๔ (๓) : ๒๐๒-๒๐๘ (๒๕๔๙) KHON KAEN AGRIC. 34 (3) : 202-208 (2006)

การใช้สารป้องกันรังสีอาทิตย์เคลือบไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงอาศัยหนอนกินรังผึ้ง *Galleria mellonella* (Linnaeus)

Using Solar Radiation Protectants to Increase Efficacy of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) in Infecting Insect Host: Greater Wax Moth *Galleria mellonella* (Linnaeus)

สุทธิชัย สมสุข[1] และ วัชรี สมสุข[2]

Abstract

Efficiency of four commercially available chemicals used as solar radiation protectants for *Steinernema carpocapsae* was evaluated in the laboratory of Biological Control Research Group, Department of Agriculture. The experiment was designed in CRD with 5 treatments and 5 replications. Solution of 1.0% Tinopal LPW, 0.1% Nu-Joul PGL, 0.2% Emtrex 22 and 0.25% Kho-Shi-Mo were added to the nematode suspension (500 infective juveniles/ml), the control treatment was added no chemicals. Each replication (one petridish) contained ten 5th larvae of wax moth (*Galleria mellonella*). The percentage of wax moth mortality produced by the nematodes within 24 hours in all treatments following sunlight exposure for different periods was as the sole criterion for evaluation of solar radiation protection. For the first test, directly exposed to the sunlight with intensities 17,000-25,000 Lux from 11 am to 1 pm and temperature 29.5-33.3 ° C, the three treatments including nematode in solution of Tinopal LPW, Nu-Joul PGL and in suspension without chemicals (control) gave high percentages of infectivity to the wax moth larvae as 98, 98 and 80, respectively, being significantly different from those caused by the nematodes in Emtrex 22 (16%) and Kho-Shi-Mo solution (2%).

The second experiment was exposed to higher sunlight intensities 30,000-35,000 Lux at temperatures 42-46 ° C. After 60 minutes of exposure, the treatments of Tinopal LPW and Nu-Joul PGL showed 98 and 100 mortality percentages, respectively, while the mortalities in the treatment control, Emtrex 22 and Kho-Shi-Mo significantly decreased to 28, 24 and 0%, respectively. After 90 minutes exposure, nematode infectivity in all treatments was reduced to 0-2%.

In these experiments, Tinopal LPW and Nu-Joul PGL showed the most successful solar radiation protectants and can be used for enhancing efficacy of the nematode infectivity to host insect.

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้สารป้องกันรังสีอาทิตย์เคลือบไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยทดสอบกับหนอนกินรังผึ้ง (*Galleria mellonella*) ดำเนินการในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 5 วิธีการ (treatment) 5 ซ้ำ (replication) แต่ละซ้ำใช้หนอนกินรังผึ้งวัย 5 จำนวน 10 ตัว ผสมสารเคลือบ Tinopal LPW (stilbene brightener), Nu-Joul PGL, Emtrex 22, Kho Shi-Mo ลงในสารแขวนลอยไส้เดือนฝอย (nematode suspension) ที่มีความหนาแน่น 500 ตัว/มล. ให้มีความเข้มข้น 1.0 0.1 0.2 และ 0.25% ตามลำดับ และไม่เติมสารเคลือบในวิธีการเปรียบเทียบ (control) หยดสารละลายที่มีไส้เดือนฝอย 1 มล. ของแต่ละวิธีการลงบนฝาจานเลี้ยงเชื้อ (petridish) ซึ่งมีน้ำหล่อเลี้ยงด้านล่าง นำไปวางกลางแจ้งช่วงเวลา 11.00-13.00 น. ทุก ๆ 30 นาที นำไส้เดือนฝอยไปทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า หลังจากผึ่งแดด 2 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นแสง 17,000-25,000 Lux อุณหภูมิ 29.5-33.3 ° C ไส้เดือนฝอยในวิธีการไม่เติมสาร (control), เติมสาร Tinopal LPW, และ เติมสาร Nu-Joul PGL สามารถทำลายหนอนตายในระดับที่สูงใกล้เคียงกัน คือ 98 98 และ 80% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการใช้สาร Emtrex 22 (16%) และ Kho-Shi-Mo (2%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการผึ่งแดดที่ระดับความเข้มข้นของแสง 30,000-35,000 Lux อุณหภูมิ 42-46 ° C เป็นเวลา 120 นาที ไส้เดือนฝอยในทุกวิธีการมีประสิทธิภาพลดลงถึง 0% แต่ในช่วง 60 นาที การใช้สาร Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายหนอนสูงถึง 100 และ 98 ตามลำดับ ส่วนการไม่ใช้สารเคลือบการใช้ Emtrex 22 และ Kho-Shi-Mo มีเปอร์เซ็นต์การทำลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 28 24 และ 0 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า สาร Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL สามารถยืดอายุประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยในการเข้าทำลายหนอนได้นานขึ้น

