รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารเคมี

Research and development of finished natural products to be used as pesticides to reduce the chemicals uses

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล

Miss Laksamee Dachanuraknukul

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารเคมี ปี พ.ศ. 2563-64 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม 5 การทดลอง เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปัจจัยในการผลิตพืชโดยมีผลงานวิจัยครอบคลุมในด้าน การพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ปลอดภัย ต่อเกษตรกรผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย รายงานผลโครงการวิจัยนี้จึงจะมีประโยชน์อย่างมากในการรวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ประกอบเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาการเกษตรให้มีความเจริญก้าวหน้า เกษตรกรมีปัจจัยการผลิตที่ปลอดภัย ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) ผู้บริโภคได้บริโภคสินค้าที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประชาชนมีสุขภาพแข็งแรงและพลานามัยที่ดี เพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้สินค้าเกษตรของไทย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

สารบัญ		หน้า
คำปรารภ		1
กิตติกรรมประกาศ		3
คณะผู้วิจัย		4
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ		5
บทนำ		6
บทคัดย่อโครงการวิจัย		11
กิจกรรมวิจัยที่ 1	วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าผลิตภัณฑ์สูตรผสมสะเดา+หางไหล นาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก	14
กิจกรรมวิจัยที่ 2	การใช้สารสกัดพืช ผลิตภัณฑ์จากพืชร่วมกับวัตถุมีพิษการเกษตร เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร	34
บทสรุปและข้อเสนอแนะ		48
บรรณานุกรม		51

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารเคมี ได้รับความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน นักวิจัย พนักงานราชการ จากกลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ท่านที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตร รวมทั้งความร่วมมือจากหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรในส่วนภูมิภาค ได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนรุ่นพี่ รุ่นน้อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จนงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย
กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล[1/] ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์[1/] พจนีย์ หน่อฝั้น[1/]
สุทิศา เงินเรืองโรจน์[1/] มัลลิกา ทองเขียว[1/] ภาสินี ไชยชะนะ[1/]
ศศิมา มั่งนิมิตร์[1/] พนิดา มงคงวุฒิกุล[1/] ดวงรัตน์ วิลาสินี[1/]
สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง[2/] สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น[2/]
นงพงา โอลเสน[3/] พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์[2/]

Laksamee Dachanuraknukul[1/] Thitiyaporn Udomsilp[1/] Poachanee Norfun[1/]
Suthisa Ngoenrueangrot[1/] Malliga Thongkheaw[1/] Pasinee Chaichana[1/]
Sasima Mungnimitr[1/] Panida Momgkhonwuttikun[1/] Duangrat Wilasinee[1/]
Suprada Sukonthabhirom na Pattalung[2/] Somsak Siriphontangmun[2/]
Nongpanga Olsen[3/] Pichate Chaowattanawong[2/]

[1/]กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (Agriculture Production Sciences Research and Development Division)
[2/]สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (Plant Protection Research and development office)
[3/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (Office of Agricultural Research and Development Region 1)

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ศักย์ซีต้า (zeta potential). หมายถึง ความต่างศักย์ ระหว่างขอบเขตของ ของแข็งและของเหลว เป็นตัววัดประจุไฟฟ้าของอนุภาคที่ถูกแขวนลอยในของเหลว เนื่องจากศักยภาพของ zeta ไม่เท่ากับศักยภาพของพื้นผิวไฟฟ้าในชั้นสองหรือศักยภาพของสเติร์น แต่มักเป็นค่าเดียวที่สามารถใช้เพื่ออธิบายคุณสมบัติของชั้นสองของการกระจายตัวของคอลลอยด์ได้

ระดับเศรษฐกิจ (Economic Threshold Level : ET) หมายถึง ระดับความหนาแน่นของแมลงศัตรูพืชที่เกษตรกรจำเป็นต้องทำการป้องกันกำจัด เพื่อไม่ให้ความหนาแน่นของแมลงศัตรูพืชสูงมากขึ้นจนถึงระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ

การจัดการโดยวิธีผสมผสาน หมายถึง การนำวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชวิธีต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 วิธี มาใช้ร่วมกันในการควบคุมศัตรูพืช

ระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (Pre-harvest interval, PHI) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่พ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้ายจนถึงวันเก็บเกี่ยว ขึ้นอยู่กับประเภทสารเคมีที่ใช้และชนิดของพืช ยกตัวอย่างเช่น ควรหยุดพ่นสารอินดอกซาคาร์บ ครั้งสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยวคะน้าเป็นเวลา 7 วัน (PHI = 7 วัน)

กรมวิชาการเกษตร

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากเกินความจำเป็น ใช้อย่างไม่ถูกต้อง โดยมุ่งเน้นที่ให้ศัตรูพืชนั้นตายโดยทันที ก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ เช่น พบสารพิษตกค้างในผลผลิต ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เกิดอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค ทำให้การผลิตภาคการเกษตรต้องปรับเปลี่ยนระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านการเกษตรที่ให้ความสำคัญกับพัฒนาการผลิตสินค้าเกษตรให้เข้าสู่คุณภาพมาตรฐานความปลอดภัย ส่งเสริมการผลิตที่เป็นเกษตรกรรมอย่างยืน เช่น เกษตรผสมผสาน และเกษตรอินทรีย์ การหันมาเลือกใช้สารสกัดจากพืชที่ศักยภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชทดแทนการใช้สารเคมี จึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากในอนาคต งานวิจัยเกี่ยวกับพืชชนิดต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้มีการศึกษาทดลองอย่างกว้างขวางเพื่อพัฒนาให้เป็นทางเลือกแก่เกษตรกรมากขึ้น นอกจากนี้การใช้สารสกัดพืชเพียงชนิดเดียวอาจไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีสารสำคัญ ที่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน ไม่สามารถป้องกันและกำจัดแมลงได้ดีเหมือนกันทุกชนิด บางชนิดได้ผลดีปานกลาง และน้อยหรืออาจไม่ได้ผล บางชนิดมีฤทธิ์ไล่ บางชนิดยับยั้งการกินอาหาร ดังนั้นการใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดร่วมกันจะช่วยให้ประสิทธิภาพของสารผสมสามารถป้องกันหรือมีความเป็นพิษต่อศัตรูพืชเพิ่มขึ้น เช่นงานวิจัยของ Hummelbrunner and Isman (2001) ใช้สารสกัดจากพืชที่เป็นส่วนผสมระหว่าง *trans*-Anethole กับ thymol และ citronellal กับ α-terpineol พบว่าสามารถป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae)) ได้มากกว่าการใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว มัณฑนา มิลน์ และคณะ (2548) ศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหางไหลในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในกล้วยไม้ พบว่าการเติมน้ำมันสะเดาลงไปในสารสกัดหยาบหางไหลมีประสิทธิภาพในการควบคุมตัวอ่อนเพลี้ยไฟดีขึ้น

พืชท้องถิ่นไทยหลายชนิดที่มีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ชนิดและปริมาณสารสำคัญในพืชจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาวิจัยปีนสูตรผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืชสำเร็จรูปพร้อมใช้ที่มีคุณภาพมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ เช่น น้อยหน่า (*Annona squamosa* Linn.) เมล็ดมีสาร anonaine alkaloid, isocorydine สารกลุ่ม acetogenin สะเดา (*Azadirachta indica*) มีสารอะซาไดแรคติน (Azadirachtin) เป็นสารออกฤทธิ์สูงสุดในการป้องกันกำจัดแมลง พบปริมาณมากที่ส่วนของเมล็ด หางไหล (*Derris elliptica* Benth.) ในรากมีสารสำคัญคือ Rotenone มีฤทธิ์ฆ่าแมลงให้ผลการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักและหนอนใยผักได้ดีและเป็นพิษต่อปลาแต่ไม่มีพิษต่อคน จึงมี

กรมวิชาการเกษตร

การนำมาใช้ในการป้องกันการกำจัดแมลงกันอย่างกว้างขวาง โดยเป็นสารที่ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ลำต้น เป็นพิษโดยการกินหรือโดยการสัมผัส (Wiwattanapatapee *et al*., 2009, Gupta, 2007) ว่านน้ำ (*Acorus calamus* L.) มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ β-asarone มีการทดสอบเบื้องต้นว่ามีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น เป็นสารฆ่า สารขับไล่ สารยับยั้งการกิน สารยับยั้งการเจริญเติบโต และสารยับยั้งการวางไข่ (Tewary *et al*. ,2005 Yoa *et al*.,2008 Shukla *et al*., 2009)

ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งในการใช้สารจากพืชนั้น คือความไม่เสถียร สารสลายตัวง่าย อายุการใช้งานสั้น มีขั้นตอนการใช้ที่ยุ่งยาก เสียเวลา และไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร เป็นข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งยังขาดเทคนิคที่พัฒนาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารสำคัญในพืชให้มีความเสถียร นอกจากนี้สารออกฤทธิ์บางชนิดจะอยู่ในรูปของน้ำมันซึ่งมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากไม่สามารถเข้ากับน้ำได้ (Ibrahim, 2020) ดังนั้นการพัฒนาสารสกัดพืชให้อยู่ในรูปแบบอิมัลชัน นำมาผสมรวมกันเป็นสูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปป้องกันกำจัดศัตรูพืชร่วมกับการนำนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาคุณภาพ ความคงตัว เพิ่มการดูดซึม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของสารให้ได้ผลที่ดียิ่งขึ้น ลดข้อด้อยของการใช้พืชชนิดเดียว ได้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความหลากหลายมากขึ้น และสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการนำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่พัฒนาได้ไปทดสอบประสิทธิภาพระดับห้องปฏิบัติการและแปลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เพื่อได้อัตราการใช้ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม สำหรับเป็นคำแนะนำแก่เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการช่วยแก้ปัญหาและเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรสามารถนำใช้ทดแทนหรือใช้ผสมผสานร่วมกับสารเคมีในแปลงเกษตรกรได้ ส่งเสริมและสนับสนุนระบบการปลูกพืชเกษตรปลอดภัย อีกทั้งภาคเอกชนที่ประกอบธุรกิจการเกษตรธรรมชาติสามารถนำเทคโนโลยีการพัฒนาประสิทธิภาพสารสกัดพืชเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงด้วยนวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีไปสู่ภาคการผลิต เพื่อสร้างรายได้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และเชิงสังคม

กรมวิชาการเกษตร

การทบทวนวรรณกรรม

น้อยหน่าจัดเป็นพืชในวงศ์ Annonaceae ปลูกทั่วไปในประเทศไทย เพื่อการรับประทานผล และยังใช้ประโยชน์เป็นยาสมุนไพรสำหรับรักษาโรคท้องเสีย โรคบิด โรคหิดและโรคท้องผูก (Jamkhande and Wattamwar, 2015) และมีรายงานวิจัยแล้วว่ามีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยเอทานอลและเมทานอลมีฤทธิ์กำจัด ด้วง pulse (*Callosobruchus chinensis*) ได้ถึง 100% (Al-Lawati *et al*., 2002) และสามารถกำจัดด้วง khapra (*Trogoderma granarium*) ได้ (Rao, Sharma and Sharma, 2005) สารสกัดใบและเมล็ดน้อยหน่ายังสามารถควบคุมแมลงได้อีกหลายชนิด เช่น เพลี้ย หนอนฝ้าย ตั๊กแตน มด แมลงหวี่ จากรายงานวิจัยพบว่าสารสำคัญในใบน้อยหน่าเป็นสารแอลคาลอยด์ แอนโนเนอีน (anonaine) และเรซิ่น (resin) ในเมล็ดมีน้ำมันอยู่ประมาณ 45% น้ำมันเป็นพิษกับด้วงปีกแข็ง เพลี้ยอ่อน แมลงวัน และมวนปีกแข็ง (สมสุข ศรีจักรวาฬ, 2546)

กรกช (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ต่อการสัมผัสโดยตรง (direct contact) ต่อหนอนแมลงวันทอง โดยการจุ่มหนอน (dipping) ฤทธิ์ของสารผสมระหว่างใบน้อยหน่าและใบแมงลักคา มีค่า LC_{50} 652.80 ± 13.15 ppm และ 683.25 ± 38.08 ppm ตามลำดับ และสารสกัดใบน้อยหน่าด้วยเอทานอลน่าจะเป็นสารเพิ่มฤทธิ์แบบ additive effect ให้แก่สารสกัดใบสะเดาด้วยเอทานอล และฤทธิ์ของสารสกัดต่อการกินของแมลงวันทองตัวเต็มวัย พบว่าสารสกัดใบน้อยหน่าด้วยน้ำมีประสิทธิภาพทำให้แมลงตายได้ ปานกลาง LC_{50} 1,710.91 ± 67.07 ppm ฤทธิ์สารสกัดผสมควบคุมแมลงได้ปานกลางเช่นกัน สารสกัดใบสะเดาผสมใบน้อยหน่าด้วยเอทานอลกำจัดแมลงได้สูงสุด LC_{50} 1,605.87 ± 67.93 ppm

