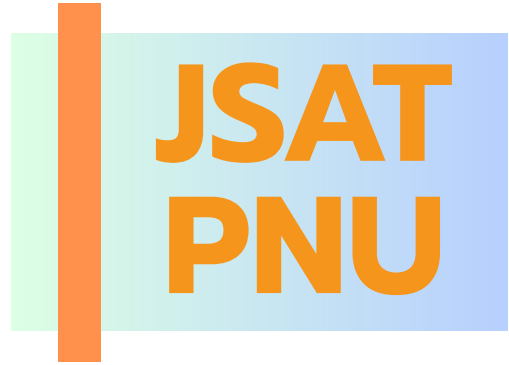




PNU PRINCESS OF
NARADHIWAS
UNIVERSITY
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์



วารสาร

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี
Journal of Life Science Agriculture and Technology

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ปีที่ 4 ฉบับที่ 1
มกราคม - มิถุนายน 2568



วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี

Journal of Life Science Agriculture and Technology

บทความวิจัย

- ความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด ตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส
- การทดสอบพฤษเคมีป้องกันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของผลหลุมพี
- การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนท์ยางกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) และคอปเปอร์ซัลเฟตในการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกร (*Hylocereus polyrhizus*) บนผ้าคอตตอน
- การศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ ที่สังเคราะห์ผ่านเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดใบฝรั่ง
- การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มแพะเนื้อร่วมกับกิจกรรมการเกษตรอื่นในจังหวัดสตูล
- การจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยจังหวัดอุทัยธานี

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี รับผิดชอบตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการประเภท บทความวิจัย บทความวิชาการ ทั้งนี้บทความต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อนนับจากวันที่ผู้เขียนได้ส่งบทความต้นฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการ

วัตถุประสงค์ การจัดทำวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ถือเป็นภารกิจสำคัญของมหาวิทยาลัยในการส่งเสริมให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานได้เผยแพร่ผลงานวิชาการสู่หน่วยงานภายนอกและความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาต่างๆ ของมหาวิทยาลัย และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานทางวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยรับผิดชอบตีพิมพ์บทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เกษตร และเทคโนโลยี โดยนำเสนอเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยที่เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ และกำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม - มิถุนายน และ กรกฎาคม - ธันวาคม)

สำนักงาน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
เลขที่ 99 ม.8 ต.โคกเคียน อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 09-9416-9355
<https://li04.tci-thaijo.org/index.php/psj>
E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

ที่ปรึกษา	กองบรรณาธิการ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ พลาศัย	กรรมการภายนอก	
รองศาสตราจารย์ ดร.รสสุคนธ์ แสงมณี	ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร.ชาญวิทย์ วัชรพุก	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สะแลแม	ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์	ศาสตราจารย์ ดร.ประนอม จันทร์โณทัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.อาสสัน ทิเล	ศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มารียะ ปุเต๊ะ	ศาสตราจารย์ ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงศ์ เบญจศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังขรักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรารัตน์ วัฒนาพันธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.วสุ ปฐมอารีย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.ชุกรี หะยีสามแม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
	รองศาสตราจารย์เสาวนิต คูประเสริฐ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	กรรมการภายใน	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทองใสเกลี้ยง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี ศรีมีเทียน	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
อาจารย์ ดร.นุรอามาลี คีนาโม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุไลมาน เจ๊ะอาบู	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.เปลื้อง บุญแก้ว	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.ต๋ขนิม สมวงศ์	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.ภูวรินทร์ สนิท	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.ฐิตินันท์ ไสระบุตร	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
กองจัดการ		
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดชดนัย จุ้ยชุม	นางสาวชมชียะห์ เจ๊ะสามเมาะ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราฮีม่า วาแมติซา	นางปิยนุช วัจนศิริ	
อาจารย์ ดร. อิบรอฮีม ซาโยะ	นางสาวสุรัตนา เทพแซ	
อาจารย์มุสลิม รอกา	นางสาวอาภรณ์ นงรัตน์	
นางสาวนฤมล รัตนธานี		
เจ้าของ		
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์		
กำหนดออก		
ปีละ 2 ฉบับ ดังนี้		
ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน		
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม		
วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหาบทความเพื่อลงตีพิมพ์จำนวน 3 ท่านต่อบทความ และ บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร และเทคโนโลยี เป็นวรรณกรรมของผู้เขียน บรรณาธิการหรือมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย		

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

สารจากอธิการบดี

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นับเป็นสื่อกลางหนึ่งทางวิชาการที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านวิชาการ และงานวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและนวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี การพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-long Learning) เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคลากรทางการศึกษา ครู อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัย นักเรียน นักศึกษา อันจะนำมาสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่หรือนวัตกรรม

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้การสนับสนุนและเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและพิจารณาบทความ รวมทั้งกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่มุ่งมั่นทุ่มเทแรงกายแรงใจในการทำงาน อีกทั้งนักวิจัยที่ให้ความสำคัญในการพัฒนางานวิชาการ และท้ายสุดนี้ หวังว่าวารสารฉบับนี้จะได้ทำหน้าที่ในการเป็นแหล่งพัฒนา ด้านวิชาการและงานวิจัยอย่างยั่งยืน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สะแลแม
อธิการบดีมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

สารจากบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นตีพิมพ์ฉบับประจำเดือนมกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2568 โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ งานวิจัย และนวัตกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science) สู่หน่วยงานภายนอก และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลวิชาการตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยในฉบับนี้ มีผู้สนใจส่งบทความเพื่อเผยแพร่เป็นจำนวน 6 เรื่อง

บรรณาธิการใคร่ขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งผลงานมาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ขอขอบพระคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตลอดจนผู้บริหารที่สนับสนุนให้มีการจัดทำวารสารขึ้น ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำวารสาร ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยประเมินคุณภาพของบทความ และขอขอบคุณกองบรรณาธิการทุกท่านที่ร่วมดำเนินการเพื่อให้วารสารสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักวิชาการ ผู้อ่านและผู้สนใจทุกท่าน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรรัตน์ วัฒนาพันธ์

บรรณาธิการ

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
ความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด ตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส วิจิตรา เชิดฉิม นิรอสีต๊ะห์ แมเราะกะจิ นัชริน แด ซาฮีเราะห์ สะอง ซอลีฮะห์ สาละ มาดีนา น้อยทับทิม จารูวรรณ แดงโรจน์ ปิยาภรณ์ วงศิริกุล วสันต์ แดงสุวรรณ	1	Species Diversity and Distribution of Cladocerans in Freshwater Habitats, Khok Khian Subdistrict, Narathiwat Province Wijitra Choedchim Niraseedah Maerohkachi Nasreen Tea Sahiroh Sa-ong Soleehah Salaeh Madeena Noitubtim Jaruwat Daengrot Piyaporn Wangsirikul Wasan Daengsuwan
การทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของผลหลุมพี อูมียะห์ สะอ อรพรรณ ใจสมุทร จารูวรรณ แดงโรจน์	17	Phytochemical Screening and Total Phenolic Compounds of <i>Eleiodoxa conferta</i> (Griff.) Burr. Aumiyah Sa-e Orapun Jaisamut Charuwan Daengrot
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนท์ยางกล้วยน้ำว้า (<i>Musa sapientum</i> L.) และคอปเปอร์ซัลเฟตในการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกร (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) บนผ้าคอตตอน อีรฟัน มะแซฮาอิ โสรยา สาร๊ะ กรรณิการ์ อีระกิตต์ธนากุล เตี่ยว สายจันทร์	27	Comparison of the Dyeing Efficiency of Banana Sap (<i>Musa sapientum</i> L.) and Copper Sulfate Mordants in Dyeing Dragon Fruit Peel (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) on Cotton Fabrics Irfun Masaesa-i Sorya Sara Kannika Theerakitthanakul Diew Saijun
การศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ ที่สังเคราะห์ผ่านเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดใบฝรั่ง ลดาวัลย์ คงศรีจันทร์ กนกวรรณ ภูมिवณิชกิจ สุพจน์ แสนสุข คอลีเยาะ เสม มะห์ซึลาตี เจ๊ะลีมา	37	Study on the Photocatalytic Activity of ZnO and Ag/ZnO Nanoparticles Synthesized via Green Chemistry Using <i>Psidium guajava</i> L. Leaf Extract Ladawan Khongsichan Kanokwan Phumivanichakit Supojjanee Sansook Coleyoh Sema Maseelatee Jaeleema

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

สารบัญ...(ต่อ)

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำ ฟาร์มแพะเนื้อร่วมกับกิจกรรมการเกษตรอื่นในจังหวัดสตูล ฐิตินันท์ โสระบุตร จิตร เกื้อช่วย อัฟฟาน พายายม	54	Comparative Study of Economic Model of Meat Goat Farming System with Other Agricultural Activities in Satun Province Thitinan Sorabut Chitr Kueachuai Affan Payayam
การจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยจังหวัด อุทัยธานี มนตรี ปานตู สุมาลี โพธิ์ทอง	67	Nutrient Management to Increase Sugar Cane Production Efficiency in Uthai Thani Province. Montree Pantu Sumalee Pothong

ความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด

ตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส

Species Diversity and Distribution of Cladocerans in Freshwater

Habitats, Khok Khian Subdistrict, Narathiwat Province

วิจิตรา เฉิดฉิม^{1*}, นิรอซีดีห์ แมเราะกะจิ¹, นัชริน แท¹, ซาฮีเราะห์ สะอง¹, ซอลีฮะห์ สาและ¹, มาดีนา น้อยทับทิม¹,
จารูวรรณ แดงโรจน์¹, ปิยาภรณ์ วังศิริกุล¹ และ วสันต์ แดงสุวรรณ²

Wijitra Choedchim^{1*}, Niraseedah Maerohkachi¹, Nasreen Tea¹, Sahiroh Sa-ong¹, Soleehah Salaeh¹,
Madeena Noitubtim¹, Jaruwan Daengrot¹ Piyaporn Wangsirikul¹ and Wasan Daengsuwan²

(Received: 17 September 2024; Revised: 15 January 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

คลาโดเซอแรนมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด โดยเป็นผู้บริโภคขั้นต้นที่ถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคในลำดับขั้นต่อไปในห่วงโซ่และสายใยอาหาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายชนิด องค์ประกอบชนิด และผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรน ในแหล่งน้ำจืด ตำบลโคกเคียน เก็บตัวอย่างคลาโดเซอแรนจาก 8 แหล่งน้ำ ในเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2566 ด้วยวิธีเชิงคุณภาพโดยใช้ถุงแพลงก์ตอนขนาดตาข่าย 60 ไมโครเมตร ผลการศึกษา พบคลาโดเซอแรนทั้งหมด 7 วงศ์ 22 สกุล 24 ชนิด โดยเป็นชนิดที่ไม่เคยมีรายงานมาก่อนใน จ.นราธิวาส จำนวน 6 ชนิด ทำให้มีความหลากหลายของคลาโดเซอแรนเพิ่มเป็น 55 ชนิด และคลาโดเซอแรนที่พบส่วนใหญ่มักเป็นชนิดที่มีการกระจายอย่างกว้างขวาง องค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนระหว่างแหล่งน้ำ ประเภทของแหล่งน้ำ และเดือนที่ศึกษามีความคล้ายคลึงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ตรวจวัดไม่มีความสัมพันธ์กับการกระจายของคลาโดเซอแรน ($p = 0.255$) อย่างไรก็ตามพบว่าแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนสูงมีแนวโน้มพบความหลากหลายชนิดมาก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ: ประเภทของแหล่งน้ำ องค์ประกอบชนิด ดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ชายแดนภาคใต้

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwat University

² องค์การบริหารส่วนตำบลพร่อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

Phron Subdistrict Administrative Organization, Tak Bai District, Narathiwat Province

*Corresponding Author, E-mail: wijitra.c@pnu.ac.th

Abstract

Cladocerans play a crucial role in freshwater ecosystems as primary consumers, transferring energy from producers to higher-level consumers in food chains and food webs. This study aimed to investigate the species diversity, species composition and environmental factors affecting the distribution of cladocerans in freshwater bodies within Khok Khian Subdistrict. Samples were collected from 8 water bodies during February-March 2023 using a qualitative method with a 60-micrometer mesh plankton net. A total of 7 families, 22 genera, and 24 species of cladocerans were recorded. There are six species that have not been previously reported in Narathiwat Province. This study increases the species diversity of cladocerans in the area to 55 species, most of which were found to be widely distributed. cladoceran species composition between water bodies, habitat types and month showed high similarity. This may be due to the environmental factors measured having no correlation with the distribution of cladocerans ($p = 0.255$). However, the results showed that water bodies with higher oxygen levels tend to have greater species diversity. Therefore, further studies should be conducted to obtain clearer and more accurate results.