คำนำ

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีที่มีพิษในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในปริมาณมาก และเกินความจำเป็นซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย จึงได้มีการค้นคว้านำวิธีการควบคุมแมลงศัตรูพืชทางชีววิธี (biological control) มาทดแทนการใช้สารเคมีที่มีพิษดังกล่าว ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (entomopathogenic nematode) จัดว่าเป็นชีวินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ คือ สามารถกำจัดแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด ทำให้แมลงตายอย่างรวดเร็วภายใน 24-48 ชั่วโมง ไม่มีอันตรายต่อคนและสัตว์ รวมทั้งไม่เป็นศัตรูพืช ทนต่อแรงดันสูง และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ จึงสามารถใช้เครื่องพ่นสารเคมีฉีดพ่นไส้เดือนฝอยควบคุมแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูกได้

ไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูแมลงนั้นมีอยู่ 2 วงศ์ (Family) คือ Steinernematidae และ Heterorhabditidae ในประเทศไทยได้มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* จนประสบความสำเร็จด้านการผลิตไส้เดือนฝอยด้วยอาหารเทียมให้ได้เป็นปริมาณมาก และการนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชต่าง ๆ ได้แก่ หนอนกินใต้ผิวเปลือกลองกอง และลางสาด (*Cossus* sp. และ *Microchlora* sp.) (วัชรี และคณะ, 2529) ตัวอ่อนด้วงหมัดผัก (*Phyllotretra sinuata*) (วัชรี และคณะ, 2534) หนอนกระทู้หอมในดาวเรือง (*Spodoptera exigua*) (วัชรี และคณะ, 2537) ส่วน *Heterorhabditis* sp. นั้น ก็มีแนวโน้มนำมาใช้ในการกำจัดศัตรูพืชได้เช่นกัน

การนำไส้เดือนฝอยไปใช้ในการควบคุมแมลงในสภาพธรรมชาติ มีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ความร้อนจากแสงแดด รังสีอุลตร้าไวโอเลต และความชื้น ซึ่ง

มีผลต่อการอยู่รอดและประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลง (infectivity) ของไส้เดือนฝอยหลังจากที่ได้ถูกฉีดพ่นลงบนส่วนต่าง ๆ ของพืชแล้ว จากงานทดลองพบว่าหลังจากที่วางไว้กลางแจ้งให้ถูกแสงอาทิตย์โดยตรงเป็นเวลานาน 60 นาที ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สามารถเข้าทำลายหนอนกินรังผึ้ง (*Galleria mellonella*) ได้ 95% (Gaugler et al., 1979) และ 12% (Gaugler et al., 1992) ส่วนไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis bacteriophora* นั้น จะมีความอ่อนแอต่อแสงอุลตร้าไวโอเลตมากกว่า *Steinernema* sp. (Gaugler et al., 1979)