สารสกัดหยาบของน้อยหน่าสามารถควบคุมตัวอ่อนผีเสื้อ (Leatemia and Isman, 2004a) ควบคุมแมลงวันผลไม้ ชนิด Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) ในระยะฟักไข่ รบกวนการวางไข่ และ ยืดเวลาพัฒนาการของตัวอ่อน (Epino and Chang, 1993) และควบคุมตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงแป้งสีแดง *Tribolium castaneum* Herbst ได้ (Khalequzzaman and Sultana, 2006)

ธิติยาภรณ์ และคณะ (2559) กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร พบว่าสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่า ให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากใบน้อยหน่า และสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดด้วยเมทานอล ให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักดีที่สุด (88.54%) และสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าที่ความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25% (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า ทุกความเข้มข้นให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่า พบสารในกลุ่ม เทอร์พีนอยด์ ฟลาโวอนยด์ และอัลคาลอยด์ เป็นองค์ประกอบ

หางไหล (*Derris elliptica* Benth.) เป็นพืชที่ปลูกง่าย ในรากมีสารสำคัญคือ Rotenone มีศักยภาพในการกำจัดศัตรูพืชได้หลายชนิด สามารถป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักและหนอนใยผักได้ดี เป็นพิษต่อปลาแต่ไม่มีพิษต่อมนุษย์ เป็นพิษโดยการกินหรือโดยการสัมผัส เป็นสารที่ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่

กรมวิชาการเกษตร

ลำต้น จึงมีการนำมาใช้ในการป้องกันการกำจัดแมลงกันอย่างกว้างขวาง (Wiwattanapatapee *et al*., 2009, Gupta, 2007) สาร rotenone สลายตัวค่อนข้างเร็วเมื่อได้รับแสงแดดและที่อุณหภูมิสูง มีครึ่งชีวิตเพียง 1-3 วันและไม่สะสมในน้ำ ใต้ดิน (Extoxnet, 1999)

วินัย ปิติยนต์ และอารมณ์ แสงวนิชย์(2540) ได้รายงานการศึกษาสารสกัดจากหางไหล (โล่ติ๊น) เพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยการใช้ตัวทำละลายอะซิโตนหรือแอลกอฮอล์ในการสกัด และมีการนำไปหาองค์ประกอบและทดสอบฤทธิ์ต่อแมลง พบว่า สารสกัดในระดับ 25 ppm สามารถฆ่าหนอนตาย 50% ใน 2 วัน และองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ที่พบเป็นสารโรติโนนและอนุพันธ์ นอกจากนี้อารมณ์ แสงวนิชย์ และคณะ(2537) ได้ทำการศึกษาพบว่าโล่ติ๊นสามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น แมลงวัน ไร และหนอนบางชนิด ในแปลงผักและไม้ดอก และตั๊กแตน

สารสำคัญในพืชแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพและออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืชต่างกัน การใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดร่วมกันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น Yooboon et al. (2021) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารผสมระหว่าง piperine และ β-asarone พบว่าสารผสมสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ (*Spodoptera litura*) และหนอนกระทู้ข้าวโพด (*Mythimna separate*) ได้ดีกว่าการใช้สาร piperine หรือ β-asarone ชนิดเดียว นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Hummelbrunner and Isman (2001) ที่รายงานการใช้สารสกัดจากพืชที่เป็นส่วนผสมระหว่าง *trans*-Anethole กับ thymol และ citronellal กับ α-terpineol พบว่าสามารถป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae)) ได้มากกว่าการใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว

นาโนอิมัลชัน คือ อิมัลชันที่มีขนาดอนุภาค ระหว่าง 20 ถึง 200-500 นาโนเมตร มีลักษณะใส โปร่งแสง เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กทำให้ไม่เกิดการกระเจิงของแสง ผลิตภัณฑ์นาโนอิมัลชันมีข้อดีคือมีความคงตัวสูง ย่อยและดูดซึมได้เร็ว อีกทั้งให้เนื้อสัมผัสบนผิวหนังที่แตกต่างจากอิมัลชันที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (Galus and Kadzińska, 2015 ; Perazzo et al., 2015; Rodríguez et al., 2016)

นาโนอิมัลชัน (Nanoemulsion) เป็นระบบที่ประกอบด้วยน้ำมัน, น้ำและสารลดแรงตึงผิวในปริมาณสูงมีลักษณะเป็นของเหลวใสที่มีความคงตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์สูงขนาดของหยดอนุภาคในตำรับมักมีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร สามารถคงรูปอยู่ได้จากผิวฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวที่นิยมใช้คือกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (nonionic surfactants) และกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวกและลบ (zwitterionic surfactants) สารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบน้ำหรือไม่ชอบน้ำสามารถนำส่งด้วยระบบนี้ได้สารลดแรงตึงผิว ที่สามารถทำปฏิกิริยากับไขมันที่อยู่ระหว่างเซลล์ของผิวทำให้สามารถเพิ่มการซึมผ่านสารสำคัญเทคนิคการทำนาโนอิมัลชั่นมีด้วยกันหลายวิธีเช่น aqueous titration , high pressure homogenizer , solvent evaporation เป็นต้น (Bravo-Osuna *et.al*. , 2006, Chang *et.al*. 2010)

กรมวิชาการเกษตร

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) วิจัยและพัฒนา ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (เมล็ดน้อยหน่า) ผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหล และว่านน้ำ+หางไหล ด้วยนาโนเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ มีศักยภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

2) ศึกษาอัตราแนะนำและเทคนิควิธีการใช้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืช ผสมผสานกับสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ ในพืชตระกูลกะหล่ำ เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตร

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตสารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่า สะเดา ว่านน้ำ และหางไหลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าผลิตภัณฑ์สูตรผสมด้วยนาโนเทคโนโลยี(สะเดา+หางไหล และว่านน้ำ+หางไหล) เพื่อควบคุมหนอนใยผักในคะน้าในระดับห้องปฏิบัติการ และแปลงทดสอบ เพื่อส่งเสริมให้ลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการป้องกันศัตรูพืชหันมาใช้สารธรรมชาติเพื่อเป็นทางเลือกในการมุ่งไปสู่การผลิตพืชแบบระบบเกษตรปลอดภัย

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากเกินความจำเป็น ใช้อย่างไม่ถูกต้อง โดยมุ่งเน้นที่ให้ศัตรูพืชนั้นตายโดยทันที ก่อให้เกิดปัญหาและผลเสียหลายประการ เช่น พบสารพิษตกค้าง ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เกิดอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค รวมทั้งกฎกติกาการค้าระหว่างประเทศและกระแสการบริโภคที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยอาหารมากขึ้น ทำให้ภาคเกษตรเริ่มปรับเปลี่ยนระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการหันมาเลือกใช้สารสกัดจากพืชที่ฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชทดแทนการใช้สารเคมีจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากในอนาคต โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิจัยและพัฒนาสูตรสารสกัดและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (น้อยหน่า) ผลิตภัณฑ์สูตรผสม (สะเดา+หางไหลและว่านน้ำ+หางไหล) ด้วยนาโนเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ ได้แก่ หนอนใยผักในพืชตระกูลกะหล่ำและหาวิธีการควบคุมศัตรูพืช โดยการใช้สารเคมีผสมผสานกับผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติสำเร็จรูปที่มีประสิทธิภาพ ดำเนินการ ปี2563 - 2564 เป็นเวลา 2 ปี มีทั้งหมด 2 กิจกรรม 5 การทดลอง กิจกรรมที่1 วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหล นาโนเทคโนโลยีและว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก 3 การทดลอง เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชรูปแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชจากสารสกัดพืชในรูปนาโนอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w) ผลการวิจัยพัฒนาได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดพืช ที่มีความเสถียรและความคงตัวตามมาตรฐาน จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ดังนี้ 1) ผลิตภัณฑ์สารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่าสูตร EC 2) ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน 3) ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชัน และได้ข้อมูลค่าความเป็นพิษ LC_{50} ที่96 ชั่วโมง จำนวน 3 ค่า และคำแนะนำอัตราการใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก 3 ข้อมูล กิจกรรมที่ 2 การใช้สารสกัดพืช ผลิตภัณฑ์จากพืชร่วมกับวัตถุมีพิษการเกษตร เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร มี 2 การทดลอง นำต้นแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปผสมนาโนเทคโนโลยี สะเดา+หางไหล และว่านน้ำ+หางไหล จากผลงานวิจัยที่พัฒนาได้มาศึกษาวิจัยต่อยอด ได้ค่าระยะการเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (PHI) ของ indoxacarb 1 ข้อมูล และเทคนิคการใช้สารเคมี indoxacarb ผสมผสานร่วมกับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืช 2 วิธี สำหรับเป็นองค์ความรู้ต่อยอดงานวิจัยพืชท้องถิ่นไทยชนิดอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากสารธรรมชาติและนำไปทดสอบขยายผล เป็นปัจจัยการผลิตทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ส่งเสริมระบบการปลูกพืชเกษตรปลอดภัย ที่นำไปสู่ระบบการเกษตรแบบยั่งยืน

คำสำคัญ สารสกัดพืช น้อยหน่า สะเดา หางไหล ว่านน้ำ หนอนใยผัก นาโนอิมัลชัน

กรมวิชาการเกษตร

ABSTRACT

Excessive use of pesticides is done incorrectly by focusing on the immediate death of the pest. Many problems and disadvantages arise from this, such as toxic residues contaminating the environment and causing harm to users and consumers, as well as international trade rules and consumption trends that place more emphasis on food safety. This is causing the agricultural sector to begin to change the production system to one that is environmentally friendly. Therefore, the choice of plant extracts that are effective in preventing pesticides instead of using chemicals is likely to increase significantly in the future. This research project aims to research and develop formulas for extracts and finished products (Custard Apples) and mixed formula products (Neem + Derris) with nanotechnology to increase the efficiency of controlling important insect pests, such as webworms in cruciferous plants, and find ways to control pests by using chemicals mixed with natural products that are effective. Activities were implemented in 2020–2021 for 2 years, for a total of 2 activities: Activity 1: Extract efficacy research and development. Annona products, mixed formulas, Neem + Derris, nanotechnology, and Calamus + Derris nanotechnology to control vegetable pests, 3 trials This is the development of a new type of pesticide product to prevent pests from plant extracts in the form of oil-in-water (o/w) nanoemulsions. Research results were developed as a prototype of plant extract products. There are 3 products that are stable and stable according to the standard as follows: 1) Annona seed extract products EC 2) Neem and Derris Nano Emulsion of 3) Calamus + Derris Nano Emulsion. To get toxicity values of LC_{50} at 96 hours, 3 values and recommendations on the rate of use in the prevention of larvae and recommendations for the rate of use in the prevention of helminths were obtained. Activity 2: Plant extracts are being used. Agricultural toxic substances combined with plant products Two tests employing a prototype of a finished product blended with nanotechnology to reduce the use of agricultural chemicals were conducted: Neem + Derris and Calamus + Derris. Additional research investigations were produced based on the research findings. To get the pre-harvest interval (PHI) of indoxacarb 1, data was obtained and indoxacarb chemical compounding techniques were combined with the finished product from the plant extracts by 2 methods. and the technique of using the chemical indoxacarb in combination with the finished product from plant extracts. There are two approaches. Further knowledge on other

types of Thai local plant research that has the potential to be developed as a product to prevent pesticides from natural substances. Then bring it to the test to expand the results. It is an alternative production factor for pest control that is safe for the environment and able to transfer technology to the industrial sector. It promotes a system for growing safe agricultural crops, leading to a sustainable agriculture system.