Keywords: Habitat types, Species composition, Sorensen similarity index, Environmental variables, Southern border

บทนำ

คลาโดเซอแรน (cladocerans) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โธรโพดา (Arthropoda) ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนถาวร มีการกระจายตัวได้อย่างกว้างขวาง พบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ ทั้งแหล่งน้ำถาวร เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง แม่น้ำ และแหล่งน้ำชั่วคราว เช่น นาข้าว คูน้ำ หรือ แอ่งน้ำขัง เป็นต้น โดยมักเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มหลักที่พบในแหล่งน้ำจืด จึงมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำจืด เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำนานาชนิด จึงถือเป็นผู้บริโภคขั้นต้น (primary consumer) ในห่วงโซ่อาหาร ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคในลำดับขั้นต่อไป (Arunpandi et al., 2020) อีกทั้งคลาโดเซอแรนบางกลุ่มเป็นผู้บริโภคเศษซากพืชซากสัตว์ (detritivore) จึงมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ (Rizo et al., 2017; Urbano et al., 2022) นอกจากนี้คลาโดเซอแรนมีวงจรชีวิตสั้นและสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการศึกษาความ

หลากหลายของคลาโดเซอแรน จึงสามารถเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ และประเมินความอุดมสมบูรณ์หรือความซับซ้อนของโครงสร้างทางสังคมของระบบนิเวศแหล่งน้ำได้ (Jantawong & Maiphae, 2020)

ปัจจุบันมีการรายงานพบคลาโดเซอแรนในประเทศไทยทั้งหมด 138 ชนิด โดยพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 100 ชนิด ภาคใต้ 97 ชนิด ภาคเหนือ 13 ชนิด ภาคตะวันออก 11 ชนิด ภาคตะวันตก 52 ชนิด และภาคกลาง 48 ชนิด (Choedchim & Maiphae, 2023) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ อย่างไรก็ตามในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้มีการศึกษาคลาโดเซอแรน ของ Maiphae (2005) เพียงการศึกษาเดียวเท่านั้น ซึ่งได้มีการรายงานพบคลาโดเซอแรนในจังหวัดนราธิวาส จำนวน 47 ชนิด

ตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส มีระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่หลากหลายทั้งแหล่งน้ำถาวร และแหล่งน้ำชั่วคราว แต่แหล่งน้ำหลายแหล่งถูกพัฒนาเป็นพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านโครงสร้างพื้นฐานอย่างรวดเร็ว และสังคมของคลาโดเซอแรนมักมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่และเวลา (Kotchasanee, 1994) ซึ่งคลาโดเซอแรนบางชนิดพบปรากฏเพียงครั้งเดียวใน 1 รอบปี (Choedchim, 2016) ดังนั้นคลาโดเซอแรนอาจมีการกระจายแตกต่างกันในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษาแม้เป็นฤดูกาลเดียวกัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความหลากหลายชนิด การกระจาย และองค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด ตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส ทั้งในเชิงสถานที่และเวลา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนสัตว์ในจังหวัดนราธิวาส และจะเป็นข้อมูลสนับสนุนด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำจืดของชุมชนให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความหลากหลายชนิดและการกระจายของคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืดตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส
2. เพื่อศึกษาความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนระหว่างแหล่งน้ำ ประเภทของแหล่งน้ำ และช่วงเวลาการศึกษา
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการของน้ำกับการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรน

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มคลาโดเซอแรน ในแหล่งน้ำจืด ตำบลโคกเคียน จำนวน 8 แหล่งน้ำ โดยแหล่งน้ำที่ 1 เป็นคูน้ำริมถนน ที่มีพืชริมฝั่งและมีพื้นที่พืชน้ำปกคลุมเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ พืชน้ำชนิดเด่น ได้แก่ สาหร่ายข้าวเหนียว และบัวผัน ลักษณะน้ำค่อนข้างใส (ภาพที่ 1-1) แหล่งน้ำที่ 2 เป็นสระน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น มีพืชริมฝั่งขึ้นโดยรอบและมีพื้นที่ปกคลุมของพืชน้ำเฉลี่ย 45 เปอร์เซ็นต์ พืชน้ำชนิดเด่นที่พบ ได้แก่

บัวผัน สาหร่ายหางกระรอก และจุดหนู ลักษณะของน้ำใสคล้ายแหล่งน้ำที่ 1 (ภาพที่ 1-2) แหล่งน้ำที่ 3 แหล่งน้ำที่ 4 และแหล่งน้ำที่ 8 เป็นหนองน้ำที่เกิดจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมสภาพ มีเสม็ดขาวเป็นไม้ชนิดเด่น เป็นบริเวณที่มีพืชริมฝั่งแต่ไม่มีพืชน้ำปกคลุม น้ำในแหล่งน้ำที่ 3 มีสีน้ำตาลอมส้มคล้ายสีชาเย็น (ภาพที่ 1-3) แหล่งน้ำที่ 4 น้ำมีสีน้ำตาลเข้ม (ภาพที่ 1-4) และน้ำในแหล่งน้ำที่ 8 มีสีน้ำตาลขุ่น (ภาพที่ 1-8) แหล่งน้ำที่ 5 เป็นคลองระบายน้ำ ที่มีพืชริมฝั่งและพืชน้ำปกคลุมหนาแน่น โดยมีพื้นที่ที่พืชน้ำปกคลุมเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ พืชชนิดเด่นได้แก่ สาหร่ายข้าวเหนียว และบัวผัน ลักษณะน้ำมีสีชา (ภาพที่ 1-5) แหล่งน้ำที่ 6 มีลักษณะเป็น คูน้ำริมถนนที่มีพืชน้ำปกคลุมเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ พืชชนิดเด่น ได้แก่ บัวหลวง ลักษณะน้ำมีสีเขียวขุ่น (ภาพที่ 1-6) แหล่งน้ำที่ 7 เป็นคลองระบายน้ำที่มีพืชริมฝั่งแต่ไม่มีพืชน้ำปกคลุม ลักษณะน้ำมีสีน้ำตาลอมส้ม (ภาพที่ 1-7) โดยจังหวัดนราธิวาสมีช่วงว่างจากลมมรสุมในเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน (Thai Meteorological Department, 2024) งานวิจัยครั้งนี้จึงเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2566 (ยกเว้น แหล่งน้ำที่ 7 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคมได้ เนื่องจากแหล่งน้ำแห้ง) ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน เนื่องจากมีรายงานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมคลาโดเซอแรนในทะเลน้อยจังหวัดพัทลุง ที่ทำการศึกษาค้นคว้าต่อเนื่องทุกเดือนเป็นเวลา 1 รอบปีพบว่า 3 ใน 4 ของถิ่นอาศัยย่อยมีความหลากหลายชนิดในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูฝน (Choedchim et al., 2017) และตรวจวัดปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบางประการ จำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ ความขุ่น อุณหภูมิของน้ำ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า ด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Portable multiparameter meter) ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 9829 โดยตรวจวัดทุกปัจจัยจำนวน 3 ชั่วโมงแต่ละแหล่งน้ำ เก็บตัวอย่างคลาโดเซอแรนแหล่งน้ำละ 1 ตัวอย่าง ด้วยวิธีเชิงคุณภาพโดยใช้ถุงพลาสติกใส ขนาดตาข่าย 60 ไมโครเมตร ลากและเหวี่ยงให้ครอบคลุมถิ่นอาศัยย่อยในแต่ละบริเวณ รักษาสภาพตัวอย่างในแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นสุดท้ายประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ คัดแยกตัวอย่างคลาโดเซอแรนด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ยี่ห้อ Olympus รุ่น SZ51 และจำแนกชนิดโดยการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ ยี่ห้อ Olympus รุ่น CX22 วิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมระหว่างแหล่งน้ำ ด้วยสถิติ One-Way ANOVA ในกรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และใช้ Kruskal Wallis test กรณีที่ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 26.0 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏของคลาโดเซอแรนและปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคัล (Canonical correspondence analysis (CCA)) โดยใช้โปรแกรม PCORD เวอร์ชัน 5.0 และเปรียบเทียบความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนระหว่างแหล่งน้ำและช่วงเวลาด้วยการวิเคราะห์ ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen (Sorensen's Similarity Index: Ss) (Magurran, 2004) ดังนี้

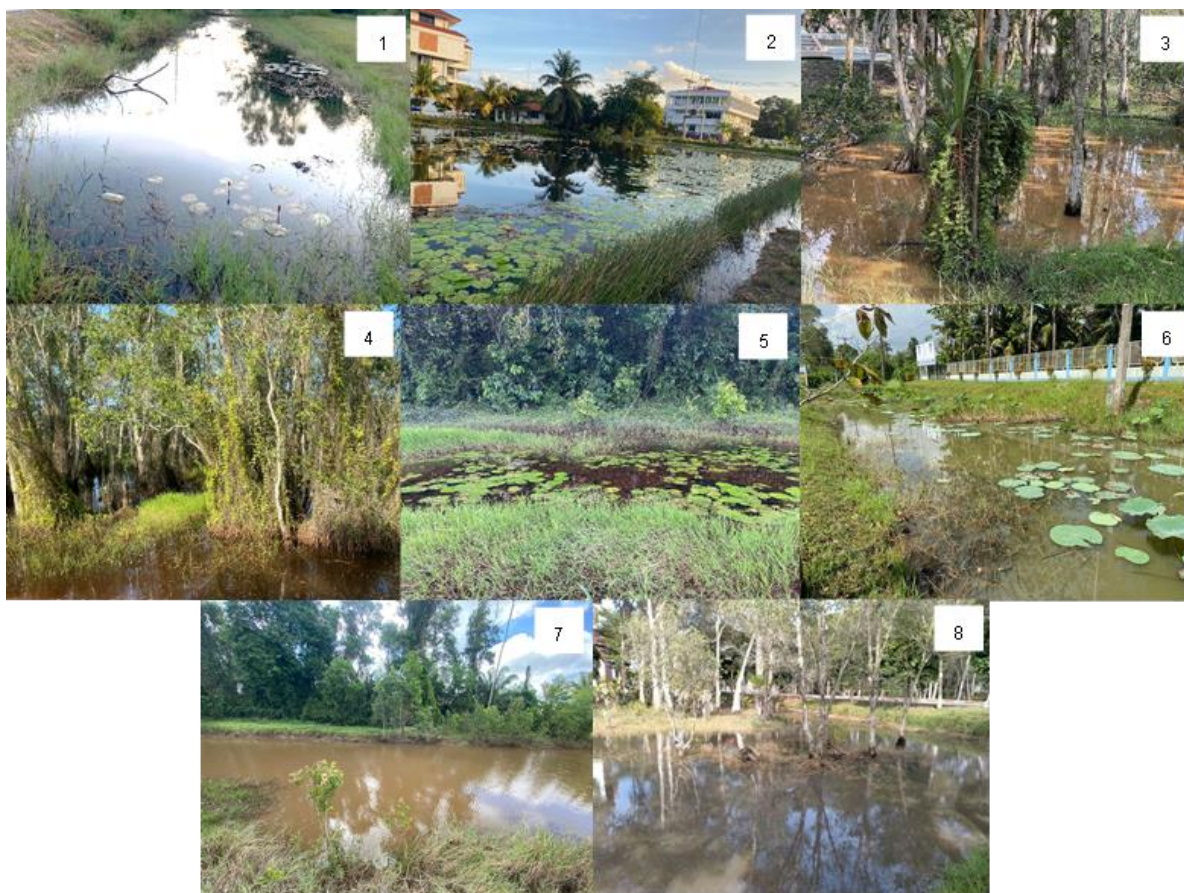
$$Ss = 2A/2A+B+C$$

โดย Ss = ดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen

A = คือชนิดที่พบทั้ง 2 แหล่งน้ำ

B = ชนิดที่พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 1 หรือเดือนที่ 1

