

การใช้ระบบสมาร์ฟาร์มในการให้น้ำร่วมกับการใช้สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษควบคุมแมลงวันฟริก เพื่อเพิ่มผลผลิตพริก

Using Smart Farm Irrigation System in Combination with Plant Extracts as Bio-Attractant Baits Against Solanum Fruit Fly to Enhance Chili Yield

กัณฑ์ มหามัด¹ คุลยา ศรีโยม¹ ไสว บัวแก้ว² และวนิดา เพ็ชรลมูล^{2*}

Kuntapon Mahamad¹ Kulaya Sriyom¹ Sawai Boukaew² and Wanida Petlamul^{2*}

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

¹ Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University, Mueang, Songkhla 90000

² วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

² College of Innovation and Management, Songkhla Rajabhat University, Mueang, Songkhla 90000

* Corresponding author: wanida.pe@skru.ac.th

(Received: 5 June 2023; Revised: 26 September 2023; Accepted: 4 October 2023)

Abstract

Chili (*Capsicum annum* L.) is an economically significant product that pests have an impact on yield and quality. Consequently, this research aims to examine the application of smart farm technology combined with plant extract as a bio-attractant against Solanum Fruit Fly to enhance chili yield. The experiment was carried out in a Split plot in a Randomized Complete Block Design with three replications. There were two main plots: 1) smart farm system plots and 2) watering hose plots, and five subplots of plant extract as bio-attractant baits: 1) control (distilled water), 2) basil extract, 3) ripe chili fruit extract, 4) basil extract and black pepper extract, and 5) ripe chili fruit extract and black pepper extract. According to the investigation's findings, basil extract and black pepper extract were the greatest attractants that attracted *Bactrocera latifrons* (72.14 insects/trap/day), significantly different from other methods. The average height and shrub size of chili irrigated with smart farm systems were 74.00 and 65.46 cm, compared to 71.63 and 61.23 cm for chili irrigated with conventional irrigation systems. The yield of chili from smart farm systems combined with ripe chili fruit extract and black pepper extract was 2,740.33 kg per rai, which was a highly significant difference from the yield of chili from conventional systems, which was only 2,415.00 kg per rai. The calculated break-even point was 148.60 kg.

Keywords: Chili, solanum fruit fly, smart farm system

บทคัดย่อ

พริก (*Capsicum annum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่มีปัญหาด้านแมลงสร้างความเสียหายต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ระบบสารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมแมลงวันพริกสำหรับเพิ่มผลผลิตพริก วางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอตแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) การให้น้ำด้วยระบบสารสกัดจากพืช และ 2) แบบสายยาง และปัจจัยรอง คือ การใช้สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษ ได้แก่ 1) ชูดควบคุม 2) สารสกัดกะเพรา 3) สารสกัดผลพริกสุก 4) สารสกัดกะเพรากับพริกไทยดำ และ 5) สารสกัดผลพริกสุกกับพริกไทยดำ ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดกะเพรากับพริกไทยดำมีประสิทธิภาพสูงสุดในการดึงดูดแมลงวันพริก (72.14 ตัว/กับดัก/วัน) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และพบอัตราการตายของแมลงวันพริกในกับดักที่ใช้สารสกัดผลพริกสุกกับพริกไทยดำสูงสุด 71.84 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสูงและขนาดทรงพุ่มของพริกระหว่างการให้น้ำแบบระบบสารสกัดจากพืชกับการให้น้ำแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเท่ากับ 74.00 และ 65.46 ซม. และ 71.63 และ 61.23 ซม. ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตพริกที่ให้น้ำด้วยระบบสารสกัดจากพริกสุกกับพริกไทยดำมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 2,740.33 กก./ไร่ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตพริกที่ให้น้ำด้วยระบบทั่วไปที่ให้ปริมาณผลผลิตพริกเพียง 2,415.00 กก./ไร่ และผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมีค่าเท่ากับ 148.60 กก.

คำสำคัญ: พริก แมลงวันพริก ระบบสารสกัดจากพืช

คำนำ

พริกซึ่งมีผลใหญ่พันธุ์จินดาเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดสงขลา ที่ผลผลิตส่วนใหญ่ 90 เปอร์เซ็นต์ส่งออกไปยังประเทศมาเลเซีย สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเฉลี่ย 40,600 บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นกำไรเฉลี่ย 3,776 บาทต่อไร่ต่อปี (RYT9, 2021) ซึ่งปัญหาการปลูกพริกคือ โรคและแมลงที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เกษตรกรจึงใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงแต่สารตกค้างในผลผลิตพริกเกินค่ามาตรฐานต่อเนื่องหลายปี จึงกลายเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออก ซึ่งในปี พ.ศ. 2563 พบว่า พริกเป็นผัก 1 ใน 10 ชนิดที่พบสารเคมีตกค้างสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์จากการสุ่มตรวจผลผลิตทางการเกษตรทั้งจากห้างสรรพสินค้าและตลาดสด จำนวน 509 ตัวอย่าง (Pesticide Alert Network, 2020) พบว่า สารเคมีตกค้างในผลพริกส่วนใหญ่ คือ มาลาไรออน ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้สำหรับควบคุมแมลงวันพริก (*Bactrocera latifrons*) ที่มักระบาดทำลายผลพริกในช่วงฤดูฝนและตลอดระยะ