Key words: Botanical insecticide, Sugar apple, Neem, Derris, Calamus, diamondback moth (*Plutella xylostella* L.), nanoemulsion

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก

คณะผู้วิจัย

ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล[1/] ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์[1/] พจนีย์ หน่อฝั้น[1/]
สุทิศา เงินเรืองโรจน์[1] พนิดา มงคงวุฒิกุล[1/] ดวงรัตน์ วิลาสินี[1/]
สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง[2/] สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น[2]
พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์[2/]

Laksamee Dachanuraknukul[1/] Thitiyaporn Udomsilp[1/] Poachanee Norfun[1/]
Suthisa Ngoenrueangrot[1] Panida Momgkhonwuttikun[1/] Duangrat Wilasinee[1/]
Suprada Sukonthabhirom na Pattalung[2]..... Somsak Siriphontangmun[2/]
Pichate Chaowattanawong[2/]

[1/]กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (Agriculture Production Sciences Research and Development Division)

[2/]สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (Plant Protection Research and development office)

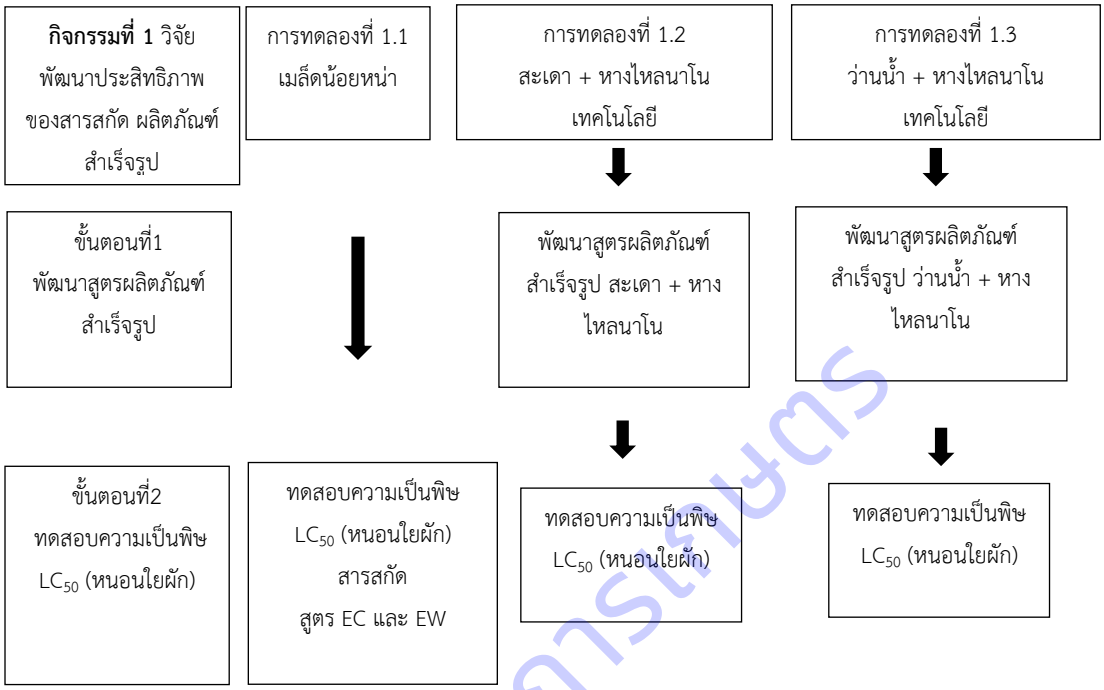
[3/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (Office of Agricultural Research and Development Region 1)

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

<u>การดำเนินการ</u>

ปี 2563



ปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

<u>กิจกรรมที่ 1</u> วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก (ปีเริ่มต้น 2563–สิ้นสุด 2564)

ทำการวิจัยพัฒนาการผลิตสูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืชชนิดต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่อได้สูตรที่เหมาะสม นำไปทำการทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้าในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่า LC_{50} และอัตราการใช้ที่มีประสิทธิภาพเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้ทดสอบในแปลงทดลองเกษตรกรตามแหล่งปลูกผักคะน้าได้อัตราแนะนำที่เหมาะสมในการใช้สูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืชแต่ละชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า ประกอบด้วย 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1.1 วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพสารสกัดและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากน้อยหน่า เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (ปีเริ่มต้น 2563–สิ้นสุด 2564)

การทดลองที่ 1.2 วิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากสะเดา หางไหลด้วยนาโนเทคโนโลยี เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (ปีเริ่มต้น 2563– สิ้นสุด 2564)

การทดลองที่ 1.3 วิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากว่านน้ำ หางไหลด้วยนาโนเทคโนโลยี เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (ปีเริ่มต้น 2563– สิ้นสุด 2564)

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

<u>กิจกรรมที่ 1</u> วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก (2563–2564) มี 3 การทดลอง

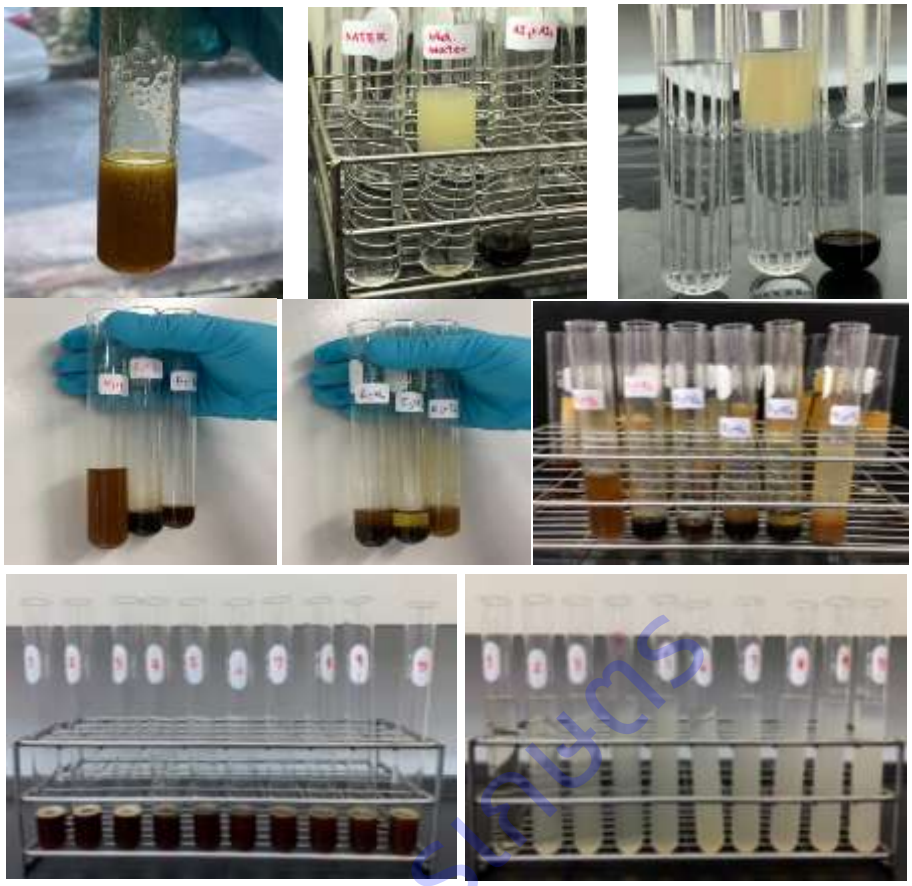
การทดลองที่1.1 วิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สารสกัดและสูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากน้อยหน่า เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (ธิติยาภรณ์ 2563-2564)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ศึกษาการใช้สารผสมระหว่างตัวทำละลาย สารลดแรงตึงผิวหลัก สารลดแรงตึงผิวร่วม และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ลักษณะที่ดี มีความคงตัว ได้ผลิตภัณฑ์ 2 สูตร คือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC และ EW ซึ่งได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีที่ดี มีความคงตัว ไม่ตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ กระจายตัวได้ดีและไม่ตกตะกอนเมื่อนำไปเจือจางด้วยน้ำ เมื่อนำ

ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้ไปศึกษาหาความคงตัว และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC และ EW พบว่า ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีผลทำให้หนอนใยผักตาย อยู่ระหว่าง 27.5-85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EW ที่ทำให้หนอนใยผักตายเพียง 10.5-60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 1.64 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักในแปลงคะน้าเกษตรกร โดยทำแปลงทดสอบ 2 แปลง 2 สถานที่ พบว่าการพ่นสารผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการพ่นสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผัก พบว่าทั้ง 2 แปลงทดลองที่อัตรา 50-70 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 71.02-79.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารทดลอง *Bacillus thuringiensis* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 70.56-79.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบผลผลิต พบว่าการให้สารทดลองผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* เช่นเดียวกัน

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดน้อยหน่าบดและเตรียมเป็นสารสกัดน้อยหน่า

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่2 ศึกษาระบบของสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC และ EW

รูปที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักด้วยสารสกัดน้อยหน่าในห้องปฏิบัติการ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ของสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EW และสูตร EC ที่ 96 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์	LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง (mg/L)
สารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่า	1.7
ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	0.063
ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EW	1.07

ตารางที่ 2 จำนวนหนอนใยผักในคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ในแปลงเกษตรกร จังหวัดนครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					เปอร์เซ็นต์การป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	25	0.4	0.10 a	0.10 a	0.06 a	0.09a	55
2. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	35	0.36	0.10 a	0.10 a	0.06 a	0.08a	55.56
3. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	50	0.39	0.08 a	0.08 a	0.05 a	0.04a	79.49
4.ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	70	0.36	0.09 a	0.09 a	0.04 a	0.04a	77.78
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.34	0.09 a	0.09 a	0.05 a	0.05a	70.59
6. ไม่พ่นสาร		0.38	0.30 b	0.26 b	0.16 b	0.19b	-
%CV			22.71	39.49	56.12	67.57	
%RE				73.6	58.2	65.8	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 จำนวนหนอนใยผักในคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ในแปลงเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					เปอร์เซ็นต์การป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	25	0.53	0.08 a	0.13 a	0.26 a	0.38 b	40.63
2. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	35	0.49	0.15 a	0.13 a	0.19 a	0.21 a	64.51
3. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	50	0.46	0.13 a	0.14 a	0.2 a	0.16 a	71.2
4.ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	70	0.4	0.15 a	0.28 b	0.14 a	0.14 a	71.02
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.44	0.09 a	0.11 a	0.25 a	0.1 a	79.3
6. ไม่พ่นสาร		0.53	0.36 b	0.44 c	0.51 b	0.64 c	-
%CV		17	63.8	36.9	36.9	25.1	
%RE				93.6	55.7	68	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลผลิตคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ในแปลงเกษตรกร จังหวัดนครปฐม และ กาญจนบุรี

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	ผลผลิตคะน้า (กก./ตารางเมตร)	
		แปลง จ.นครปฐม	แปลง จ.กาญจนบุรี
1. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	25	1.08 b	1.65 a
2. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	35	1.19 ab	1.75 a
3. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	50	1.14 ab	1.70 a
4. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC	70	1.45 a	1.25 ab
5. *Bacillus thuringiensis*	80	1.33 ab	1.35 a
6. ไม่พ่นสาร		1.06 b	0.475 b
%CV		16.20	38.7

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์ DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 วิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากสะเดา หางไหล ด้วยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (ลักษมี 2563–2564)

การวิจัยพัฒนาพืชจากสะเดา หางไหลที่มีศักยภาพ เพื่อพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปจากธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรด้วยนาโนเทคโนโลยี พบว่าผลิตภัณฑ์นาโนอิมัลชันมีความคงตัวที่ดี อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมนาโนอิมัลชันประกอบด้วยสารสกัดสะเดาผสมหางไหลร้อยละ 60 โดยปริมาตร สารลดแรงตึงผิวผสมร้อยละ 10 โดยปริมาตร และน้ำร้อยละ 30 โดยปริมาตร มีขนาดอนุภาคระดับนาโนเฉลี่ย 79.47 นาโนเมตร ค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าเฉลี่ย -35 mV สามารถละลายน้ำได้ดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.6 เมื่อทดสอบการคงสภาพโดยใช้ความร้อนเป็นตัวเร่ง ที่ 14 วัน และเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่ามีความคงสภาพ ไม่เกิดการแยกชั้น และมีคุณสมบัติทางกายภาพตรงตามคุณลักษณะสูตรนาโน emulsifiable concentrate (EC) formulation และพบว่าสารสำคัญสลายตัวตามระยะเวลาเก็บรักษาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น การทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการพบว่า ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์นี้มีค่าเท่ากับ 1.64 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถควบคุมหนอนใยผักที่เป็นแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจได้ดี เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา + หางไหลนาโนอิมัลชัน ระดับแปลงทดสอบของเกษตรกร เพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้าจำนวน 2 แหล่งปลูก ที่จังหวัดนครปฐม และจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ที่อัตรา 35-70 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า 51.4 – 77.0% ใกล้เคียงเมื่อเทียบกับ *Bacillus thuringiensis* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 60.3 – 81.6% และเปรียบเทียบผลผลิตของทั้ง 2 แปลงการทดลอง พบว่าการใช้สารทดลองผลิตภัณฑ์สูตรผสมสะเดา + หางไหลนาโนอิมัลชัน ให้ผลผลิตคะน้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับ *Bacillus thuringiensis*

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 ปริมาณ azadirachtin และ rotenone ในตัวอย่างสะเดาและหางไหล

ตัวอย่างพืช	สารสำคัญ	% ความเข้มข้น (w/w)
เมล็ดสะเดา	azadirachtin	0.07 - 0.88
หางไหล	rotenone	1.40 - 13.20

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาอัตราส่วนของตัวทำละลายและสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมในการผลิตสูตรผสมสะเดาหางไหลนาโนอิมัลชัน

สูตรผลิตภัณฑ์	ความเข้มข้นในสูตรผลิตภัณฑ์ (%w/v)			
	สารสกัดสะเดา+หางไหล	(E1)	(E4)	water
NR1	60	10	20	10
NR2	60	20	10	10
NR3	60	7	3	30
NR4	60	3	7	30
NR5	60	15	5	20
NR6	60	5	15	20

