



รายงานผลงานวิจัยเรื่อง

การป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk Injection  
Management Coconut Black-headed Caterpillar;  
*Opisina arenosella* (Walker) by Trunk Injection

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร  
สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

# การป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk Injection <sup>1</sup>

## Management Coconut Black-headed Caterpillar; *Opisina arenosella* (Walker)

### by Trunk Injection

สุเทพ สหaya<sup>1/</sup> ประภัสสรรา พิมพ์พันธุ์<sup>2/</sup> ลมัย ชูเกียรติวัฒนา<sup>2/</sup> วนิดา สุขประเสริฐ<sup>2/</sup>  
วีระสิงห์ แสงวรรณ<sup>2/</sup> ยงยุทธ ไผ่แก้ว<sup>2/</sup> พวงผกา อ่างมณี<sup>1/</sup> วรวิษ สุจริตธรรมจริยางกูร<sup>1/</sup>  
สุภางคณา ธีรภูษ<sup>1/</sup> สุชาดา สุพรศิลป์<sup>1/</sup> นลินา พรหมเกษา<sup>1/</sup>  
สรรชัย เพชรธรรมรส<sup>1/</sup> สิริวิภา พลตรี<sup>1/</sup>

1/กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

2/สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

.....

### บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว; *Opisina arenosella* Walker โดยวิธี Trunk injection ดำเนินการที่แปลงเกษตรกรอำเภอเมือง และอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 2 การทดลอง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงกันยายน 2555 วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ได้แก่ การใช้สาร flubendiamide (Takumi 20%WG) อัตรา 5 กรัม/ต้น chlorantraniliprole (Prevathon 5.17%SC) อัตรา 20 มิลลิลิตร/ต้น emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC) อัตรา 30 และ 50 มิลลิลิตร/ต้น abamectin (Abamectin 1.8%EC) อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น acephate (Acephate 75%SP) อัตรา 35 กรัม/ต้น และการไม่ใช้สาร ทำการเจาะลำต้น มะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร จำนวน 2 รู ขนาดกว้าง 4 หุน ลึก 10 เซนติเมตร ใส่สารตาม กรรมวิธี แล้วใช้ดินน้ำมันอุดรูทันที ตรวจสอบหนอนและรอยทำลายก่อนใช้สาร และหลังใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน ทดสอบอัตราการตายของหนอนหัวดำโดยวิธี Bio-assay หลังการใช้สาร 15, 30 และ 60 วัน โดยทำการเก็บใบมะพร้าวที่ใช้สารให้หนอนกิน วางแผนแบบ CRD 4 ซ้ำ ใช้หนอน 10 ตัว/ซ้ำ ผลจากการ ตรวจสอบจำนวนหนอนและรอยทำลายบนต้นมะพร้าวมีความแปรปรวนสูง ไม่สามารถวิเคราะห์สถิติได้ ผล การทดสอบอัตราการตายของหนอนหัวดำโดยวิธี Bio-assay พบว่าหลังการใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพสูงสุดมากกว่าวิธีการใช้สารชนิด อื่น รองลงมาคือการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น โดยแปลงทดลองที่อำเภอเมือง ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 12.0 เมตร(ต่ำสุด8.60 – สูงสุด17.50 เมตร) การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น พบการตายของหนอน 90.0, 90.0, 92.5 และ 90.0 % หลังใช้สาร 15, 30, 60 และ 90

<sup>1</sup> โครงการวิจัยเร่งด่วน ปีงบประมาณ 2555 กิจกรรม:การจัดการหนอนหัวดำมะพร้าว

วัน ตามลำดับ การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ตัน พบการตายของหนอน 97.5, 97.5, 100 และ 100 % หลังใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ ส่วนแปลงทดลองที่อำเภอทับสะแก ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 18.1 เมตร (ต่ำสุด14.68 – สูงสุด25.68 เมตร) การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ตัน พบการตายของหนอน 20.0, 70.0, 47.5 และ 67.5 % หลังใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ตัน พบการตายของหนอน 67.5, 72.5, 82.5 และ 95.0 % หลังใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ

ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin และ emamectin benzoate ในตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าว ภายหลังจากทดลองใช้สารทั้งสองชนิดนี้ของกลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ที่ อำเภอทับสะแก และ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นเวลา 15, 30, 60 และ 90 วัน โดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี ณ ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร วิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin หลังจากสกัดและทำ derivatization ด้วยสาร 1-methylimidazole และ trifluoroacetic anhydride ก่อน แล้วจึงวิเคราะห์ด้วย HPLC-FLD ส่วน emamectin benzoate สกัดและวิเคราะห์ด้วย LC-MS-MS ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างทั้งสองชนิดในทั้งเนื้อและน้ำมะพร้าว ยกเว้นตัวอย่างน้ำมะพร้าวในต้นที่ต่ำที่สุดใน การทดลอง(8.6 เมตร) เพียงตัวอย่างเดียวและพบน้อยมากเท่ากับ 0.0017 มิลลิกรัมต่อลิตร(ppm) ซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัย จากการทดลองการศึกษาพิษตกค้างของสาร emamectin benzoate ในมะพร้าวเพิ่มเติม พบว่าหลังการใช้สาร 3, 6 และ 10 วัน พบสารเฉพาะที่ส่วนของใบเท่านั้น แต่ไม่พบพิษตกค้างในเนื้อและน้ำมะพร้าวทั้งในผลอ่อนและผลแก่

จากผลการทดลองสามารถแนะนำสาร emamectin benzoate ป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวด้วยวิธี Trunk injection โดยใช้อัตรา 30 มิลลิลิตร/ตัน ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสม และมีความคุ้มค่า โดยแนะนำเฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

## คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่า จากการสำรวจในปี 2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งหมด 1,449,807 ไร่ โดยปัจจุบันมีพื้นที่ให้ผลจำนวน 1,443,439 ไร่ และผลผลิตรวมทั้งหมดจำนวน 1,298,147 ตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 432,261 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

หนอนหัวดำมะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Opisina arenosella* Walker มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Coconut black-headed caterpillar ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดลำตัววัดจากหัวถึงปลายท้องยาวประมาณ 1- 1.2 เซนติเมตร ปีกสีเทาอ่อน มีจุดสีเทาเข้มที่ปลายปีก ลำตัวแบน ชอบเกาะนิ่งแนบตัวติดผิวพื้นที่เกาะ เวลากลางวันจะเกาะนิ่งหลบอยู่ใต้ใบมะพร้าวหรือในที่ร่ม ผีเสื้อเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้เล็กน้อย จากการศึกษากาการเจริญเติบโตของหนอนหัวดำ พบว่า ระยะหนอน 32 -48 วัน มีการลอกคราบ 6 - 10 ครั้ง โดยระยะหนอนแต่ละวัยมีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ลักษณะการทำลาย เกิดจากตัวหนอนกัดแทะ

ผิวใบแก่และสร้างใยถักพันโดยใช้มูลที่ถ่ายออกมาผสมกับเส้นใยที่สร้างขึ้นทำเป็นอุโมงค์ยาวตามแนวของใบ มะพร้าวคล้ายทางเดินของปลวก ตัวหนอนจะอาศัยอยู่ในอุโมงค์ที่สร้างขึ้นและแทะกินผิวในตามทางยาวของอุโมงค์ ตัวหนอนที่โตเต็มที่จะถักใยหุ้มลำตัวอีกครั้ง และเข้าดักแด้อยู่ภายในอุโมงค์ ดักแด้มีสีน้ำตาลเข้ม ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดลำตัวยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมียเล็กน้อย

แมลงค้ำหนาม ที่เข้ามาระบาดและเข้าทำลายใบมะพร้าวให้ได้รับความเสียหายในหลายพื้นที่ทางภาคใต้ และอีกหลายจังหวัดในภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก รวมทั้งสิ้น 20 จังหวัด มีชื่อว่า "Coconut Hispine Beetle" ชื่อวิทยาศาสตร์ "*Brontispa longissima Gestro*" ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย ปาปัวนิวกินี และมาเลเซีย เป็นแมลงที่เคยระบาดรุนแรงมาแล้วในประเทศแถบมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น ซามัว ตาฮิติ ใต้หวัน ฯลฯ และระบาดไปยังมัลดีฟส์ สิงคโปร์ เวียดนาม สันนิษฐานว่าติดเข้ามาในประเทศไทยจากการนำเข้าพืชตระกูลปาล์ม เช่น มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน หมากเขียว หมากเหลืองและหมากแดง เป็นต้น เริ่มระบาดเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2543 และพบว่ามีการระบาดในหลายจังหวัด ที่ระบาดมากคือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปัจจุบันพบการระบาดรุนแรง ที่อำเภอเกาะสมุย พงัน ทัพสะแก บางสะพานน้อย ฯลฯ ไข่ ตัวเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยวหรือเป็นแถว 2-4 ฟองใตใบที่ยังไม่คลี่ ไข่มีลักษณะยาว ค่อนข้างแบน รูปร่างคล้ายแคปซูล มีขนสีน้ำตาลปกคลุม ระยะไข่ประมาณ 5 วัน จึงฟักเป็นตัวหนอน ตลอดอายุขัยตัวเมียสามารถวางไข่ได้ประมาณ 100 ฟอง หนอน มีสีขาวยาวบริเวณด้านข้างของลำตัวมีลักษณะคล้ายหนามยื่นออกมาปลายสุดของส่วนท้องมีหนาม รูปร่างคล้ายคีมยื่นออกมา 1 คู่ หนอนมี 4 วัย ระยะหนอนประมาณ 30-40 วัน ดักแด้ มีสีน้ำตาลเข้ม มีปีก 2 คู่ ยาว 1 ใน 2 ของลำตัว หนอนที่เจริญเติบโตเต็มที่จะหยุดกินอาหารและเข้าดักแด้ในกาบใบมะพร้าว ระยะดักแด้ประมาณ 4-7 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุ 3 - 6 เดือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554)

ปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลผลิตมะพร้าวและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะพร้าว เช่น กะทิ มีราคาสูงขึ้น ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นทดแทนมะพร้าว เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และพื้นที่ปลูกมะพร้าวโดยส่วนใหญ่ประสบปัญหาแมลงศัตรูมะพร้าวระบาด ประกอบกับประสบภัยแล้งติดต่อกันมาเป็นเวลานาน ทำให้พื้นที่การระบาดขยายวงกว้างขึ้นอย่างรวดเร็ว มีรายงานว่าหนอนหัวดำมะพร้าวเป็นแมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญและเคยระบาดรุนแรงสร้างความเสียหายต่อมะพร้าวในประเทศอินเดียและศรีลังกา โดยในประเทศศรีลังการายงานว่าการทดลองฉีดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธี Trunk injection ในมะพร้าวที่มีลำต้นสูง 15-20 เมตร พบว่าสามารถควบคุมแมลงชนิดนี้ได้ (Kanagaratnam and Pinto, 1985)

ธรรมศักดิ์ (2550) ใช้วิธีการฉีดสารเข้าลำต้นทุเรียน โดยการเตรียมส่วและกระบอกฉีดขนาด 50 มิลลิลิตร พร้อมเข็มและปลอกเข็ม เบอร์ 16 หรือ 18 จากนั้นผสมสารเคมีใส่หลอดแล้วตัดปลอกเข็มให้สั้นเพียง 3 - 4 เซนติเมตร และหักเข็มทิ้งถ้าเข็มยาว จากนั้นใช้ส่วนเจาะต้นทุเรียนโดยเลือกตำแหน่งที่ยืน

พอเหมาะ ไม่อยู่ใต้คาบไม้ ใช้สว่านเจาะลงไป 3 เซนติเมตร เอียงมุม 45 องศา จากนั้นใช้เข็มและปลอกสวมเข้า ไปในรูที่เจาะแล้วให้แน่น โดยใช้ค้อนตอกเบา ๆ ต่อมานำกระบอกยาที่มีสารเคมีนั้นสวม เข้าไปทำอย่างนี้จนครบตามจำนวนที่ต้องการ จากนั้นจึงเร่งสารเคมีหรืออัดสารเคมีเข้าลำต้น ทั้งนี้การปฏิบัติควรทำในช่วงเช้า ซึ่งพืชกำลังสังเคราะห์อาหาร

กรมส่งเสริมการเกษตรให้คำแนะนำการป้องกันกำจัดด้วงแรดมะพร้าวสำหรับต้นมะพร้าวที่มีลำต้นสูงกว่า ให้ใช้สารเคมีจำพวกนูวาครอน หรือไฮดรินฉีดเข้าลำต้น โดยเอาสว่านเจาะลำต้นให้เป็นรูจำนวน 2 รู อยู่ตรงข้ามกัน ใช้เข็มฉีดยาดูดสารเคมี 10 มิลลิลิตร ฉีดใส่ในรูที่เจาะไว้ข้างละ 5 มิลลิลิตร จะมีฤทธิ์อยู่นานประมาณ 30 วัน วิธีนี้ห้ามเก็บผลมะพร้าวก่อนครบกำหนดหลังจากฉีดสารเคมีแล้ว อย่างน้อย 30 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

Kanagaratnam และ Pinto (1985) ทำการฉีดสาร monocrotophos ทาง ลำต้นมะพร้าว อัตราสารออกฤทธิ์ 3 และ 6 กรัมต่อต้น ทดลองกับมะพร้าวสูง 15-20 เมตร โดยเจาะลำต้นระดับ 1 เมตรเหนือพื้นดิน ขนาดรูเล็ก 15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จำนวน 1 รูต่อต้น นำใบมะพร้าวจากต้นที่ฉีดสารไปเลี้ยงหนอนหัวดำในห้องปฏิบัติการ พบว่าสาร monocrotophos สามารถตกค้างอยู่ในใบมะพร้าว และทำให้หนอนหัวดำตายได้เป็นระยะเวลา 4- 6 เดือน

Shivashankar *et al*, 2000 รายงานการฉีดผงสะเดาละลายน้ำที่มีปริมาณ azadirachtin A3000 ppm ฉีดเข้าลำต้นมะพร้าวบริเวณโคนต้นเพื่อควบคุมหนอนหัวดำ พบว่า สารละลายสามารถเคลื่อนย้ายไปที่ส่วนยอดภายใน 24 ชั่วโมง และพบว่าปริมาณหนอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ มีการยับยั้งการลอกคราบของหนอน การออกเป็นตัวเต็มวัยของดักแด้ลดลง และตัวเต็มวัยที่ออกมามีรูปร่างผิดปกติ และภายใน 120 วันหลังฉีดสาร ต้นมะพร้าวไม่มีอาการผิดปกติ (phytotoxicity)

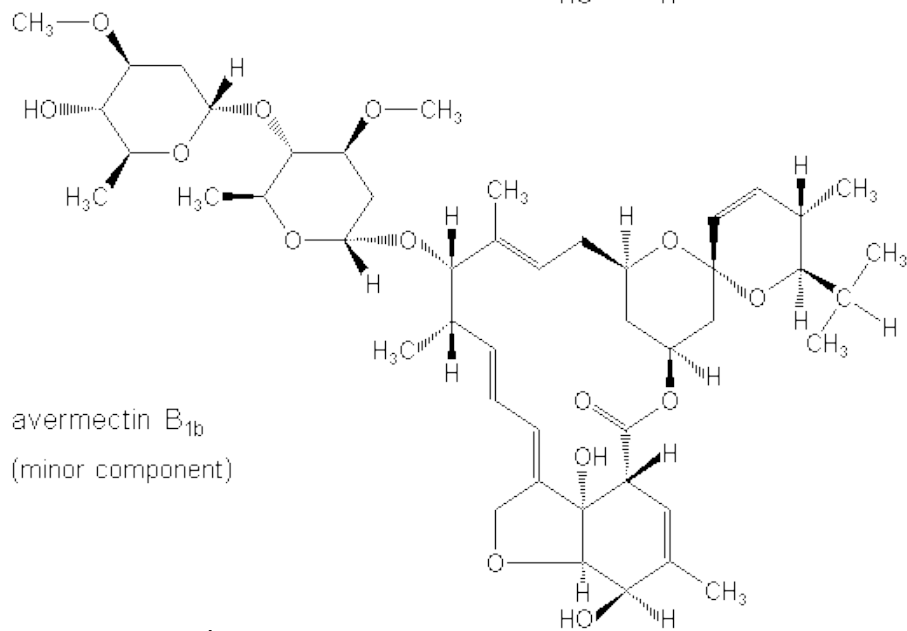
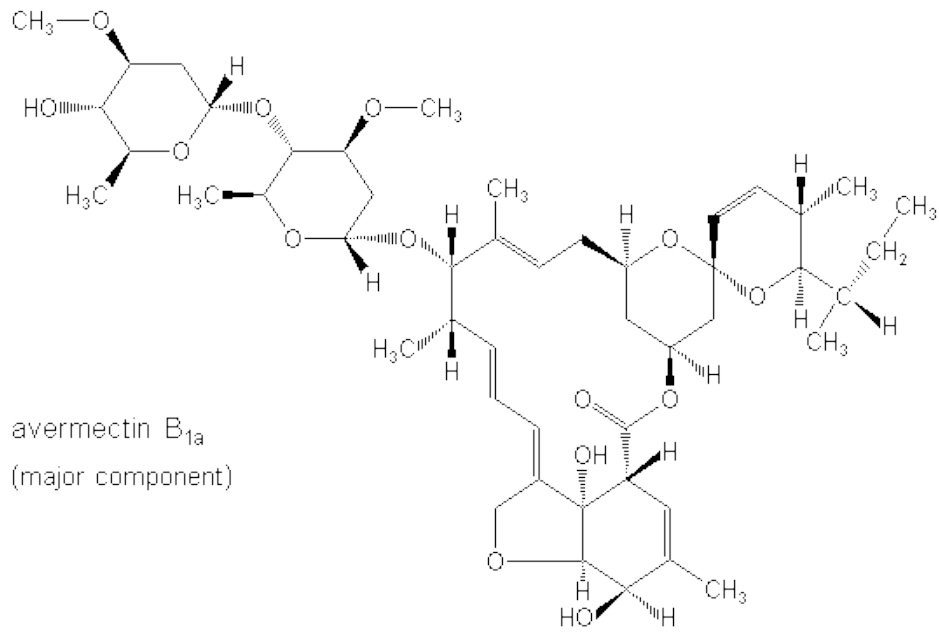
ในสิงคโปร์ He *et al* (2005) รายงานว่า การใช้สาร imidacloprid ด้วยวิธีการฉีดสารลงดินบริเวณราก การราดสารรอบโคนต้น หรือการพ่นทางใบ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงดําหนามในปาล์ม กรณีการระบาดของรุนแรงการพ่นทางใบจะทำให้ลดการระบาดได้อย่างทันเหตุการณ์ กรณีที่แหล่งระบาดอยู่ใกล้ชุมชน หรือต้นปาล์มที่สูงมากแนะนำให้ใช้ราดโคนต้น ส่วนอัตราการใช้จะขึ้นกับขนาดความสูงของต้นปาล์มที่ฟิลิปปินส์ Varca and Fabro ( 2008) รายงานว่าการใช้สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ เช่น thiamethoxam, imidacloprid clothianidin โดยวิธี Trunk injection มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงดําหนามมะพร้าวได้ประมาณ 1 เดือน ที่เวียดนาม Anonymous: a(ไม่ปรากฏปีที่รายงาน) รายงานว่าการใช้สาร diazinon 10%G 30 กรัมใส่ถุงชา (sachets) สอดไว้ตามยอดมะพร้าวมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงดําหนามได้นาน 45 วัน