เก็บเกี่ยว ตั้งแต่ระยะเข้าสีจนถึงพริกสุกที่พบการเข้าทำลายสูง จากตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ในผลพริกเมื่อไข่ฟักเป็นหนอนจะขอนไชกินไส้ในผลพริกจนผลพริกเน่า และแมลงบนผลพริกที่เกิดจากการวางไข่อาจส่งเสริมการเกิดโรคพืช และแมลงอื่นเข้าทำลายซ้ำ (Wingsanoi and Siri, 2011) เกิดความเสียหายรุนแรงต่อเศรษฐกิจถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการป้องกันกำจัด ทั้งนี้วิธีที่เลือกใช้ควรเป็นวิธีที่ได้ผล ปลอดภัย ลดผลกระทบเรื่องสารเคมีตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม สำหรับการใส่สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษเป็นวิธีที่ง่ายและให้ผลดีเน้นดึงดูดแมลงวันพริกเข้ามาทำลายได้ตรงเป้าหมายซึ่งสารสกัดจากพืช เช่น กะเพรา เป็นพืชสวนครัวที่นิยมปลูก หาง่าย มีกลิ่นหอมแรงและมีคุณสมบัติเป็นสารล่อแมลง (Tangpao *et al.*, 2021) จากกรณีการใช้สารสกัดกะเพราร่วมกับมะม่วง และสารสกัดดาวเรือง พบว่า สามารถฆ่าแมลงวันผลไม้ได้สูงสุด 80.09 เปอร์เซ็นต์ (Boonchoo *et al.*, 2020) ในขณะที่สารสกัดพริกไทยดำมีสารออกฤทธิ์ที่ลดการวางไข่และฆ่าแมลงต่าง ๆ เช่น แมลงวันผลไม้ ยุง แมลงวันบ้าน เป็นต้น (Samuel *et al.*, 2016; Nisar *et al.*, 2021)

และยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการขยายพันธุ์ของมอดข้าวสารได้ 90.25 เปอร์เซ็นต์ (Phiriyaanon, 2017; Wanna and Wongsawas, 2018) ซึ่งการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เป็นวิธีที่ปลอดภัย และช่วยลดต้นทุนด้านสารเคมีทางการเกษตร นอกจากนี้ การให้น้ำอย่างเกิดประโยชน์สูงสุดทางการเกษตร ไม่เพียงช่วยประหยัดต้นทุน แต่ยังช่วยให้ต้นพืชเจริญเติบโต แข็งแรง ลดความเสี่ยงจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ตฟาร์มที่เชื่อมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายด้วยระบบอินเทอร์เน็ต (internet of things) ควบคุมความชื้นให้เหมาะสม เพื่อให้ให้น้ำอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูง (Mohamed *et al.*, 2021) โดยเฉพาะในช่วงอากาศร้อนแห้งที่พบการระบาดของเพลี้ยไฟซึ่งเป็นแมลงศัตรูพริกที่สำคัญอีกชนิด การใช้สปริงเกอร์ช่วยเพิ่มความชื้น และพ่นชะล้างใบพริกสามารถลดปริมาณเพลี้ยไฟลงได้ (Ranganath *et al.*, 2015) ส่งเสริมการเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตพริกได้ดียิ่งขึ้น จากรายงานผลการให้น้ำพริกไทยในระบบสมาร์ตฟาร์มแบบสเปรย์และแบบสปริงเกอร์ เปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบทั่วไปพบว่า ผลผลิตพริกไทยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 28.03 23.36 และ 18.69 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (Madato *et al.*, 2022)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบสมาร์ตฟาร์มในการเพิ่มผลผลิตพริก ร่วมกับการใช้เหยื่อพิษจากสารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงวันพริก เพื่อส่งเสริมการผลิตพริกอย่างมีคุณภาพ คุ้มค่าการลงทุน สร้างระบบต้นน้ำในการผลิตพริกปลอดภัยสารเคมีต่อผู้บริโภคและผู้ผลิตในพื้นที่ชุมชนอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลองที่ หมู่ที่ 6 ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยเลือกแปลงปลูกพริกสำหรับการทดลองที่เกษตรกรเจ้าของแปลงมี

ประสบการณ์ในการปลูกพริกมาต่อเนื่องอย่างน้อย 5 ปี มีความสมัครใจเข้าร่วมทดลอง รวมทั้งมีพื้นฐานความรู้และทักษะในการปลูกและการดูแลพริก วางแผนการทดลองแบบ Split plot ใน Randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ (แปลง) แต่ละแปลงประกอบด้วย บั๊จจัยหลัก คือ การให้น้ำจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ ใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม และใช้สายยางรดน้ำในช่วง 9.00-10.00 น. จำนวน 1 ครั้งต่อวัน สำหรับบั๊จจัยรอง คือ การใช้เหยื่อพิษจากสารสกัดจากพืชที่แตกต่างกันในการควบคุมแมลงวันพริก จำนวน 5 กรรมวิธี คือ 1) ชุดควบคุม (น้ำกลั่น) 2) สารสกัดกะเพรา 3) สารสกัดผลพริกสุก (พริกพันธุ์จินดา) 4) สารสกัดกะเพรากับพริกไทยดำ 5) สารสกัดผลพริกสุกกับพริกไทยดำ