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน

สูตรผลิตภัณฑ์อิมัลชัน	ลักษณะทางกายภาพ		การกระจายตัวในน้ำ
	หลังจากเตรียมเสร็จ	อุณหภูมิห้อง 14 วัน	
NR1	ขุ่น แยกชั้น	ใสขึ้น แยกชั้น	ดีมาก
NR2	ขุ่น แยกชั้น	ขุ่น แยกชั้น	ดี
NR3	ใส ไม่แยกชั้น	ใส ไม่แยกชั้น	ดีมาก
NR4	ใส ไม่แยกชั้น	ใส แยกชั้นเล็กน้อย	ดีมาก
NR5	ขุ่น แยกชั้น	ขุ่น แยกชั้น	ดี
NR6	ใส แยกชั้น	ใส แยกชั้น	ดีมาก

ตารางที่ 8 แสดงขนาดอนุภาคและศักย์ไฟฟ้าซีต้าของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน

สูตรผลิตภัณฑ์	Size average (nm)	Zeta potential average (mV)
NR1	234.20	-13.88
NR2	146.70	-24.96
NR3	79.47	-35.00
NR4	127.60	-31.48
NR5	228.00	-26.73
NR6	748.50	-15.17

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบการเกิดฟองของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชันที่เวลาต่างๆ

เวลา (วินาที)	ปริมาตรฟองเฉลี่ย (มิลลิลิตร)	
	ก่อนอบที่ 54±2 °C	หลังอบที่ 54±2 °C
10	4.67	3.07
60	4.33	3.07
180	4.10	2.73
720	4.03	2.73

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบการเกิดครีมของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน

เวลา (ชั่วโมง)	ตั้งทิ้งไว้ใน water bath 30 องศาเซลเซียส			
	ก่อนอบที่ 54 °C		หลังอบที่ 54 °C	
	ครีม	น้ำมัน	ครีม	น้ำมัน
0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
2	0	0	0	0
24	0	0	0	0
24.5	0	0	0	0

หมายเหตุ 1) 0 ไม่เกิด + เกิดเล็กน้อย ++ เกิดปานกลาง +++ เกิดมาก

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน ที่เก็บไว้ที่เวลาต่าง ๆ กัน

เวลา	ปริมาณสาร			
	% Azadirachtin	% Remain	% Rotenone	% Remain
0	0.1013	100	0.4162	100
เก็บที่ 4 °C 3 เดือน	0.0683	67	0.3961	95
เก็บที่ 25 °C 3 เดือน	0.0678	67	0.3477	84
เก็บที่ 54 °C 14 วัน	0.0425	42	0.1785	43

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 12 ผลทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก

กรรมวิธี	% การตายของหนอนใยผัก (% corrected mortality)
ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลอัตรา 10 มล./น้ำ20ลิตร	33.33 c
ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหล อัตรา 25 มล./น้ำ20ลิตร	33.33 c
ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหล อัตรา 35 มล./น้ำ20ลิตร	66.67 b
ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหล อัตรา 50 มล./น้ำ20ลิตร	69.44 ab
ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหล อัตรา 70 มล./น้ำ20ลิตร	81.94 a
น้ำ (กรรมวิธีควบคุม)	0 d
%CV	14.7

หมายเหตุตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาอัตราส่วนของตัวทำละลายและสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมในการผลิตสูตรผสมสะเดาหางไหลนาโนอิมัลชัน และลักษณะทางกายภาพของสูตรผลิตภัณฑ์

สูตรผลิตภัณฑ์	ความเข้มข้นในสูตรผลิตภัณฑ์ (%w/v)				ลักษณะทางกายภาพ		การกระจายตัวในน้ำ
	สารสกัดสะเดา+หางไหล	(E1)	(E4)	water	หลังจากเตรียมเสร็จ	อุณหภูมิห้อง 14 วัน	
NR1	60	10	20	10	ขุ่น แยกชั้น	ใสขึ้น แยกชั้น	ดีมาก
NR2	60	20	10	10	ขุ่น แยกชั้น	ขุ่น แยกชั้น	ดี
NR3	60	7	3	30	ใส ไม่แยกชั้น	ใส ไม่แยกชั้น	ดีมาก
NR4	60	3	7	30	ใส ไม่แยกชั้น	ใส แยกชั้นเล็กน้อย	ดีมาก
NR5	60	15	5	20	ขุ่น แยกชั้น	ขุ่น แยกชั้น	ดี
NR6	60	5	15	20	ใส แยกชั้น	ใส แยกชั้น	ดีมาก

ตารางที่ 14 แสดงขนาดอนุภาคและศักย์ไฟฟ้าซีต้าของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน

สูตรผลิตภัณฑ์	Size average (nm)	Zeta potential average (mV)
NR1	234.20	-13.88
NR2	146.70	-24.96
NR3	79.47	-35.00
NR4	127.60	-31.48
NR5	228.00	-26.73
NR6	748.50	-15.17

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 15 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	ค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	25	0.50 a	0.4 a	0.23 a	0.34 b	0.36 b	60.25
2. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	35	0.49 a	0.39 a	0.19 a	0.30 b	0.21 ab	76.34
3. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	50	0.54 a	0.49 bc	0.15 a	0.18 a	0.20 ab	79.55
4. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	70	0.48 a	0.55 ab	0.25 a	0.18 a	0.20 ab	77.00
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.45 a	0.44 a	0.29 a	0.16 a	0.15 a	81.60
6. น้ำ (กรรมวิธีควบคุม)	-	0.53 a	0.63 c	0.48 b	0.93 c	0.96 c	0.00
%CV	-	-	14.6	32.4	12.6	35.2	
%RE				65.6	75.7	8.2	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์ DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 16 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร)	ค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	25	0.53 a	0.35 a	0.29 a	0.35 b	0.34 a	42.98
2. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	35	0.53 a	0.28 a	0.25 a	0.28 ab	0.29 a	51.36
3. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	50	0.58 a	0.35 a	0.23 a	0.24 a	0.26 a	60.15
4. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	70	0.59 a	0.29 a	0.18 a	0.29 ab	0.24 a	63.84
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.56 a	0.21 a	0.18 a	0.30 ab	0.25 a	60.32
6. น้ำ (กรรมวิธีควบคุม)	-	0.56 a	0.55 b	0.59 b	0.61 c	0.63 b	0.00
%CV	-	-	32.5	26.9	18.9	28.2	
%RE				87.3	47.4	43	

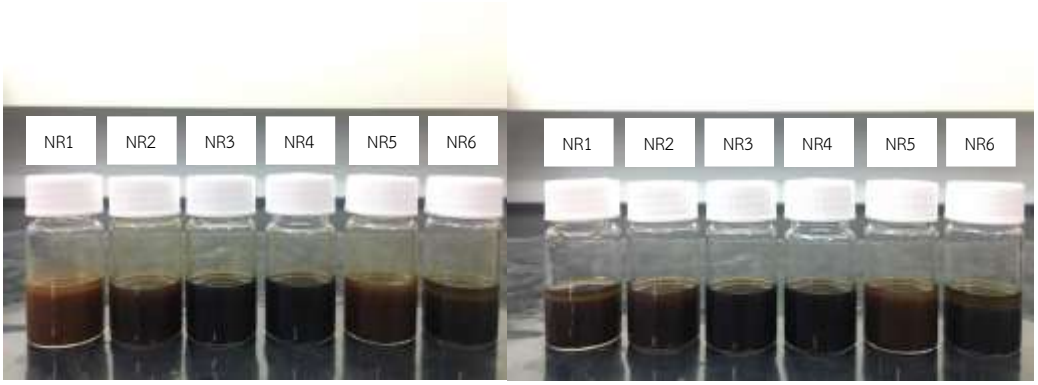
หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์ DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบผลผลิตคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีในแปลงเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี และนครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	ค่าเฉลี่ยผลผลิตคะน้า (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	
		แปลง1 กาญจนบุรี	แปลง2 นครปฐม
1. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	25	3.20 bc	1.75 a[2/]
2. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	35	3.05 c	1.71 a
3. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	50	2.7 cd	1.89 a
4. ผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน	70	3.93 ab	1.75 a
5. *Bacillus thuringiensis*	80	4.1 a	1.85 a
6. น้ำ (กรรมวิธีควบคุม)		2.15 d	0.475 b
%CV		16.3	38.7

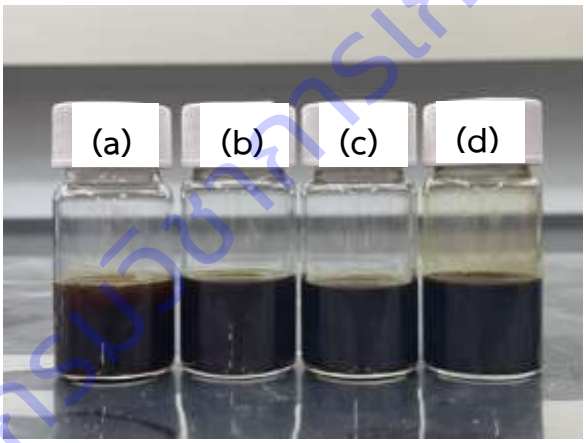
หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์ DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร



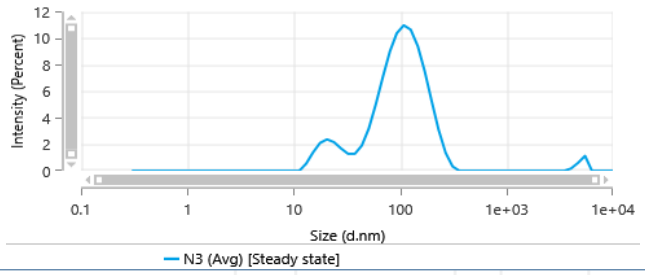
(A) (B)

รูปที่ 4 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน
(A) หลังเตรียมเสร็จ และ (B) หลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณภูมิห้อง 14 วัน



รูปที่ 5 แสดงลักษณะทางกายภาพของสะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน (a) เก็บที่ 4 °C 3 เดือน (b) หลังเตรียมเสร็จ (c) เก็บที่ 25°C 3 เดือนและ(d) หลังอบที่ 54 °C 14 วัน

กรมวิชาการเกษตร



Name	Mean	Standard Deviation	RSD	Minimum	Maximum
Z-Average (nm)	79.47	-	-	79.47	79.47
Polydispersity Index (PI)	0.4039	-	-	0.4039	0.4039
Peak One Mean by Intensity (nm)	116.2	-	-	116.2	116.2
Peak One Area by Intensity (%)	86.66	-	-	86.66	86.66
Peak Two Mean by Intensity (nm)	22.01	-	-	22.01	22.01
Peak Two Area by Intensity (%)	11.44	-	-	11.44	11.44

Name	Mean	Standard Deviation	RSD	Minimum	Maximum
Zeta Potential (mV)	-35	1.258	3.595	-35.89	-34.11
Conductivity (mS/cm)	0.03415	0.0006291	1.842	0.03371	0.0346
Wall Zeta Potential (mV)	-14.89	4.166	27.98	-17.83	-11.94
Quality Factor	2.944	0.8056	27.36	2.374	3.514
Zeta Peak One Mean	-54.92	13.38	24.36	-64.38	-45.46
Zeta Peak Two Mean	-40.56	14.89	36.71	-51.09	-30.03

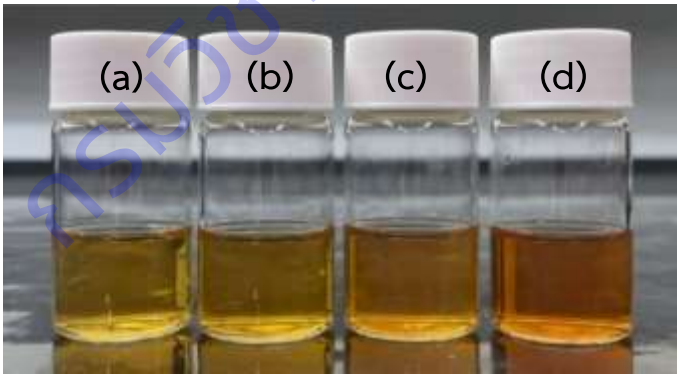
รูปที่ 6 แสดงขนาดอนุภาคและศักย์ไฟฟ้าซีต้าของสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน NR3

รูปที่ 7 นำสูตรผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน ทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในแปลงคะน้า จ.กาญจนบุรี และ จ. นครปฐม

