

ประสิทธิภาพของสารกำจัดไรกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ต่าง ๆ ในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกัน
Eutetranychus africanus (Tucker) ในมะละกอ

Efficacy of Different Mode of Action of Acaricides for Controlling African Red Mite,
Eutetranychus africanus (Tucker) on Papaya

ณพชกร ธไภษัชย์^{1/} ศรีจันทรรจ ศรีจันทรา^{2/} อัจฉราภรณ์ ประเสริฐผล^{3/}

พลอยชมพู กรวิภาสเรือง^{1/} อธิติยา แก้วประดิษฐ์^{1/} วิมลวรรณ โชติวงศ์^{1/}

Naphacharakorn Ta-Phaisach^{1/} Srijumnun Srijuntra^{2/} Atcharabhorn Prasoetphon^{3/}

Ploychompoo Konvipasruang^{1/} Athitiya Kaewpradit^{1/} Wimolwan Chotwong^{1/}

Abstract

African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) is a major pest of papaya crops in Thailand. Currently, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture recommends the use of only one acaricide, dicofol 18.5% EC. However, repeated use of one acaricide, is likely to promote resistance by the mite to the acaricide. This research studied the comparative efficacy and cost of eight other acaricides, with various modes of action, abamectin 1.8% EC (IRAC 6), amitraz 20% EC (IRAC 19), spiromesifen 24% SC (IRAC 23), fenpyroximate 5% SC (IRAC 21A), tebufenpyrad 36% EC (IRAC 21A), hexythiazox 1.8% EC (IRAC 10A), cyflumetofen 20% SC (IRAC 25A) and pyridaben 20% WP (IRAC 21A), for controlling African red mite on papaya. The experiment was conducted as two trials, one at Amphoe Mueang Ratchaburi, Ratchaburi province and another at Amphoe Nong Muang, Lopburi province from February 2019 to February 2020. A randomized complete block (RCB) experimental design with 9 treatments and 3 replications, 2 papaya trees per replication, was used. The number of African red mites was recorded before and 1, 3, 5, 7, 14 and 21 days after a single acaricide application in each replicate. Each trial indicated that all acaricides tested have efficacy lasting more than 7 days (efficacy percentage more than 70%, compared to controls). Spiromesifen 24% SC, cyflumetofen 20% SC, tebufenpyrad 36% EC and hexythiazox 1.8% EC showed long efficacy (21 days). Other acaricides showed shorter periods of efficacy: fenpyroximate 5% SC (14 days), amitraz 20% EC and pyridaben 20% WP (10 days) and abamectin 1.8% EC (7-10 days). Among the acaricides with the longest efficacy, tebufenpyrad 36% EC showed the lowest application cost at 114 baht per rai. Pyridaben 20% WP with an application cost of 82 baht per rai had the lowest cost of all acaricides treatments. However, its efficacy lasted only 10 days. None of the acaricides caused symptoms of phytotoxicity on papaya.

Keywords : African red mite, papaya, acaricides

^{1/} กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

^{2/} Entomology and Zoology Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900

^{3/} กลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

^{2/} Plant Pest Management Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900

^{3/} สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี กรมส่งเสริมการเกษตร กาญจนบุรี 71000

^{3/} Kanchanaburi Provincial Agricultural Extension Office, Department of Agricultural Extension, Kanchanaburi, 71000

บทคัดย่อ

ไรแดงแอฟริกัน *Eutetranychus africanus* (Tucker) เป็นไรศัตรูพืชที่สำคัญในมะละกอในประเทศไทย ปัจจุบัน สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ได้ให้คำแนะนำในการใช้สารกำจัดไรกับไรแดงชนิดนี้เพียงชนิดเดียว คือ dicofol 18.5% EC ซึ่งการใช้สารกำจัดไรเพียงชนิดเดียวซ้ำกัน อาจสร้างความต้านทานต่อสารกำจัดไรได้ การวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกำจัดไร กลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ต่าง ๆ และประเมินต้นทุนของสารกำจัดไรทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6), amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19), spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23), fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A), tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A), hexythiazox 1.8% EC (กลุ่มสาร 10A), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A) และ pyridaben 20% WP (กลุ่มสาร 21A) ในไรแดงแอฟริกัน ในมะละกอ ดำเนินการ 2 การทดลอง ที่อำเภอเมืองราชบุรี จังหวัดราชบุรี และ อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2562 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2563 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ใช้ต้นมะละกอ 2 ต้นต่อซ้ำ จำนวน 9 กรรมวิธี ตรวจนับจำนวนประชากรไรแดงแอฟริกันก่อนและหลังการพ่นสารกำจัดไร 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน พบว่า ทั้งสองการทดลองให้ผลสอดคล้องกัน คือ สารกำจัดไรทุกกรรมวิธี มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกัน ในมะละกอนานกว่า 7 วัน (ประสิทธิภาพมากกว่า 70% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม) โดยสาร spiromesifen 24% SC, cyflumetofen 20% SC, tebufenpyrad 36% EC และ hexythiazox 1.8% EC มีประสิทธิภาพนาน 21 วัน ในขณะที่สารกำจัดไรชนิดอื่นมีประสิทธิภาพสั้นกว่า ได้แก่ fenpyroximate 5% SC (ประสิทธิภาพนาน 14 วัน) amitraz 20% EC และ pyridaben 20% WP (ประสิทธิภาพนาน 10 วัน) และ abamectin 1.8% EC (ประสิทธิภาพนาน 7 - 10 วัน) ต้นทุนการใช้สารกำจัดไร ที่สามารถป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอได้นาน 21 วัน tebufenpyrad 36% EC เท่ากับ 114 บาทต่อไร่ ในขณะที่ pyridaben 20% WP มีต้นทุนการใช้สารต่ำที่สุด คือ 82 บาทต่อไร่ แต่มีประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดได้นานเพียง 10 วัน ไม่พบความเป็นพิษของสารกำจัดไรทุกชนิดต่อมะละกอ