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาสารเคมีบางชนิดที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดผสมกับไส้เดือนฝอยเพื่อให้มีผลในการป้องกันความร้อนจากแสงแดด รังสีอุลตร้าไวโอเลต และการระเหยของความชื้นที่อยู่รอบตัวไส้เดือนฝอย เป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไส้เดือนฝอยเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูกพืชได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร มกราคม 2546 โดยการวางแผนแบบ CRD มี 5 วิธีการ (treatment) และ 5 ซ้ำ (replication) วิธีการประกอบด้วยการใช้สารป้องกันรังสี (radiation protectants) 4 ชนิด เคลือบตัวไส้เดือนฝอย และการไม่ใช้สารเคลือบ (control)

สารป้องกันรังสี (radiation protectants) ได้แก่

- Tinopal LPW (Calcoflour, white M2R) มีชื่อเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า stilbene brightener (อัตราที่ใช้ 1%)

- Nu-Joul PGL (ชื่อการค้า) เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ทางการเกษตร มีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันแสงอุลตร้าไวโอเลต ช่วยรักษาความชื้นให้กับโมเลกุลของชีวภาพบนใบพืชให้นานขึ้น และช่วยแพร่กระจายและจับติดใบพืชดีขึ้น อัตราการใช้ 2-3 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร

- Emtrex 22 (ชื่อการค้า) เป็นสารอินทรีย์ที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งมีคุณสมบัติเมื่อฉีดพ่นแล้วจะแห้งเป็นฝ้าบางๆ คล้ายฟิล์มปกคลุมจุลินทรีย์และอินทรีย์สาร เพื่อป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเลต และการระเหยของน้ำหรือความชื้น ไม่ตกค้างบนผลผลิต ปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้ใช้ อัตราการใช้ 40 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร

- Kho-Shi-Mo (ชื่อการค้า) มีชื่อสามัญ Palmityl Alcohol, Lauryl Alcohol สารออกฤทธิ์: Lauryl Alcohol 20% และ Hexadecyl Alcohol 2% มีคุณสมบัติเป็นเยื่อฟิล์มบาง ๆ ของไขมันพืช (fat-rich-film emulsion) ที่สามารถนำมาผสมกับน้ำแล้วฉีดพ่นให้ทั่วต้นพืช เมื่อแห้งแล้วเยื่อฟิล์มบาง ๆ นี้จะเกาะติดปกคลุมผิวนอกของพืช จึงช่วยในการลดการคายน้ำของพืช และสารชนิดนี้สามารถห่อหุ้มละอองสารปราบศัตรูพืช และจับยึดติดแน่นบนส่วนของต้นพืช ทำให้สารเคมีถูกดูดซึมเข้าภายในต้นพืชอย่างรวดเร็ว หลังจากฉีดพ่นแล้วเยื่อฟิล์มนี้จะยึดเกาะติดได้นานถึง 10-15 วัน แม้จะมีหมอก น้ำค้าง ฝน ฤทธิ์สารเคมีต่าง ๆ ก็จะไม่สลายตัวไป อัตราที่แนะนำให้ใช้คือ 500 มล. ผสมน้ำ 200 ลิตร

ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

- เตรียม suspension ของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ระยะ infective juvenile ให้ได้ความหนาแน่นในอัตรา 500 ตัว/น้ำ 1 มล. เติม

สารป้องกันรังสีลงไปใน nematode suspension ให้มีความเข้มข้นดังนี้ Tinopal LPW 1.0%, Nu-Joul PGL 0.1%, Emtrex 22 0.2% และ Kho-Shi-Mo 0.25% ส่วนที่ไม่เติมสารเป็นวิธีการเปรียบเทียบ (control)