C = ชนิดที่พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 2 หรือเดือนที่ 2



ภาพที่ 1 แหล่งน้ำที่ศึกษา (ปัจจุบันแหล่งน้ำที่ 1 และ 4 ได้มีการพัฒนาเป็นพื้นที่เป็นถนนสาธารณะประโยชน์)

* หมายเหตุ แหล่งน้ำที่ 1-3 และ 5 ถ่ายภาพเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2566 แหล่งน้ำที่ 6-7 ถ่ายภาพเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2566 แหล่งน้ำที่ 4 และ 8 ถ่ายภาพเมื่อ 27 มีนาคม 2566

ผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการในแหล่งน้ำทั้ง 8 พบอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 30.18 ± 1.25 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 3.18 ± 1.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.14 ± 0.64 ความเค็มเฉลี่ย 0.03 ± 0.02 กรัมต่อกิโลกรัม ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำเฉลี่ย 33.75 ± 15.39 ส่วนในพันส่วน การนำไฟฟ้าเฉลี่ย 66.38 ± 30.44 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และความขุ่นเฉลี่ย 53.79 ± 43.02 ฟอร์มาซินเนฟิโลเมตริก เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการระหว่างแหล่งน้ำพบว่า ทุกปัจจัยที่ทำการตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีช่วงของแต่ละปัจจัยที่พบในแต่ละแหล่งน้ำดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบางประการในแหล่งน้ำที่ทำการเก็บตัวอย่างคลาโดเซอแรน

	แหล่งน้ำ								P-value
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ความเป็นกรด-ด่าง	6.38-6.98	6.25-6.53	-	5.41-6.01	4.56-5.13	6.11-6.57	5.68-6.45	6.65-7.06	0.000
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.1-4.61	4.1-6.18	-	0.94-4.07	0.6-5.28	0.59-3.51	2.2-3.00	2.48-5.15	0.004
การนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนตต่อ เซ็นติเมตร)	50-81	32-33	-	37-58	42-54	58-132	48-70	123-135	0.000
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายใน น้ำ (ส่วนในพันส่วน)	25-43	16-17	-	19-29	21-27	38-66	24-35	62-68	0.000
ความเค็ม (กรัมต่อกิโลกรัม)	0.02-0.04	0.01-0.01	-	0.02-0.03	0.02-0.02	0.03-0.06	0.02-0.08	0.06-0.06	0.000
ความขุ่นของน้ำ (ฟอร์มาซินเนฟโฟโลเมตริก)	5.5-9.2	4.1-40.8	-	31.5- 136.0	5.4-204.0	14-50.3	18.5- 285.0	12.1-36.1	0.01
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.81- 32.89	31.41- 33.16	-	28.58- 30.89	27.02- 29.83	28.36- 29.49	28.36- 31.43	27.47- 33.76	0.007
ประเภทแหล่งน้ำ	คูน้ำข้าง ถนน	สระน้ำ	หนองน้ำ	หนองน้ำ	คลอง ระบายน้ำ	คูน้ำข้าง ถนน	คลอง ระบายน้ำ	หนองน้ำ	

*หมายเหตุ ไม่สามารถตรวจวัดปัจจัยคุณภาพในแหล่งน้ำที่ 3 เนื่องจากเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำมีปัญหาขณะเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรน พบความหลากหลายชนิด ทั้งหมด 7 วงศ์ 22 สกุล 24 ชนิด วงศ์ที่พบจำนวนชนิดมากที่สุดคือ Chydoridae (ภาพที่ 2B-E) พบ 12 ชนิด รองลงมาคือ Macrothricidae (ภาพที่ 2H) และ Daphniidae (ภาพที่ 2F) พบวงศ์ละ 3 ชนิด Bosminidae (ภาพที่ 2A) และ Sididae (ภาพที่ 2J) พบวงศ์ละ 2 ชนิด และ Ilyocryptidae (ภาพที่ 2G) และ Moinidae (ภาพที่ 2I) วงศ์ละ 1 ชนิด ตัวอย่างคลาโดเซอแรนที่พบแสดงในภาพที่ 2 ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรน มากที่สุดในแหล่งน้ำที่ 2 (15 ชนิด) รองลงมาคือแหล่งน้ำที่ 1 (14 ชนิด) แหล่งน้ำที่ 3 (10 ชนิด) และน้อยที่สุดในแหล่งน้ำที่ 4 (5 ชนิด) ชนิดของคลาโดเซอแรนที่แพร่กระจายกว้างขวาง คือ *Ilyocryptus thailandensis* พบแพร่กระจายใน 7 แหล่งน้ำ รองลงมาคือ *Macrothrix spinosa* พบแพร่กระจายใน 6 แหล่งน้ำ และ *M. triserialis*, *Ephemeroporus barroisi* และ *Diaphanosoma excisum* พบแพร่กระจายใน 5 แหล่งน้ำ ชนิดของคลาโดเซอแรนที่พบการกระจายจำกัดเพียงแหล่งน้ำเดียวมี 7 ชนิด ได้แก่ *Alonella excisa* พบแพร่กระจายอยู่ในแหล่งน้ำที่ 1 *Bosmina meridionalis* และ *Scapholeberis kingi* พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 2 *Grimaldina brazzai* พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 3 *Alona affinis* และ *Chydorus reticulatus* พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 5 และ *Karualona karua* พบเฉพาะแหล่งน้ำที่ 6 (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนเชิงเวลา พบความหลากหลายชนิดใกล้เคียงกัน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ (21 ชนิด) และเดือนมีนาคม (19 ชนิด) โดยส่วนใหญ่มีการกระจายพบได้ทั้ง 2 เดือน

(18 ชนิด) และมี 8 ชนิดที่มีการกระจายจำกัดพบใน 1 เดือน ได้แก่ *Disparalona hamata*, *Karualona karua*, *Ceriodaphnia cornut*, *Scapholeberis kingi* และ *Grimaldina brazzai* พบเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ในขณะที่ *Bosmina meridionalis*, *Alona affinis* และ *Chydorus reticulatus* พบเฉพาะเดือน มีนาคม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนที่พบในแต่ละแหล่งน้ำและแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

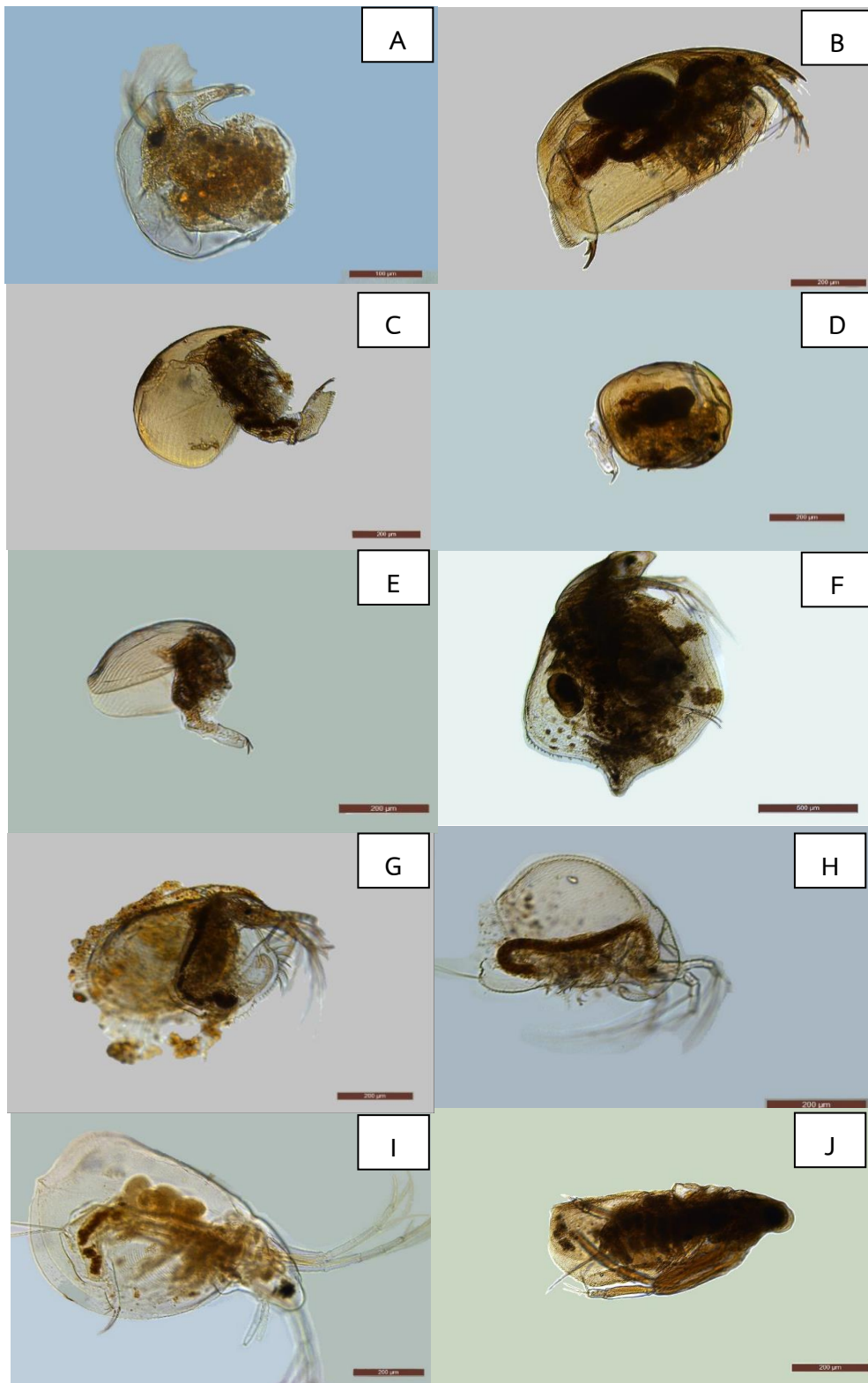
ชนิดของคลาโดเซอแรน	แหล่งน้ำ								เดือน	
	1	2	3	4	5	6	7	8	ก.พ.	มี.ค.
Family Bosminidae										
<i>Bosmina meridionalis</i> Sars, 1904 *		+								+
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895*	+	+					+		+	+
Family Chydoridae										
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)*					+					+
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	+								+	+
<i>Anthalona harti</i> Van Damme, Sinev, Dumont, 2011*	+	+						+	+	+
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901*	+	+	+				+		+	+
<i>Chydorus reticulatus</i> Daday, 1898*					+					+
<i>Coronatella monacantha</i> (Sars, 1901)*					+	+			+	+
<i>Disparalona hamata</i> Birge, 1879			+				+		+	
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1894)*	+	+		+	+			+	+	+
<i>Flavalona cheni</i> (Sinev, 1999)	+			+					+	+
<i>Karualona karua</i> (King, 1853)								+	+	
<i>Kurzia longirostris</i> (Daday, 1898)*	+	+	+						+	+
<i>Oxyurella singalensis</i> (Daday, 1898)*	+	+					+		+	+
Family Daphniidae										
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1885*		+	+						+	
<i>Scapholeberis kingi</i> Sars, 1903*		+							+	
<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)*	+	+							+	+
Family Ilyocryptidae										
<i>Ilyocryptus thailandensis</i> Kotov & Sanoamuang, 2004	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Family Macrothricidae										
<i>Grimaldina brazzai</i> Richard, 1892			+						+	
<i>Macrothrix spinosa</i> King, 1853*	+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Macrothrix triserialis</i> Brady, 1886*	+	+	+	+	+				+	+