กรมวิชาการเกษตร

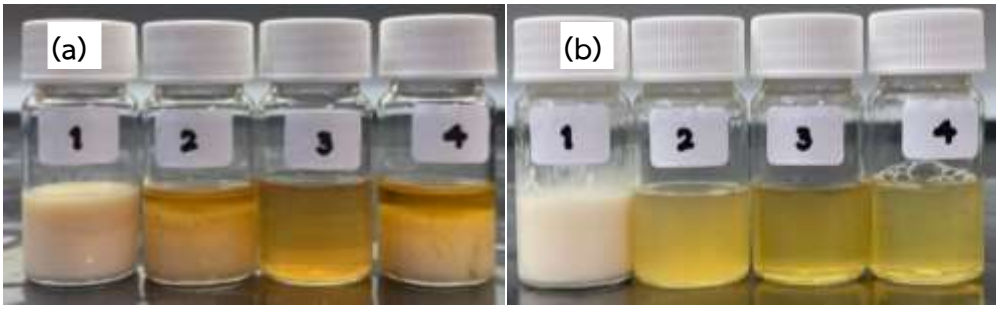
การทดลองที่ 1.3 วิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารกำจัดศัตรูพืชจากว่านน้ำ หางไหล ด้วยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (พจนีย์ 2563–2564)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชจากสารสกัดว่านน้ำผสมหางไหลในรูปนาโนอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ผลการศึกษาพบว่าระบบที่เหมาะสมในการเตรียมนาโนอิมัลชันที่มีลักษณะโปร่งใสและมีความคงตัวประกอบด้วยระบบที่ใช้สารสกัดว่านน้ำผสมหางไหลเป็นวัฏภาคน้ำมันร้อยละ 10 โดยปริมาตร สารลดแรงตึงผิวผสมร้อยละ 10 โดยปริมาตร และน้ำร้อยละ 80 โดยปริมาตร ซึ่งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 17.06 นาโนเมตร และมีค่าประจุที่ผิวต่ำกว่า -30 mV ประเมินความคงสภาพทางเคมีจากการตรวจวัดปริมาณสารสำคัญเบต้าอะซาโรนและโรติโนนในผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่านาโนอิมัลชันมีคุณลักษณะทางกายภาพ ความคงสภาพทางกายภาพและเคมีอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยไม่เกิดการแยกชั้น และพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการสลายตัวของสารสำคัญ ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโนอิมัลชันในการควบคุมหนอนใยผัก วัยที่ 2 ในระดับห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการจุ่มใบ พบว่าผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโนอิมัลชันที่อัตรา 35 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีฤทธิ์ทำให้หนอนใยผักตายมากที่สุด 87.5 เปอร์เซนต์ และมีค่า LC_{50} ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 64.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 96 ชั่วโมง การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโนอิมัลชันต่อหนอนใยผักในคะน้า จำนวน 2 แปลง ผลการทดลองพบว่าอัตราแนะนำ 35-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจได้ดีเฉลี่ย 49.78-71.90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp.*kurstaki* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 64.87-76.33 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่มีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์จากพืชท้องถิ่นในการลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีทางการเกษตร เป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจแก่เกษตรกรในผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม



รูปที่ 8 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของนาโนอิมัลชัน (a) หลังเตรียมเสร็จ (b) เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส (c) เก็บที่25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 เดือน (d) หลังอบที่54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

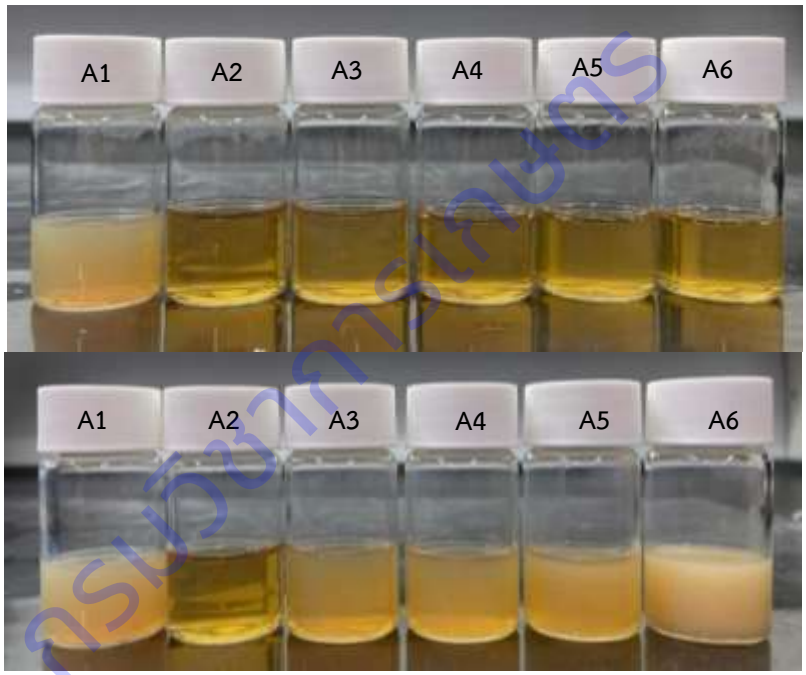
กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 8 แสดงลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนสารลดแรงตึงผิวE1 : E2 ต่าง ๆ (a) หลังเตรียมเสร็จ และ (b) หลังเก็บที่อุณหภูมิห้อง 14 วัน

(a)

(b)



กรมวิทยาศาสตร์

รูปที่ 9 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรนาโนอิมัลชัน (a) หลังเตรียมเสร็จ และ (b) หลังเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

ตารางที่ 18 แสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ย การกระจายตัว ศักย์ไฟฟ้าซีต้าและค่า pH ของสูตรผสมว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชัน

สูตร	ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (nm)	ศักย์ไฟฟ้าซีต้าเฉลี่ย (mv)	pH	ลักษณะทางกายภาพ		
				หลังเตรียมเสร็จ	อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง	อุณหภูมิห้อง 14 วัน
A1	93.85	-23.7	7.02	ขุ่น ไม่แยกชั้น	ขุ่นขึ้น ไม่แยกชั้น	ขุ่นขึ้น ไม่แยกชั้น
A2	17.06	-31.59	6.91	ใส ไม่แยกชั้น	ใส ไม่แยกชั้น	ใส ไม่แยกชั้น
A3	15.7	-23.98	6.96	ใส ไม่แยกชั้น	ใส ไม่แยกชั้น	ขุ่น ไม่แยกชั้น
A4	13.79	-18.54	6.73	ใส ไม่แยกชั้น	ขุ่น ไม่แยกชั้น	ขุ่น ไม่แยกชั้น
A5	20.31	-9.01	6.90	ใส ไม่แยกชั้น	ขุ่น ไม่แยกชั้น	ขุ่น เกิดตะกอน
A6	28.59	-9.72	6.57	ใส ไม่แยกชั้น	ขุ่น ไม่แยกชั้น	ขุ่นนม เกิดตะกอน

ตารางที่ 19 แสดงผลการทดสอบการเกิดฟองของสูตรผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชันที่เวลาต่างๆ

เวลา (วินาที)	ปริมาตรฟองเฉลี่ย (มิลลิลิตร)
10	4.2
60	4.1
180	3.9
720	3.5

ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสาระสำคัญในผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโนอิมัลชัน เ ก็บไว้ที่เวลาต่าง ๆ กัน

เวลา	ปริมาณสารสำคัญ			
	% β-asarone	% Remain	% Rotenone	% Remain
0	1.99	100	0.47	100
เก็บที่ 4 °C 3 เดือน	1.92	96.48	0.45	95.74
เก็บที่ 25 °C 3 เดือน	1.80	90.45	0.41	87.23
หลังอบที่ 54 °C 14 วัน	1.32	66.33	0.21	44.68

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรผสมว่านน้ำหางไหลนาโนอิมัลชันต่อหนอนใยผักวัย 2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ 5 ระดับ

กรรมวิธี	% ตายเฉลี่ยของหนอนใยผักวัย 2
1. ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้นอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	62.50 b
2. ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้นอัตรา 25 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	67.50 b
3. ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้นอัตรา 35 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	87.50 a
4. ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้นอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	85.00 a
5. ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้นอัตรา 70 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	85.00 a
6. กรรมวิธีควบคุมน้ำ	5.00 c
CV	15.8

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%ด้วยวิธี DMRT

ตารางที่ 22 จำนวนหนอนใยผักที่ฉีดพ่นด้วยผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร)	จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	10	0.56	0.13 ab	0.3 ab	0.46 a	0.54 b	8.71
2. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	25	0.59	0.11 a	0.18 a	0.25 a	0.24 a	61.49
3. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	35	0.65	0.19 ab	0.33 ab	0.35 a	0.28 a	59.22
4. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	50	0.64	0.13 ab	0.1 a	0.51 ab	0.19 a	71.90
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.64	0.23 ab	0.23 a	0.33 a	0.16 a	76.33
6. ไม่พ่นสาร		0.71	0.28 b	0.55 b	0.83 b	0.75 c	
%CV			53.8	68.2	47.2	38.7	
%R.E.				95.7	84.4	75.2	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 23 จำนวนหนอนใยผักที่ฉีดพ่นด้วยผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโนที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)	จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
			1	2	3	4	
1. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	10	0.56	0.33 b	0.34 b	0.29 ab	0.31 b	39.61
2. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	25	0.54	0.15 a	0.16 a	0.19 a	0.25 ab	49.49
3. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	35	0.51	0.14 a	0.14 a	0.19 a	0.23 ab	50.80
4. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	50	0.63	0.21 a	0.24 ab	0.33 b	0.29 b	49.78
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.59	0.14 a	0.15 a	0.21 a	0.19 a	64.87
6. ไม่พ่นสาร		0.60	0.53 c	0.59 c	0.6 c	0.55 c	
%CV			23.6	31.8	20.5	19.6	
%R.E.				35.3	52.6	37.2	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

ตารางที่24 เปรียบเทียบผลผลิตคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนในแปลงเกษตรกร อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรีและ อ. เมือง จ. นครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร)	ผลผลิตคะน้า (กก./ตารางเมตร)	
		แปลงคะน้า จ.กาญจนบุรี	แปลงคะน้า จ.นครปฐม
1. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโน	10	1.1 b	1.64 ab
2. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโน	25	2.1 a	1.54 ab
3. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโน	35	1.9 a	1.73 a
4. ผลิตภัณฑ์ว่านน้ำหางไหลนาโน	50	2.2 a	1.61 ab
5. *Bacillus thuringiensis*	80	2.6 a	1.58 ab
6. ไม่พ่นสาร		0.65 b	1.45 b
%CV		27.9	8.6

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

มัณฑนา มิลน์ สุรพล วิเศษสรรค์ สมรวย อภิธรรมรวมกุลและเสริม สีมา. 2548. การใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหางไหลในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในกล้วย. รายงานผลปฏิบัติงานประจำปีงประมาณ 2548. เล่ม1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางหารเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.221-232

Gupta, R.C. 2007. Rotenone. In Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles. Academic Press: New York. pp 620-623.

Hummelbrunner, L.A., and M.B. Isman. 2001, Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *J. Agri. Food Chem*., 49(2): 715–720.

Shukla, R., A. Kumar, C. S. Prasad, B. Srivastava, and N.K. Dubey. 2009, Efficacy of *Acorus calamus* L. leaves and rhizome on mortality and reproduction of *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae), *Appl. Entomol. Zool*., 44: 241-247.

Tewary, D.K., A. Bhardwaj, and A. Shanker. 2005. Pesticidal activities in five medicinal plants collected from mid hills of western Himalayas, *Ind. Crops. Prod.*, 22: 241-247.

Wiwattanapatapee, R., A. Sae-Yun, J. Petcharat, C. Ovatlarnporn, and A. Itharat. 2009, Development and Evaluation of Granule and Emulsifiable Concentrate Formulations Containing *Derris elliptica* Extract for Crop Pest Control. *J. Agri. Food Chem.*, 57(23): 11234–11241.

Yao, Y., W. Cai, C. Yang, D. Xue, and Y. Huang. 2008. Isolation and characterization of insecticidal activity of (*Z*)-asarone from *Acorus calamus* L., *Insect Sci.*,15: 229-236.