คำหลัก : ไรแดงแอฟริกัน มะละกอ สารป้องกันกำจัดไร

คำนำ

มะละกอเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย มีความต้องการมากสำหรับบริโภคทั้งภายในประเทศและเพื่อการส่งออก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2558) มะละกอผลสุก อุดมไปด้วยวิตามินเอ สามารถแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋อง และผลไม้อบแห้ง (ภัทรภรณ์และคณะ, 2559) มะละกอผลดิบสามารถนำไปปรุงอาหาร เป็นแหล่งของเอนไซม์ปาเปนซึ่งนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ ใบมะละกอสามารถนำไปใช้เป็นอาหารปลานิล ส่วนต่างๆของมะละกอสามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ และยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องสำอาง (FAO, 2003) โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ระบุว่าผลผลิตของมะละกอไทยอยู่อันดับที่ 8 ของโลก ในปี 2553 มีปริมาณผลผลิตมะละกอ 211,594 ตัน มูลค่า 1,921 ล้านบาท โดยส่งออกเป็นมะละกอสดจำนวน 630 ตัน มูลค่า 27 ล้านบาท และในปี 2554 มีปริมาณผลผลิต 212,000 ตัน มูลค่า 1,925 ล้านบาท มีปริมาณการส่งออกมะละกอสดเพิ่มขึ้น 995 ตัน มูลค่า 50 ล้านบาท (ภัทรภรณ์และคณะ, 2559; สิริกุล, 2557)

ไรแดงแอฟริกัน (African red mite) *Eutetranychus africanus* (Tucker) เป็นไรศัตรูพืชที่สำคัญและสร้างความเสียหายให้กับมะละกอ โดยเฉพาะสภาพพื้นที่ปลูกที่แห้งแล้ง ขาดการดูแลและไม่ให้น้ำอย่างทั่วถึง (พิเชษฐและคณะ, 2555; วัฒนาและคณะ, 2531) ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่ที่บริเวณหน้าใบ ทำให้ใบเหลืองซีด แห้ง และหลุดร่วง ต้นทรุดโทรม บางครั้งทำลายที่ผลมะละกอ ทำให้ผลผลิตลดลง สูญเสียคุณภาพ สีซีด ความหวานลดลง (พิเชษฐและคณะ, 2555) การป้องกันกำจัดเกษตรกรรมใช้สารกำจัดไรพ่น เนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็ว และทันท่วงที กลุ่มกสิกรรมและสัตววิทยา (2553) ได้ให้คำแนะนำในการใช้สารกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอเพียงชนิดเดียว คือ ไดโคโฟล (dicofol) 18.5% EC [เคลเทน (Kelthane)] อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โดยแนะนำให้พ่นทั่วบริเวณหน้าใบของมะละกอ ไดโคโฟล เป็นสารกำจัดไรที่ไม่สามารถจำแนกกลไกการออกฤทธิ์ได้ เนื่องจากมีข้อมูลในการจำแนกกลไกการออกฤทธิ์ไม่เพียงพอ (ณพชรกรและ

พิเชฐ, 2561) และเป็นอนุพันธ์ของคลอรีนเอเทนส์ (chlorinated ethanes derivatives) อาจเรียกกลุ่ม ดีดีที อนาล็อกซ์ (DDT Analog) ซึ่งสารในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันดี ได้แก่ ดีดีที (DDT) ที่มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำและดูดซับกับอนุภาคดินเมื่อเกิดการพังทลายของดินจะเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน (พันธุ์เครือและคณะ, 2555)

การใช้สารกำจัดโรเพียงชนิดเดียวซ้ำกันในปริมาณที่มากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะการสร้างควมต้านทานต่อสารกำจัดโร จึงควรมีการใช้สารกำจัดโร ที่มีประสิทธิภาพและสลับกลุ่มสาร หรือใช้สารหลายชนิดเป็นเวลาด้าน ๆ เพื่อชะลอการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดโร (ณพชกรและคณะ, 2563) ดังนั้นจึงได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกำจัดโรกลุ่มกลไกออกฤทธิ์ต่าง ๆ ในการป้องกันกำจัดโรแดงแอฟริกันในมะละกอ เพื่อทราบประสิทธิภาพสารกำจัดโรกลุ่มกลไกออกฤทธิ์ชนิดใหม่ และไม่เป็นพิษต่อพืช (phytotoxic) เพื่อเป็นคำแนะนำให้เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการหมุนเวียนกลุ่มสารกำจัดโร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการใช้สารกำจัดโรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแปลงทดลอง

ดำเนินการ 2 แปลงทดลอง ในแปลงปลูกมะละกอพันธุ์แขกนวลของเกษตรกร ที่พบการระบาดของโรแดงแอฟริกันอย่างสม่ำเสมอ ที่ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี (13°30'24.6"N; 99°33'14.8"E) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2562 และตำบลหนองม่วง อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี (15°12'02.0"N; 100°40'32.7"E) ระหว่างเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2563 โดยมีระยะปลูกมะละกอ 2x2 เมตร

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCB) มี 3 ซ้ำ ใช้ต้นมะละกอ 2 ต้นต่อซ้ำ จำนวน 9 กรรมวิธี สารกำจัดโรที่ใช้ทดลอง ได้แก่ abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6), amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19), spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23), fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A), tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A), hexythiazox 1.8% EC (กลุ่มสาร 10A), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A) และ pyridaben 20% WP (กลุ่มสาร 21A) สารกำจัดโรทั้ง 8 ชนิดจัดอยู่หลายกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ที่แบ่งกลุ่มโดย IRAC (2017) ทุกชนิดผ่านการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายจากกรมวิชาการเกษตร และสามารถหาซื้อได้ในประเทศไทย โดยใช้อัตราตามคำแนะนำข้างฉลาก (Table 1)

การปฏิบัติงานทดลอง

พ่นสารกำจัดโร 1 - 2 ครั้ง แต่ละกรรมวิธีผสมสารกำจัดโรตามอัตราที่แนะนำต่อน้ำ 20 ลิตร โดยกรรมวิธีควบคุมใช้น้ำสะอาดฉีดพ่น ทุกกรรมวิธีผสมสารจับใบอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นสารกำจัดโรโดยใช้เครื่องพ่นสารแบบสูบโยกสะพายหลังให้ทั่วใบมะละกอ

การตรวจผลการทดลอง

ตรวจนับปริมาณโรแดงแอฟริกันบนใบมะละกอ ด้วยแว่นขยายกำลังขยาย 10 เท่า โดยสุ่มนับจำนวนโรแดงแอฟริกันบนพื้นที่ใบขนาด 1x1 ตารางนิ้ว จำนวน 10 จุดต่อต้น ก่อนพ่นสารกำจัดโร และหลังพ่นสารกำจัดโร 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน บันทึกจำนวนโรแดงแอฟริกันตัวที่เคลื่อนไหว และผลกระทบของสารกำจัดโรต่อพืช (phytotoxicity) (พิเชฐและคณะ, 2555)

Table 1 Acaricides used in the fields assay to control African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker)

Active component and formula type	Mode of Action ^{1/}	Recommended dose
abamectin 1.8% EC	Glutamate-gated chloride channel (GluCl) allosteric modulators [6]	20 ml/ water 20 liter
amitraz 20% EC	Octopamine receptor agonists [19]	40 ml/ water 20 liter
spiromesifen 24% SC	Inhibitors of acetyl CoA carboxylase [23]	8 ml/ water 20 liter
fenpyroximate 5% SC	Mitochondrial complex I electron transport inhibitors [21A]	20 ml/ water 20 liter
tebufenpyrad 36% EC	Mitochondrial complex I electron transport inhibitors [21A]	3 ml/ water 20 liter
hexythiazox 1.8% EC	Mite growth inhibitors affecting CHS1 [10A]	40 ml/ water 20 liter
cyflumetofen 20% SC	Mitochondrial complex II electron transport inhibitors [25A]	15 ml/ water 20 liter
pyridaben 20% WP	Mitochondrial complex I electron transport inhibitors [21A]	15 g/ water 20 liter

^{1/} IRAC (2017)

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรไรแดงแอฟริกันในมะละกอ ก่อนและหลังการพ่นสารกำจัดไร ด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) ในกรณีที่จำนวนไรแดงแอฟริกันในมะละกอ ก่อนการพ่นสารกำจัดไร มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธี วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไรแดงแอฟริกัน ด้วยวิธี analysis of covariance (ANOCOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's multiple rang tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสารกำจัดไร ในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอตามวิธีของ Henderson-Tilton (Henderson, 1995)

$$\text{Percent corrected} = \left[1 - \frac{n \text{ Co before treatment} \times n \text{ T after treatment}}{n \text{ Co before treatment} \times n \text{ T after treatment}} \right] \times 100$$

เมื่อ n Co = จำนวนประชากรของไรแดงแอฟริกันในชุดควบคุม

n T = จำนวนประชากรของไรแดงแอฟริกันในกรรมวิธีทดลอง (การพ่นสารกำจัดไร)