หมายเหตุ + คือพบในแหล่งน้ำนั้น * คือชนิดที่พบมีรายงานในจังหวัดนราธิวาสมาก่อน (Maiphae, 2005)

ตารางที่ 2 ชนิดและการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรนที่พบในแต่ละแหล่งน้ำและแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (ต่อ)

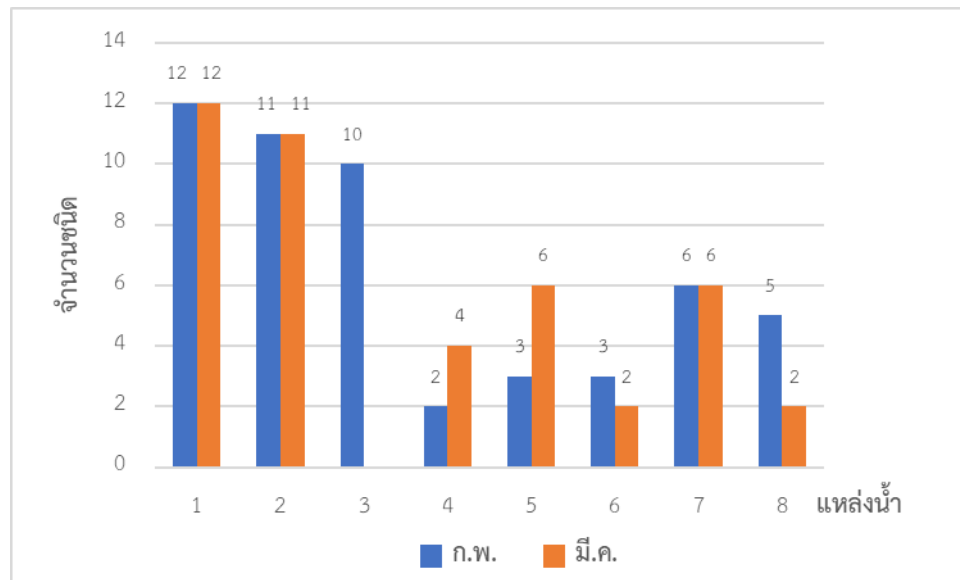
ชนิดของคลาโดเซอแรน	แหล่งน้ำ								เดือน	
	1	2	3	4	5	6	7	8	ก.พ.	มี.ค.
Family Moinidae										
<i>Moinodaphnia macleayi</i> (King, 1853)*	+	+		+				+	+	+
Family Sididae										
<i>Diaphanosoma excisum</i> Sars, 1885*		+	+			+	+	+	+	+
<i>Pseudosida bidentata</i> Herrick, 1884*	+		+					+	+	+
รวม 24 ชนิด	14	15	10	5	7	4	7	6	21	19

หมายเหตุ + คือพบในแหล่งน้ำนั้น * คือชนิดที่พบมีรายงานในจังหวัดนราธิวาสมาก่อน (Maiphae, 2005)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างคลาโดเซอแรนที่พบในแหล่งน้ำจืดตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาส A: *Bosminopsis deitersi*; B: *Alona affinis*; C: *Flavalona cheni*; D: *Chydorus eurynotus*; E: *Disparalona hamata*; F: *Simocephalus serrulatus*; G: *Ilyocryptus thailandensis*; H: *Macrothrix spinosa*; I: *Moinodaphnia macleayi*; J: *Diaphanosoma excisum*

เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนในแต่ละแหล่งน้ำและเดือนที่ทำการศึกษ พบความหลากหลายชนิดได้ตั้งแต่ 2-12 ชนิด แหล่งน้ำที่มีความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนมากที่สุด คือ แหล่งน้ำที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (12, 11 และ 10 ชนิด) โดยแหล่งน้ำที่มีความหลากหลายชนิดเท่ากันทั้งสองเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่าง คือ แหล่งน้ำที่ 1, 2 และ 7 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนในแต่ละแหล่งน้ำ ในแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดคลาโดเซอแรนพบว่า แหล่งน้ำที่ 1 กับแหล่งน้ำที่ 2 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงมากที่สุด (0.76) รองลงมาคือ แหล่งน้ำที่ 3 กับแหล่งน้ำที่ 7 (0.67) แหล่งน้ำที่ 2 กับแหล่งน้ำที่ 3 (0.56) และแหล่งน้ำที่ 7 กับแหล่งน้ำที่ 8 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงของคลาโดเซอแรนน้อยที่สุด (0.14) (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดระหว่างประเภทของแหล่งน้ำพบว่า มีดัชนีความคล้ายคลึงอยู่ในช่วง 0.57-0.80 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันปานกลางถึงค่อนข้างมาก โดยมีดัชนีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดระหว่างคู่น้ำริมถนนและสระน้ำ (0.80) รองลงมาคือคู่น้ำริมถนนและหนองน้ำ (0.71) และค่าดัชนีความคล้ายคลึงน้อยที่สุดระหว่างสระน้ำและคลองระบายน้ำ และคลองระบายน้ำและหนองน้ำ (0.57) (ตารางที่ 4) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างพบว่า มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงเท่ากับ 0.79

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบางประการกับการปรากฏของคลาโดเซอแรนแต่ละชนิด ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของน้ำที่ตรวจวัด ($p = 0.255$)

ตารางที่ 3 ดัชนีความคล้ายคลึงของคลาโดเซอแรนระหว่างแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำ	8	7	6	5	4	3	2	1
1	0.4	0.45	0.22	0.38	0.53	0.5	0.76	-
2	0.38	0.52	0.32	0.36	0.4	0.56	-	
3	0.25	0.67	0.43	0.35	0.27	-		
4	0.36	0.15	0.22	0.5	-			
5	0.15	0.27	0.55	-				
6	0.2	0.5	-					
7	0.14	-						
8	-							

ตารางที่ 4 ดัชนีความคล้ายคลึงของคลาโดเซอแรนระหว่างประเภทของแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำ	หนองน้ำ	คลองระบายน้ำ	คูน้ำริมถนน	สระน้ำ
สระน้ำ	0.67	0.57	0.80	-
คูน้ำริมถนน	0.71	0.60	-	
คลองระบายน้ำ	0.57	-		
หนองน้ำ	-			

อภิปรายผล

การศึกษานี้พบคลาโดเซอแรนทั้งสิ้น 7 วงศ์ 22 สกุล 24 ชนิด โดยวงศ์ที่พบจำนวนชนิดมากที่สุดคือ Chydoridae สอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายของคลาโดเซอแรนในประเทศไทยหลายการศึกษา เช่น Sa-ardrit (2002) Maiphae (2005) Maiphae et al. (2008) Maiphae et al. (2010) Choedchim and Maiphae (2012) Choedchim et al. (2017) Jantawong and Maiphae (2020) Tiang-nga et al. (2020) ซึ่งพบว่าวงศ์ Chydoridae เป็นวงศ์ที่มีจำนวนสกุลและจำนวนชนิดมากที่สุด เนื่องจาก คลาโดเซอแรนวงศ์ Chydoridae เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายมากที่สุด และมักพบแพร่กระจายอย่างกว้างขวางได้ทั่วไปในเขตร้อนหรือบริเวณใกล้เขตร้อน (Korovchinsky & Sminov 1996; Michael & Sharma, 1988) ความหลากหลายชนิดทั้งหมดที่พบในงานวิจัยนี้ คิดเป็น 32.61 เปอร์เซ็นต์ ของชนิดคลาโดเซอแรนที่พบทั้งหมดในประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษานี้ทำให้ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนในจังหวัดนราธิวาส เพิ่มขึ้นจากเดิม 29 สกุล 49 ชนิด (Maiphae, 2005) เป็น 30 สกุล 55 ชนิด อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายชนิดที่พบในงานวิจัยครั้งนี้น้อยกว่างานวิจัยก่อนหน้า อาจเนื่องมาจากลักษณะสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน โดย Maiphae (2005) ได้ทำการศึกษาในแหล่งน้ำคนละแหล่ง กับงานวิจัย

ครั้งนี้ แต่มีการเก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส จำนวน 7 แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำ ประเภท ป่าพรุ หนอง บึง และ อ่างเก็บน้ำ ที่มีพืชน้ำปกคลุมอย่างหนาแน่น มีพื้นที่การปกคลุมของพืชน้ำเฉลี่ยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แหล่งน้ำที่ทำการศึกษาค้นครั้งนี้ส่วนใหญ่มีพืชน้ำปกคลุมน้อย มีพื้นที่การปกคลุมของพืชน้ำเฉลี่ยประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคลาโดเซอแรนมักอาศัยอยู่ใกล้บริเวณริมฝั่งและบริเวณที่มีพืชน้ำปกคลุมอยู่หนาแน่น โดยพืชน้ำเป็นแหล่งยึดเกาะอาศัยทำให้คลาโดเซอแรนไม่ถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ เนื่องจากพืชน้ำเป็นที่ยึดเกาะของเพอริไฟตอน (Periphyton) และอนุภาคสารอินทรีย์ต่างๆ รวมถึงเมื่อพืชน้ำตายจะเน่าสลายกลายเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นอาหารของคลาโดเซอแรน และยังเป็นแหล่งหลบภัยหรือกำบังศัตรูได้อีกด้วย (Sminov, 1974; Geraldles & Boavida, 2004) อีกทั้ง Maiphae (2005) มีการเก็บตัวอย่างครอบคลุมทุกฤดูกาล ทั้งฤดูร้อน และฤดูฝน แต่งานวิจัยครั้งนี้เก็บตัวอย่างเพียงฤดูร้อนเท่านั้น ซึ่งมีการรายงานพบว่าฤดูกาลมีผลต่อความหลากหลายชนิด องค์ประกอบชนิด และการแพร่กระจายของคลาโดเซอแรน โดยในฤดูร้อนอาจมีสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ระดับน้ำลดลง อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่อยู่อาศัย และอาหารลดน้อยลงตามไปด้วย จนเกิดการสร้างไข่ระยะพัก (ephippium) ในที่สุด ซึ่งไข่ระยะนี้สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี และเมื่อสภาวะแวดล้อมกลับคืนสู่สภาพปกติไข่จะฟักเป็นตัวอ่อน และเจริญเติบโตต่อไป (Wongrat, 2000; Choedchim et al., 2017; Choedchim & Maiphae, 2012) ดังนั้นจึงอาจทำให้งานวิจัยนี้พบความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนน้อยกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้