สุเทพ และคณะ (2553) รายงานว่าการพ่นสารทางใบป้องกันกำจัดหนอนหัวดํามะพร้าวในสภาพเรือนทดลองพบว่าหลังพ่นสาร 7 วัน การพ่นสาร flubendiamide, lufenuron และ chlorfluazuron มีประสิทธิภาพ 100, 93.35 และ 83.74 % ตามลำดับ ส่วนการพ่นเชื้อแบคทีเรีย ; *Bacillus thuringiensis* มีประสิทธิภาพ 50.77 %

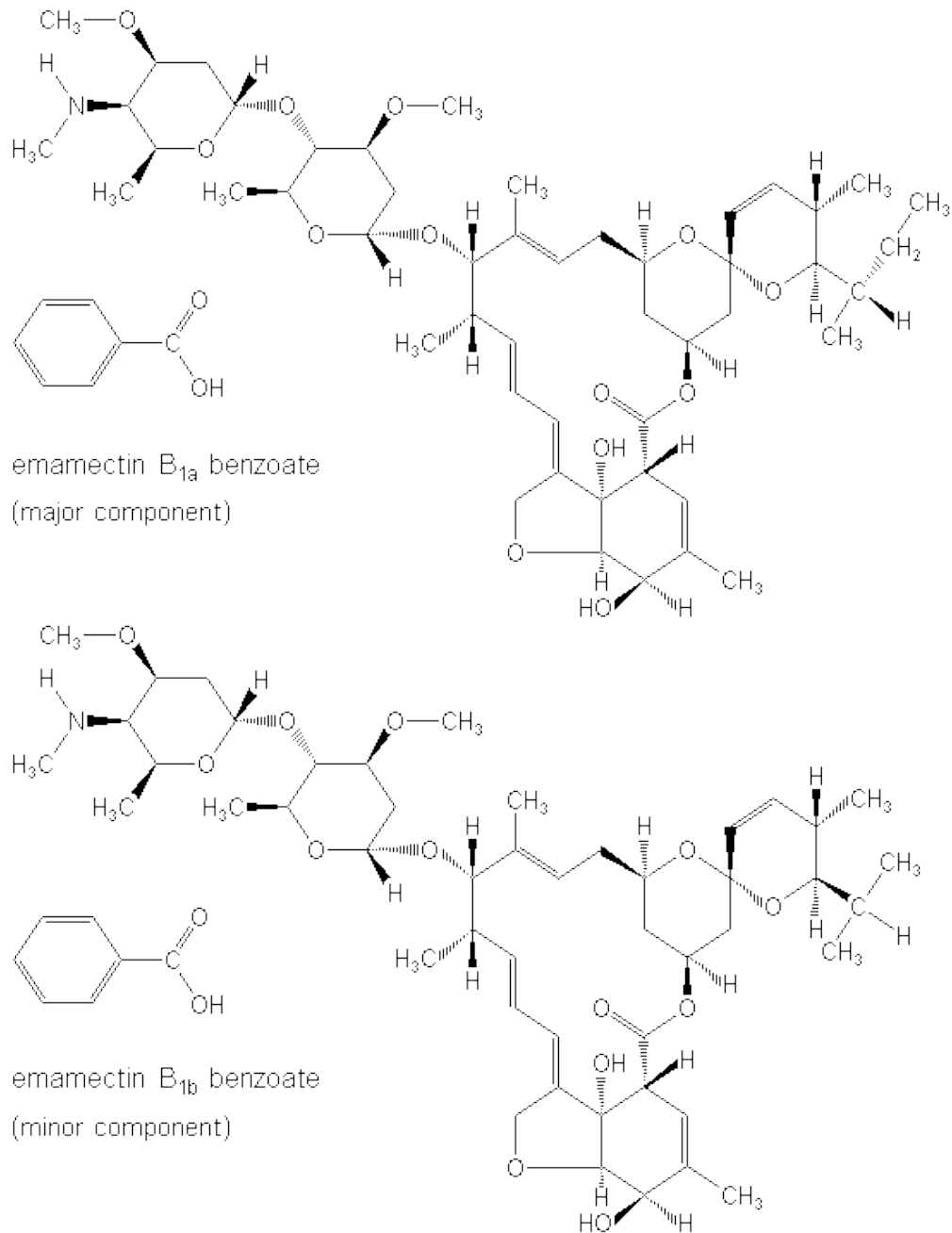
ปัจจุบันถึงแม้จะมีการปล่อยแตนเบียนแมลงค้ำหนามมะพร้าว *Asecodes hipinarum* ช่วยทำลาย หนอนแมลงค้ำหนามมะพร้าว มานานหลายปีแล้วก็ตาม ปัจจุบันยังไม่สามารถลดปัญหาการระบาดได้อย่าง เป็นรูปธรรม ในหลายประเทศ เช่น เวียดนาม ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ มาเลเซีย แนะนำให้ใช้วิธีผสมผสานโดยใช้ สารเคมีแบบวิธีราดโคนต้น ตัดแปลงสารใส่ถุงซาเสียบที่ยอดมะพร้าว หรือวิธี Trunk injection ซึ่งปัจจุบัน เกษตรกรชาวสวนมะพร้าว ได้นำวิธีการนี้มาใช้โดยยังไม่มีข้อมูลผลการวิจัยชัดเจน จากการทดลองเบื้องต้น โดยใช้สารหลายชนิด เช่น imidacloprid, dinotefuran, clothianidin, thiamethoxam, pirimiphos methyl, emamectin benzoate และ acephate ที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าสารที่มีแนวโน้ม ว่ามีประสิทธิภาพกำจัดหนอนหัวดำด้วยวิธี Trunk injection ได้แก่ สาร emamectin benzoate และ acephate อย่างไรก็ตามสาร acephate เป็นสารเคมีที่กลุ่มประเทศสหภาพยุโรปประกาศห้ามใช้ (Anonymous, 2012 b) อีกทั้งสารชนิดนี้ยังเป็นอนุพันธ์ของสาร methamidophos หลังจากการใช้สารจะ สลายตัวเป็น methamidophos ดังนั้นจึงทดลองหาสารที่มีฤทธิ์ดูดซึมมาทดสอบโดยใช้สาร acephate เป็นสารเปรียบเทียบ เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาในระยะวิกฤติและหาวิธีจัดการใช้สารเคมีที่เหมาะสม สามารถ ร่วมกับวิธีการปล่อยศัตรูธรรมชาติ และแนะนำให้นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ส่งเสริม ธุรกิจเอกชนที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเกษตรกรต่อไป

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการจัดการแมลงศัตรูที่สำคัญของมะพร้าวแบบบูรณาการ คือการใช้สารเคมีกำจัด ศัตรูมะพร้าว เจาะเข้าลำต้นมะพร้าว สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ มี 2 ชนิด ได้แก่ abamectin และ emamectin benzoate เป็นสารกำจัดแมลงชนิด Biocides ที่ประกอบด้วยสาร macrocyclic lactone glycoside ผลิตจากแบคทีเรียในดินชนิด *Streptomyces avermitilis* สำหรับ abamectin เป็นสารผสม ของ avermectin B<sub>1a</sub> และ avermectin B<sub>1b</sub> มีสูตรโมเลกุลคือ C<sub>48</sub>H<sub>72</sub>O<sub>14</sub> (avermectin B<sub>1a</sub>) + C<sub>47</sub>H<sub>70</sub>O<sub>14</sub> (avermectin B<sub>1b</sub>) มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 สามารถใช้ได้ทั้งแมลงและไร เช่น ไร สนิม ไรแดง หนอนซอนไบ หนอนใยผัก หนอนม้วนใบ ในพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก เป็นต้น (กลุ่มวิจัยกีฏและ สัตววิทยา, 2551) ส่วน emamectin benzoate มีสูตรโมเลกุลคือ C<sub>56</sub>H<sub>81</sub>NO<sub>15</sub> (emamectin B<sub>1a</sub> benzoate) + C<sub>55</sub>H<sub>79</sub>NO<sub>15</sub> (emamectin B<sub>1b</sub> benzoate) มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2 ใช้ ประโยชน์ในการกำจัดแมลง (Wood, 2011)

สำหรับข้อมูลทางพิษวิทยาของสารพิษ abamectin พบว่า มีความเป็นพิษต่อหนู (rat) ทางปาก ที่ ระดับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสารเคมีที่เป็นพิษมากต่อหนู แต่มีพิษน้อยต่อกระต่ายที่ระดับ มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นพิษน้อยต่อนกกระทา (quail) ที่ระดับมากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เป็นพิษสูงต่อปลาและผึ้ง ที่ระดับ >0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร และ >0.009 µg/bee ตามลำดับ (Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 2004) ในประเทศไทยมีการขึ้นทะเบียนสาร abamectin 1.8% W/V EC เพื่อกำจัดหนอนใยผัก หนอนซอนไบ หนอนเจาะดอกไม้ หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้หอม หนอนสะปอนี่ หนอนม้วนใบ หนอนคืบ เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่น ไรแดง และไรขาว ในพืชผัก ผลไม้และไม้ดอกไม้ประดับ ส่วน emamectin benzoate ขึ้นทะเบียนใช้กำจัดหนอนกระทู้หอมในค่น้ำ (ฝ่ายวัตถุมีพิษ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2553)



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ abamectin [Wood, 2011(a)]



ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของ emamectin benzoate [Wood, 2011(b)]

สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ abamectin และ emamectin benzoate สามารถใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟฟีตตรวจวิเคราะห์ได้ แต่ประสิทธิภาพการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไป HPLC ที่มีหัววัดแบบ Fluorescence (FLD) สามารถใช้วิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin ได้ แต่ต้องมีการเตรียมสารนี้ให้เป็นสารประกอบในลักษณะ derivatization ด้วย 1-methylimidazole และ trifluoroacetic anhydride ก่อน แล้วจึงวิเคราะห์ด้วย HPLC-FLD ที่ความยาวคลื่น excitation เท่ากับ 365 นาโนเมตร และ emission ที่ 470 นาโนเมตร โดยให้สารไหลผ่านคอลัมน์ RP-C18 ที่มี mobile phase เป็น water : methanol : acetonitrile ในอัตราส่วน 1.5 : 40 : 58.5 ในแบบ Gradient system (กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษ การเกษตร, 2555) หรืออาจใช้อัตราส่วน 5 : 47.5 : 47.5 ในแบบ Isocratic elution ซึ่งสามารถตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในโอวาโกโดมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 87 – 98% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (60 –