การประเมินต้นทุนการใช้สารกำจัดไร

ประเมินค่าใช้จ่ายการใช้สารกำจัดไรในแต่ละกรรมวิธี

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง พบว่า ทั้งสองพื้นที่ให้ผลการทดลองไปในแนวทางเดียวกัน คือ ก่อนการพ่นสารกำจัดไร ค่าเฉลี่ยของไรแดงแอฟริกันที่พบบนใบมะละกอในแต่ละกรรมวิธี มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ และหลังพ่นสารกำจัดไรที่ 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน ค่าเฉลี่ยของไรแดงแอฟริกันที่พบบนใบมะละกอ ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารกำจัดไร มีจำนวนน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดไร (untreated check) (Table 2 และ 3)

การทดลองที่ ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี พบว่า สารกำจัดไร spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23) หลังการพ่นสารกำจัดไร 1 วัน สามารถลดจำนวนประชากรของไรแดงแอฟริกันได้ดี พบจำนวนไรแดงแอฟริกันบนใบมะละกอเฉลี่ย 5.21 ตัวต่อตารางนิ้ว มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับกรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6), fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A), amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19), pyridaben 20% WP และ tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A) ที่พบจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 2.69, 2.74, 2.84, 3.17, 3.40 และ 3.44 ตัวต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ

การทดลองที่ ตำบลหนองม่วง อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี พบว่า สารกำจัดไร spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23) สามารถลดจำนวนไรแดงแอฟริกันบนใบมะละกอได้เช่นเดียวกัน พบจำนวนไรแดงแอฟริกันหลังการพ่นสารกำจัดไร 1 วัน เฉลี่ย 5.21 ตัวต่อใบ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับกรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A), abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6), fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A), hexythiazox 1.8% EC (กลุ่มสาร 10A), amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A) และ pyridaben 20% WP (กลุ่มสาร 21A) ที่พบจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 2.10, 2.32, 2.34, 2.39, 2.75, 2.88 และ 2.92 ตัวต่อใบ ตามลำดับ แต่หลังการพ่นสารกำจัดไร 3 วันพบว่า สารกำจัดไร spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23) ทั้งสองพื้นที่ทดลอง สามารถลดจำนวนประชากรของไรแดงแอฟริกันให้มีปริมาณน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด โดยสารกำจัดไร spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23) สามารถลดจำนวนไรแดงแอฟริกันได้ดีหลังการพ่นสารกำจัดไรแล้ว 3 วัน

เมื่อเปรียบเทียบสารกำจัดไรในกลุ่ม 21 A ที่ใช้ในการทดลอง (tebufenpyrad 36% EC, fenpyroximate 5% SC และ pyridaben 20% WP) ที่ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี หลังการพ่นสารกำจัดไร 14 วัน พบว่า กรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร tebufenpyrad 36% EC และ fenpyroximate 5% SC มีจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 1.38 และ 6.50 ตัวต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับกรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร pyridaben 20% WP ที่มีจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 11.89 ตัวต่อตารางนิ้ว หลังการพ่นสารกำจัดไร 21 วัน พบว่า กรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร tebufenpyrad 36% EC จำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 3.81 ตัวต่อตารางนิ้ว น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับกรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร fenpyroximate 5% SC และ pyridaben 20% WP ที่มีจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 12.21 และ 15.14 ตัวต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ ในขณะที่ตำบลหนองม่วง อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี ให้ผลใกล้เคียงกัน คือ หลังการพ่นสารกำจัดไร 7, 14 และ 21 วัน กรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร tebufenpyrad 36% EC มีจำนวนไรแดงแอฟริกันเฉลี่ย 0.62, 1.32 และ 4.18 ตัวต่อตารางนิ้ว ตามลำดับน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารกำจัดไร fenpyroximate 5% SC และ pyridaben 20% WP

ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดไร

ทั้ง 2 พื้นที่ พบว่า สารกำจัดไรทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอนานกว่า 7 วัน (มีประสิทธิภาพมากกว่า 70%) โดยสารกำจัดไรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดนาน 21 วัน ได้แก่ spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A), tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A) และ hexythiazox 1.8 % EC (กลุ่มสาร 10A) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 77 - 100, 84 - 100, 83 - 98 และ 72 - 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สารกำจัดไร spiromesifen (กลุ่มสาร 23) เป็นสารกำจัดไรชนิดใหม่ที่พัฒนาเพื่อใช้ควบคุมไรในวงศ์ Tetranychidae เนื่องจากเป็นสารที่มีกลไกการออกฤทธิ์ใหม่ ยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน (Inhibitor of lipid synthesis) และสามารถควบคุมประชากรไรแดงที่ต้านทานต่อสารกำจัดไรได้อย่างดี (Marčić *et al.*, 2014) อีกทั้งมีระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ต่อกุ้งทดลองต่ำ โดยมีค่า LD₅₀ ทางปากของหนูทดลอง (oral LD₅₀) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (FAO, 2017) เช่นเดียวกับสารกำจัดไร cyflumetofen ซึ่งเป็นสาร benzoyl acetonitrile ชนิดใหม่ที่พัฒนาโดยบริษัท Ostuka AgriTechno จำกัด (ประเทศญี่ปุ่น) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมไรศัตรูพืชในไม้ผล พืชผัก