นอกจากนี้พบว่าองค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนในงานวิจัยนี้และ Maiphae (2005) มีความคล้ายคลึงกันเกือบปานกลาง (0.49) อาจเนื่องจากความแตกต่างทั้งเชิงสถานที่และเวลา โดยแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นแหล่งน้ำคนละแหล่ง และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยแตกต่างกันมากเกือบสองทศวรรษ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมต่างๆ ของแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และปัจจัยทางชีวภาพมีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าคลาโดเซอแรนจำนวน 18 ชนิด จากทั้งหมด 24 ชนิดที่พบในการศึกษาค้นครั้งนี้ เคยมีรายงานการพบในจังหวัดนราธิวาส (Maiphae, 2005) มาก่อน ซึ่งคลาโดเซอแรนที่พบส่วนใหญ่ เป็นชนิดที่มีรายงานพบแพร่กระจายทั่วโลก (Cosmopolitan) และแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน (Circumtropical) รวมถึงเขตโอเรียนตอล (Oriental region) (Choedchim & Maiphae, 2023) ซึ่งแม้ว่าจะสามารถพบคลาโดเซอแรนในแหล่งที่อยู่อาศัยได้หลายแบบ แต่การกระจายตัวของคลาโดเซอแรนในแต่ละชนิด จะมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไปตามความต้องการทรัพยากรของแต่ละชนิด (Kotchasanee, 1994)

ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนมากที่สุด ใน แหล่งน้ำที่ 2 และ 1 ตามลำดับ อาจเนื่องจากแหล่งน้ำทั้ง 2 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงกว่าแหล่งน้ำอื่น (4.1-6.18 และ 4.1-4.61 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในขณะที่พบความหลากหลายชนิดน้อยที่สุดในแหล่งน้ำที่ 6 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยที่สุด (0.59-3.51 มิลลิกรัมต่อลิตร) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่าง แหล่งน้ำที่ 1 กับ แหล่งน้ำที่ 6 และ แหล่งน้ำที่ 2 กับแหล่งน้ำที่ 6 แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งน้ำที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับ Jantawong and

Maiphae (2020) ซึ่งศึกษาความหลากหลายชนิดและการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม รายงานว่าปริมาณในตรกและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการกระจายของสังคมโรติเฟอร์และคลาโดเซอแรน โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีบทบาทในการควบคุมกระบวนการเมตาโมลิซึมของสิ่งมีชีวิตหรือการย่อยสลายอาหารให้เป็นพลังงานโดยผ่านการหายใจระดับเซลล์ จึงนับว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอย่างมาก (Duangsawat & Somsiri, 1984)

องค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดระหว่างแหล่งน้ำที่ 1 กับ 2 และคล้ายคลึงกันน้อยที่สุดระหว่างแหล่งน้ำที่ 1 กับ 8 อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำที่ 1 และ 2 มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ไม่ต่างกัน โดยมีความเค็ม ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และการนำไฟฟ้าเท่ากันที่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ แหล่งน้ำที่ 1 กับ 8 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ ได้แก่ ความเค็ม การนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และความขุ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดระหว่างประเภทของแหล่งน้ำมีความคล้ายคลึงกันปานกลางถึงค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากชนิดของคลาโดเซอแรนที่พบในแต่ละแหล่งน้ำส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางและพบได้ทั่วไป ประกอบกับแม้เป็นแหล่งน้ำแต่ละประเภทแต่ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลเดียวกันซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่คล้ายกัน จึงอาจส่งผลให้พบองค์ประกอบชนิดในแหล่งน้ำแต่ละประเภทค่อนข้างคล้ายคลึงกัน และความหลากหลายชนิดและองค์ประกอบชนิดระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง มีความคล้ายคลึงกันมาก เนื่องจากการเก็บตัวอย่างในเดือนที่ต่อเนื่องกันและเป็นฤดูเดียวกัน ส่งผลให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่แตกต่างกันโดย ในเดือนมีนาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากเป็นกลางฤดูร้อนแหล่งน้ำเหือดแห้งค่อนข้างมาก จนไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ในบางแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการปรากฏของคลาโดเซอแรนไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ทำการตรวจวัด แต่เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้อย ไม่ครอบคลุมฤดูกาล ประกอบกับการขาดข้อมูลคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบางแห่ง อาจทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ข้อมูลและเห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจน หรือคลาโดเซอแรนอาจมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นที่ไม่ได้ทำการตรวจวัด เช่นความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช เป็นต้น

สรุปผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าคลาโดเซอแรนที่พบกระจายในแหล่งน้ำจืดตำบลโคกเคียน ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปในเขตร้อน วงศ์ Chydoridae เป็นวงศ์ที่มีความหลากหลายมากที่สุด และชนิดที่มีการแพร่กระจายกว้างขวางในหลายแหล่งน้ำ และพบกระจายทุกเดือนได้แก่ *Ilyocryptus thailandensis*, *Macrothrix spinosa*, *Macrothrix triserialis*, *Ephemeroporus barroisi* และ *Diaphanosoma excisum* แม้ว่าการปรากฏของคลาโดเซอแรนไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ทำการตรวจวัด แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีแนวโน้มส่งผลต่อความหลากหลายชนิด โดยพบความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอแรนมาก

ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง และองค์ประกอบชนิดของคลาโดเซอแรนมีความคล้ายคลึงกันน้อยเมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ แต่มีความคล้ายคลึงกันค่อนข้างมากระหว่างแหล่งน้ำที่ 1 และ 2 และระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม ซึ่งมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถสรุปได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

คลาโดเซอแรนมีวงจรชีวิตสั้นและมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการศึกษาวิจัยควรเพิ่มความถี่ในการเก็บตัวอย่างให้มากขึ้น โดยเก็บตัวอย่างในรอบปีให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล พร้อมทั้งทำการศึกษาเชิงปริมาณควบคู่กับการศึกษาเชิงคุณภาพ และการตรวจวัดปัจจัยที่สำคัญ เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในแหล่งน้ำเพิ่มเติม ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์เอ จะสามารถบ่งบอกถึงปริมาณของแพลงก์ตอนพืชได้ ทำให้สามารถอธิบายถึงความหลากหลายชนิด องค์ประกอบชนิด การกระจาย ความชุกชุม และความสัมพันธ์ของคลาโดเซอแรนกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงในธรรมชาติมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัย

อ้างอิง

- Arunpandi, N., Jyothibabu, R., Jagadeesan, L., Albin, K. J., Savitha, K. M. M., & Parthasarathi, S. (2020). Impact of salinity on the grazing rate of a cladocera (*Latonopsis australis*) in a large tropical estuarine system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 1-13.
- Choedchim, W. (2016). *Cladoceran Community in Different Habitats in Thale-Noi, Phatthalung Province*. Master's thesis. Prince of Songkla University.
- Choedchim, W. & Maiphae, S. (2012). *Species diversity of Cladocera in Mai-Khao, Jik and Jae- son peat swamp, Phuket Province*. Bachelor's thesis. Prince of Songkla University. (in Thai)
- Choedchim, W. & Maiphae, S. (2023). Diversity and distribution of the cladocerans (Crustacea, Branchiopoda) in Thailand. *Biodiversity Data Journal* 11, e103553.

- Choedchim, W., Van Damme, K. & Maiphae, S. (2017). Spatial and temporal variation of Cladocera in a tropical shallow lake. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 53, 233-252.
- Duangawatt, M. & Somsiri, J. (1984). *Water properties and analytical methods for fisheries research*. National Inland Fisheries Institute, Bangkok.
- Geraldes, A.M., & Boavida, M.J. (2004). Do littoral macrophytes influence crustacean zooplankton distribution? *Limnetica* 23, 57–64.
- Jantawong, N. & Maiphae, S. (2020). Species diversity and distribution of rotifers and cladocerans in freshwater habitats in Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province. *Wichcha Journal* 39(2), 45-59. (in Thai)
- Kotchasanee, J. (1994). *Principle of Ecology*. Chulalongkorn University, Bangkok.
- Korovchinsky, N. & Smirnov, N. 1996. *International Training Cours 1995-1996: Introduction to the “Cladocera”* (Daphniiformes, Polyphemiformes and Leptodoriformes) , University Gent, 157 pp.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. UK: Blackwell Science Ltd.
- Maiphae, S. (2005). *Taxonomy and Biogeography of the Cladocera from Southern Thailand, with Specific Reference to Alona Baird, 1843 and Macrothrix Baird, 1843*. PhD Thesis. Prince of Songkla University.
- Maiphae, S., Pholpunthin, P., Dumont, H.J. (2008). Taxon richness and biogeography of the Cladocera (Crustacea: Ctenopoda, Anomopoda) of Thailand. *Annales de Limnologie International Journal of Limnology* 44 (1), 33-43.
- Maiphae, S., Limbut, W., Choikaew, P. & Pechrat, P. (2010) The Cladocera (Ctenopoda and Anomopoda) in rice fields during a crop cycle at Nakhon Si Thammarat province, southern Thailand. *Crustaceana* 83 (12), 1469-1482.
- Michael, R.G. & Sharma, B.K. (1988). *Indian Cladocera* (Crustacea: Branchiopoda: Cladocera), Fauna of India and Adjacent Countries, Zoological Survey of India, Kolkata, 26 pp.
- Rizo, E.Z.C., Gu, Y., Papa, R.D.S., Dumont, H.J. & Han, B.P. (2017). Identifying functional groups and ecological roles of tropical and subtropical freshwater Cladocera in Asia. *Hydrobiologia* 799, 83-99.
- Sa-ardrit, P. (2002). Diversity and distribution of freshwater cladocera from Trang Province. Prince of Songkhla University. (in Thai)
- Smirnov, N.N. (1974). Chydoridae of the world fauna. Fauna SSSR. *Rakoobraznye* 1, 1–531.

- Thai Meteorological Department. (2023). *Climate of Narathiwat province* [Online]. Retrieved January 6, 2024, from: <http://climate.tmd.go.th/data/province>. (in Thai)
- Tiang-nga, S., Sinev, A.Y., Sanoamuang, L. (2020). High diversity of Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) in a Ramsar site Lake Kud-Thing, Northeast Thailand. *Zootaxa* 4780 (2), 275-29.
- Urbano, V.D.A., Delanira-Santos, D. & Benedito, E. (2022): The role of cladocerans in green and brown food web coupling. *Iheringia Série Zoologia* 112, e2022022
- Wongrat, L. (2000). *Zooplankton*. Bangkok: Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (in Thai)

การทดสอบพฤษเคมีเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ของผลหลุมพี

Phytochemical Screening and Total Phenolic Compounds of *Eleiodoxa conferta* (Griff.) Burr.