- ดูดสารแขวนลอยไส้เดือนฝอยจากวิธีการต่าง ๆ 1 มล. หยดลงบนฝาจานเลี้ยงเชื้อ (petridish) จำนวน 5 จาน (replication) ความหนาของหยดสารแขวนลอยไส้เดือนฝอยไม่เกิน 1 มม. ซึ่งมีสภาพคล้ายกับความหนาของหยดสารแขวนลอยอยู่บนใบพืชตามธรรมชาติหลังจากฉีดพ่นแล้ว จากนั้นนำฝาจานเลี้ยงเชื้อของแต่ละวิธีการไปวางเรียงบนถาดพลาสติก แล้วเทน้ำลงในถาดเพื่อหล่อจานเลี้ยงเชื้อในการป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากสภาพรอบข้างซึ่งมีผลต่อการตายของไส้เดือนฝอย นำถาดพลาสติกออกวางกลางแจ้งในระยะเวลานานที่ต่างกัน คือ 0 30 60 90 และ 120 นาที โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 11.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 13.00 น. (ระยะเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงน้อยที่สุด) หลังจากครบตามกำหนดแต่ละช่วงเวลาแล้วนำจานเลี้ยงเชื้อของทุกวิธีการเข้ามาในห้องปฏิบัติการทำการดูดน้ำกลั่น 1 มล. ฉีดล้างไส้เดือนฝอยจากจานเลี้ยงเชื้อที่นำไปผึ่งแดดลงบนกระดาษกรองเบอร์ 1 ซึ่งวางเตรียมไว้ในฝาจานเลี้ยงเชื้อใหม่ ใส่หนอนวัย 5 ของ *G. mellonella* จำนวน 10 ตัว ต่อจานเลี้ยงเชื้อ 1 จาน ปิดฝาแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 25 ° C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการเปลี่ยนน้ำที่หล่อจานเลี้ยงเชื้อในถาดพลาสติกทุกครั้งที่ตรวจผลการทดลอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากน้ำ บันทึกเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกินรังผึ้งที่เวลา 48 ชั่วโมง วัดความเข้มของแสงและอุณหภูมิในช่วงเวลาการทดลอง ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 1 และ 2) ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในทุกวิธีการที่ยังไม่ได้นำไปวางกลางแจ้ง (0 นาที) สามารถทำลายหนอนกินรังผึ้งที่ใช้ในการทดสอบได้ 96-100% แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนฝอยที่นำมาใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพสูงเท่าเทียมกันในทุกวิธีการ เมื่อนำไปวางกลางแจ้งที่มีความเข้มของแสง 17,000-25,000 Lux อุณหภูมิ 29.5-33.3 ° C ตลอดระยะเวลาการทดลอง 120 นาที สำหรับวิธีการที่ไม่มีสารเคลือบ (control) วิธีการที่ใช้สารเคลือบ Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL ไส้เดือนฝอยมีประสิทธิภาพสูงในการทำลายหนอน 98 98 และ 80% ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ แสดงว่าระดับของปัจจัยทั้งสามพร้อมทั้งคุณสมบัติของสารเคลือบทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อศักยภาพของไส้เดือนฝอย เช่นเดียวกัน Grewal et al. (1994) พบว่า อุณหภูมิในระดับดังกล่าวนี้ ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ยังมีศักยภาพสูงในการทำลายหนอน อย่างไรก็ตามถ้าระยะเวลาการทดลองนานกว่า 120 นาที การใช้สารเคลือบดังกล่าวอาจให้ผลดีกว่า ดังเช่นการทดลอง Nickle and Shapiro (1994) ในการใช้ Tinopal LPW และ Blankophor BH เคลือบตัวไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ หลังจากไว้กลางแจ้งที่อุณหภูมิ 31-33 ° C เป็นเวลา 240 นาที ไส้เดือนฝอยยังมีประสิทธิภาพเข้าทำลายหนอน *G. mellonella* ได้ 100% ในขณะเดียวกันประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยที่ไม่มีสารเคลือบตัวลดลงเหลือ 1% เท่านั้น สำหรับการเคลือบด้วยสาร Emtrex 22 และ Kho-Shi-Mo นั้น ประสิทธิภาพการเข้าทำลาย