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2

วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สูตรผสม สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก

คณะผู้วิจัย

ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล[1/] ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์[1/] พจนีย์ หน่อฝั้น[1/]
สุทิศา เงินเรืองโรจน์[1/] มัลลิกา ทองเขียว[1/] ภาสินี ไชยชะนะ[1/]
ศศิมา มั่งนิมิตร์[1/] สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง[2/]
สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น[2/] นงพงา โอลเสน[3/] พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์[2/]

Laksamee Dachanuraknukul[1/] Thitiyaporn Udomsilp[1/] Poachanee Norfun[1/]
Suthisa Ngoenrueangrot[1/] Malliga Thongkheaw[1/] Pasinee Chaichana[1/]
Sasima Mungnimitr[1/] Suprada Sukonthabhirom na Pattalung[2/]
Somsak Siriphontangmun[2/] Nongpanga Olsen[3/] Pichate Chaowattanawong[2/]

[1/]กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (Agriculture Production Sciences Research and Development Division)
[2/]สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (Plant Protection Research and development office)
[3/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (Office of Agricultural Research and Development Region 1)

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

<u>กิจกรรมที่ 2</u> การใช้สารสกัดพืช ผลิตภัณฑ์จากพืชร่วมกับวัตถุมีพิษการเกษตร เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร (ปีเริ่มต้น 2564–สิ้นสุด 2564)

ทำการทดสอบสูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสารสกัดจากพืชผสมผสานร่วมสารเคมีเกษตรที่ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้าตามอัตราและคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ในแปลงทดลองเกษตรกรที่แหล่งปลูกผักคะน้า ประกอบด้วย 2 การทดลอง

การทดลองที่ 2.1 การใช้สารสกัดและผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหล นาโนเทคโนโลยี ร่วมกับสาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

การทดลองที่ 2.2 การใช้สารสกัดและผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี ร่วมกับสาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. สาร indoxacarb 15% w/v EC สารสกัดสะเดา สารสกัดหางไหล ผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี
2. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เครื่องชั่งสาร เครื่อง LC-MS/MS สารมาตรฐาน, สารเคมีชนิดต่างๆทั้งชนิด lab grade, HPLC grade, GC grade , HPLC column , GC-MS column, Helium gas UHP (for GC-MS), น้ำยาทดสอบต่างๆ อุปกรณ์เครื่องแก้ว สารเคมี,หลอดทดสอบ,ถุงมือ centrifuge, syringe filter
3. แปลงคะน้า (2 สถานที่ หรือ 2 ฤดูกาล)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสูตรผสมนาโน อัตรา A /น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 2 พ่น Indoxacarb 15% EC อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร 6 ครั้งติดต่อกัน ตามด้วย ผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสูตรผสมนาโน อัตรา A/น้ำ 20 ลิตร 1 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 3 พ่น Indoxacarb 15% EC อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร 5 ครั้งติดต่อกัน ตามด้วย ผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสูตรผสมนาโน อัตรา A/น้ำ 20 ลิตร 2 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 4 พ่น Indoxacarb 15% EC อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร 4 ครั้งติดต่อกัน ตามด้วย ผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสูตรผสมนาโน อัตรา A/น้ำ 20 ลิตร 3 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 5 พ่น indoxacarb15% EC อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 6 ไม่พ่นสาร

กรมวิชาการเกษตร

วิธีปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของสารเคมี Indoxacarb 15% EC อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตรในคะน้า เพื่อกำหนดค่าระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (PHI)

ทำแปลงทดสอบเพื่อการศึกษาหาปริมาณสารพิษตกค้างของสารเคมี Indoxacarb 15% EC ในคะน้า ที่อัตราแนะนำ 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร จำนวน 2 แปลงทดสอบ ต่างสถานที่หรือฤดูกาลที่ต่างกัน ขนาดแปลงทดสอบ 3 x 15 เมตร จำนวน 2 แปลงย่อย และ แปลงควบคุม(พ่นด้วยน้ำเปล่า) จำนวน 1 แปลงย่อย โดยมีระยะห่างระหว่างแปลงย่อยไม่น้อยกว่า 2 เมตร พ่นสาร Indoxacarb ด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบควบคุมความดันได้ (motorized knapsack sprayer) พ่นทุก 5 วัน รวมทั้งหมด 3 ครั้ง หลังพ่นสารทดลองครั้งสุดท้าย ทำการสุ่มเก็บคะน้าที่ระยะ 0 (2 ชั่วโมงหลังการพ่น) 7 และ 14 วัน ตามลำดับ วิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของ indoxacarb ในคะน้า เพื่อกำหนดค่าระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (Pre Harvest Interval : PHI)

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของสูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีร่วมกับสาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า ในแปลงทดสอบของเกษตรกร

นำผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารสกัดพืชนาโนเทคโนโลยี ที่ผ่านเกณฑ์การทำสูตรผสมสำเร็จรูป และมีประสิทธิภาพดีที่สุด นำมาทดสอบประสิทธิภาพในแปลงเกษตรกรร่วมกับการใช้สาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า ดำเนินการทดลองจำนวน 2 แปลง ต่างสถานที่หรือฤดูกาลที่ต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ RCB เมื่อคะน้าอายุ 20 วัน หรือเมื่อพบการระบาดหนอนใยผักที่ระดับเศรษฐกิจ ทำการฉีดพ่นสารผสมสำเร็จรูปสารสกัดพืชนาโนเทคโนโลยี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ผสมผสานกับใช้สารเคมีป้องกันกำจัดหนอนใยผัก Indoxacarb 15% w/v EC อัตราแนะนำ โดยใช้สาร Indoxacarb 15% w/v EC เป็นสารเปรียบเทียบ และพ่นด้วยน้ำ เป็นกรรมวิธีควบคุม พ่นทุก 5 วัน จำนวน 4 ครั้ง ทำการสุ่มตรวจนับจำนวนหนอนใยผักที่เข้าทำลายต้นคะน้าหลังจากพ่นทุกครั้ง เก็บผลผลิตคะน้าหลังจากพ่นครั้งสุดท้าย คัดแยก เกรด ให้อยู่ในสภาพพร้อมส่งตลาด ชั่งผลผลิต บันทึกผล และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้สาร indoxacarb ร่วมกับ ผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสูตรผสมนาโนเทคโนโลยีในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง indoxacarb ของสูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารสกัดพืชนาโนเทคโนโลยีร่วมกับสาร indoxacarbในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

สุ่มเก็บคะน้าในแปลงกรรมวิธีที่มีการใช้สาร indoxacarb เพื่อตรวจหาปริมาณสารพิษตกค้าง indoxacarb หลังพ่นสารทดลองครั้งสุดท้าย โดยสุ่มเก็บที่ระยะ 0 (2 ชั่วโมงหลังการพ่น) 3, 7 และหรือ 14 วันตามลำดับ เพื่อหาปริมาณการตกค้างของ indoxacarb ในแต่ละกรรมวิธี นำข้อมูลมาเปรียบเทียบประเมินผลเพื่อหาระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการใช้สารเคมี indoxacarb ร่วมกับผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสารสกัดพืชนาโนเทคโนโลยี สรุปและรายงานผล

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูล จำนวนหนอนใยผัก
2. บันทึกน้ำหนักสดผลผลิตคะน้าที่มีคุณภาพระยะส่งตลาด (marketable yields)
3. บันทึกข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้าง indoxacarb

สถานที่ทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. ห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
3. แปลงคะน้า จ. สุพรรณบุรี จ. นครปฐม หรือ จ. กาญจนบุรี (ทดลองใน 2 สถานที่ หรือ 2 ฤดูกาล)

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด ธันวาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 2.1 การใช้สารสกัดและผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหล นาโนเทคโนโลยี ร่วมกับสาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

(ลักษมี 2564)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้สารผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี (อัตรา 50 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร)ร่วมกับสาร indoxacarb (อัตรา 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร) ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า จากผลการทดลองทั้ง 2 แปลงพบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารเคมี indoxacarb เพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักมากที่สุด 77.06-80.65% ให้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ยสูงที่สุด 1.75 – 2.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร ใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ 2 พ่นสาร indoxacarb 3 ครั้งแรกและพ่นผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้งก่อนเก็บเกี่ยว มีประสิทธิภาพ 74.29-80.56 % และให้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ย 1.74 - 2.15 กิโลกรัม/ตารางเมตร ผลตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารเคมี indoxacarb หลังพ่นสารครั้งสุดท้าย พบว่ากรรมวิธีที่พ่น indoxacarb เพียงอย่างเดียว ที่ 0 วัน มีปริมาณสาร indoxacarb ตกค้างสูงสุดเกินค่า Maximum Residue Limit (MRL) เฉลี่ย 9.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ 7 วันลดลงเหลือ 0.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ที่ใช้สารเคมีพ่นในช่วงแรกร่วมกับพ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืชเมื่อใกล้ระยะเก็บเกี่ยว หลังพ่นครั้งสุดท้ายที่ 7 วัน ตรวจไม่พบปริมาณสารเคมีตกค้าง indoxacarb

หรือพบแต่พบในปริมาณ 0.02– 0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่า Codex MRL ใน Broccoli ที่กำหนดค่าที่ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีที่พ่น indoxacarb เพียงอย่างเดียวพบปริมาณ 0.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสูงเกินค่า MRL กรรมวิธี 1-4 ที่มีการพ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 0 วันหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง azadirachtin เฉลี่ยอยู่ในช่วง น้อยกว่า 0.5-0.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตรวจไม่พบ rotenone และที่ 7 วัน ไม่พบปริมาณสารตกค้างทั้ง azadirachtin และ rotenone แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากพืช azadirachtin และ rotenone มีการสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็วกว่า เมื่อถูกแสงแดดและสภาพแวดล้อมภูมิอากาศในแปลงปลูก จนตรวจไม่พบการตกค้างในผลผลิตคะน้า เมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นสารเคมีทางการเกษตรหลังพ่นสารที่ระยะ 7 วันยังคงตรวจพบสารเคมีตกค้าง indoxacarb ในคะน้า การใช้สารเคมี indoxacarb สลับกับผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดีเมื่อเทียบกับการใช้สารเคมี indoxacarb เพียงอย่างเดียว และสามารถลดปริมาณสารเคมีตกค้างในผลผลิตได้

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 24 ข้อมูลการสลายตัวของสารตกค้างของ indoxacarb ในคะน้า ในแปลงเกษตรกร อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ อ. เมือง จ. นครปฐม

วัน	ปริมาณสาร indoxacarb ตกค้างเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)										
		แปลงคะน้า จ.นครปฐม					แปลงคะน้า จ.กาญจนบุรี				
		อัตราแนะนำการใช้ (60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร)									
	แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	R1.1	R1.2	R2.1	R2.2	Ave. (n=4)	R1.1	R1.2	R2.1	R2.2	Ave. (n=4)
0	ND	8.74	8.06	9.34	10.61	9.19	17.57	16.66	17.32	16.72	17.07
7	ND	0.09	0.09	0.13	0.15	0.12	0.08	0.1	0.13	0.12	0.10
14	ND	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01

หมายเหตุ - Limit of quantification (LOQ) = 0.01 mg/kg, Limit of detection (LOD) = 0.005 mg/kg

- ND = Not Detected
- Maximum Residue Limits (MRLs) of Kale or Leafy Vegetables Codex (Broccoli) 0.2 mg/kg

ตารางที่ 25 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)		จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
				หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
	Indoxacarb 15% w/v EC	สะเดา+หางไหลนาโน	ก่อนพ่นสาร	1	2	3	4	
T1 (พ่นสะเดา+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	-	50	0.60 a	0.25 b	0.24 b	0.23 a	0.20 a	72.22
T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	60	50	0.60 a	0.15 a	0.16 ab	0.16 a	0.14 a	80.56
T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	60	50	0.53 a	0.13 a	0.15 ab	0.13 a	0.15 a	76.42
T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	60	50	0.58 a	0.14 a	0.19 ab	0.2 a	0.20 a	71.26
T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)		-	0.56 a	0.16 a	0.11 a	0.15 a	0.13 a	80.65
6. แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)			0.50 a	0.35 c	0.59 c	0.58 b	0.60 b	0.00
%CV			12.90 a	17.4	27.90	35.40	32.40	
%R.E.					34.30	32.20	44.40	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 26 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)		จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
				หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
	Indoxacarb 15% w/v EC	สะเดา+หางไหลนาโน	ก่อนพ่นสาร	1	2	3	4	
T1 (พ่นสะเดา+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	-	50	0.56 a	0.15 a	0.06 a	0.43 a	0.20 a	67.86
T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	60	50	0.49 a	0.23 a	0.13 a	0.4 a	0.14 a	74.29
T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	60	50	0.58 a	0.15 a	0.14 a	0.26 a	0.15 a	76.72
T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	60	50	0.53 a	0.26 a	0.26 a	0.34 a	0.20 a	66.04
T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)		-	0.51 a	0.14 a	0.10 a	0.33 a	0.13 a	77.06
T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)			0.54 a	0.56 b	0.85 b	0.85 b	0.60 b	0.00
%CV			17.6	48	51.10	28.60	32.40	
%R.E.					62.40	39.60	44.40	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

ตารางที่27 เปรียบเทียบผลผลิตคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนในแปลงเกษตรกร อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรีและ อ. เมือง จ. นครปฐม

กรรมวิธี	ผลผลิตคะน้าเฉลี่ย (กก./ตารางเมตร)	
	แปลงคะน้า จ.นครปฐม	แปลงคะน้า จ.กาญจนบุรี
1. พ่นผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน 4 ครั้ง	1.85 a	1.2 c
2. พ่น indoxacarb 3 ครั้ง และพ่นผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้ง	1.74 a	2.15 a
3. พ่น indoxacarb 2 ครั้ง และพ่นผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน 2 ครั้ง	1.71 a	2.3 a
4. พ่น indoxacarb 1 ครั้ง และพ่นผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโน 3 ครั้ง	1.66 a	1.6 b
5. พ่น indoxacarb 4 ครั้ง	1.75 a	2.5 a
6. แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	1.79 a	0.95 c
%CV	10.2	13.4