อุมิยะห์ สะอี¹, อรพรรณ ใจสมุทร² และ จารุวรรณ แดงโรจน์^{1*}
Aumiyah Sa-e¹, Orapun Jaisamut² and Charuwan Daengrot^{1*}

(Received: 20 December 2024; Revised: 5 April 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาพฤษเคมีเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของผลหลุมพี (*Eleiodoxa conferta* (Griff.) Burr) โดยทำการสกัด 2 วิธีคือ การสกัดแบบเย็นแบบแช่ (maceration method) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์คือไดคลอโรมีเทนและเมทานอล และ การสกัดแบบร้อนแบบไหลย้อนกลับ (reflux extraction) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ผลการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบจากเมทานอลมีปริมาณผลผลิตสูงสุด (% Yield) และสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน นอกจากนี้ การวิเคราะห์พฤษเคมีเบื้องต้นยังพบสารในกลุ่มเทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน คูมาริน และแอนทราควิโนน โดยเฉพาะในสารสกัดหยาบแบบไหลย้อนกลับ (reflux extraction) ด้วยน้ำ พบสารกลุ่มแทนนินและคาร์ดิแอกไกลโคไซด์เพิ่มเติม การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าสารสกัดหยาบแบบไหลย้อนกลับ (reflux extraction) ด้วยน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด (12.34 ± 0.18 มิลลิกรัม GAE/กรัม) รองลงมาคือสารสกัดหยาบชั้นเมทานอล (11.99 ± 0.02 มิลลิกรัม GAE/กรัม) สรุปได้ว่าสารประกอบในผลหลุมพีส่วนใหญ่มีความเป็นขี้สูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการศึกษาต่อในด้านคุณสมบัติทางชีวภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร

คำสำคัญ: หลุมพี พฤษเคมี สารประกอบฟีนอลิกรวม

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

¹Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

²Faculty of Sciences and Technology, Rajamangala University of Technology

Tawan-ok, Sriracha Chonburi 20110, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: charuwan.d@pnu.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the preliminary phytochemicals and total phenolic content from the fruits of *Eleiodoxa conferta* (Griff.) Burr. The extraction was performed using two methods: (1) cold maceration with organic solvents, dichloromethane and methanol, and (2) hot reflux extraction using water as a solvent. Results showed that methanol extracts yielded the highest percentage (% Yield) and exhibited good solubility in methanol. Preliminary phytochemical screening revealed the presence of terpenoids, saponins, coumarins, and anthraquinones. Additionally, tannins and cardiac glycosides were detected in the aqueous extract. Using the Folin-Ciocalteu method, the aqueous extract exhibited the highest total phenolic content (12.34 ± 0.18 mg GAE/g), followed by the methanol extract (11.99 ± 0.02 mg GAE/g). These findings suggest that *Eleiodoxa conferta* fruits contain predominantly polar compounds, providing a basis for further research into their bioactive properties and potential applications in herbal product development.

Keywords: *Eleiodoxa conferta* (Griff.) Burr, Phytochemicals, Total phenolic compounds

บทนำ

ไฟโตเคมีคอล (Phytochemicals) เป็นกลุ่มสารธรรมชาติที่พืชผลิตขึ้นเพื่อใช้ป้องกันตัวเองจากศัตรูพืชและปัจจัยแวดล้อม สารเหล่านี้ไม่เพียงแต่เป็นองค์ประกอบสำคัญของพืช แต่ยังมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ เช่นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การป้องกันโรคมะเร็ง และการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งพบมากในพืชและผลไม้หลากหลายชนิด ได้รับความสนใจจากนักวิจัยทั่วโลก เนื่องจากศักยภาพในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพและยา (วรวรรณ และคณะ, 2554) สารประกอบฟีนอลิก เป็นไฟโตเคมีคอล กลุ่มสารทุติยภูมิที่พบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ ไวน์ ชา น้ำมันมะกอก และช็อคโกแลต เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่จะพบในรูปอนุพันธ์หรือไอโซเมอร์ของฟลาโวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์ คาร์ทีชิน และกรดฟีนอลิก สารเหล่านี้มีฤทธิ์หลายอย่างเช่น ด้านการเกิดสภาวะออกซิเดชัน ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งหลอดอาหาร มะเร็งผิวหนัง มะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งตับ เป็นต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางยา โดยเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ด้านภาวะการอักเสบต่างๆ และช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ (ลือชัย, 2555)

หลุมพี ทางมาเลเซียเรียกว่าเกอลูบี (kelubi) หรือ อาซัมเกอรูบี (asam kelubi) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Eleiodoxa conferta* (Griff.) Burret เป็นปาล์มพื้นเมืองที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศเป็นอย่างมาก โดยในสภาพทางธรรมชาติหลุมพีเป็นไม้ชั้นล่างเจริญเติบโตได้ดี

ในที่ที่มีร่มเงา และมีน้ำขังตลอดปี ลักษณะของต้นหลุมพีออกเป็นกอใหญ่ขึ้นเป็นกอในป่าพรุและที่ชื้นแฉะในภาคใต้ ผลมีลักษณะเป็นรูปไข่กลับ ออกมาเป็นทะลาย ประกอบไปด้วยผลประมาณ 200 - 300 ผล เปลือกบางมีเกล็ดเล็กๆ เรียงซ้อนกันอยู่ทั่ว เมื่อสุกผลจะมีสีเหลืองหรือสีแสดอมน้ำตาลคล้ายผลระกำ เนื้อภายในมีสีชมพูอมเหลือง รสเปรี้ยว มีการกระจายพันธุ์ในภาคใต้ของประเทศไทย ประเทศมาเลเซีย และประเทศอินโดนีเซีย นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ปริมาณน้ำ โยอาหาร 66% น้ำตาลและวิตามิน และยังมีสรรพคุณทางยา ช่วยขับเสมหะ แก้ไอ (ธวัช, 2556) แม้ว่าหลุมพีจะมีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางยา เช่น การขับเสมหะและบรรเทาอาการไอ แต่การวิจัยเกี่ยวกับพิษภัยและคุณสมบัติทางชีวภาพของหลุมพีมีอยู่จำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อสำรวจสารพิษภัยเบื้องต้นและวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวมจากสารสกัดผลหลุมพี เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาในเชิงผลิตภัณฑ์และการใช้ประโยชน์ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากผลหลุมพี
2. เพื่อศึกษาพิษภัยเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของผลหลุมพี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างผลหลุมพี

พืชที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้คือ ผลหลุมพีสกุล *E. conferta* (Griff.) Burret จากตำบลกาลิสา อำเภอร่องแงะ จังหวัดนราธิวาส ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ปอกเปลือกและนำเมล็ดออก นำส่วนเนื้อของผลหลุมพีไปหั่นเป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปอบด้วยเครื่องตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนแห้ง เก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อทำการสกัดและวิเคราะห์ต่อไป

2. การสกัดสารจากผลหลุมพี

2.1 การสกัดแบบเย็นแบบแช่ (Maceration method) โดยใช้ไดคลอโรมีเทนและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย นำผลหลุมพีแห้งประมาณ 90 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ ไดคลอโรมีเทนและเมทานอลด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน นำสารละลายของส่วนสกัดจากผลหลุมพีไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไประเหยแยกตัวทำละลายด้วยเครื่องสูญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) จนแห้งเก็บไว้ในขวดสีชา ได้สารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนและเมทานอล

2.2 การสกัดแบบร้อนแบบไหลย้อนกลับ (Reflux extraction) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย นำผลหลุมพีแห้ง 90.2 กรัม บรรจุในขวดก้นกลมเติมน้ำกลั่น อัตราส่วนตัวอย่างแห้ง : น้ำ คือ 1:2 สกัดด้วยชุดสกัดแบบไหลย้อนกลับ (Reflux extraction) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้จากการสกัดมากรองด้วย

กระดาศกรองเบอร์ 1 ทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดหยาบน้ำ

3. การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากผลหลุมพี (Ayoola *et al.*, 2008)

3.1 การตรวจสอบเทอร์ปีนอยด์ (Terpenoids) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า และกรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริก แสดงว่าพบเทอร์ปีนอยด์

3.2 การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins) ใช้การทดสอบแบบการเกิดฟอง โดยซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาทีเขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

3.3 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม ละลายด้วยเมทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่ากรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ใส่หลอดแมกนีเซียมชิ้นเล็กๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 5 หยด เขย่าแล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

3.4 การตรวจสอบแทนนิน (Tannins) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) 1% จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำ หรือน้ำเงินดำ แสดงว่าพบแทนนิน

3.5 การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) 1% จำนวน 5 หยดเขย่าเติมกรดแกลเซียลแอซิดิก (Glacial acetic acid) จำนวน 5 หยด เขย่า และค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์

3.6 การตรวจสอบคูมาริน (Coumarin) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม ละลายด้วยเมทานอล 50% ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH 6M) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบคูมาริน

3.7 การตรวจสอบแอนทราควิโนน (Anthraquinones) ซึ่งสารสกัดทั้งสาม 20 มิลลิกรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาทีกรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ไปเติมสารละลายแอมโมเนีย (NH_3) 10% ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

4 การทดสอบหาปริมาณสารฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากผลหลุมพีด้วยวิธี Folin - Ciocalteu Colorimetry (ดัดแปลงจากวิธีของ Chidambara et al., 2002)

4.1 เตรียมสารละลายกรดแกลลิกเข้มข้น 30 40 50 60 และ 70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับเพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน

4.2 เตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบผลหลุมพีทั้งสามชนิดเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

4.3 ปิเปตสารละลายกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 0.4 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติม Folin - Ciocalteu reagent 10 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน พักไว้ 5 นาที เติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3 7.5%) ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน พักไว้ 30 นาที

4.4 นำสารที่ได้มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย กรดแกลลิก

4.5 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดหยาบจากผลหลุมพี โดยปิเปตสารละลายของผลหลุมพีที่เตรียมไว้ในข้อที่ 2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ สารละลายกรดแกลลิกในข้อที่ 3

4.6 หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลหลุมพี เทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกรายงานผลเป็น gallic acid equivalents (GAE)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพและความสามารถในการละลายของสารสกัดหยาบ

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากผลหลุมพีที่สกัดด้วยเมทานอลมีร้อยละผลผลิต (% Yield) สูงที่สุด คือร้อยละ 30.33 โดยมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม รองลงมาคือสารสกัดด้วยน้ำ ซึ่งมีร้อยละผลผลิต 16.83 และลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม ส่วนสารสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนให้ร้อยละผลผลิตต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 0.23 และมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิต (% Yield) และลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากผลหลุมพี

วิธีการสกัด	สารสกัดหยาบ	ร้อยละผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ
การสกัดแบบเย็น แบบแช่หมัก	ไดคลอโรมีเทน	0.23	 ผงสีน้ำตาล
	เมทานอล	30.33	 ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
การสกัดแบบร้อน แบบไหลย้อนกลับ	น้ำ	16.83	 ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม

ความสามารถในการละลายของสารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ตัวทำละลายในการทดสอบ คือ ไดคลอโรมีเทน อะซิโตน เมทานอลและน้ำผลการทดสอบพบว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนละลายได้ดีในตัวทำละลายชนิดเดียวกันและละลายได้บางส่วนในอะซิโตนและเมทานอลแต่ไม่ละลายในน้ำ สำหรับสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเมทานอล มีความสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายเมทานอล และละลายได้บางส่วนในไดคลอโรมีเทนและอะซิโตน ส่วนสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำมีความสามารถละลายได้ดีในน้ำ และละลายได้บางส่วนในอะซิโตนและเมทานอล แต่ไม่ละลายในไดคลอโรมีเทน ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถในการละลายของสารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิดด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ

ตัวทำละลาย สารสกัดหยาบ	ไดคลอโรมีเทน	อะซิโตน	เมทานอล	น้ำ
ไดคลอโรมีเทน	++	+	+	-
เมทานอล	+	+	++	+
น้ำ	-	+	+	++