นอนของไส้เดือนฝอยลดลงเหลือ 16 และ 2% ตามลำดับ เมื่อวางไว้กลางแจ้งนาน 120 นาที ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการทั้งสามที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติบางประการของสารเคลือบ 2 ชนิดนี้มีผลต่อการอยู่รอด และประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยซึ่งจะกล่าวต่อไป สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ในสภาพอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 42-46 ° C และความเข้มของแสงระหว่าง 30,000-35,000 Lux ซึ่งสูงกว่าการทดลองครั้งแรก (Table 2) ผลการทดลองแสดงออกมาชัดเจนคือ ไส้เดือนฝอยที่ไม่ได้เคลือบสารป้องกันรังสี (control) นั้น จะมีประสิทธิภาพสูง (100%) หลังจากวางไว้กลางแจ้งนานเพียง 30 นาที เท่านั้น ส่วนไส้เดือนฝอยที่เคลือบด้วย Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายหนอนได้สูงถึง 98 และ 100% หลังจากวางไว้กลางแจ้งนาน 60 นาที ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ฉะนั้น สาร 2 ชนิดนี้ สามารถยืดประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยได้ 30 นาที ส่วนไส้เดือนฝอยที่เคลือบด้วย Emtrex 22 และ Kho-Shi-Mo นั้น ประสิทธิภาพลดลงถึง 24 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองทั้ง 2 ครั้งของสาร Emtrex 22 และ Kho-Shi-Mo ดังกล่าวมาแล้วมีความสอดคล้องกัน ทำให้ไส้เดือนฝอยมีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจาก Kho-Shi-Mo นั้น มีคุณสมบัติคล้ายสารจับใบ มีลักษณะข้นเหนียว เมื่อผสมกับสารแขวนลอยไส้เดือนฝอยแล้วนำไปผึ่งแดด สารนี้จะเปลี่ยนเป็นฟิล์มบาง ๆ เคลือบไส้เดือนฝอยอย่างแน่นหนา ไส้เดือนฝอยจะเคลื่อนที่ช้าลง ถ้าเคลือบนานทำให้ขาดออกซิเจน และตายได้ (Lindergren et al., 1986) ส่วนสาร Emtrex 22 มีลักษณะคล้ายคลึงกับ Kho-Shi-Mo แต่สารละลายไม่เหนียวข้น เคลือบไส้เดือนฝอยในลักษณะที่บางกว่าและไม่แน่นหนา โอกาสที่ไส้เดือนฝอยมีชีวิตรอดได้มากกว่า

Table 1 Effects of solar radiation protectants on infectivity of *Steinernema carpocapsae* to wax moth larvae after exposing nematode to sunlight with intensities 17,000-25,000 Lux and temperatures 29.5-33.3 ° C

Treatments	Percentage mean larval kill after sunlight exposure (in minutes)				
	0	30	60	90	120
Control	100 a	100 a	98 a	96 a	98 a*
1.0% Tinopal LPW	100 a	100 a	96 a	100 a	98 a
0.1% Nu-Joul PGL	100 a	100 a	92 a	98 a	80 a
0.2% Emtrex 22	98 a	96 a	96 a	86 a	16 b
0.25% Kho-Shi-Mo	100 a	85 a	76 b	54 b	2 b

*Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 2. Effects of solar radiation protectants on infectivity of *Steinernema carpocapsae* to wax moth larvae after exposing nematode to sunlight with intensities 30,000-35,000 Lux and temperatures 42-46 ° C