การเตรียมแปลงพริก และการออกแบบและติดตั้งระบบสมาร์ตฟาร์ม

เตรียมพื้นที่ปลูกด้วยการไถดิน 1 ครั้ง ตากดินทิ้งไว้ 7 วัน ปรับสภาพดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ยก่องแปลงสูง 20 เซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำ (แปลง) แต่ละแปลงมีขนาดหน้ากว้าง 3 เมตร ยาว 15 เมตร ระยะระหว่างแปลง 1 เมตร แต่ละแปลงประกอบด้วยบั๊จจัยหลัก 2 บั๊จจัย ได้แก่ แปลงที่ใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม และแปลงที่ใช้สายยางรดน้ำ สำหรับพริกที่ใช้ทดลองเป็นพริกพันธุ์จินดา ซึ่งเป็นชนิดที่ปลูกกันมากในพื้นที่และนิยมบริโภค โดยย้ายต้นกล้าพริกที่มีอายุ 30 วัน ปลูกในแปลงจำนวน 4 แถว ๆ ละ 20 ต้น กำหนดให้แถวรอบนอกสุดของแต่ละแปลงย่อยเป็นแถวคู่มที่ไม่มีมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านการควบคุมแมลงและผลผลิตพริก กำหนดระยะปลูกเท่ากับ 70 × 70 เซนติเมตร 1 ต้นต่อหลุม (Figure 1) ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ที่อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 กิโลกรัม หลังย้ายปลูก และก่อนออกดอก (Horticultural Research Institute, 2019)

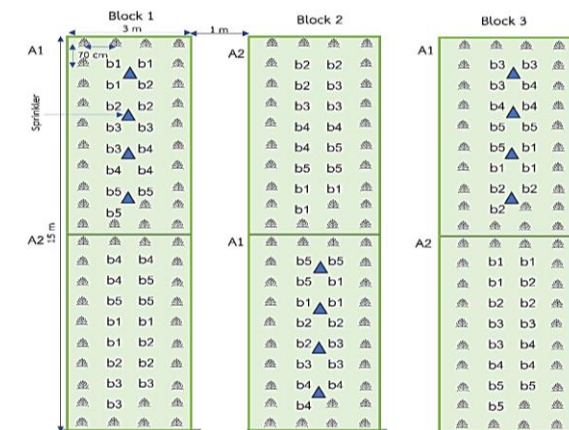


Figure 1 Layout of Split-plot in RCBD which main plot (A1: smart farm system with traps, A2: watering hose) and subplot (b1: control, b2: basil extract, b3: ripe chili extract, b4: Basil extract and black pepper extract and b5: Ripe chili fruit extract and black pepper extract) and ▲ = sprinkler

การติดตั้งระบบสมาร์ทฟาร์มในแปลงทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยนักวิจัย มีการควบคุมด้วยชุดน้ำหยดรดน้ำอัตโนมัติ ร่วมกับหัวฉีดสเปรย์น้ำทำงานตามค่าความชื้นที่กำหนด สำหรับความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพริก คือ 60 เปอร์เซ็นต์

(Hanafi *et al.*, 2021) และค่าความชื้นในอากาศต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ โดยติดตั้งบริเวณกลางแปลงจำนวน 1 ตัว เฉพาะส่วนแปลงที่กำหนดให้เป็นแปลงที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม (Figure 2)

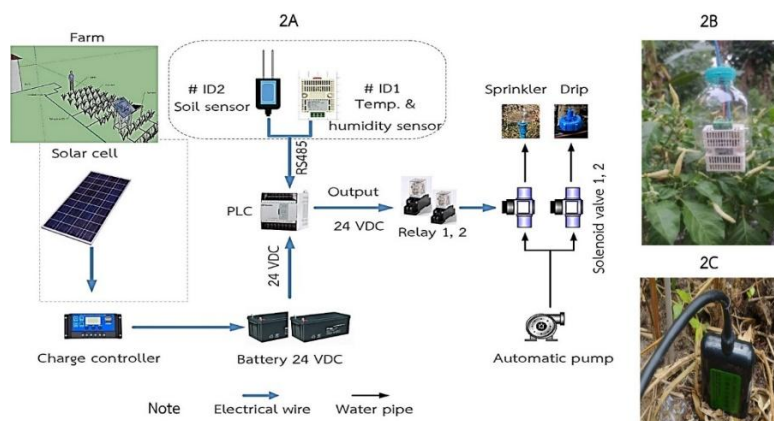


Figure 2 Smart farm system in chili plots using (2A) Control circuit (2B) Air humidity sensor and (2C) Soil moisture sensor

จาก Figure 2A วงจรการควบคุมระบบสมาร์ทฟาร์ม จะรับแหล่งจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ทำการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่จะจ่ายไฟเลี้ยง 24 VDC ให้กับตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (programmable logic

controller; PLC) ตัว PLC จะรับสัญญาณความชื้นในอากาศจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (Figure 2B) และรับสัญญาณความชื้นในดินจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Figure 2C)

เพื่อเข้ามาประมวลผลจากโปรแกรมที่เขียนไว้ในตัวควบคุม ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้

1. เมื่อความชื้นในอากาศต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ตัว PLC ที่สั่งงานให้ตัวรีเลย์ (relay) ตัวที่ 1 ทำงาน ทำให้โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 ทำงานพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ปั๊มน้ำอัตโนมัติ (automatic pump) ทำงาน ส่งผลให้มีน้ำฉีดพ่นออกจากสปริงเกอร์ (sprinkler) ไปจนกว่าความชื้นในอากาศถึงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ตัวควบคุมจะสั่งหยุดการทำงานและสปริงเกอร์จะหยุดการทำงานพร้อมกัน โดยกำหนดช่วงเวลาการทำงาน คือ เวลา 14.00-15.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศร้อนแห้งสำหรับจุดติดตั้งสปริงเกอร์ในแปลงที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม แสดงได้ดัง (Figure 1)

2. เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ตัว PLC ที่สั่งงานให้ตัวรีเลย์ (relay) ตัวที่ 2 ทำงาน ทำให้โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 2 ทำงานพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ปั๊มน้ำอัตโนมัติ (automatic pump) ทำงาน ส่งผลให้มีน้ำฉีดพ่นออกจากหัวน้ำหยด (drip) ไปจนกว่าความชื้นในดินถึงที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ ตัวควบคุมจะสั่งหยุดการทำงานและหัวน้ำหยดจะหยุดการทำงานพร้อมกัน กำหนดช่วงเวลาการทำงาน คือ เวลา 9.00-10.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรให้น้ำพืชตามปกติ และเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการให้น้ำพืช โดยหัวน้ำหยดติดตั้งบริเวณโคนต้นพืชทุกต้นของแปลงที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงวันฟริกในสภาพแปลงทดลอง

สารสกัดจากพืชที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สารสกัดกะเพรา สารสกัดพริกไทยดำ และสารสกัดพริก สารแต่ละชนิดใช้น้ำกลั่นเป็นตัวสกัดตามกรรมวิธีของ Chatiyanon *et al.* (2014) ที่นำพืชแต่ละชนิดมาบดละเอียด เติมน้ำกลั่นให้ได้อัตราส่วน 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง ปิดฝาภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันการระเหย จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอากากออก จะได้สารสกัดจากพืชสำหรับนำไปใช้ทดสอบในกับดัก โดยหลังจากพริกเริ่มติดผล ให้พ่นสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตรบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.5 เซนติเมตร ยกเว้นกรรมวิธีที่ผสมสารสกัดจากพืช 2 ชนิด ใช้สารชนิดละ 5 มิลลิลิตร จากนั้นติดตั้งกับดักบริเวณต้นพริก (Figure 3A) ในแปลงปลูกพริกของเกษตรกร เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00-18.00 น. ในวันและเวลาเดียวกัน ตรวจสอบแมลงวันฟริกที่เข้าทางรูด้านข้างของกับดัก ประเมินการดึงดูดและการตายของแมลงวันฟริกที่พบในกับดัก (Figure 3B-C) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชตามแผนการทดลอง โดยแต่ละกรรมวิธีทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (ต้น)



Figure 3 Setting up traps (3A) to evaluate plant extracts as bio-attractant-baits against Solanum Fruit Fly in chili plots, (3B) Solanum Fruit Fly in traps and (3C) Solanum Fruit Fly (*Bactrocera latifrons*)

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพริก กระทำโดยวัดความสูง และขนาดทรงพุ่มของต้นพริก (เซนติเมตร) เก็บข้อมูลการติดดอกของแมลงวันพริก เฉลี่ย (ตัวต่อกับดักต่อวัน) และตัวเต็มวัยที่ตายใน 1 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดดอกและการตาย บันทึกผลผลิตของน้ำหนัสดพริกในพื้นที่ทดลอง และคำนวณเป็นผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Two-way ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Split plot in RCRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของต้นพริก

จากการรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตของพริก ด้านความสูง และทรงพุ่มของพริก พบว่า ระบบการให้น้ำทั้ง 2 ระบบ ให้ผลด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นพริกที่ให้น้ำด้วยระบบสมาร์ฟาร์มมีความสูงเฉลี่ย 74.00 เซนติเมตร และต้นพริกที่ให้น้ำแบบแบบทั่วไป

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการผลิตพริกวิเคราะห์ตามวิธีการของ (Oppusunggu, 2020) ดังสมการ

$$BEQ = \frac{F}{P - VC}$$

โดยที่

- BEQ คือ จุดคุ้มทุน (กิโลกรัม)
F คือ ต้นทุนคงที่ (บาท)
P คือ ราคาขายต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)
VC คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

มีความสูงของเฉลี่ย 71.63 เซนติเมตร เมื่อวัดขนาดทรงพุ่มของพริกที่ทำการทดลอง พบว่า ขนาดทรงพุ่มของต้นพริกที่ใช้ระบบสมาร์ฟาร์มเป็นระบบน้ำหยดให้ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 65.46 เซนติเมตร สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้น้ำแบบทั่วไปที่ให้ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 61.23 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 The average height and shrub size of Chili plants irrigated with smart farm systems and watering hose

Irrigation systems	Average height (cm)	Shrub size (cm)
Smart farm system	74.00 a	65.46 a
watering hose	71.63 b	61.23 b
F-test	**	**
C.V.	7.07%	14.23%

Remarks: **significant difference at probability level < 0.001

จากผลการทดลองพบว่า การให้น้ำในระบบที่แตกต่างกันมีผลต่อความสูงและทรงพุ่มของต้นพริก ความสูงและขนาดทรงพุ่มของต้นพริกที่ให้น้ำด้วยระบบสมาร์ฟาร์มมีค่ามากกว่าการให้น้ำ

ด้วยระบบทั่วไปของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 1) ซึ่งการให้น้ำพริกในระบบสมาร์ฟาร์มนับว่าเหมาะสมกับพื้นที่เกาะแก้วที่เป็นสภาพพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะระบบ

น้ำหยด ซึ่งสามารถประหยัดน้ำได้ (Singandhupe *et al.*, 2003; Maisiri and Senzanje, 2005) มีต้นทุนต่ำในการบริหารจัดการ โดยสามารถลงทุน

ผลของสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดต่อการควบคุมแมลงวันฟริก