รวมถึงไม้ดอก มีความปลอดภัยสูงต่อพืชที่ไม่ใช่เป้าหมาย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม รวมถึงสัตว์น้ำด้วย (Peng *et al.*, 2018) มีระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ต่อหนูทดลองต่ำ โดยมีค่า LD₅₀ ทางปากของหนูทดลอง (oral LD₅₀) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (European Food Safety Authority, 2012) Rezaie *et al.* (2021) ได้รายงานประสิทธิภาพของ spiromesifen และ cyflumetofen ในการควบคุมไรแดง *Panonychus ulmi* ในแอปเปิล พบว่า หลังพ่นสาร spiromesifen และ cyflumetofen 3 วัน พบการตายของไรแดง *P. ulmi* 88-99 และ 58-99% ตามลำดับ และพบว่ามีประสิทธิภาพสูงถึง 99% หลังพ่นสาร 28 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Marčić *et al.* (2014) ที่พบว่า spiromesifen มีประสิทธิภาพในการควบคุมไรแดง *P. ulmi* ในแอปเปิล 94.6% หลังการพ่นสาร 22 วัน ในขณะที่ Herron and Rophail (1998) ได้รายงานถึงความต้านทานของไรสองจุดบนแอปเปิลในออสเตรเลียตะวันตกต่อสารกำจัดไร tebufenpyrad เช่นเดียวกับ ฌพชรกรและคณะ (2563) พบว่า กลุ่มประชากรไรสองจุดในสตอร์วเบอร์รี่ 3 กลุ่มประชากรทางภาคเหนือของประเทศไทยมีความต้านทานปานกลางต่อสารกำจัดไร tebufenpyrad แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่า มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมไรแดงแอฟริกันในมะละกอ

ขณะที่ประสิทธิภาพของสารกำจัดไร hexythiazox ในการควบคุมไรแดงแอฟริกันในมะละกอนั้น มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการทดลองของ พินิจและคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดไร ในการควบคุมไรแดงบนส้มโอ พบว่า hexythiazox มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมไรแดงบนส้มโอ หลังการพ่นสาร 3 และ 14 วัน (พบไรแดงบนส้มโอเฉลี่ย 3.40 และ 1.25 ตัวต่อใบ ตามลำดับ) และหลังพ่นสารทดลอง 21 วันพบจำนวนประชากรของไรแดงบนส้มโอเพิ่มขึ้น

Table 2 Comparison of average number of African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) on papaya leaf treated with various acaricides at Tambon Namphu, Amphoe Mueang Ratchaburi, Ratchaburi Province, February - March 2019

Treatments	Rate of Application (ml.g./20 L of water)	Avg. number of african red mite (mites/1 in ²) ^{1/}							
		Before treated	1 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT	10 DAT	14 DAT	21 DAT
abamectin 1.8% EC (6)	20	15.53	2.69 a	4.84 d	5.92 d	5.87 a	5.20 b	11.96 b	20.93 d
amitraz 20% EC (19)	40	17.02	3.17 ab	1.22 bc	3.23 bcd	4.32 a	4.28 ab	12.33 b	16.78 cd
spiromesifen 24% SC (23)	8	17.72	5.21 c	0.35 ab	0.00 a	0.37 a	0.35 a	0.00 a	0.71 a
fenpyroximate 5% SC (21A)	20	16.07	2.74 a	1.66 bc	2.90 a-d	2.87 a	1.67 ab	6.50 ab	12.21 cd
tebufenpyrad 36% EC (21A)	3	16.23	3.44 ab	1.06 bc	0.89 ab	0.40 a	1.00 ab	1.38 a	3.81 ab
hexythiazox 1.8% EC (10A)	40	17.80	4.38 bc	2.08 c	1.68 abc	1.95 a	2.62 ab	1.51 a	8.64 bc
cyflumetofen 20% SC (25A)	15	17.85	2.84 a	0.03 a	0.00 a	0.48 a	0.45 a	0.00 a	3.59 ab
pyridaben 20% WP (21A)	15	15.87	3.40 ab	2.60 cd	4.26 cd	4.60 a	4.28 ab	11.89 b	15.14 cd
untreated check	-	16.22	20.12 d	21.45 e	24.23 e	24.92 b	14.77 c	27.10 c	32.40 e
CV (%)		11.9	10.4	25.3	34.0	64.1	60.1	40.4	33.6
R.E. (%)		-	100.5	124.4	123.0	91.2	92.8	150.9	91.6

DAT = days after treatment

^{1/} Means followed by the same letter in column are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 3 Comparison of average number of African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) on papaya leaf treated with various acaricides at Tambon Nong Muang, Amphoe Nong Muang, Lopburi Province, January - February 2020