หมายเหตุ ++ คือ ละลายได้ดี + คือ ละลายได้บางส่วน - คือ ไม่ละลาย

2. การทดสอบทางพิษเคมีเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์พิษเคมีแสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากเมทานอลตรวจสอบสาร 3 กลุ่ม ได้แก่ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน และคูมาริน แต่ไม่พบสารฟลาโวนอยด์ แทนนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และแอนทราควิโนน สำหรับสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำ ตรวจสอบสาร 5 กลุ่ม ได้แก่ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และแอนทราควิโนน แต่ไม่พบสารฟลาโวนอยด์และคูมารินดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3

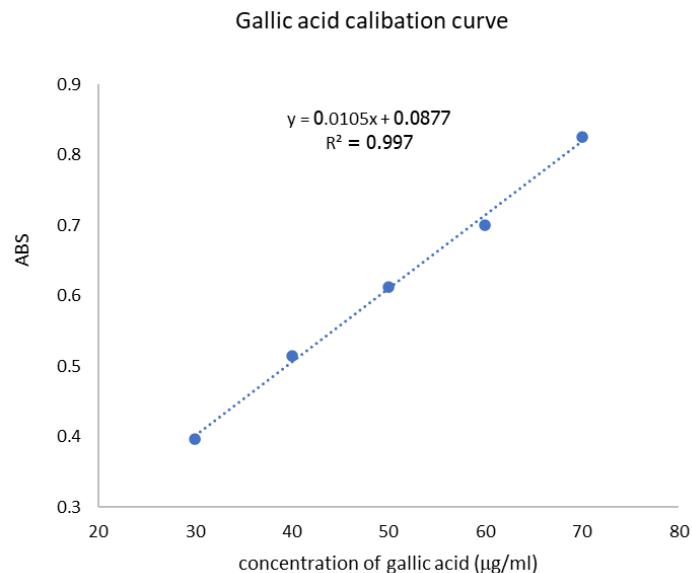
ตารางที่ 3 การทดสอบทางพิษเคมีเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบผลหลุมพี

สารสกัดหยาบ	พิษเคมี	เทอร์ปีนอยด์	ซาโปนิน	ฟลาโวนอยด์	แทนนิน	คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	คูมาริน	แอนทราควิโนน	ฟีนอลิกรวม (Mg GAE/g)
เมทานอล	+	+	-	-	-	-	+	-	11.99±0.02
น้ำ	+	+	-	+	+	+	-	+	12.34±0.18

หมายเหตุ (-) คือ Negative test (+) คือ Positive test

สารสกัดหยาบที่สกัดจากไคคโลโรมีเทนมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการทดสอบ

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric ซึ่งใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน พบว่าได้กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($y = 0.0105x + 0.0877$, $R^2 = 0.997$) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร กับความเข้มข้นต่างๆ ของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบด้วยน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด คือ 12.34 ± 0.18 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมของสารสกัด รองลงมาคือสารสกัดหยาบด้วยเมทานอล ซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกรวม 11.99 ± 0.02 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมของสารสกัด

อภิปรายผล

1. ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบและความสามารถในการละลายของสารสกัดหยาบ

จากการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบเมทานอลมีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด คือร้อยละ 30.33 ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเมทานอลที่เป็นตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว ทำให้สามารถสกัดสารประกอบทั้งกลุ่มขั้วและกึ่งขั้วได้ดี ในขณะที่สารสกัดด้วยน้ำซึ่งมีขั้วสูงก็ให้ผลผลิตสูงเป็นลำดับที่สอง ร้อยละ 16.83 สะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์

ของสารประกอบข้าวสูงในผลหลุมพี อย่างไรก็ตาม สารสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนซึ่งเป็นตัวทำละลายไม่มีขั้วให้ผลผลิตต่ำที่สุด ร้อยละ 0.23 แสดงให้เห็นว่าสารประกอบไม่มีขั้วในผลหลุมพีมีปริมาณน้อย

สารสกัดมีแนวโน้มละลายในตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่น สารสกัดด้วยเมทานอลละลายได้ดีในเมทานอล และสารสกัดด้วยน้ำละลายได้ดีในน้ำ เป็นไปตามกฎ like dissolves like กล่าวคือ ตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว เพราะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพล-ไดโพล (dipole – dipole) ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงธรรมชาติทางเคมีของสารประกอบในสารสกัด อย่างไรก็ตาม การไม่ละลายของสารสกัดบางชนิดในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากความไม่เข้ากันทางขั้วของสารได้ (Pandey and Tripathi 2014, ฉบับที่ 2560)

2. การทดสอบทางพิษวิทยาเบื้องต้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การตรวจสอบสารพิษวิทยาเบื้องต้นพบว่าสารพิษวิทยาในสารสกัดหยาบแตกต่างกันตามชนิดของตัวทำละลาย ตัวอย่างเช่น สารสกัดด้วยเมทานอลพบกลุ่มสารเทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน และคูมาริน ในขณะที่สารสกัดด้วยน้ำพบสารพิษวิทยาที่หลากหลายมากขึ้น เช่น แทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ นอกจากนี้ การไม่พบสารบางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ในทั้งสองตัวทำละลาย อาจเป็นเพราะความไวในการตรวจสอบที่ไม่เพียงพอหรือปริมาณที่มีน้อยเกินกว่าจะตรวจพบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Benmehdi และคณะ (2012) ได้ตรวจสอบสารพิษวิทยาของใบและผลของปาล์มชาแมรอปส์ (*Chamaerops humilis* L.) ที่สกัดด้วยเมทานอลและน้ำ ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับหลุมพีพบสารแทนนิน สเตียรอยด์ เทอร์ปีนอยด์และซาโปนินแตกต่างจากงานวิจัย Afriani et al (2014) ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลหลุมพี (*E. conferta* Burret) ที่สกัดด้วยเมทานอล พบสารฟลาโวนอยด์และซาโปนิน ส่วนในงานวิจัยนี้สารสกัดหยาบเมทานอล และน้ำจากผลหลุมพี พบสารพิษวิทยา 6 ชนิด คือ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ คูมาริน และแอนทราควิโนน

ผลการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวมแสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุดคือ 12.34 ± 0.18 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมของสารสกัด อาจจะเป็นผลมาจากการมีสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ดี เช่น แทนนิน ในขณะที่สารสกัดหยาบเมทานอลซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกรวมรองลงมาคือ 11.99 ± 0.02 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมของสารสกัด ก็แสดงศักยภาพที่ดีเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Febrina et al. (2014) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหลุมพี (*E. conferta* (Griff.) Burret) ที่สกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอลโดยวิธี Folin - Ciocalteu Colorimetry พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหลุมพี *E. conferta* (Griff.) Burret ที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด $7,326 \pm 0.0989$ มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมของตัวอย่าง รวมถึง Go et al. (2021) ที่พบว่าผลของหลุมพีมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมเท่ากับ 373.24 ± 3.341 ไมโครกรัม GAE ต่อมิลลิกรัมของตัวอย่าง ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของสารพิษวิทยาในปริมาณที่สำคัญ รวมถึงสารสกัดด้วยน้ำที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุดที่ 232.60 ± 6.825 ไมโครกรัม QE ต่อมิลลิกรัมของตัวอย่าง

สรุปผล

จากการทดลองพบว่าสารสกัดหยาดเมทานอลมีร้อยละผลผลิตสูงสุด ในขณะที่สารสกัด หยาดน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด การตรวจสอบพิษเคมีพบว่าสารสกัดหยาดทั้งสองมีองค์ประกอบที่หลากหลายซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในด้านชีวภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยต่อไปควรศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ เพื่อเป็นข้อมูลที่น่าสนับสนุนการพัฒนาสมุนไพรมาใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับอุปกรณ์ สารเคมีและสถานที่ในการทำวิจัย รายวิชาโครงการทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการทำวิจัย ทั้งในด้านการวางแผนงาน และการนำความรู้ทางด้านทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ร่วมกับงานวิจัยที่ศึกษา ก่อให้เกิดทักษะในการปฏิบัติงาน ก่อให้เกิดแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัย ซึ่งจะมีประโยชน์ต่องาน หรือการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

อ้างอิง

- Afriani, S., Idiawati, N., Destiarti, L. and Arianie, L. (2014). Uji aktivitas antioksidan daging buah asam paya (*Eleiodoxa conferta* Burret) dengan methanol DPPH dan tiosianat. *Journal Kimia Khatulistiwa*, 3(1), 49–56.
- Ayoola, G. A., Coker, H. A. B., Adesegun, S. A., Adepoju-Bello, A. A., Obaweya, K., Ezennia, E. C. and Atangbayila, T. O. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1019–1024.
- Benmehdi, H., Hasnaoui, O., Benali, O. and Salhi, O. (2012). Phytochemical investigation of leaves and fruits extracts of *Chamaerops humilis* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 3(2), 320–327.

- Chidambara Murthy, K. N., Singh, R. P. and Jayaprakasha, G. K. (2002). Antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera*) pomace extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 5909–5914.
- Febrina, C., Sitorus, E., Wulansari, E. D. and Sulistyarini, I. (2014). Uji kandungan fenolik total dan aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah asam paya (*Eleiodoxa conferta* Burret) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Media Farmasi Indonesia*, 15(2), 1617–1624.
- Go, J. A. L., Khoo, K. S. and Sit, N. W. (2021). Nutritional composition, biological activities, and cytotoxicity of the underutilized fruit of *Eleiodoxa conferta*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 3962–3972.
- Pandey, A., and Tripathi, S. (2014). Concept of standardization, extraction, and pre-phytochemical screening strategies for herbal drug. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(5), 115–119.
- ณปภัช พิมพ์ดี. (2560). การละลาย (Solubility). คลังความรู้ SciMath ออนไลน์. เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2467, จาก <https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7178-solubility>
- ธวัช แสงสุวรรณ. (2556). ศึกษาคุณลักษณะของหลุมพีด้านพฤกษศาสตร์ ภูมินิเวศน์ เส้นทางจากป่าพรุถึงผู้บริโภคและมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลหลุมพี. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ลือชัย บุตรคุป. (2555). สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. *Journal of Science and Technology, Mahasarakham University*, 31(4), 443–455.
- วรวรรณ กิจผาติ, ณัฐินี อนันตโชค และสุจิตรา ทองประดิษฐ์โชติ. (2554). ไฟโตนิวเทรียน: คุณประโยชน์จากผักผลไม้. *จุลสารข้อมูลสมุนไพร*, 28(4), 1–8.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนท์ยางกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) และคอปเปอร์ซัลเฟตในการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกร (*Hylocereus polyrhizus*) บนผ้าคอตตอน

Comparison of the Dyeing Efficiency of Banana Sap (*Musa sapientum* L.) and Copper Sulfate Mordants in Dyeing Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) on Cotton Fabrics

อิรฟัน มะแซฮาอิ^{1*}, โสรยา สาริ¹, กรรณิการ์ อีระกิตติธนากุล¹ และ เดียว สายจันทร²
Irfun Masaesa-i^{1*}, Sorya Sara¹, Kannika Theerakitthanakul¹ and Diew Saijun²