จากการทดสอบการใช้สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษเพื่อควบคุมแมลงวันฟริก โดยใช้สารสกัดจากพืชแต่ละชนิดในกับดักและติดตั้งในแปลงปลูกฟริกพบว่า ทุกกรรมวิธีสามารถดึงดูดแมลงวันฟริกได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ซึ่งเป็นกับดักใส่น้ำกลั่นที่ไม่พบแมลงวันฟริกในกับดัก (Figure 4) โดยการใช้สารสกัดกะเพราและสารสกัดพริกไทยดำ สามารถดึงดูดแมลงวันฟริกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากพบแมลงวันฟริกเข้ามาในกับดักมากที่สุด (72.14 ตัวต่อกับดักต่อวัน) คิดเป็นอัตราการดึงดูด 32.87

ครั้งเดียวแต่ให้ผลในระยะยาว การติดตั้งไม่ยุ่งยากและใช้งานได้ตลอดอายุ สามารถควบคุมระบบเปิดปิดได้ ประหยัดค่าแรง ใช้ได้เกือบทุกชนิดพืช

เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การใช้สารสกัดกะเพรา (58 ตัวต่อกับดักต่อวัน) สารสกัดพริกสดและพริกไทยดำ (47.33 ตัวต่อกับดักต่อวัน) และสารสกัดพริกสุก (47.33 ตัวต่อกับดักต่อวัน) คิดเป็นอัตราการดึงดูด 26.43 21.57 และ 19.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการตายของแมลงวันฟริกในแต่ละกรรมวิธีพบว่า การใช้สารสกัดพริกสดร่วมกับพริกไทยดำให้อัตราการตายสูงสุด 71.84 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้สารสกัดกะเพราร่วมกับสารสกัดพริกไทยดำที่พบอัตราการตายเท่ากับ 68.85 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับการใช้สารสกัดกะเพรา (34.48 เปอร์เซ็นต์) หรือสารสกัดพริกสด (23.81 เปอร์เซ็นต์) เพียงอย่างเดียว

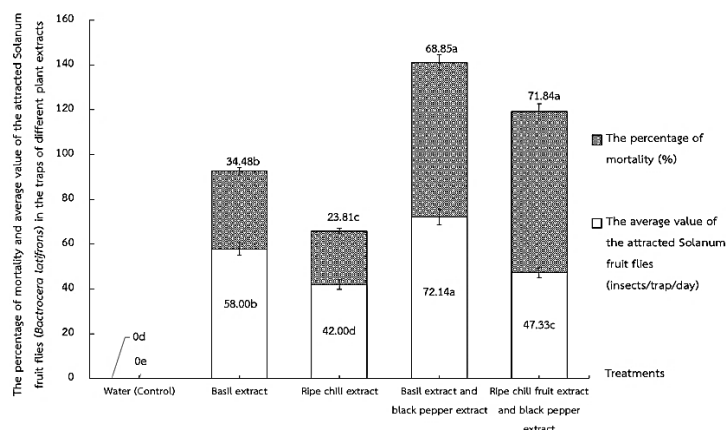


Figure 4 The percentage of mortality and average value of the attracted Solanum fruit flies (*Bactrocera latifrons*) in the traps of different plant extracts

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นว่า การใช้สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษสามารถล่อหรือดึงดูดแมลงวันฟริกให้เข้ามาในกับดักเพื่อรับเหยื่อพิษและกำจัดแมลงวันฟริกไม่ให้ทำลายผลผลิตฟริกได้นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากพืชมากกว่า 1 ชนิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดึงดูดและฤทธิ์ในการทำลายแมลงวันฟริกได้มากกว่าการใช้สารสกัดจาก

พืชเพียงชนิดเดียว เห็นได้ชัดจากการที่ใช้สารสกัดกะเพรา หรือสารสกัดพริกสดเพียงอย่างเดียว พบค่าเฉลี่ยของจำนวนแมลงวันฟริกและเปอร์เซ็นต์การตายที่น้อยกว่าการใช้สารสกัดพริกไทยดำร่วมด้วย ซึ่งเป็นไปได้ว่า สารสกัดจากพืชที่ใช้สามารถเสริมฤทธิ์กันในลักษณะของการเป็นสารล่อและสารฆ่าในสารสกัดกะเพรามีสารเมทิลยูจินอล (Tangpao *et al.*,

2021) ที่มีฤทธิ์เป็นสารล่อและฆ่าแมลงได้ (Chang *et al.*, 2009; Pandey *et al.*, 2014; Chowdhary *et al.*, 2018) ทำให้ใบกะเพราสามารถดึงดูดแมลงวันฟริกได้ดีทั้งเพศผู้และเพศเมีย เมื่อพิจารณาการตายของแมลงวันฟริกในกับดักพบว่า อัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกับดักที่ใช้สารสกัดฟริกสดกับสารสกัดฟริกไทยดำ (71.84 เปอร์เซ็นต์) และกับดักที่ใช้สารสกัดกะเพรากับฟริกไทยดำ (68.85 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า แมลงวันฟริกใช้สารสกัดฟริกสดเป็นแหล่งอาหารเนื่องจากฟริกเป็นพืชอาศัยของแมลงวันฟริก จึงได้รับสารพิษจากสาร

ผลของการใช้ระบบสมาร์ฟาร์มร่วมกับสารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษควบคุมแมลงวันฟริกในการเพิ่มผลผลิตฟริก