115%) ค่า RSD ต่ำกว่า 13% ค่าปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOD) อยู่ที่ระดับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้และน่าเชื่อถือ (LOQ) อยู่ที่ระดับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Hernandez-Borges and et al, 2007) สอดคล้องกับการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin ในพริก ของ Xie and et al (2006) ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคเดียวกัน พบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สูงในช่วง 93 – 115% และ LOQ เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง emamectin benzoate ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับ abamectin จากงานวิจัยของ Zhang and et al (2008) ทำความสะอาดสิ่งปนเปื้อน (cleanup) ในตัวอย่างพืชผักด้วย solid phase extraction (SPE) ที่ทำด้วย propylsulfonic acid จึงทำ derivatization เช่นเดียวกับกับวิธีการของ abamectin แล้ววิเคราะห์ด้วย HPLC-FID พบว่ามีประสิทธิภาพการวิเคราะห์ในช่วง 78.6 – 84.9% ค่า RSD น้อยกว่า 8.9% ที่ระดับความเข้มข้น 0.001 – 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ถ้าผลไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ต้องวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS-MS ก็สามารถวิเคราะห์ได้ผลดี Yoshii and et al (2000) พบว่าค่า LOD อยู่ที่ระดับต่ำได้ถึง 0.0001 – 0.0003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์ด้วย LC-MS-MS อย่างไรก็ตาม ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของ abamectin และ emamectin benzoate ในมะพร้าว ยังไม่มีการกำหนดไว้ แต่ Codex ได้กำหนดค่า MRL ไว้ในพืชต่างๆ ได้แก่ almonds 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม apple 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม citrus fruits 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม cucumber 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม lettuce 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม pear 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม peppers 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม strawberry 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม tomato 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม walnuts 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ watermelon 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Codex, 2012)

## วิธีดำเนินการ

### การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวด้ามะพร้าวโดยวิธี Trunk injection

#### อุปกรณ์

- 1.แปลงมะพร้าวของเกษตรกร
- 2.สารฆ่าแมลง
  - 2.1 กลุ่มไดเอไมด์ ได้แก่ flubendiamide (Takumi 20%WG) และ chlorantraniliprole (Prevathorn 5.17%SC)
  - 2.2 กลุ่มอะเวอร์แม็กติน ได้แก่ abamectin (Abamectin 1.8%EC) และ emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC)
  - 2.3 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ acephate (Acephate 75%SP)
3. เครื่องเจาะลำต้นตัดแปลงจากเครื่องตัดหญ้า ใช้ดอกสว่าน 4 หุน
- 4.ดินน้ำมัน
5. ป้ายเครื่องหมายแปลง กระดาษบันทึก
6. อุปกรณ์ตรวจสอบ เช่น ถังน้ำ กระบอกตวง ปีเปต กระบอกฉีดยาพลาสติค

## วิธีการ

**ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวด้ามะพร้าวโดยวิธี Trunk injection**

**แบบการวิจัย** วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือการเจาะลำต้นมะพร้าว 2 รู แล้วใส่สารฆ่าแมลงชนิดและอัตราต่างๆ ดังนี้

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1. flubendiamide (Takumi 20%WG)             | อัตรา 5 กรัม/ต้น       |
| 2. chlorantraniliprole (Prevathorn 5.17%SC) | อัตรา 20 มิลลิลิตร/ต้น |
| 3. emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC)    | อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น |
| 4. emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC)    | อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น |
| 5. abamectin (Abamectin 1.8%EC)             | อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น |
| 6. acephate (Acephate 75%SP)                | อัตรา 35 กรัม/ต้น      |
| 7. ไม่ใช้สารฆ่าแมลง                         |                        |

สำรวจการระบาดของหนอนหัวด้ามะพร้าวในแปลงเกษตรกร โดยแบ่งแปลงทดลองแบบ RCB ใช้ต้นมะพร้าว 2 ต้น/ซ้ำ

ใช้ส่วานที่ตัดแปลงจากเครื่องตัดหญ้า (ส่วนปลายตัดส่วนใบพัดออก แล้วตัดแปลงใส่ดอกส่วานแทน) ทำการเจาะต้นมะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยใช้ดอกส่วานขนาด 4 หุน ทำการเจาะต้นละ 2 รู ตรงข้ามกัน ความลึกประมาณ 10 เซ็นติเมตร

ใส่สารฆ่าแมลงตามกำหนดโดยแบ่งใส่ครึ่งหนึ่งของสารต่อ 1 รู พร้อมกัน กรณีสารที่เป็นของเหลวใส่แบบเข้มข้น ส่วนสารแบบผงละลายน้ำให้เข้ากันแล้วแบ่งใส่ 2 รูเช่นกัน หลังใส่สารใช้ดินน้ำมันตัดให้ได้ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้ว อุดตรงรูทันทีเพื่อป้องกันแรงดันที่จะทำให้สารไหลย้อนออกมา

ก่อนใส่สารสุมตัดใบมะพร้าว ต้นละ 20 ใบย่อย ทำการตรานับหนอนหัวด้ามะพร้าวและรอยทำลาย ทำการสุมตัดใบมะพร้าวหลังใส่สารที่ 15, 30, 60 และ 90 วัน

**ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในใบมะพร้าวและความเป็นพิษต่อหนอนหัวด้ามะพร้าว (Bioassay)**

วางแผนการทดลองแบบ CRD หลังการใช้สารที่ 15, 30, 60 และ 90 วัน ตัดใบมะพร้าวในแต่ละกรรมวิธีความยาวประมาณ 5 นิ้ว จำนวน 10 ชิ้น แล้วคัดเลือกหนอนที่เก็บรวบรวมจากธรรมชาติ และมีขนาดใกล้เคียงกันใส่กล่องๆ ละ 10 ตัว แต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ ทำการบันทึกจำนวนหนอนที่ตายแต่ละกรรมวิธีหลังปล่อยหนอน 48 และ 72 ชั่วโมง

**การทดลองที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในน้ำและเนื้อมะพร้าว**

- สารเคมี**
1. สารมาตรฐาน abamectin และ emamectin benzoate
  2. สารตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ acetone, dichloromethane, ethyl acetate, hexane, acetonitrile, methanol, sodium sulfate anhydrous, sodium chloride
  3. สารเคมีสำหรับ derivatization ได้แก่ 1-methylimidazole และ trifluoroacetic anhydride

- อุปกรณ์**
1. เครื่องชั่ง 2 และ 5 ตำแหน่ง
  2. syringe filter membrane ชนิดทำด้วย PTFE
  3. เครื่องเตรียมตัวอย่าง
  4. เครื่องสกัดตัวอย่าง
  5. เครื่องปรับปริมาตรสารละลายชนิด rotary vacuum evaporator และ nitrogen evaporator
  6. เครื่องผสมสารละลาย
  7. เครื่องแก้วชนิดต่างๆ และ vials สีชา
  8. เครื่องวิเคราะห์ชนิดลิควิดโครมาโตกราฟี (HPLC) ที่มีหัววัดแบบ Fluorescence Detector
  9. เครื่องวิเคราะห์ชนิด LC-MS-MS

### วิธีดำเนินการ

การตรวจสอบพิษวิทยากับหนอนหัวดำพบการตายในกรรมวิธีการใช้สาร abamectin อัตรา 30 มิลลิลิตร และ emamectin benzoate อัตรา 30 และ 50 มิลลิลิตร จึงเก็บตัวอย่างมะพร้าวในกรรมวิธีดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทั้ง 2 แปลง คือ ที่อำเภอเมือง และ อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างผลมะพร้าวมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างในเนื้อและน้ำมะพร้าว รวม 4 ครั้งๆ (ที่หลังการใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน) วันละ 24 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 192 ตัวอย่าง สกัดตัวอย่างเนื้อมะพร้าวน้ำหนัก 25 กรัม เพื่อหาสารพิษตกค้าง abamectin ตามวิธีการ TM-T04-R04 ที่ได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัย วัตถุประสงค์การเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สกัดด้วยตัวทำละลาย acetone และ dichloromethane ปรับด้วยสารผสมของ ethyl acetate และ hexane กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยตัวผสม ethyl acetate, hexane และ methanol นำไปทำ derivatization ด้วยสารผสมของ methylimidazole และ acetonitrile จากนั้นเติมสารผสมของ trifluoroacetic anhydride และ acetonitrile แล้วกรองผ่าน PTFE filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-FID ส่วนสารพิษตกค้าง emamectin benzoate ไม่ต้องผ่านกระบวนการ derivatization และวิเคราะห์ด้วย LC/MS/MS สกัดน้ำมะพร้าวที่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ด้วยวิธี Liquid-liquid partitioning โดยใช้ dichloromethane 3 ครั้ง ปริมาตร 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย acetonitrile นำไปทำ derivatization และกรองผ่าน PTFE filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร แล้ววิเคราะห์หาสารพิษตกค้างเช่นเดียวกับตัวอย่างเนื้อมะพร้าว นอกจากนี้ยังทดสอบวิธีการเพื่อหาประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOD) ตัวอย่างที่มีปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้และน่าเชื่อถือ (LOQ) ตัวอย่าง Blank Sample และ Reagent Blank เพื่อการควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ

**การบันทึกข้อมูล** บันทึกจำนวนหนอนหัวดำและรอยทำลายจากใบที่สุ่มจากต้น บันทึกจำนวนหนอนที่ตายจากการปล่อยให้กินใบแต่ละกรรมวิธี บันทึกอาการเกิดพิษของมะพร้าวเนื่องจากสารฆ่าแมลง นำข้อมูลจำนวนแมลงมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

### เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

แปลงที่ 1 แปลงเกษตรกร อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์

แปลงที่ 2 แปลงเกษตรกร อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์

ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม 2555

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk injection

**แปลงที่ 1 แปลงเกษตรกร อ.อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์(ตารางที่ 1)**

สภาพแปลงที่ทดสอบมะพร้าวมีความสูงระหว่าง 8.60 – 17.50 เมตร เฉลี่ย 12.00 เมตร

ผลการตรวจนับรอยทำลายและจำนวนหนอนที่สุ่มตัดใบมะพร้าวพบว่ามีความแปรปรวนสูง ไม่สามารถวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ จึงใช้ข้อมูลจากการทดสอบ Bio-assay โดยตัดใบมะพร้าวที่เจาะลำต้นมะพร้าวแล้วใส่สาร มาทดลองให้หนอนหัวดำมะพร้าวกิน จากนั้นนำมาหาเปอร์เซ็นต์การตายแต่ละกรรมวิธี

หลังใส่สาร 15 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ต้น มีอัตราการตายสูงสุด 92.5% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มล/ต้น และ abamectin อัตรา 30 มล/ต้น ซึ่งพบอัตราการตาย 82.5 และ 65.0% ตามลำดับ ทั้ง 3 กรรมวิธี หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 15 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ต้น มีอัตราการตายสูงสุด 97.5% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มล/ต้น และ abamectin อัตรา 30 มล/ต้น ซึ่งพบอัตราการตาย 90.0 และ 85.0% ตามลำดับ ทั้ง 3 กรรมวิธี หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 30 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 และ 50 มล/ต้น มีอัตราการตายสูงสุดเท่ากันคือ 87.5% รองลงมา ได้แก่ abamectin อัตรา 30 มล/ต้น ซึ่งพบอัตราการตาย 85.0% ทั้ง 3 กรรมวิธี หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 30 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ต้น มีอัตราการตายสูงสุด 97.5% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มล/ต้น

และ abamectin อัตรา 30 มล./ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 90.0 และ 87.5% ตามลำดับ ทั้ง 3 กรรมวิธี หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 60 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 97.5% ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มล./ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 80.0% ส่วนการใช้สารวิธีการอื่นๆ พบอัตราการตายไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 60 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 100% ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มล./ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 92.5% ส่วนการใช้สารวิธีการอื่นๆ พบอัตราการตายค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกับการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 90 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 95.0% ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มล./ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 70.0% ส่วนการใช้สาร abamectin อัตรา 30 มล./ตัน และ acephate พบอัตราการตายเฉลี่ย 15.0 และ 25.0% ตามลำดับ แม้จะมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใช้สารแต่ค่อนข้างต่ำ

หลังใส่สาร 90 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 100% ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มล./ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 90.0% ส่วนการใช้สาร abamectin อัตรา 30 มล./ตัน และ acephate พบอัตราการตายค่อนข้างต่ำ เฉลี่ย 30.0 และ 12.50% ตามลำดับ

## แปลงที่ 2 แปลงเกษตรกร อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์(ตารางที่ 2)

สภาพแปลงที่ทดสอบมะพร้าวมีความสูงระหว่าง 14.68 – 25.68 เมตร เฉลี่ย 18.14 เมตร

หลังใส่สาร 15 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร acephate อัตรา 35 กรัม/ตัน พบอัตราการตายของหนอนสูงสุด 47.5% รองลงมา คือ emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตาย 45.0% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 15 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน พบอัตราการตายของหนอนสูงสุด 67.5% รองลงมา คือ acephate อัตรา 35 กรัม/ตัน มีอัตราการตาย 65.0% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 30 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล./ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 57.5% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มล./ตัน

และacephate อัตรา 30 มล/ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 55.0 และ 42.5% ตามลำดับ ทั้ง 3 กรรมวิธี หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร ยกเว้นสาร abamectin อัตรา 30 มล/ตัน พบอัตราการตาย 30.0% ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับทุกกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 30 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 72.5% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มล/ตัน abamectin อัตรา 30 มล/ตัน และacephate อัตรา 30 มล/ตัน ซึ่งพบอัตราการตาย 70.0, 50.0 และ 47.5% ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น หนอนมีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารกรรมวิธีอื่น และการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 60 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 57.5% มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สารอื่นๆ และวิธีการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 60 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 82.5% มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สารอื่นๆ และวิธีการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 90 วัน หลังให้หนอนกินใบ 48 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 82.50% มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สารอื่นๆ และวิธีการไม่ใช้สาร

หลังใส่สาร 90 วัน หลังให้หนอนกินใบ 72 ชม. พบว่ากรรมวิธีใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มล/ตัน มีอัตราการตายสูงสุด 95.0% มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการใช้สารอื่นๆ และวิธีการไม่ใช้สาร

สาร emamectin benzoate เป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของช่องทางของคลอไรด์ (Chloride channel activators) สารในกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์กับระบบประสาทและการทำงานของกล้ามเนื้อ (Nerve and muscle action) ในช่วงว่างระหว่าง synaptic transmission สารเคมีในกลุ่มนี้เป็นสารในกลุ่มของ Avermectins และ Milbemycins ซึ่งการค้นพบสารพิษที่ได้จากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ในดินชื่อ *Streptomyces avermitilis* ซึ่งอยู่ในลำดับชั้น Actinomycete นอกจากจะใช้กำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรแล้ว ยังมีการขึ้นทะเบียนกำจัดพยาธิ แมลงและไรในปศุสัตว์และสัตว์เลี้ยงด้วย สารที่มีการขึ้นทะเบียนเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงในประเทศไทยได้แก่ abamectin และ emamectin benzoate สารในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิดเช่น เพลี้ยไฟ หนอนผีเสื้อ กลุ่มด้วงปีกแข็ง (สุเทพ, 2542)

Smitey (2011); Smitey et al.(2010) กล่าวว่าสาร emamectin benzoate เป็นสารที่ใช้ป้องกันกำจัดด้วงที่เป็นศัตรูป่าไม้ประเภทเจาะเปลือกและลำต้นไม้ โดยเฉพาะด้วง emerald ash borer; *Agrilus planipennis* Fairmaire ที่ทำลายในพืชตระกูลสน (Ash tree; *Fraxinus* spp.) โดยการใช้วิธี Trunk

injection จะมีประสิทธิภาพได้นานมากกว่า 1 ปี นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีนี้ในการวินิจฉัยอาการว่าถูกด้วงเจาะต้นทำลายหรือไม่ โดยวิธีการใช้สารดังกล่าวในต้นที่แสดงอาการกิ่งหักหรือยอดเหี่ยว หลังการใช้สารถ้าต้นไม่แสดงอาการเจริญเติบโตแข็งแรง โตวัย มากกว่าต้นที่ไม่ใช้สาร แสดงว่าในพื้นที่นั้นมีการระบาดของด้วงเจาะลำต้นชนิดใดชนิดหนึ่ง นอกจากนี้แล้วสารชนิดนี้ยังสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่กัดทำลายใบด้วย Grosman et al.(2009) รายงานว่าการใช้วิธี Trunk injection ด้วยสาร emamectin benzoate จะมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัด Southern pine beetle; *Deendroctonus frontalis* ในพืช Loblolly pine

ค่าความเป็นพิษของสาร emamectin benzoate (2.15%) อยู่ในระดับมีพิษเล็กน้อยโดยมีค่าความเป็นพิษทางปาก (Oral LD<sub>50</sub>) 2,950 มก/กก ส่วนค่าพิษทางผิวหนัง (Dermal LD<sub>50</sub>) มากกว่า 2,000 มก/กก ในส่วนของผลต่อศัตรูธรรมชาติ และแมลงมีประโยชน์ Janssan et al. (no year) รายงานว่าสาร emamectin benzoate มีพิษน้อยต่อผึ้ง ตัวห้ำ และตัวเบียน

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวได้ดีกว่าสารชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะการใช้อัตรา 50 มล/ต้น ให้ผลค่อนข้างดีเนื่องจากหลังใช้สาร 90 วัน ยังพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน 95.0 % ในต้นสูงเฉลี่ย 18.14 เมตร(14.68 – 25.68เมตร) และ100% ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร(8.60 – 17.50 เมตร) ขณะที่อัตรา 30 มล/ต้น ให้ผลค่อนข้างน่าพอใจเนื่องจากหลังใช้สาร 90 วัน ยังพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน 67.5 ในต้นสูงเฉลี่ย 18.14 เมตร(14.68 – 25.68เมตร) และ 90.0 % ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร (8.60 – 17.50 เมตร) ส่วนสาร abamectin อัตรา 30 มล/ต้น พบการตายของหนอนนานแค่ 30 วัน โดยพบหนอนตาย 50%ในต้นสูงเฉลี่ย 18.14 เมตร(14.68 – 25.68เมตร) และ87.5% ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร(8.60 – 17.50 เมตร)

แม้ว่าปัจจุบันการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมีการแนะนำให้เกษตรกรตัดทางใบมะพร้าว ปลอ่ยแต่นเบียน บราคอน และการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* แต่ขณะนี้ปรากฏว่ายังไม่สามารถควบคุมการระบาดของแมลงชนิดนี้ จากรายงาน ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2555 พบว่าพื้นที่การระบาดใน 10 จังหวัด ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา ราชบุรี สุราษฎร์ธานี สตูล ระยอง และนนทบุรี จำนวน 95,192 ไร่ มีการขยายเพิ่มขึ้นมากกว่าเดือนกรกฎาคม 2555 ถึง 1,192 ไร่ สาเหตุที่การป้องกันกำจัดไม่ได้ผลเท่าที่ควร เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันเป็นการระบาดที่รุนแรง ดังนั้นการใช้สารบีที ซึ่งเป็นประเภท Soft pesticide มีฤทธิ์ตกค้างสั้นเกินไป และการพ่นสารกับมะพร้าวที่เป็นต้นสูงทำให้ไม่ทั่วถึงหรือครอบคลุมพื้นที่ เป็นการเปิดโอกาสให้หนอนหัวดำมีวงจรชีวิตต่อเนื่อง ซึ่งสถานการณ์ปัจจุบันนับว่าเป็นจุดวิกฤติของมะพร้าวในประเทศไทย เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชที่อายุยาว การปลูกทดแทนต้องใช้เวลาหลายปี จึงจะสามารถเก็บผลผลิตได้ ในสภาพที่สถานการณ์วิกฤติเช่นนี้ ควรต้องใช้มาตรการเร่งด่วนโดยการรักษาต้นมะพร้าวให้สามารถยืนต้นอยู่ได้ นั่นคือต้องตัดวงจรชีวิตของหนอนหัวดำให้มากที่สุด จากข้อมูลจากการใช้วิธีการนี้กำจัดด้วงศัตรูป่าไม้ในต่างประเทศประกอบกับข้อมูลจากผลการทดลองวิธีการ ใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในขณะนี้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำได้นานมากกว่า 3 เดือน ซึ่งจะสามารถตัดวงจรชีวิตของแมลงดำ