Treatments	Rate of Application (ml.g./20 L of water)	Avg. number of african red mite (mites/1 in ²) ^{1/}							
		Before treated	1 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT	10 DAT	14 DAT	21 DAT
abamectin 1.8% EC (6)	20	17.05	2.32 a	3.81 d	4.30 d	5.49 f	6.48 e	11.80 e	23.69 g
amitraz 20% EC (19)	40	16.22	2.75 a	2.57 cd	4.02 d	4.44 e	5.05 d	11.67 e	16.59 f
spiromesifen 24% SC (23)	8	16.57	4.02 b	0.62 ab	0.35 a	0.27 a	0.37 a	0.42 a	0.56 a
fenpyroximate 5% SC (21A)	20	17.23	2.34 a	1.76 c	2.16 c	2.43 d	2.66 c	6.01 d	12.41 e
tebufenpyrad 36% EC (21A)	3	16.00	2.10 a	0.87 b	0.79 b	0.62 c	1.23 b	1.32 b	4.18 c
hexythiazox 1.8% EC (10A)	40	16.93	2.39 a	2.72 cd	2.67 c	2.63 d	2.83 c	3.15 c	10.83 d
cyflumetofen 20% SC (25A)	15	16.97	2.88 a	0.34 a	0.45 a	0.40 b	0.48 a	0.53 a	2.00 b
pyridaben 20% WP (21A)	15	16.00	2.92 a	3.04 d	4.11 d	4.93 e	6.26 e	12.72 e	17.12 f
untreated check	-	17.32	18.13 c	17.14 e	22.91 e	26.64 g	29.92 f	38.36 f	40.25 h
CV (%)		4.10	8.4	1.0	7.2	3.8	3.1	3.9	3.0
R.E. (%)		-	87.0	101.3	110.5	88.7	86.8	95.7	101.0

DAT = days after treatment

^{1/} Means followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% level by DMRT

สารกำจัดไรที่มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันนาน 14 วัน ได้แก่ fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A) ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 76 - 92 เปอร์เซ็นต์ สารกำจัดไรที่มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันนาน 10 วัน ได้แก่ amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19) และ pyridaben 20% WP (กลุ่มสาร 21A) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 81 - 95 และ 70 - 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ สารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันนาน 7 - 10 วัน ได้แก่ abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 74 - 87 เปอร์เซ็นต์ (Table 4 and 5)

อนึ่งสารกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอที่กลุ่มกีฏและสัตววิทยา (2553) ให้คำแนะนำในการใช้วัชชนิดเดียวคือ dicofol 18.5% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ถ้ามีการใช้สารกำจัดไรเพียงชนิดเดียวซ้ำกัน อาจทำให้ไรศัตรูพืชพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดไร การวิจัยนี้ทำให้ทราบประสิทธิภาพสารกำจัดไรกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ต่าง ๆ และสามารถนำมาใช้พ่นในรูปแบบหมุนเวียนกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ โดยสามารถใช้สารกำจัดไรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดยาวนาน 21 วัน ได้แก่ spiromesifen 24% SC (กลุ่มสาร 23), cyflumetofen 20% SC (กลุ่มสาร 25A), tebufenpyrad 36% EC (กลุ่มสาร 21A) และ hexythiazox 1.8 % EC (กลุ่มสาร 10A) เพื่อลดจำนวนประชากรของไรให้อยู่ในระดับต่ำ หลังจากนั้นเลือกสารกำจัดไรที่อยู่คนละกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดปานกลาง ได้แก่ fenpyroximate 5% SC (กลุ่มสาร 21A) หรือ amitraz 20% EC (กลุ่มสาร 19) pyridaben 20% WP (กลุ่มสาร 21A) และ abamectin 1.8% EC (กลุ่มสาร 6) เพื่อลดการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดไร และสามารถควบคุมจำนวนประชากรของไรแดงแอฟริกันมะละกอให้อยู่ในระดับต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและยาวนาน

ต้นทุนการใช้สารกำจัดไร

สารกำจัดไร ที่สามารถป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอได้นาน 21 วัน tebufenpyrad 36% EC มีต้นทุนถูกที่สุดเท่ากับ 114 บาทต่อไร่ สาร hexythiazox 1.8% EC, สาร spiromesifen 24 % SC และ สาร cyflumetofen 20% SC มีต้นทุนการใช้สารที่ 160, 224 และ 285 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ สาร pyridaben 20% WP มีต้นทุนการใช้สารกำจัดไรต่ำที่สุดคือ 82 บาทต่อไร่ แต่มีประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกันในมะละกอได้นานเพียง 10 วัน (Table 6)

ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารกำจัดไร ไม่พบอาการเป็นพิษ (phytotoxicity) กับต้นมะละกอ

Table 4 Efficacy percentage of acaricides for controlling African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) on papaya leaf at Tambon Namphu, Amphoe Mueang Ratchaburi, Ratchaburi Province, February - March 2019