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 28 ปริมาณสารตกค้างของ indoxacarb azadirachtin และ rotenone ในการใช้สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยีร่วมกับสาร indoxacarb เพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า จังหวัดกาญจนบุรี และ จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการพ่นสาร (วัน)	กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยปริมาณสารตกค้าง indoxacarb (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, mg/kg)		ปริมาณสารตกค้างเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
		แปลง จ. กาญจนบุรี	แปลง จ. นครปฐม	แปลง จ.กาญจนบุรี		แปลง จ.นครปฐม	
				azadirachtin	rotenone	azadirachtin	rotenone
0	T1(พ่นสะเดา+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	ND	ND	0.78	ND	<0.5	ND
	T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	0.07	0.88	0.61	ND	0.96	ND
	T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	0.03	0.11	0.82	ND	0.82	ND
	T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	0.01	0.02	<0.5	ND	<0.5	ND
	T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)	9.51	7.82	ND	ND	ND	ND
	T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	T1 (พ่นสะเดา+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	0.09	0.12	ND	ND	ND	ND
	T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	0.04	0.01	ND	ND	ND	ND
	T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง สะเดา+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)	0.6	0.56	ND	ND	ND	ND
	T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ - indoxacarb : LOQ = 0.01 mg/kg, LOD = 0.005 mg/kg

- azadirachtin: LOQ = 0.5 mg/kg, LOD = 0.05 mg/kg
- rotenone: LOQ = 0.5 mg/kg, LOD = 0.2 mg/kg
- ND = Not Detected
- Maximum Residue Limits (MRLs) of Kale or Leafy Vegetables Codex, Japan (Broccoli) 0.2 mg/kg

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.2 การใช้สารสกัดและผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี ร่วมกับสาร indoxacarb ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

(สุทิศา 2564)

จากผลการทดลองทั้ง 2 แปลงพิสูจน์ได้ว่า กรรมวิธีที่ใช้สารเคมี indoxacarb 15% EC (อัตรา 60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร) เพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ 1.73-2.6 กิโลกรัม/ตารางเมตร และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักมากที่สุด 76.33-76.77% รองลงมาคือกรรมวิธีการใช้สารกัดพืชผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชัน (อัตรา 50 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร) ผสมผสานร่วมกับการใช้สารเคมี indoxacarb จะให้ผลผลิตที่มากกว่าการใช้สารสกัดพืชผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนเพียงอย่างเดียวและไม่ใช้สารพ่นเพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า ใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่2 พ่นสาร indoxacarb 3 ครั้งแรกและพ่นผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหล นาโน 1 ครั้ง ใกล้ระยะเก็บเกี่ยว มีประสิทธิภาพ 61.49-74.18% และให้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ย 1.64 - 2.1 กิโลกรัม/ตารางเมตร ผลตรวจสารพิษตกค้างของสารเคมี indoxacarb หลังพ่นสารครั้งสุดท้ายที่ 0 วัน และระยะเก็บเกี่ยว PHI ที่ 7 วัน กรรมวิธีที่พ่น indoxacarb เพียงอย่างเดียว พบปริมาณสาร indoxacarb ตกค้างสูงเกินค่า MRL ที่ 0 วัน เฉลี่ย 8.98-10.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 7 วัน เฉลี่ย 0.71-0.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ เมื่อเทียบกับค่า Maximum Residue Limits (MRLs) ของ Codex และ Japan ใน Broccoli ที่กำหนดค่าที่ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีพ่นผลิตภัณฑ์ผสมว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชัน เพียงอย่างเดียว จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (PHI) 7 วัน ตรวจไม่พบปริมาณสารเคมี indoxacarb ตกค้าง แต่ได้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ยน้อยที่สุด 1.1 -1.54 กิโลกรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ และให้ผลประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด 8.71-20.54% กรรมวิธีที่พ่นสาร indoxacarb 1 ครั้งผสมผสานร่วมกับพ่นผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนต่ออีก 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพ 59.22-69.14% ผลวิเคราะห์หลังพ่นสารครั้งสุดท้ายที่ระยะเก็บเกี่ยว PHI ที่ 7 วัน ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง จากผลการศึกษา สรุปได้ว่าการใช้สารเคมี indoxacarb สลับกับผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักดีกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ผลิตภัณฑ์ผสมว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชันเพียงอย่างเดียว และสามารถลดปริมาณสารเคมีตกค้างในผลผลิตได้

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 29 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2564

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)		จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
				หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
	Indoxacarb 15% w/v EC	ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	ก่อนพ่นสาร	1	2	3	4	
T1 (พ่นว่านน้ำ+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	-	50	0.56a	0.13ab	0.3ab	0.46a	0.54b	8.71
T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	60	50	0.59a	0.11a	0.18a	0.25a	0.24a	61.49
T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	60	50	0.64a	0.13ab	0.1a	0.51ab	0.19a	71.90
T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	60	50	0.65a	0.19ab	0.33ab	0.35a	0.28a	59.22
T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)		-	0.64a	0.23ab	0.23a	0.33a	0.16a	76.33
T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)			0.71a	0.28b	0.55b	0.83b	0.75c	-
%CV			-	53.8	68.2	47.2	38.7	-
%R.E.			-	-	95.7	84.4	75.2	-

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 30 จำนวนหนอนใยผักที่พ่นด้วยผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยีที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ในแปลงคะน้าเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม เดือน ตุลาคม-พฤศจิกายน 2564

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มิลลิลิตร/น้ำ20ลิตร)		จำนวนหนอนใยผัก (ตัว/ต้น)					% ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัด
				หลังพ่นสารทดลอง (ครั้งที่)				
	Indoxacarb 15% w/v EC	ว่านน้ำ+หางไหลนาโน	ก่อนพ่นสาร	1	2	3	4	
T1 (พ่นว่านน้ำ+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	-	50	0.6a	0.33a	0.54b	0.63b	0.80b	20.54
T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	60	50	0.6a	0.09ab	0.20a	0.25a	0.26a	74.18
T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	60	50	0.55a	0.02a	0.26a	0.34a	0.28a	69.66
T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	60	50	0.56a	0.07ab	0.18a	0.26a	0.29a	69.14
T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)		-	0.59a	0.18b	0.24a	0.30a	0.23a	76.77
T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)			0.59a	0.56d	0.79c	0.84c	0.99b	-
%CV			-	39.5	31.4	19.7	31.1	-
%R.E.			-	-	55.1	88.3	50	-

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่31 เปรียบเทียบผลผลิตคะน้าจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนในแปลงเกษตรกร อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรีและ อ. เมือง จ. นครปฐม

กรรมวิธี	ผลผลิตคะน้า (กก./ตารางเมตร)	
	แปลงคะน้า จ.กาญจนบุรี	แปลงคะน้า จ.นครปฐม
T1 (พ่นว่านน้ำ+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	1.1 b	1.54 ab
T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	2.1 a	1.64 ab
T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	2.2 a	1.61 ab
T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	1.9 a	1.58 ab
T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)	2.6 a	1.73 a
T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	0.65 b	1.45 b
%CV	27.9	14.2

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่32 ปริมาณสารตกค้างของ indoxacarb β-asarone และ rotenone ในการใช้สูตรผลิตภัณฑ์ผสมสำเร็จรูปว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยีร่วมกับสาร indoxacarb เพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการพ่นสาร (วัน)	กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยปริมาณสารตกค้าง indoxacarb (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, mg/kg)		ปริมาณสารตกค้างเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
		แปลง จ. กาญจนบุรี	แปลง จ. นครปฐม	แปลง จ.กาญจนบุรี		แปลง จ.นครปฐม	
				β-asarone	rotenone	β-asarone	rotenone
0	T1 (พ่นว่านน้ำ+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	ND	ND	<0.20	ND	0.20	ND
	T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	0.09	0.71	<0.20	ND	<0.20	ND
	T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	0.05	0.09	<0.20	ND	0.27	ND
	T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	0.02	ND	<0.20	ND	0.24	ND
	T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)	10.45	8.98	ND	ND	ND	ND
	T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	T1 (พ่นว่านน้ำ+หางไหลนาโน 4 ครั้ง)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	T2 (พ่น indoxacarb 3 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 1 ครั้ง)	0.09	0.13	ND	ND	ND	ND
	T3 (พ่น indoxacarb 2 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 2 ครั้ง)	0.04	0.01	ND	ND	ND	ND
	T4 (พ่น indoxacarb 1 ครั้ง ว่านน้ำ+หางไหลนาโน 3 ครั้ง)	ND	0.01	ND	ND	ND	ND
	T5 (พ่น indoxacarb 4 ครั้ง)	0.74	0.71	ND	ND	ND	ND
	T6 แปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ - indoxacarb : LOQ = 0.01 mg/kg, LOD = 0.005 mg/kg

- β-asarone: LOQ = 0.2 mg/kg, LOD = 0.01 mg/kg
- rotenone: LOQ = 0.5 mg/kg, LOD = 0.2 mg/kg
- ND = Not Detected
- Maximum Residue Limits (MRLs) of Kale or Leafy Vegetables Codex, Japan (Broccoli) 0.2 mg/kg

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา.2553. เอกสารวิชาการคำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืชปี 2553. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพ.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2542. หลักการและวิธีการใช้สะเดาป้องกันและกาจัดแมลงศัตรูพืช. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการฉบับที่ 1 โครงการเกษตรกู้ชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.

สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น. 2555.ประสิทธิภาพแบคทีเรียและสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผักและหนอนเจาะยอดกะหล่ำและผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติในพริก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี2555.สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.หน้า 1069-1079

อารมณ์ แสงวนิชย์ ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ และทวีพง์ สุวรรณ.2537. สมุนไพรพื้นบ้านเพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 16-17.

Ciampolini, M., A. Capella., I. Farnesi. And G., Mozzo.2000. Hellula undalis, a dangerous phytophage of rocket. Review of Agricultural Entomology. 89 (11): 1334.

Gupta, R.C. 2007. Rotenone. In Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles. Academic Press: New York. pp 620-623.

Iriart, J., Y. Bel., M.D. Ferandis, R. Andrew., J. Murillo, J. Ferre. And P. Caballero. 1998. Environmental distribution and diversity of Bacillus thuringiensis in Spain. Systematic and Applied Microbiology. 21(1) :97-106.

Isman, M.B. 1997. Bioinsecticides*Pesticides Outlook* Vol. 8(5):32-38.

Klaus, W. 1995.Biologically Active Ingredients.*In*: The Neem Tree Source of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other.

Koul, O. and Isman, M.B. 1990. Antifeedant and growth inhibitory effects of *Acorus calamus* L. oil on *Peridroma saucia* (*Lepidoptera: Noctuidae*). Insect Sci. Appl. In press.

Monnerat, R.G., D. Bordat M.C. Branco and F.H. Franca. 2001. Effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner and chemical insecticides on *Plutella xylostella* (L.) and its parasitoids. Review of Agricultural Entomology. 89(10):1181

Rao, N. Srinivasa, Raguraman, S. R., Rajendran. 2003. “Laboratory assessment of the potentiation of neem extract with the extracts of sweetflag and pungam on bhendi shoot and fruit borer, Earias vitella Fab.” Entomon: 28(3) 277.

กรมวิชาการเกษตร

Tewary, D.K., A. Bhardwaj, and A. Shanker. 2005. Pesticidal activities in five medicinal plants collected from mid hills of western Himalayas, *Ind. Crops. Prod.*, 22: 241-247.

Wiwattanapatapee, R., A. Sae-Yun, J. Petcharat, C. Ovatlarnporn, and A. Itharat. 2009, Development and Evaluation of Granule and Emulsifiable Concentrate Formulations Containing *Derris elliptica* Extract for Crop Pest Control. *J. Agri. Food Chem.*, 57(23): 11234–11241.

Yao, Y., W. Cai, C. Yang, D. Xue, and Y. Huang. 2008. Isolation and characterization of insecticidal activity of (*Z*)-asarone from *Acorus calamus* L., *Insect Sci.*,15: 229-236.