หนามทำให้การระบาดน้อยที่สุด หลังจากนั้นในระยะยาวเพื่อให้เกิดความสมดุลจึงใช้วิธีการปล่อยศัตรูธรรมชาติ หรือการพ่นเชื้อบีที สำหรับการใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection นอกจากจะสามารถควบคุมการระบาดของหนอนหัวดำได้แล้ว ในพื้นที่ที่มีการระบาดทับซ้อนของแมลงค้ำหนามมะพร้าว วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงค้ำหนามมะพร้าวได้อีกด้วย เนื่องจากเป็นแมลงในกลุ่มของด้วงด้งข้อมูลอ้างอิงไว้ข้างต้น นอกจากนี้แล้ววิธีการใช้สารแบบ Trunk injection ยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากไม่ต้องพ่นสารทำให้เป็นวิธีการที่ไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง และสัตว์เลี้ยง ในส่วนผลต่อศัตรูธรรมชาติ จะไม่มีผลกระทบโดยตรงเนื่องจากการใช้สารเฉพาะต้นต่อต้นโดยตรงไม่เหมือนกับการพ่นสาร อาจจะมีบ้างในกรณีของผลทางอ้อมที่ศัตรูธรรมชาติบังเอิญไปกินหรือเปียนหนอนหัวดำที่ได้รับสารเคมีไปแล้ว อย่างไรก็ตามสัญญาณของตัวห้ำตัวเบียน มักจะทำลายศัตรูพืชที่แข็งแรงพร้อมที่จะเป็นอาหารที่จะให้ลูกหลานรอดชีวิต ดังนั้นวิธีการใช้สารแบบ Trunk injection จึงเป็นวิธีการที่ผลกระทบน้อยกว่าการพ่นสาร นอกจากนี้จากการทดลองตัดส่วนใบมะพร้าวที่หลังการใช้สาร 90 วันมาวิเคราะห์ยังคงพบสาร emamectin benzoate (ภาคผนวก 1)

การตรวจอาการเกิดพิษของสาร (Phytotoxicity) ตลอดระยะเวลาทำการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษของสาร emamectin benzoate ต่อมะพร้าว

## การทดลองที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในน้ำและเนื้อมะพร้าว

สามารถตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 70 – 105% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (60 – 115%) ค่าปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOD) อยู่ที่ระดับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้และนำเชื้อถือ (LOQ) อยู่ที่ระดับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสารพิษตกค้าง emamectin benzoate แม้จะเป็นสาร avermectin เช่นเดียวกัน แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวกับ abamectin ได้ผลไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่ำกว่า 30%) ดังนั้นภายหลังการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้ว ไม่ต้องทำ derivatization แต่ต้องวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS-MS ก็สามารถวิเคราะห์ได้ผลดี ประสิทธิภาพสูงกว่า 70% ค่า LOD อยู่ที่ระดับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่า LOQ อยู่ที่ระดับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการทำ Derivatization ต้องเตรียมสารเคมีใหม่ทุกครั้งก่อนใช้ สิ่งสำคัญที่ต้องระมัดระวังที่มักสร้างปัญหาในการวิเคราะห์คือไขมันของมะพร้าว มักก่อให้เกิดการอุดตันของระบบ ต้องมีการล้างทำความสะอาดและบำรุงรักษาในระบบการไหลของ mobile phase และส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องอยู่เสมอ ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin และ emamectin benzoate ในเนื้อและน้ำมะพร้าว (ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4) พบว่า ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างในมะพร้าวทุกตัวอย่าง ยกเว้นในแปลงอำเภอมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตรวจพบเพียง 1 ตัวอย่างน้ำมะพร้าว 0.0017 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm) แต่เป็นค่าต่ำมาก แม้ว่าค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของ emamectin benzoate ในมะพร้าว ยังไม่มีการกำหนดไว้ แต่ Codex ได้กำหนดค่า MRL ไว้ในพืชต่างๆ ได้แก่ almonds 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม apple 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม citrus fruits 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม cucumber 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม lettuce 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม pear 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม peppers 0.02



มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม strawberry 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม tomato 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม walnuts 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ watermelon 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Codex, 2012) ส่วนประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดค่า MRL ไว้ในพืชต่างๆ ได้แก่ barley, rye, corn, potato, sweet potato, taro หรือ cereal grain อื่นๆ ไว้เท่ากันคือ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Anonymous, 2012c) ดังนั้นการพบสาร emamectin benzoate ในน้ำมะพร้าวในปริมาณ 0.0017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงเป็นค่าที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่พบปรากฏว่าเป็นต้นที่มีความสูง 8.6 เมตร ซึ่งเป็นต้นที่มีความสูงต่ำสุดของการทดลองนี้ จากการทดลองการศึกษาพิษตกค้างของสาร emamectin benzoate ในมะพร้าวเพิ่มเติม พบว่าหลังการใช้สาร 3, 6 และ 10 วัน พบสารเฉพาะที่ส่วนของใบเท่านั้น แต่ไม่พบพิษตกค้างในเนื้อและน้ำมะพร้าวทั้งในผลอ่อนและผลแก่ (ตารางที่ 5)

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว ต้นทุผลอดจนข้อมูลพิษตกค้าง พบว่าการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อต้น เป็นอัตราที่เหมาะสมและมีความคุ้มค่า เนื่องจากประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อต้น โดยแนะนำเฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

### สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

การใช้สารโดยวิธีการเจาะลำต้นมะพร้าว (Trunk injection) ด้วยสารฆ่าแมลง ผลการตรวจสอบด้วยวิธี Bioassay พบว่าการใช้สาร emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC) อัตรา 30 และ 50 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวดีกว่าสารชนิดอื่น สามารถป้องกันกำจัดหนอนหัวดำได้นานมากกว่า 3 เดือนหลังการใช้สาร นอกจากนี้ตลอดระยะเวลาทำการทดลองไม่พบอาการเกิดพิษของสาร (Phytotoxicity) ต่อมะพร้าว จากการนำผลมะพร้าวมาวิเคราะห์สารที่หลังการใช้สาร 3, 6, 10, 15, 30, 60 และ 90 วัน มาตรวจวิเคราะห์หาสารพิษตกค้าง abamectin และ emamectin benzoate ในตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าว โดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี ณ ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร วิเคราะห์สารพิษตกค้าง abamectin หลังจากสกัดและทำ derivatization ด้วยสาร 1-methylimidazole และ trifluoroacetic anhydride ก่อน แล้วจึงวิเคราะห์ด้วย HPLC-FLD ส่วน emamectin benzoate สกัดและวิเคราะห์ด้วย LC-MS-MS ผลการวิเคราะห์ ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างทั้งสองชนิดในทั้งเนื้อและน้ำมะพร้าว ยกเว้นตัวอย่างน้ำมะพร้าวในต้นที่ต่ำที่สุดในการทดลอง (8.6 เมตร) เพียงตัวอย่างเดียว และพบน้อยมากเท่ากับ 0.0017 มิลลิกรัมต่อลิตร(ppm) ซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัย ผลการวิเคราะห์พิษตกค้างที่ใบมะพร้าวหลังการใช้สาร 90 วัน ยังคงพบสาร emamectin benzoate ที่ใบมะพร้าว แสดงว่าสาร emamectin benzoate ถูกเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ส่วนใบมะพร้าว แต่ไม่เคลื่อนย้ายไปที่ส่วนของผลมะพร้าว

จากผลการทดลองสามารถแนะนำสาร emamectin benzoate ป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว ด้วยวิธี Trunk injection โดยใช้อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น โดยแนะนำเฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางประไม้อำปาเงิน นางสาววิณา ทิพย์สุขุม นางสาวกัญญาภัค ตาแก้ว นายปรีดี รักราม และนายพรายงาม คงเปี่ยม ที่ช่วยดำเนินการทดลอง นายอำนาจ มณีแดง ประธานสหกรณ์ผู้ปลูกมะพร้าวทับสะแก อำเภอบ้านนา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือเจาะต้นมะพร้าว

### เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. การปลูกมะพร้าว. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา:<http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/coco12.htm> (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2554)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. แผลงตำหนามมะพร้าว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://forecast.doae.go.th/web/2011-06-30-07-04-11/341-2011-06-30-09-00-49/1245-2011-06-30-09-13-54.html>(สืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2554)

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2551. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูศัตรูพืช ปี 2551. เอกสารวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 295 หน้า.

กลุ่มวิจัยวัชพืชและการเกษตร. 2555. วิธีทดสอบการหาปริมาณ abamectin ในพริก โดย High performance Liquid Chromatograph. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 12 หน้า.

ธรรมศักดิ์ สมมาตย์. 2550. การควบคุมโรคโคนเน่า รากเน่าของทุเรียน ด้วยเทคนิคโรคพืช มก.

และสาร m-Dkp. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://it.doa.go.th/durian/detail.php?id=186> (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2554)

ฝ่ายวัชพืช สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2553. ข้อมูลการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุเทพ สหยา พวงผกา อ่างมณี และอัมพรวิโนทัย. 2553. ทดสอบเบื้องต้นประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว. ว. กสิ. สัตว. 28 (2) : 3 -9.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. มะพร้าว : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:[http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri\\_production](http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production) (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2554)

อัมพร วิโนทัย. 2554. หนอนหัวดำมะพร้าว. น.ส.พ. กสิกร, 84(1): 99 – 102.