Treatments	Rate of Application (ml.g./20 L of water)	Efficacy percentage of acaricides for controlling African red mite						
		1 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT	10 DAT	14 DAT	21 DAT
abamectin 1.8% EC (6)	20	86	76	74	75	63	54	33
amitraz 20% EC (19)	40	85	95	87	83	72	57	51
spiromesifen 24 % SC (23)	8	76	99	100	99	98	100	98
fenpyroximate 5% SC (21A)	20	86	92	88	88	89	76	62
tebufenpyrad 36% EC (21A)	3	83	95	96	98	93	95	88
hexythiazox 1.8% EC (10A)	40	80	91	94	93	84	95	76
cyflumetofen 20% SC (25A)	15	87	100	100	98	97	100	90
pyridaben 20 % WP (21A)	15	83	88	82	81	70	55	52

DAT = days after treatment

Table 5 Efficacy percentage of acaricides for controlling African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) on papaya leaf at Tambon Nong Muang, Amphoe Nong Muang, Lopburi Province, January - February 2020

Treatments	Rate of Application (ml.g./20 L of water)	Efficacy percentage of acaricides for controlling African red mite						
		1 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT	10 DAT	14 DAT	21 DAT
abamectin 1.8% EC (6)	20	87	77	81	79	78	69	40
amitraz 20% EC (19)	40	84	84	81	82	82	68	56
spiromesifen 24 % SC (23)	8	77	96	98	99	99	99	99
fenpyroximate 5% SC (21A)	20	87	90	91	91	91	84	69
tebufenpyrad 36% EC (21A)	3	87	95	96	97	96	96	89
hexythiazox 1.8% EC (10A)	40	87	84	88	90	90	92	72
cyflumetofen 20% SC (25A)	15	84	98	98	98	98	99	95
pyridaben 20 % WP (21A)	15	83	81	81	80	77	64	54

DAT = days after treatment

Table 6 Estimated costs of acaricides application for controlling African red mite, *Eutetranychus africanus* (Tucker) on papaya

Acaricides	IRAC mode of action classification	Rate of Application (ml, g./20 L of water)	Contents (ml., g.)	Cost (Baht)	Cost per ml., g. (Bath)	Cost per water 20 liters	Cost per rai (Baht)*
abamectin 1.8% EC	6	20	1,000	450	0.45	9	90
amitraz 20% EC	19	40	1,000	450	0.45	18	180
spiromesifen 24 % SC	23	8	500	1,400	2.80	22.4	224
fenpyroximate 5% SC	21A	20	1,000	800	0.80	16	160
tebufenpyrad 36% EC	21A	3	1,000	3,800	3.80	11.4	114
hexythiazox 1.8% EC	10A	40	1,000	400	0.40	16	160
cyflumetofen 20% SC	25A	15	1,000	1,900	1.90	28.5	285
pyridaben 20 % WP	21A	15	1,000	550	0.55	8.25	82.5

*Calculated by 300 papaya per rai, acaricides application rate 200 liter per rai

สรุปผลการทดลอง

สารกำจัดไร้ทั้ง 8 ชนิดที่ทดลอง มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไร้แดงแอฟริกันในมะละกอได้นานมากกว่า 7 วัน โดยสารกำจัดไร้ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดได้นาน 21 วัน ได้แก่ spiromesifen 24% SC, cyflumetofen 20% SC, tebufenpyrad 36% EC และ hexythiazox 1.8% EC โดยมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 77 - 100, 84 - 100, 83 - 98 และ 72 - 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีต้นทุนการใช้สาร 224, 285, 114 และ 160 บาท/ไร่ ตามลำดับ สารกำจัดไร้ที่มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดได้นาน 14 วัน ได้แก่ fenpyroximate 5% SC ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 76 - 92 เปอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนการใช้สาร 160 บาท/ไร่ สารกำจัดไร้ที่มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดไร้ได้นาน 10 วัน ได้แก่ amitraz 20% EC และ pyridaben 20% WP มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 81 - 95 และ 70 - 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและมีต้นทุนการใช้สาร 180 และ 82.5 บาท/ไร่ ตามลำดับ และสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดได้นาน 7 - 10 วัน ได้แก่ abamectin 1.8% EC มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 74 - 87 เปอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนการใช้สาร 90 บาท/ไร่ และพบว่าสารกำจัดไร้ทั้ง 8 ชนิด ไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อต้นมะละกอ

ในการเลือกสารกำจัดไร้แดงแอฟริกันในมะละกอครั้งแรก เกษตรกรควรเลือกใช้สารกำจัดไร้ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดจำนวนประชากรไร้แดงแอฟริกันในมะละกอ จากนั้นเลือกสารกำจัดไร้ที่อยู่คนละกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดปานกลาง เพื่อป้องกันการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดไร้ นอกจากนี้ควรคำนึงถึงต้นทุนการใช้สารกำจัดไร้ อีกทั้งควรคำนึงถึงค่า LD₅₀ ของสารที่สามารถควบคุมได้ยาวนาน 21 วัน มาประกอบการพิจารณาการเลือกใช้สารกำจัดไร้แดงแอฟริกันในมะละกอ

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 303 หน้า.
- ณพชรกร ธัญชัย และพิเชษฐ เขาวรรณวัฒน์. 2561. การแบ่งกลุ่มสารกำจัดไร้ศัตรูพืชตามลักษณะกลไกการออกฤทธิ์. วารสารกีฏและสัตววิทยา 36(1-2): 57-61.