จากผลการศึกษาพบว่า ระบบการให้น้ำมีปฏิสัมพันธ์กับการใช้เหยื่อพิษจากสารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงวันฟริก ปริมาณผลผลิตฟริกที่ให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์มร่วมกับกรรมวิธีที่ใช้สารสกัดฟริกสดและสารสกัดฟริกไทยดำให้ผลผลิตฟริกสูงสุดเฉลี่ย 2,740.33 กิโลกรัมต่อไร่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตฟริกในระบบให้น้ำทั่วไปร่วมกับกรรมวิธีที่ใช้สารสกัดฟริกสดและสารสกัดฟริกไทยดำที่ให้ผลผลิตฟริกเฉลี่ย 2,415.00 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระบบการให้น้ำต่อผลผลิตฟริกพบว่า ผลผลิตฟริกที่ให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์มมีค่าเฉลี่ย 2,571.14 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตฟริกในระบบให้น้ำด้วยสายยาง (2,298.47 กิโลกรัมต่อไร่) (Table 2)

สำหรับปัจจัยของเหยื่อพิษจากสารสกัดจากพืชพบว่า ทุกกรรมวิธีมีผลต่อการควบคุมแมลงวันฟริกเข้าทำลายผลฟริกได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม โดยการใช้สารสกัดฟริกสดและสารสกัดฟริกไทยดำให้ผลผลิตฟริกสูงสุดเฉลี่ย 2,577.67 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ชุดควบคุมให้ผลผลิตฟริกเฉลี่ยเท่ากับ 2,313.83 กิโลกรัมต่อไร่ จากผลการศึกษาจึงเห็นได้ว่า ฟริกที่ให้น้ำด้วยระบบสมาร์ฟาร์มให้ผลผลิตที่สูงกว่าฟริกที่ให้น้ำด้วย

สกัดจากฟริกไทยดำมากกว่าส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงกว่า โดยฟริกไทยดำมีสาร Piperine ที่มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง (Tavares *et al.*, 2011) ซึ่งหลังจาก 24 ชั่วโมง ที่ตัวอ่อนของแมลงวันผลไม้ได้รับสารสกัดฟริกไทยดำพบอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (Ugwu *et al.*, 2021) การใช้สารสกัดจากพืชในกับดัก มุ่งเน้นในการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันฟริกในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งช่วยลดความเสียหายของผลฟริกได้ และหากใช้ร่วมกับวิธีการอื่นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้น

ระบบทั่วไป ซึ่งหากใช้ร่วมกับสารสกัดจากพืชจะส่งผลให้ได้ผลผลิตฟริกมากขึ้น และการให้น้ำที่เหมาะสมตามความต้องการน้ำของพืชส่งผลต่อการเจริญและการให้ผลผลิตของพืช กล่าวคือ พืชมีความต้องการปริมาณน้ำอย่างเพียงพอต่อเนื่อง ไม่มากเกินไปหรือเกิดน้ำท่วมขัง และไม่น้อยเกินไป ซึ่งการให้น้ำระบบสมาร์ฟาร์มที่ประกอบด้วย ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดร่วมกับแบบสปริงเกอร์สามารถควบคุมการให้น้ำอย่างค่อยเป็นค่อยไปอย่างต่อเนื่อง พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตที่ดีได้ ซึ่งระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์สามารถช่วยประหยัดน้ำได้ 33 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มผลผลิตฟริกได้มากขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การให้น้ำแบบสปริงเกอร์ยังช่วยลดอุณหภูมิในอากาศ และช่วยลดจำนวนเพลี้ยไฟลงได้ (Rajeshkanna *et al.*, 2015) และจากการทดสอบการสเปรย์น้ำให้กับต้นฟริกทุกวันเป็นเวลา 40 นาที และ 20 นาที พบว่า เพลี้ยไฟ *Aeolothrips* spp. ทั้งตัวเต็มวัยและตัวอ่อนมีปริมาณน้อยกว่าการไม่สเปรย์น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Juhász *et al.*, 2022) ดังนั้นสปริงเกอร์จึงช่วยป้องกันการเข้าทำลายใบฟริกจากเพลี้ยไฟ ส่งผลให้ฟริกเจริญได้อย่างสมบูรณ์และให้ผลผลิตดี ทั้งนี้ปริมาณเพลี้ยไฟที่ลดลงจากสปริงเกอร์ในระบบสมาร์ฟาร์มสามารถเป็นประเด็นศึกษาเพิ่มเติมขยายผลได้ในอนาคต

Table 2 The Chili yield harvested from the application of a smart farm system and watering hose in combination with the use of various plant extracts as bio-attractant-baits against Solanum Fruit Fly (*Bactrocera latifrons*)

Lists	Chili yield (kg/rai)		
	Irrigation system (A)		Mean for each plant extract (B)
Plant extract (B)	Smart farm system	Watering hose	
Water (control)	2,454.67e	2,173.00i	2,313.83e
Basil extract	2,494.33d	2,252.33h	2,373.33d
Ripe chili fruit extract	2,561.67c	2,314.33g	2,438.00c
Basil extract and black pepper extract	2,606.00b	2,337.67g	2,471.83b
Ripe chili fruit extract and black pepper extract	2,740.33a	2,415.00f	2,577.67a
Mean for each Irrigation system (A)	2,571.14a	2,298.47b	
Grand mean = 2,434.93			
F-test A= *, F-test B= **, F-test A*B=**			

Remarks: **significant difference at probability level ($p \leq 0.001$), *significant difference at probability level ($p \leq 0.05$)

^{1/} Different letters indicate significant difference between treatments in the same environmental condition analyzed by DMRT ($p \leq 0.01$), C.V. (A) = 15.35%, C.V. (B) = 10.09%