Anonymous. No year: a. Abstract on Diaphos 10G testing to control coconut beetle.

(Powerpoint Document)

Anonymous. 2012 b. Substances Banned in The EU Market.

[http://www.pan-europe.info/Resources/Links/Banned\\_in\\_the\\_EU.pdf](http://www.pan-europe.info/Resources/Links/Banned_in_the_EU.pdf). (onlines)

Anonymous. 2012 c. Table of MRLs for Agrochemical.

[http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/agrdtl.php?a\\_inq=11900](http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/agrdtl.php?a_inq=11900) (onlines)

Anonymous. 2012 d. Emamectin benzoate (2.15%) Safety data sheet.

<http://www.syngenta.com/country/au/SiteCollectionDocuments/Labels/PROCLAIM%20INSECTICIDE%20MSDS.pdf>

<http://www.syngenta.com/country/eg/SiteCollectionDocuments/Vertimec%20018%20EC%20Safety%20Data%20Sheet.pdf>

Codex. 2012. Draft and Proposed Draft Maximum Residue Limits in Foods and Feeds at Steps 7 and 4. Joint FAO/WHO Food Standard Programme, Codex Committee on Pesticide Residues 44<sup>th</sup> session, Shanghai, P.R. China. 230 p.

Grosman, D.M., S.R.Clavke and W.W.Upton. 2009. Efficacy of Two Systemic Insecticides Injection into Loblolly Pine for Protection Against Southern Pine Bark Beetle(Coleoptera:Curculionidae). *J.Econ.Entomol.* 120(3):1062-41069.

He, L.S., K.H. Ong, C.P.Yik, Y.K. Fong and H.J.A. Chan. 2005. Chemical control of hispid beetles (*Brontispa longissima*) on palms. *Singapore J.Pri.Ind.* Vol.32 (80):80-92.

Hernandez-Borges, J.; L.M. Ravelo-Perez; E.M. Hernandez-Suarez; A. Carnero and M.A. Rodriguez-Delgado. 2007. Analysis of abamectin residues in avocados by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Chromatography A*, 1165 : 52 – 57.

Janssan, R.K., R.Brown, B.Cartwright, D.Cox, D.M. Dunbar, R.A.Dybas, C. Eckel, J.A.Lasota, P.K.Mookerjee, J.A.Norton, R.F.Petesio, V.R.Starner and S.While. no year. Emamectin benzoate: A novel avermectin derivative for control of Lepidopterous pests. <http://web.entomology.cornell.edu/shelton/diamondback-moth/pdf/1996papers/1996DBM28.pdf>

Kanagaratnam, P. and Pinto, J.L.J.G. 1985. Effect of monocrotophos on the leaf eating caterpillar *Opisina arenosella* Walker, when injected into the Trunk of the coconut palm. [Online]. Available: <http://www.sljol.info/sljol/index.php/COCOS/article/viewFile/816/784> (สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2555)

Ministry of Agriculture, Food and Fisheries. 2004. Pesticide Info : abamectin. British Columbia, USA.

Shivashankar, T., Annadurai, R. S., Srinivas, M., Preethi, G., Sharada, T. B., Paramashivappa, R., Srinivasa Rao, A., Prabhu, K. S., Ramadoss, C. S., Veeresh, G. K. & Subba Rao, P. V. 2000. Control of coconut black-headed caterpillar (*Opisina arenosella* Walker) by systemic application of ‘Soluneem’ – A new water-soluble neem insecticide formulation. [Online]. Available: <http://www.ias.ac.in/currsci/jan252000/articles7.htm> (สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2555)

- Smitey, D.R. 2011. Emamectin benzoate trunk injection as diagnostic tool.  
[http://msue.anr.msu.edu/news/emamectin\\_benzoate\\_trunk\\_injections\\_as\\_a\\_diagnostic\\_tool](http://msue.anr.msu.edu/news/emamectin_benzoate_trunk_injections_as_a_diagnostic_tool) (สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2555)
- Smitey, D.R, J.J.Doccola and D.L.Cox. 2010. Multiple year Protection of Ash Trees from Emerald Ash Borer with a Single Trunk Injection of Emamectin benzoate and Single year Protection with an imidacloprid Basal Drench. *Arboriculture and Urban Forestry*. 36(5): 206-211.
- VarcaL.M. and L.E. Fabro. 2008. Residual effect of pesticide applied against *Brontispa longissima* in coconut. PCARRD Highlights:86-87
- Wood, A. 2011(a). Abamectin Data Sheet.  
<http://www.alanwood.net/pesticides/abamectin.html>
- Wood, A. 2011(b). Emamectin benzoate Data Sheet.  
[http://www.alanwood.net/pesticides/emamectin\\_benzoate.html](http://www.alanwood.net/pesticides/emamectin_benzoate.html)
- Xie, W.M.; K.Y. Ko; S.H. Kim; H.R. Chang and K.S. Lee. 2006. Determination of abamectin residue in paprika by High-Performance Liquid Chromatography. *Korean J. Environ. Agric.*, 25(4) : 359 – 364.
- Yoshii, K.; A. Kaihara; Y. Tsumura; S. Ishimitsu and Y. Tonogai. 2000. Liquid chromatographic determination of emamectin, milbemectin, ivermectin and abamectin in crops and confirmation by liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatography A*, 896 : 75 – 85.
- Zhang, H.; Y. Wu; J. Hu; H. Wang; C. Pan and F. Liu. 2008. Determination of emamectin benzoate residue in vegetables by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Se Pu*, 26(1) : 110 – 112.

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนหัวดำมะพร้าว หลังจากให้กินใบมะพร้าวที่เจาะต้นใส่สารชนิดต่างๆ ที่ อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์(แปลงทดลองที่ 1)

กรรมวิธี	อัตราการใช้	อัตราการตายของหนอน (%)							
		หลังใส่สาร 15 วัน		หลังใส่สาร 30 วัน		หลังใส่สาร 60 วัน		หลังใส่สาร 90 วัน	
		48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.
1. flubendiamide 20%WG	5 กรัม/ต้น	15.0 c	22.5 c	0 c	0 c	0 b	0 c	0 c	0 c
2. chlorantraniliprole 5.17%SC	20 มล/ต้น	15.0 c	17.5 c	0 c	0 c	2.5 b	12.5 bc	0 c	0 c
3. ema. Benzoate 1.92%EC	30 มล/ต้น	82.5 a	90.0 a	87.5 a	90.0 a	80.0 a	92.5 a	70.0 a	90.0 a
4. ema. Benzoate 1.92%EC	50 มล/ต้น	92.5 a	97.5 a	87.5 a	97.5 a	97.5 a	100 a	95.0 a	100 a
5. abamectin 1.8%EC	30 มล/ต้น	65.0 ab	85.0 a	85.0 a	87.5 a	7.5 b	25.0 b	15.0 b	30.0 b
6. acephate 75%SP(กรรมวิธีเปรียบเทียบ)	35 กรัม/ต้น	47.5 b	60.0 b	25.0 b	37.5 b	0 b	0 c	25.0 b	12.5 c
7. ไม่ใส่สาร	-	10.0 c	22.5 c	5.0 bc	5.0 c	0 b	0 c	0 c	0 c
CV (%)		42.7	29.4	33.0	34.7	30.6	36.5	61.0	31.0

1/ ค่าเฉลี่ย (จาก 4 ซ้ำ) ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนหัวดำมะพร้าว หลังจากให้กินใบมะพร้าวที่เจาะต้นใส่สารชนิดต่างๆ ที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์(แปลงทดลองที่ 2)

กรรมวิธี	อัตราการใช้	อัตราการตายของหนอน (%) <sup>1/</sup>							
		หลังใส่สาร 15 วัน		หลังใส่สาร 30 วัน		หลังใส่สาร 60 วัน		หลังใส่สาร 90 วัน	
		48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	48 ชม.	72 ชม.
1. flubendiamide 20%WG	5 กรัม/ต้น	10.0 b	10.0 bc	5.0 b	7.5 b	2.5 b	2.5 c	0 d	0 d
2. chlorantraniliprole 5.17%SC	20 มล/ต้น	0 b	0 c	5.0 b	7.5 b	0 b	2.5 c	0 d	0 d
3. ema. Benzoate 1.92%EC	30 มล/ต้น	15.0 b	20.0 b	55.0 a	70.0 a	7.5 b	47.5 b	45.0 b	67.5 b
4. ema. Benzoate 1.92%EC	50 มล/ต้น	45.0 a	67.5 a	57.5 a	72.5 a	57.5 a	82.5 a	82.5 a	95.0 a
5. abamectin 1.8%EC	30 มล/ต้น	7.5 b	20.0 b	30.0 ab	50.0 a	5.0 b	12.5 c	17.5 c	30.0 c
6. acephate 75%SP(กรรมวิธีเปรียบเทียบ)	35 กรัม/ต้น	47.5 a	65.0 a	42.5 a	47.5 a	0 b	2.5 c	0 d	0 d
7. ไม่ใส่สาร	-	0 b	5.0 c	2.5 b	0 b	0 b	0 c	0 d	0 d
CV (%)		92.7 <sup>2/</sup>	45.2 <sup>2/</sup>	77.6 <sup>2/</sup>	61.6 <sup>2/</sup>	76.2 <sup>2/</sup>	50.2 <sup>2/</sup>	72.9 <sup>2/</sup>	53.4 <sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย (จาก 4 ซ้ำ) ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ข้อมูลได้ถูกแปลงค่าด้วย square root X+0.5 ก่อนวิเคราะห์ผลทางสถิติเนื่องจากมีความแปรปรวนสูง