- ณพชกร ธีโรชัย อัจฉราภรณ์ ประเสริฐผล พลอยชมพู กรวิภาสเรือง อติติยา แก้วประดิษฐ์ และวิมลวรรณ โชติวงศ์. 2563. ความต้านทานต่อสารกำจัดไรในไรสองจุดบนสตรอว์เบอร์รี่ในประเทศไทย. *วารสารกสิกรรมและสัตววิทยา* 38(1-2): 2-11.
- พันธุ์เครือ ทิพย์โสทร ฐปน ชื่นบาล ศิราภรณ์ ชื่นบาล และณิชนน ธรรมรักษณ์. 2555. การศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารไดโคโฟล. หน้า 1158-1165. ใน: *การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9*. 6-7 ธันวาคม 2555 ณ ศูนย์การเรียนรู้รวมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ อัจฉราภรณ์ ประเสริฐผล และมานิตา คงชื่นสิน. 2555. การคัดเลือกสารฆ่าไรบางชนิดในการป้องกันกำจัดไรแดงแอฟริกัน *Eutetranychus africanus* (Tucker) ในแปลงทดสอบ. หน้า 1080-1086. ใน: *รายงานผลการวิจัยประจำปี 2555*. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- พินิจ เขียวพุ่มพวง อนุรักษ์ สุขขารมย์ วสันต์ ผ่องสมบุญ สุธน สุวรรณบุตร และบุษบา เชื้อวิทยา. 2551. การใช้สารน้ำมัน สารสกัดจากพืช สารชีวภาพ และสารเคมีในการควบคุมประชากรเพลี้ยไฟและไรแดงของส้มโอ. หน้า 318-319. ใน: *รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยีการเกษตร การทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 2551*. กรมวิชาการเกษตร.
- ภัทรภรณ์ ทรัพย์อุดมมาก นงลักษณ์ คงศิริ อลิษา ภูประเสริฐ เกียรติศักดิ์ ไทยพงษ์ และราตรี บุญเรืองรอด. 2559. การพัฒนาวิธีการระบุเพศมะละกอในระยะต้นกล้าต้นทุนต่ำ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 34 (3): 33-38.
- วัฒนา จารณศรี ฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์ มานิตา คงชื่นสิน เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์ และนวลศรี วงษ์สิริ. 2531. การศึกษาลักษณะทางอนุกรมวิธานของไรศัตรูส้มเขียวหวานในประเทศไทย. หน้า 133-177. ใน: *รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2531*. กลุ่มงานอนุกรมวิธานและวิจัยไร กองกสิกรรมและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. มาตรฐานสินค้าเกษตรมะละกอ. แหล่งข้อมูล: <http://www.acfs.go.th/standard/download/PAPAYA.pdf>. สืบค้น: 6 มีนาคม 2560.
- สิริกุล ะสี. 2557. *มะละกอ พืชความหวังใหม่ของเกษตรกร*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ. 28 หน้า.
- European Food Safety Authority. 2012. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cyflumetofen. Available at: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2012.2504>. Accessed: May 5, 2019.
- FAO. 2003. Papaya Post-harvest Operations. Available at: <http://www.fao.org/3/a-av012e.pdf>. Accessed: March 5, 2017.
- FAO. 2017. Pesticide residues in food 2017. Available at: <http://www.fao.org/3/i8258EN/i8258en.pdf>. Accessed: May 5, 2019.
- Henderson, C.F. and E.W. Tilton. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
- Herron, G.A. and J. Rophail. 1998. Tebufenpyrad (Pyranica®) resistance detected in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) from apples in Western Australia. *Experimental & Applied Acarology* 22: 633-641.
- IRAC. 2017. IRAC Acaricide mode of action classification. Available at: <http://www.irac-online.org/documents/mites-moa-poster/>. Accessed: November 8, 2017.
- Marčić, D.; P. Perić; S. Stamenković and S. Milenković. 2014. Field evaluation of spiromesifen, a new tetrionic acid derivative, against European red mite (Acari: Tetranychidae) on apple. *Acta Horticulturae* 981: 501-505.

- Peng, X; Y. Hu; Y. Wang; F. Xue; G. Shen; Y. Dong; L. He and K. Qian. 2018. Preparation of cyflumetofen nanocapsules and study on the controlled release performance. *Pest Management Science* 75: 1354-1360.
- Rezaie, M.; M.S. Emami; M. Frozan; D. Shirdel and H. Kamalie. 2021. Efficiency of spiromesifen and cyflumetofen for control of European red mite in apple orchards of some provinces in Iran. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(1): 45-55.