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

<u>กิจกรรมที่1</u> วิจัยพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัด ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์สูตรผสมสะเดา+หางไหลนาโนเทคโนโลยี และว่านน้ำ+หางไหลนาโนเทคโนโลยี เพื่อควบคุมศัตรูพืชผัก

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชรูปแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชจากสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าอิมัลชัน (EC) สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน และว่านน้ำ+หางไหลในรูปนาโนอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในพืชตระกูลกะหล่ำ เป็นผลิตภัณฑ์สารสกัดจากธรรมชาติที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพและได้คุณภาพมาตรฐาน พร้อมใช้และมีสารออกฤทธิ์ในปริมาณคงที่ เกษตรกรนำไปใช้ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเตรียมอิมัลชัน ได้แก่ ชนิดของสารลดแรงตึงผิว ปริมาณน้ำและสารลดแรงตึงผิว คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ความคงตัวของสารสำคัญและผลิตภัณฑ์ รวมถึงสมบัติของนาโนอิมัลชันในด้านของขนาดอนุภาค การกระจายขนาดอนุภาคและค่าศักย์ไฟฟ้าของนาโนอิมัลชัน ผลการวิจัยพัฒนาได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดพืช ที่มีความเสถียรและความคงตัวตามมาตรฐาน จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่าสูตร Emulsifiable Concentrate (EC) มีความเสถียรและความคงตัวที่ดีตามมาตรฐาน ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราแนะนำ 50-70 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจได้ดีเฉลี่ย 71.02-79.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp.*kurstaki* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 70.56-79.30 เปอร์เซ็นต์

2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์สะเดา+หางไหลนาโนอิมัลชัน ขนาดอนุภาคนาโนอิมัลชันเฉลี่ย 79.47 นาโนเมตร และค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าเฉลี่ย -35 mV มีคงตัวในด้านขนาดและประจุไฟฟ้าของอนุภาคอิมัลชัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดและประจุไฟฟ้าของอนุภาคอิมัลชัน แสดงถึงความเสถียรและความคงตัวที่ดีของสูตรผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.64 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราแนะนำ 50-70 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจได้ดีเฉลี่ย 51.4 – 77.0 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงเมื่อเทียบ *Bacillus thuringiensis* subsp.*kurstaki* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด 60.3 – 81.6 เปอร์เซ็นต์

3. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ว่านน้ำ+หางไหลนาโนอิมัลชัน มีขนาดอนุภาคนาโนอิมัลชันเฉลี่ย 17.06 นาโนเมตร และมีค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าเฉลี่ยต่ำกว่า -30 mV มีความเสถียรและความคงตัวที่ดีของสูตรผลิตภัณฑ์ในด้านขนาดและประจุไฟฟ้าของอนุภาคอิมัลชัน ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 64.57 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราแนะนำ 35-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจได้ดีเฉลี่ย 49.78-71.90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp.*kurstaki* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 64.87-76.33 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

กิจกรรมวิจัยนี้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิต ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอิมัลชันได้ เนื่องจากใช้งานได้ง่าย สะดวก และสามารถเพิ่มความเสถียรของสารสกัดพืชที่มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงนับเป็นจุดเริ่มต้นที่ดี ดังนี้

1. สำหรับเป็นข้อมูลองค์ความรู้ต่อยอดงานวิจัยพืชท้องถิ่นไทยชนิดอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากสารธรรมชาติ

2. นำไปทดสอบขยายผลให้แก่กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ที่เป็นแหล่งปลูกผักคะน้าตามภูมิภาคต่างๆ เพื่อนำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอิมัลชัน

3. สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอิมัลชันได้ เนื่องจากใช้งานได้ง่าย สะดวก และสามารถเพิ่มความเสถียรของสารสกัดพืชที่มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นปัจจัยการผลิตทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เกษตรกรผู้ใช้และผู้บริโภค ลดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตเกษตร ที่นำไปสู่ระบบการเกษตรแบบยั่งยืน

<u>กิจกรรมที่2</u> การใช้สารสกัดพืช ผลิตภัณฑ์จากพืชร่วมกับวัตถุมีพิษการเกษตร เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร

ศึกษาวิจัยโดยการนำต้นแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปผสมนาโนเทคโนโลยี สะเดา+หางไหล และว่านน้ำ+หางไหล ผสมผสานร่วมกับการใช้สารเคมี indoxacarb 15% EC ตามอัตราคำแนะนำ ในการกำจัดหนอนใยผักในคะน้า ทำการทดสอบประสิทธิภาพในแปลงเกษตรกร 2 แปลง พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดี หลังพ่นสารทุกครั้งในทุกกรรมวิธีปริมาณหนอนใยผักต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจ (ค่า ET 0.3 ตัว/ต้น) และไม่เกิดความเป็นพิษ (phytotoxicity) แก่ใบคะน้า และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผัก พบว่าทั้ง 2 การทดลอง กรรมวิธีที่พ่นสารเคมี indoxacarb 3 ครั้งแรกและพ่นผลิตภัณฑ์สูตรผสมสารสกัดพืชนาโน 1 ครั้งสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต มีประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดอยู่ในช่วง 76.33 – 80.65% ให้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ย 1.64 - 2.15 กิโลกรัม/ตารางเมตร ใกล้เคียงกับการใช้สารเคมี indoxacarb เพียงอย่างเดียวที่มีประสิทธิภาพ 77.06-80.65% และให้ผลผลิตคะน้าเฉลี่ย 1.73-2.6 กิโลกรัม/ตารางเมตร หลังพ่นสารทุกครั้งในทุกกรรมวิธีปริมาณหนอนใยผักต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจ (ค่า ET 0.3 ตัว/ต้น) และไม่เกิดความเป็นพิษ (phytotoxicity) แก่ใบคะน้า

ผลตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารเคมี indoxacarb หลังพ่นสารครั้งสุดท้าย พบว่ากรรมวิธีที่พ่น indoxacarb เพียงอย่างเดียว ที่ 0 วัน มีปริมาณสาร indoxacarb ตกค้างสูงสุดเกินค่า Maximum Residue Limit (MRL) เฉลี่ย 7.82-10.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ 7 วัน ลดลงเหลือ 0.56-0.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ที่ใช้สารเคมีพ่นในช่วงแรกร่วมกับพ่นผลิตภัณฑ์

กรมวิชาการเกษตร

สำเร็จรูปจากสารสกัดพืชเมื่อใกล้ระยะเก็บเกี่ยว หลังพ่นครั้งสุดท้ายที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (PHI) 7 วัน ตรวจไม่พบปริมาณสารเคมีตกค้าง indoxacarb และพบในปริมาณต่ำกว่าค่า MRL 0.01– 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Codex MRL ใน Broccoli 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

กรรมวิธีที่มีการพ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปผสมนาโนเทคโนโลยี สะเดา+หางไหล และว่านน้ำ+หางไหล เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 0 วันหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย ตรวจพบ azadirachtin เฉลี่ย น้อยกว่า 0.5-0.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบ β-asarone น้อยกว่า 0.2-0.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่พบ rotenone และที่ 7 วัน ไม่พบปริมาณสารตกค้างของสารสำคัญจากพืช azadirachtin β-asarone และ rotenone ในผลผลิตคะน้า แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากพืช มีการสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีพ่นสารเคมี indoxacarb ที่ระยะ 7 วันยังคงมีสารตกค้าง indoxacarb ในคะน้า

ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นหลายๆด้าน ได้แก่ สารเคมีตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม สัตว์และสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ รวมถึงสุขภาพของเกษตรกรผู้ใช้

2. เทคนิคการใช้สารเคมีผสมผสานร่วมกับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากสารสกัดพืช แนะนำให้ใช้สารเคมีพ่นหากมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มต้นการปลูก แต่เมื่อใกล้ถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์จากสารสกัดพืช เนื่องจากสารออกฤทธิ์จากพืชมีข้อดีคือ สลายตัวได้ง่าย และปลอดภัยกว่าการใช้สารเคมีทางการเกษตร ลดการสะสมของสารพิษและไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ใช้และผู้บริโภค จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีการเกษตรที่เป็นอันตราย

3. การใช้สารเคมีเท่าที่จำเป็นอย่างถูกต้องและเหมาะสม ลดจำนวนครั้งให้น้อยลงหรือหลีกเลี่ยงในการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการป้องกันศัตรูพืช หันมาใช้สารธรรมชาติเป็นสารทางเลือกในการมุ่งไปสู่การผลิตพืชแบบระบบเกษตรปลอดภัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นำไปสู่ระบบการเกษตรแบบยั่งยืน

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอก และไม้ประดับ. 2542. แมลงศัตรูผัก. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร,กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 97 หน้า.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2542. หลักการและวิธีการใช้สะเดาป้องกันและกาจัดแมลงศัตรูพืช. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการฉบับที่ 1 โครงการเกษตรกู้ชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.

ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์ พรรณีกา อัตตนนท์ ภัควรินทร์ ศานติธีรโรจน์ และเสาวภาค สุขประเสริฐ. 2559. วิจัย ประสิทธิภาพของสารสกัดจากน้อยหน่าในการควบคุมหนอนใยผัก. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2559 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.กรมวิชาการเกษตร.

วินัย ปิติยนต์ และอารมณ์ แสงวนิชย์. 2540. การศึกษาสารสกัดจากหางไหล เพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช. รายงานการประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร 2540 วันที่ 8-10 กรกฎาคม 2540 ณ โรงแรมเฟลิกซ์ริเวอร์แคว จังหวัดกาญจนบุรี หน้า 84-92.

สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น. 2555.ประสิทธิภาพแบคทีเรียและสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักหนอนกระทู้ผักและหนอนเจาะยอดกะหล่ำและผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติในพริก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี2555.สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.หน้า 1069-1079

สมสุข ศรีจักรวาฬ. 2546. “พืชฆ่าแมลง”. ใน: พืชฆ่าแมลง และพืชมีพิษบางชนิดในประเทศไทย.(ไม่ระบุ บรรณาธิการ). สำนักงานเกษตร และสหกรณ์จังหวัดอุบลราชธานี: อุบลราชธานี.

Al-Lawati, H.T., Azam, K.M., and Deadman, M.L. (2002). Insecticidal and repellent properties of subtropical plant extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis*. **Agri Sci.** 7(1):37-45.

Andrade, E.H.A., Zoghbi, M.das G.B., Maia, J.G.S., Fabricius, H., and Marx, F. (2001). Chemical characterization of the fruit of *Annona squamosa* L. occurring in the Amazon**. J. Food Compos. Anal.** 14:227-232.

Bravo-Osuna , I. , Schmitz , T. , Bernkop-Schnurch, A.Vauthier, C.&Ponchel, G. 2006.Elaboration and characterization of thiolated chitosan-coated acrylic nanoparticles. Internationaljournal of pharmaceutics. , 316 ,170-175

Chang. P.R. , Jian. R. ,Yu, J. and Ma , X. 2010. Fabrication and characterization ofchitosan nanoparticles/plasticized-starch composites. Food Chemistry , 120. 736-740.

กรมวิชาการเกษตร

Epino, P.B. and Chang, F. (1993). Insecticidal activity of *Annona squamosa* (L.) seed extracts against the mediterratnean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedenmann) (Diptera:Tephritidae). Philippine Entomologist, v. 9(2):228-238.

Extoxnet. 1996. Rotenone. The Extension Toxicology Network Pesticide Information Profile. http://extoxnet. orst.edu/pips/rotenone.htm. Accessed 20 Sep. 2012.

Galus, S., and Kadzi**ń**ska, J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films andcoatings. Trends in Food Science & Technology. 45(2):273–283.

Isman, M.B. 1997. Bioinsecticides*Pesticides Outlook* Vol. 8(5):32-38.

Kandoria, J.L., S. Gurdeep. and S. Labh. 2000. Efficacy of different formulation of *Bacillus thuringiensis* Berliner against diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linn.) under field conditions. Insect Enveronment. 6(2) : 84-85.

Khalequzzaman, M and Sultana, S. (2006). Insecticidal activity of *Annona squamosa* L. seed extracts against the red flour beetle, *Tribolium castsnrum* (Herbst). **J Biol-Sci**., 14:107-112.

Klaus, W. 1995.Biologically Active Ingredients.*In*: The Neem Tree Source of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other

Monnerat, R.G., D. Bordat M.C. Branco and F.H. Franca. 2001. Effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner and chemical insecticides on *Plutella xylostella* (L.) and its parasitoids. Review of Agricultural Entomology. 89(10):1181

Perazzo, A., Preziosi, V., and Guido, S. 2015. Phase inversion emulsification: Currentunderstandingand applications. Advances in Colloid and Interface Science.222: 581–599.

Rao, N.S., Sharma, K., and Sharma, R.K. (2005). Anti-feedant and growth inhibitory effects of seed extracts of custard apple, *Annona squamosa* against Khapra beetle, *Trogoderma granarium*. J. Agri. Technol. 1(1):43-54.

Rodríguez, J., Martín, M. J., Ruiz, M. A., and Clares, B. 2016. Current encapsulation strategiesfor bioactive oils: From alimentary to pharmaceutical perspectives. Food ResearchInternational. 83: 41–59.

Wiwattanapatapee, R., A. Sae-Yun, J. Petcharat, C. Ovatlarnporn, and A. Itharat. 2009, Development and Evaluation of Granule and Emulsifiable Concentrate Formulations Containing *Derris elliptica* Extract for Crop Pest Control. *J. Agri. Food Chem.*, 57(23): 11234–11241.

กรมวิชาการเกษตร