ตารางที่ 3 ปริมาณสารพิษตกค้าง abamectin ในตัวอย่างมะพร้าว จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ครั้งที่/วันที่	กรรมวิธี	Code	ชื่อตัวอย่าง	สถานที่	เนื้อ	น้ำ
1/11พ.ค.55 (หลังใช้สาร 15 วัน)	Abamectin 30	009	T4R1	อ.ทับสะแก	ND	ND
		010	T4R2	อ.ทับสะแก	ND	ND
		011	T4R3	อ.ทับสะแก	ND	ND
		012	T4R4	อ.ทับสะแก	ND	ND
		021	T4R1	อ.เมือง	ND	ND
		022	T4R2	อ.เมือง	ND	ND
		023	T4R3	อ.เมือง	ND	ND
		024	T4R4	อ.เมือง	ND	ND
2/25พ.ค.55( หลังใช้สาร 30 วัน)	Abamectin 30	033	T4R1 10,17	อ.ทับสะแก	ND	ND
		034	T4R2 38,41	อ.ทับสะแก	ND	ND
		035	T4R3 59,72	อ.ทับสะแก	ND	ND
		036	T4R4 82,101	อ.ทับสะแก	ND	ND
		045	T4R1 12,15	อ.เมือง	ND	ND
		046	T4R2 27,52	อ.เมือง	ND	ND
		047	T4R3 65,66	อ.เมือง	ND	ND
		048	T4R4 80,103	อ.เมือง	ND	ND
3/29มิ.ย.55( หลังใช้สาร 60 วัน)	Abamectin 30	057	T4R1 10,17	อ.ทับสะแก	ND	ND
		058	T4R2 38,41	อ.ทับสะแก	ND	ND
		059	T4R3 59,72	อ.ทับสะแก	ND	ND
		060	T4R4 82,101	อ.ทับสะแก	ND	ND
		069	T4R1 12,15	อ.เมือง	ND	ND
		070	T4R2 27,52	อ.เมือง	ND	ND
		071	T4R3 65,66	อ.เมือง	ND	ND
		072	T4R4 80,103	อ.เมือง	ND	ND
4/26ก.ค.55( หลังใช้สาร 90 วัน)	Abamectin 30	081	T4R1 10,17	อ.ทับสะแก	ND	ND
		082	T4R2 38,41	อ.ทับสะแก	ND	ND
		083	T4R3 59,72	อ.ทับสะแก	ND	ND
		084	T4R4 82,101	อ.ทับสะแก	ND	ND
		093	T4R1 12,15	อ.เมือง	ND	ND
		094	T4R2 27,52	อ.เมือง	ND	ND
		095	T4R3 65,66	อ.เมือง	ND	ND
		096	T4R4 80,103	อ.เมือง	ND	ND

หมายเหตุ : ND = Not detectable (ตรวจไม่พบ)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารพิษตกค้าง emamectin benzoate ในตัวอย่างมะพร้าว จากจังหวัด  
ประจวบคีรีขันธ์

ครั้งที่/วันที่	กรรมวิธี	Code	ชื่อตัวอย่าง	สถานที่	เนื้อ	น้ำ
1/11พ.ค.55 (หลังใช้สาร 15วัน)	emamectin b. 30	001	T3R1	อ.ทับสะแก	ND	ND
		002	T3R2	อ.ทับสะแก	ND	ND
		003	T3R3	อ.ทับสะแก	ND	ND
		004	T3R4	อ.ทับสะแก	ND	ND
		013	T3R1	อ.เมือง	ND	ND
		014	T3R2	อ.เมือง	ND	ND
		015	T3R3	อ.เมือง	ND	ND
		016	T3R4	อ.เมือง	ND	ND
1/11พ.ค.55 (หลังใช้สาร 15วัน)	emamectin b. 50	005	T10R1	อ.ทับสะแก	ND	ND
		006	T10R2	อ.ทับสะแก	ND	ND
		007	T10R3	อ.ทับสะแก	ND	ND
		008	T10R4	อ.ทับสะแก	ND	ND
		017	T10R1	อ.เมือง	ND	ND
		018	T10R2	อ.เมือง	ND	ND
		019	T10R3	อ.เมือง	ND	ND
		020	T10R4	อ.เมือง	ND	ND
2/25พ.ค.55 (หลังใช้สาร 30วัน)	emamectin b. 30	025	T4R1 12,15	อ.ทับสะแก	ND	ND
		026	T4R2 27,52	อ.ทับสะแก	ND	ND
		027	T4R3 63,68	อ.ทับสะแก	ND	ND
		028	T4R4 79,104	อ.ทับสะแก	ND	ND
		037	T4R1 11,16	อ.เมือง	ND	ND
		038	T4R2 38,41	อ.เมือง	ND	ND
		039	T4R3 64,67	อ.เมือง	ND	ND
		040	T4R4 79,104	อ.เมือง	ND	ND
2/25พ.ค.55 (หลังใช้สาร 30วัน)	emamectin b. 50	029	T4R1 9,18	อ.ทับสะแก	ND	ND
		030	T4R2 28,51	อ.ทับสะแก	ND	ND
		031	T4R3 62,69	อ.ทับสะแก	ND	ND
		032	T4R4 91,92	อ.ทับสะแก	ND	ND
		041	T4R1 7,20	อ.เมือง	ND	ND
		042	T4R2 36,43	อ.เมือง	ND	ND
		043	T4R3 62,69	อ.เมือง	ND	ND
		044	T4R4 83,100	อ.เมือง	ND	ND



ตารางที่ 4 (ต่อ) ปริมาณสารพิษตกค้าง emamectin benzoate ในตัวอย่างมะพร้าว จังหวัด  
ประจวบคีรีขันธ์

ครั้งที่/วันที่	กรรมวิธี	Code	ชื่อตัวอย่าง	สถานที่	เนื้อ	น้ำ
3/29มิ.ย.55 (หลังใช้สาร 60วัน)	emamectin b. 30	049	T3R1 12,15	อ.ทับสะแก	ND	ND
		050	T3R2 27,52	อ.ทับสะแก	ND	ND
		051	T3R3 63,68	อ.ทับสะแก	ND	ND
		052	T3R4 79,104	อ.ทับสะแก	ND	ND
		061	T3R1 11,16	อ.เมือง	ND	ND
		062	T3R2 38,41	อ.เมือง	ND	ND
		063	T3R3 64,67	อ.เมือง	ND	0.0017*
		064	T3R4 79,104	อ.เมือง	ND	ND
3/29มิ.ย.55 (หลังใช้สาร 60วัน)	emamectin b. 50	053	T10R1 9,18	อ.ทับสะแก	ND	ND
		054	T10R2 28,51	อ.ทับสะแก	ND	ND
		055	T10R3 62,69	อ.ทับสะแก	ND	ND
		056	T10R4 91,92	อ.ทับสะแก	ND	ND
		065	T10R1 7,20	อ.เมือง	ND	ND
		066	T10R2 36,43	อ.เมือง	ND	ND
		067	T10R3 62,69	อ.เมือง	ND	ND
		068	T10R4 83,100	อ.เมือง	ND	ND
4/26ก.ค.55 (หลังใช้สาร 90วัน)	emamectin b. 30	073	T4R1 12,15	อ.ทับสะแก	ND	ND
		074	T4R2 27,52	อ.ทับสะแก	ND	ND
		075	T4R3 63,68	อ.ทับสะแก	ND	ND
		076	T4R4 79,104	อ.ทับสะแก	ND	ND
		085	T4R1 11,16	อ.เมือง	ND	ND
		086	T4R2 38,41	อ.เมือง	ND	ND
		087	T4R3 64,67	อ.เมือง	ND	ND
		088	T4R4 79,104	อ.เมือง	ND	ND
4/26ก.ค.55 (หลังใช้สาร 90วัน)	emamectin b. 50	077	T4R1 9,18	อ.ทับสะแก	ND	ND
		078	T4R2 28,51	อ.ทับสะแก	ND	ND
		079	T4R3 62,69	อ.ทับสะแก	ND	ND
		080	T4R4 91,92	อ.ทับสะแก	ND	ND
		089	T4R1 7,20	อ.เมือง	ND	ND
		090	T4R2 36,43	อ.เมือง	ND	ND
		091	T4R3 62,69	อ.เมือง	ND	ND
		092	T4R4 83,100	อ.เมือง	ND	ND

หมายเหตุ : ND = Not detectable (ตรวจไม่พบ), \* = หน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร(ppm)

ตารางที่ 5 ปริมาณสารพิษตกค้าง emamectin benzoate ในตัวอย่างมะพร้าว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (เพิ่มเติม)

แปลงที่ 1 ตำบลแสงอรุณ อำเภอทับสะแก (ความสูงไม่เกิน 12 เมตร)			แปลงที่ 2 ตำบลห้วยยาง อำเภอทับสะแก (ความสูงเกิน 12 เมตร)		
ผลการวิเคราะห์สาร emamectin benzoate ในเนื้อมะพร้าวอ่อน					
หลังการใช้ สาร (วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ		หลังการใช้ สาร(วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ	
	อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น		อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
ผลการวิเคราะห์สาร emamectin benzoate ในเนื้อมะพร้าวแก่					
หลังการใช้ สาร (วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ		หลังการใช้ สาร(วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ	
	อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น		อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
ผลการวิเคราะห์สาร emamectin benzoate ในน้ำมะพร้าวอ่อน					
หลังการใช้ สาร (วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ		หลังการใช้ สาร(วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ	
	อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น		อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
ผลการวิเคราะห์สาร emamectin benzoate ในน้ำมะพร้าวแก่					
หลังการใช้ สาร (วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ		หลังการใช้ สาร(วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ	
	อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น		อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
ผลการวิเคราะห์สาร emamectin benzoate ในใบมะพร้าว					
หลังการใช้ สาร (วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ		หลังการใช้ สาร(วัน)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ	
	อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น		อัตรา 30 มล./ต้น	อัตรา 50 มล./ต้น
3	0.050	0.072	3	0.005	0.012
6	0.048	0.525	6	0.117	0.027
10	0.498	1.066	10	0.149	0.216

หมายเหตุ : ND = Not detectable (ตรวจไม่พบ), \* = หน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร(ppm)