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลต้นทุนและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ รวมทั้งสารสกัดจากพืชที่ใช้เป็นเหยื่อพิษ และค่าตอบแทนจากการจำหน่ายผลผลิต เปรียบเทียบระหว่างการให้น้ำด้วยระบบสมาร์ตฟาร์มกับระบบทั่วไปของเกษตรกร การใช้ระบบสมาร์ตฟาร์มมีต้นทุนคงที่ที่ประกอบด้วยแผงวงจรควบคุม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบน้ำหยด และหัวสปริงเกอร์ คิดเป็นเงิน 10,897 บาทต่อไร่ ขณะที่ระบบรดน้ำทั่วไปมีต้นทุนคงที่เฉพาะอุปกรณ์รดน้ำทั่วไปอยู่ที่ 2,071 บาทต่อไร่ ซึ่งเป็นต้นทุนที่ต่างกันประมาณ 8,826 บาทต่อไร่ ขณะที่ต้นทุนผันแปรของทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น อยู่ที่ 16,123 บาทต่อไร่

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตพริกพบว่า พริกที่เก็บเกี่ยวได้จากระบบสมาร์ตฟาร์มมีค่าเฉลี่ย 2,571.40 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าผลผลิตพริกจากระบบรดน้ำทั่วไป ที่ได้เท่ากับ 2,298.47 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นปริมาณผลผลิตพริกที่สูงกว่า 272.93 กิโลกรัม

ต่อไร่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาราคาพริกที่จำหน่ายปัจจุบันราคา 80 บาทต่อกิโลกรัม (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566) พบว่า การปลูกพริกในระบบสมาร์ตฟาร์มให้กำไรสูงกว่าการปลูกพริกในระบบรดน้ำด้วยสายยางถึง 21,834.40 บาทต่อไร่ อีกทั้งระบบสมาร์ตฟาร์มยังเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว ที่หากเกษตรกรปลูกพริกรอบถัดไปจะสามารถเก็บเกี่ยวผลกำไรได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าการปลูกพริกในระบบสมาร์ตฟาร์มที่ใช้สารสกัดจากพืชเป็นเหยื่อพิษ คือสารสกัดพริกสดกับสารสกัดพริกไทยดำให้ผลผลิตสูงสุดถึง 2,740.33 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นยังเป็นไปได้ว่าเกษตรกรมีโอกาสได้กำไรจากการปลูกพริกที่มากขึ้น ทั้งนี้ในกรณีที่ระบบสมาร์ตฟาร์มมีต้นทุนที่สูงกว่าระบบรดน้ำทั่วไปสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้เท่ากับ 148.60 กิโลกรัม ทั้งนี้จากผลผลิตพริกที่ได้จากการศึกษาเห็นได้ชัดเจนว่าผลผลิตพริกที่ได้อยู่ในช่วง 2,454.67-2,740.33 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็น 16.52-18.44 เท่าของจุดคุ้มทุน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ฟฟาร์มร่วมกับการใช้กับดักสารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมแมลงวันฟริก พบว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ ระบบสมาร์ฟฟาร์มเป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการดูแลแปลงปลูกฟริก ทำให้ฟริกเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตที่ดี เป็นระบบที่ให้ความสะดวกกับเกษตรกรเป็นอย่างมาก ช่วยประหยัดน้ำในแปลงปลูกฟริก แต่ยังให้น้ำพืชได้อย่างพอเพียง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรคำนึงถึงเป็นหลัก และมักพิจารณาถึงผลการใช้ระยะยาว เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการทำเกษตร โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่เกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ แม้ต้นทุนเริ่มต้นในการผลิตอาจสูงกว่าระบบทั่วไปของเกษตรกร แต่เป็นการลงทุนที่ให้ผลระยะยาว เพราะระบบการให้น้ำดังกล่าวสามารถใช้ได้กับการปลูกฟริกหลายรุ่น ขึ้นอยู่กับการดูแลการใช้งานระบบ ดังนั้นเพื่อป้องกันการอุดตันของรูน้ำหยดเนื่องจากรูปล่อยน้ำมีขนาดเล็ก น้ำที่ใช้ในระบบสมาร์ฟฟาร์มควรมีตะกอนปนเปื้อนน้อย สำหรับการใช้กับดักสารสกัดจากพืชช่วยในการป้องกัน และควบคุมแมลงวันฟริก นอกจากเป็นวิธีที่มุ่งผลในการควบคุมแมลงวันฟริกอย่างตรงเป้า เพราะเป็นการล่อแมลงวันฟริกเข้ามาทำลาย เป็นวิธีที่ลดจำนวนประชากรแมลงที่เข้าทำลายผลฟริกได้ และเป็นวิธีการที่ปลอดภัย ต้นทุนต่ำเพราะใช้สารปริมาณน้อย ซึ่งหากใช้สารเคมีเกษตรกรอาจไม่ปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค รวมทั้งเป็นมลพิษทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหลากหลายของการเลือกใช้สารสกัดจากพืชที่ออกฤทธิ์ในระยะไกล และระยะเวลานานในการล่อและฆ่าแมลงวันฟริกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งศึกษาฤทธิ์และความคงตัวของสารควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการวิจัย และขอบคุณเกษตรกรในพื้นที่ตำบลเกาะแก้วที่อำนวยความสะดวกที่ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Boonchoo, N., W. Saetang, K. Tanruean, T. Napirun, and P. Poolprasert. 2020. Use of holy basil leaf and Marigold flower extracts as bio-attractant-baits for controlling the fruit fly in Mango orchard. YRU Journal of Science and Technology 4(1): 1-7. [in Thai]
- Chang, C.L., K.I. Cho and Q.X. Li. 2009. Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. Journal of Economic Entomology 102(1): 203-209. Available: <https://doi.org/10.1603/029.102.0129>.
- Chatiyanon, B., C. Wongwattana, and S. Phornphisutthimas. 2014. The effect of aqueous extract from some plant leaves of Lamiaceae on seed germination and seedling growth of *Pennisetum setosum* L. Princess of Naradhiwas University Journal 6(3): 121-132. [in Thai]
- Chowdhary, K., A. Kumar, S. Sharma, R. Pathak and M. Jangir. 2018. *Ocimum* sp. Source of biorational pesticides. Industrial Crops and Products 122: 686–701. Available: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.068>.