Treatments	Percentage mean larval kill after sunlight exposure (in minutes)				
	0	30	60	90	120
Control	98 a	100 a	28 b	0 a	0 a*
1.0% Tinopal LPW	100 a	100 a	98 a	0 a	0 a
0.1% Nu-Joul PGL	96 a	96 a	100 a	2 a	0 a
0.2% Emtrex 22	98 a	64 b	24 b	0 a	0 a
0.25% Kho-Shi-Mo	100 a	58 b	0 b	0 a	0 a

* Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

สรุปผลการทดลอง

ผลของการใช้สารป้องกันรังสีอาทิต์เคลือบไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ต่อการเข้าทำลายแมลงอาศัยหนอนกินรังผึ้งนั้น จากการทดลองในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงถึง 33.3 ° C ความเข้มของแสงไม่เกิน 25,000 Lux เป็นเวลา 120 นาที ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยในการเข้าทำลายหนอนกินรังผึ้งสูงถึง 98% เช่นเดียวกันกับไส้เดือนฝอยที่เคลือบด้วยสารป้องกันรังสีอาทิตย์ Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง 98 และ 80% ตามลำดับ เมื่อทดลองในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่ในช่วง 42-46 ° C ความเข้มของแสง 30,000-35,000 Lux ระยะเวลาในการรักษาประสิทธิภาพให้คงอยู่ในระดับสูงนั้นจะสั้นลง โดยที่ไส้เดือนฝอยที่ไม่มีสารเคลือบป้องกันรังสีสามารถเข้าทำลายหนอนกินรังผึ้งได้ 100% หลังจากนำไปวางในสภาพดังกล่าว 30 นาที และสารเคลือบ Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL สามารถยืดอายุการมีประสิทธิภาพสูงของไส้เดือนฝอยในระดับ 98-100% ได้ยาวนานขึ้นอีก 30 นาที ส่วนสาร Emtrex 22 และ Kho-Shi-Mo มีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะใช้เป็นสารเคลือบไส้เดือนฝอย เนื่องจากทำให้ไส้เดือนฝอยมีเปอร์เซ็นต์การทำลายที่ต่ำกว่าการใช้สารเคลือบทั้งสองดังกล่าวมาแล้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า Tinopal LPW และ Nu-Joul PGL สามารถนำไปใช้เป็นสารเคลือบไส้เดือนฝอยป้องกันรังสีอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในธรรมชาติ

เอกสารอ้างอิง

วัชรี สมสุข อัจฉรา ตันติโชดก และอุทัย เกตุนุติ. 2529. ไส้เดือนฝอย *Neoaplectana carpocapsae* (Weiser) ควบคุมหนอนกินใต้ผิวเปลือกไม้สกุลลางสาด. วารสารกีฏและสัตววิทยา 8(3):115-119.

วัชรี สมสุข วินัย รัชตปกรณ์ชัย และพิมลพร นันทะ. 2534. การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. วารสารกีฏและสัตววิทยา 13(4):183-188.

วัชรี สมสุข พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรักษ์. 2537. การควบคุมหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* ในดาวเรืองด้วยไส้เดือนฝอย. หน้า 55-62. ใน: การ

ประชุมสัมมนาทางวิชาการแมลง และสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 9 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

Gaugler, R. and G.M. Boush. 1979. Laboratory tests on ultraviolet protectants of an entomogenous nematode. Environmental Entomology 8:810-813.

Gaugler, R., A. Bednarek, and J.F. Campbell. 1992. Ultraviolet inactivation of Heterorhabditid and Steinernematid nematodes. Journal of Invertebrate Pathology 59:155-160.

Grewal, P.S., S. Selvan, and R. Gaugler. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. Journal of Thermal Biology 19:245-253.

Lindergren, J.E., R.E. Rij, S.R. Ross, and D.C. Fouse. 1986. Respiration rate of Steinernema feltiae infective juveniles at several constant temperatures. Journal of Nematology 18:221-224.

Nickle W.R. and M. Shapiro. 1994. Effects of eight brighteners as solar radiation protectants for Steinernema carpocapsae, all strain. Journal of Nematology 26(45):782-784.