- Hanafi, D., R. Mardiaty, T. Prabowo and C. Hidayat. 2021. Growth monitoring system and automatic watering for chili plants based on internet of things. Proceeding of the 7th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT). Bandung, Indonesia. pp. 1-4.
- Horticultural Research Institute. 2019. Chili cultivation. Available: https://shrturl.app/YE_Llg (May 20, 2023). [in Thai]
- Juhász, A.L., M. Szalai and A. Szénási. 2022. Assessing the impact of variety, irrigation, and plant distance on predatory and phytophagous insects in chili. *Horticulturae* 8(8): 741.
- Madato, T., W. Petlamul and K. Mahamad. 2022. Efficiency of smart farm system on enhancement of pepper production. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)* 30(4): 53-65.
- Maisiri, N. and A. Senzanje. 2005. On farm evaluation of the effect of low cost drip irrigation on water and crop productivity compared to conventional surface irrigation system. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 783–791.
- Mohamed, E.S., A.A. Belal, S.K. Abd-Elmabod, M. A.El-Shirbeny, A. Gad and M.B. Zahran. 2021. Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 24(3): 971-981. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>.
- Nisar, M.S., M.A. Ismail, H. Ramzan, M.M. Maqbool, T. AHMAD, H.A. Ghramh, A. Khalofah, J. Kmet, M. Horvát and S. Farooq. 2021. The impact of different plant extracts on biological parameters of Housefly [*Musca domestica* (Diptera: Muscidae)]: Implications for management. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(7): 3880-3885. Available: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.070>.
- Oppusunggu, L.S. 2020. Importance of break event analysis for the micro, small and medium enterprises. *International Journal of Research- Granthaalayah* 8(6): 212-218.
- Pandey, A.K. P. Singh and N.N. Tripathi. 2014. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: An overview. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 4(9): 682–694. Available: <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>.
- Pesticide Alert Network. 2020. Comparison of pesticide residues in imported and domestically produced fruits and vegetables: Equally Concerning. Available: <https://thaipan.org/data/2333> (May 20, 2023). [in Thai]
- Phiriyaanon, N. 2017. Efficacy of plant extracts for controlling rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in organic rice. Master's Thesis in Organic Agriculture Management, Faculty of Science and Technology, Thammasat University. [in Thai]
- Rajeshkanna, S., T. Yogeswaran, D. Ahmed and A. Vakeesan. 2015. Control of thrips in chilli crop by sprinkler irrigation: *Scirtothrips dorsalis*. Factsheet for

- Farmers : 20157800210 Available: <https://doi.org/10.1079/pwkb.20157800210>.
- Ranganath, H.R., K.N.K. Kumar, S. Saroja and K.N. Chandrashekara. 2015. Sprinklers - a viable option for thrips management in chilli. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*. 21(1): 228-230
- RYT9. 2021. Exploring the green chili market in Songkhla province: Exporting to the Malaysian market generates an annual income of 40,600 baht per rai for farmers. Available: <https://www.ryt9.com/s/prg/3278281> (May 20, 2023). [in Thai]
- Samuel, M., S.V. Oliver, M. Coetzee and B.D. Brooke. 2016. The larvicidal effects of black pepper (*Piper nigrum* L.) and piperine against insecticide resistant and susceptible strains of *Anopheles malaria* vector mosquitoes. *Parasites and vectors* 9(1): 1-9. Available: <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1521-6>.
- Singandhupe, R.B., G.G.S.N. Rao, N.G. Patil and P.S. Brahmanand. 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). *European Journal Agronomy* 19(2): 327-340. Available: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00077-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00077-1).
- Tangpao, T., P. Krutmuang, W. Kumpoun, P. Jantrawut, T. Pusadee, R. Cheewangkoon, S.R. Sommano and B. Chuttong. 2021. Encapsulation of basil essential oil by paste method and combined application with mechanical trap for oriental fruit fly control. *Insects* 12(7): 633. Available: <https://doi.org/10.3390/insects12070633>.
- Tavares, W.S., I. Cruz, F. Petacci, S.S. Freitas, J.E. Serrão and J.C. Zanuncio. 2011. Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(21): 5301-5306.
- Ugwu, J.A., O.Y. Alabi and O.J. Aluko. 2021. Insecticidal activity of crude extracts of three spices and commercial botanical pesticide on oriental fruit fly under laboratory conditions. *The Journal of Basic and Applied Zoology* 82(1): 26. Available: <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00227-w>.
- Wanna, R. and M. Wongsawas. 2018. Efficacy of Three Herb Essential Oils Against Maize Weevil. *Khon Kaen Agriculture Journal* 46(1): 719-724. [in Thai]
- Wingsanoi, A. and N. Siri. 2011. Infestation of Chili Fruit Fly, *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) on Eight Chili Fruit Cultivars. *Khon Kaen Agriculture Journal* 39: 25-32. [in Thai]