(Received: 20 December 2024; Revised: 11 April 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาประสิทธิภาพในการย้อมสีของมอร์แดนท์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) ซึ่งเป็นมอร์แดนท์ธรรมชาติ และคอปเปอร์ซัลเฟต ซึ่งเป็นมอร์แดนท์สังเคราะห์ โดยนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง (*Hylocereus polyrhizus*) ในการย้อมผ้าคอตตอน โดยเปรียบเทียบกระบวนการย้อม 2 แบบ คือ การใช้มอร์แดนท์ก่อนการย้อม (Pre-mordanting) และหลังการย้อม (Post-mordanting) การสกัดสีจากเปลือกแก้วมังกรใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น กรดซิตริก 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% และเมทานอล 80% พบว่าตัวทำละลายประเภท polar protic เช่น เมทานอล มีประสิทธิภาพสูงในการละลายสารเบตาเลน ซึ่งเป็นสารสีหลัก จากการทดสอบวัดค่าความเข้มของสี (L^* , a^* , b^*) และความคงทนของสีต่อการซัก พบว่าเมทานอล 80% ให้ผลการสกัดสีที่ดีที่สุด และการใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในกระบวนการ Pre-mordanting ให้ค่าความเข้มของสีและความคงทนสูงสุด แม้ว่ายางกล้วยน้ำว้าจะให้ผลด้อยกว่าเล็กน้อย แต่ยังคงเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของมอร์แดนท์ทั้งสองชนิดในการย้อมผ้าอย่างยั่งยืน

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

¹Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

²Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

*Corresponding Author, E-mail: irfun.m@pnu.ac.th

คำสำคัญ: สารช่วยติดสีจากธรรมชาติ การย้อมสี เปลือกแก้วมังกร ฝ้ายคอตตอน

Abstract

This study investigates the dyeing efficiency of two mordants: *Musa sapientum* L. sap (a natural mordant) and copper sulfate (a synthetic mordant) using red-flesh dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) dye extract on cotton fabric. The study compares two dyeing approaches: mordanting before dyeing and mordanting after dyeing. Four solvents with different polarity-distilled water, 1% citric acid, 1% sodium hydroxide and 80% methanol were used for dye extraction. Polar protic solvents such as methanol showed higher efficiency in dissolving betalain pigments. The performance was evaluated based on color intensity (L^* , a^* , b^*) and washing fastness. Results revealed that 80% methanol was the most effective solvent, producing vibrant color. Pre-mordanting with copper sulfate yielded the highest color intensity and fastness. Although banana sap produced slightly lower durability, it remains an environmentally friendly alternative. This research highlights the potential of both mordant types in sustainable dyeing applications.

Keywords: Natural mordant, Dyeing, Dragon fruit peel, Cotton fabric

บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมสิ่งทอมีการใช้สีย้อมสังเคราะห์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสีย้อมเหล่านี้มีคุณสมบัติด้านความคงทนสูงและสามารถยึดติดกับเส้นใยผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม สีย้อมสังเคราะห์จำนวนมากประกอบด้วยสารเคมีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ เช่น การระคายเคืองผิวหนังหรืออาการแพ้ และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว เช่น การปล่อยน้ำเสียที่มีโลหะหนักและสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก ทำให้เกิดการสะสมในระบบนิเวศ ด้วยเหตุนี้ จึงมีความสนใจการใช้สีย้อมจากธรรมชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งมีข้อดีในด้านความปลอดภัยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยแหล่งของสารสีธรรมชาติที่มีศักยภาพชนิดหนึ่ง คือเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง (*Hylocereus polyrhizus*) ซึ่งมีสารเบตาเลน (Betalain) ที่ให้เฉดสีชมพูแดงสด อย่างไรก็ตาม สีธรรมชาติมักมีข้อจำกัดด้านความคงทนต่อการซัก จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยติดสีหรือมอร์แดนท์ (mordant) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของสีบนเส้นใยผ้า

งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า เปลือกผลไม้สามารถใช้สกัดสีธรรมชาติได้ดี และการใช้มอร์แดนต์สามารถเพิ่มความสามารถในการติดสีในการย้อมผ้าได้ โดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้ร่วมกับมอร์แดนต์จากโลหะหรือพืช (Koushik et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงาน การใช้แทนนินจากพืชสามารถเพิ่มความคงทนของสีย้อมธรรมชาติในผ้า คอตตอนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Yadav et al., 2018)

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) เป็นมอร์แดนต์สังเคราะห์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากสามารถสร้างพันธะโลหะเชิงซ้อนกับหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลสีย้อม ทำให้สีติดทนและไม่หลุดง่าย ในทางตรงกันข้าม ยางกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) เป็นมอร์แดนต์ธรรมชาติที่อุดมด้วยแทนนินและโพลีฟีนอล ซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเซลล์ลูโลสของเส้นใยผ้า แม้ประสิทธิภาพจะต่ำกว่ามอร์แดนต์เคมี แต่มีความปลอดภัยและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนต์จากยางกล้วยน้ำว้ากับคอปเปอร์ซัลเฟตในการช่วยย้อมติดสีย้อมที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรบนผ้าคอตตอน โดยเปรียบเทียบทั้งในกระบวนการใช้มอร์แดนต์ก่อนและหลังการย้อม พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าความเข้มของสีและความคงทนต่อการซัก เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนากระบวนการย้อมสีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืนในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของมอร์แดนต์จากยางกล้วยน้ำว้าในการช่วยย้อมติดสีจากเปลือกแก้วมังกรบนผ้าคอตตอน
2. เพื่อเปรียบเทียบความคงทนของสีที่เกิดขึ้นเมื่อใช้มอร์แดนต์จากยางกล้วยน้ำว้าและคอปเปอร์ซัลเฟตทั้งในกระบวนการย้อมก่อนและหลัง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

- ผ้าคอตตอน 100% ขนาด 10×10 เซนติเมตร จากบริษัท ABC Textiles จำกัด (ประเทศไทย)
- เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง (*Hylocereus polyrhizus*)
- ยางกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4)
- ตัวทำละลาย: น้ำกลั่น กรดซิตริก 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% เมทานอล 80%

- เครื่องกวณแม่เหล็ก, เครื่องวัดสี Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japan)

2. การเตรียมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เปลือกแก้วมังกรล้างสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วตากแห้งในที่ร่ม จากนั้นนำมาบดละเอียดและชั่งน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ลงในตัวทำละลายแต่ละชนิดในอัตราส่วน 1:10 (มวล/ปริมาตร) กวนด้วยเครื่องกวณแม่เหล็กที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงในที่มืด จากนั้นทำการกรองและเก็บสารสกัดในขวดสีชาเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารสี

3. การเตรียมมอร์แดนต์

- ยางกล้วยน้ำว้า: สกัดจากก้านใบหรือลำต้นโดยการกรีดน้ำยางสด กรองด้วยผ้าขาวบาง และเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิท ใช้ทันทีเพื่อป้องกันการออกซิเดชัน

- คอปเปอร์ซัลเฟต: เตรียมสารละลาย 5% (มวล/ปริมาตร) โดยละลายในน้ำกลั่นและปรับค่า pH เป็นกลางก่อนใช้งาน

4. การเตรียมผ้า ผ้าคอตตอนถูกซักด้วยน้ำร้อนเพื่อละลายไขมันและสิ่งสกปรก แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดและตากแห้งในที่ร่ม

5. กระบวนการย้อมสี

- วิธี Pre-mordanting: แช่ผ้าในสารละลายมอร์แดนต์ในอัตราส่วน 1:20 (มวล/ปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างผ้าด้วยน้ำสะอาด แล้วย้อมผ้าในสารสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นทำการล้างและตากผ้าในที่ร่มจนแห้งสนิท

- วิธี Post-mordanting: ย้อมผ้าด้วยสารสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วแช่ในมอร์แดนต์ในเงื่อนไขเดียวกัน หลังจากนั้นทำการล้างและตากแห้งในที่ร่ม

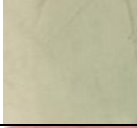
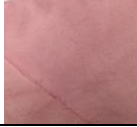
6. การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 105-C06 โดยซักในสารละลายซักที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 รอบ จากนั้นทำการล้างและตากผ้า วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสีด้วยเครื่องวัดสี Chroma Meter CR-400 ทั้งก่อนและหลังการซัก โดยบันทึกค่าความสว่าง (L^*), สีแดง-เขียว (a^*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนต์แต่ละชนิดในแต่ละกระบวนการ

ผลการวิจัย

1. ผลของตัวทำละลายต่อการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกร

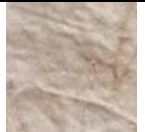
ตารางที่ 1 ผลของตัวทำละลายต่อการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกร

ตัวทำละลาย	ผลที่ได้	สี
น้ำกลั่น	สีชมพูอ่อน	
กรดซิตริก 1%	สีชมพูพีท	
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1%	สีเหลือง	
เมทานอล 80%	สีชมพูบานเย็น	

จากตารางที่ 1 พบว่า ตัวทำละลายมีบทบาทสำคัญในการสกัดสีจากเปลือกแก้วมังกร โดยเมทานอล 80% ให้ผลดีที่สุดในการสกัดสี ให้เฉดสีชมพูบานเย็นที่เข้มและสดใส เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการละลาย สารพฤษเคมี และฟีนอลิก ในขณะที่กรดซิตริก 1% ให้สีชมพูพีทที่สดใส แต่ความเข้มของสีต่ำกว่าเมทานอล 80% ส่วนการใช้น้ำกลั่นให้สีชมพูอ่อนที่มีความเข้มน้อยที่สุด ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% ทำให้สีเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเนื่องจากสภาพด่างทำลายโครงสร้างของเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร ทั้งนี้เมทานอล 80% จึงเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัดสีเพื่อให้ได้เฉดสีที่สดใสและคงทน

2. ผลของมอร์แดนท์ธรรมชาติต่อการย้อมติดสีก่อนและหลังย้อม

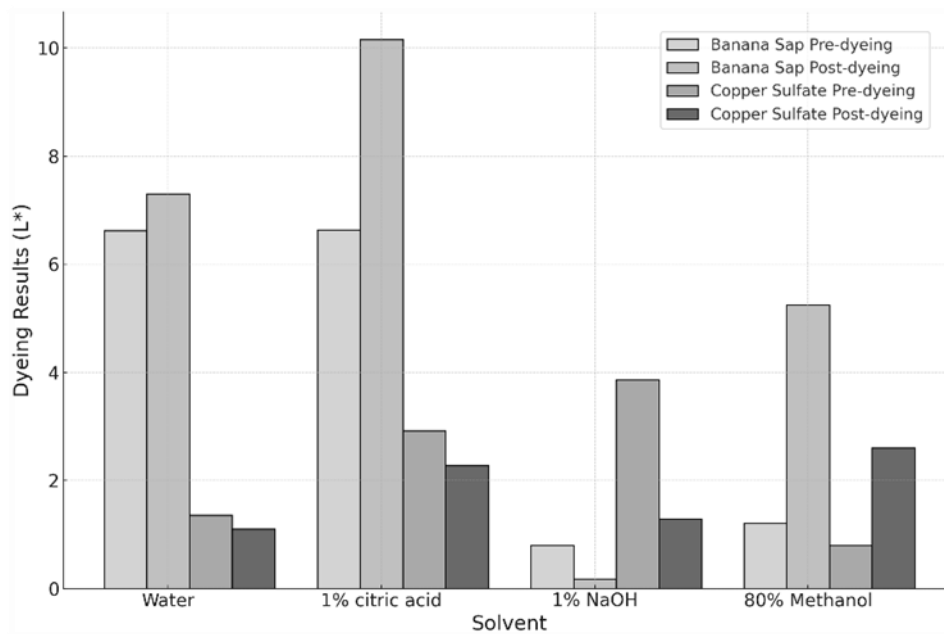
ตารางที่ 2 ผลของมอร์แดนท์ธรรมชาติต่อการย้อมติดสีก่อน (Pre-dyeing) และหลังย้อม (Post-dyeing)

ตัวทำละลาย	ย้อมมอร์แดนท์ก่อน (Pre-dyeing)	ย้อมมอร์แดนท์หลัง (Post-dyeing)
น้ำกลั่น		
กรดซิตริก 1%		
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1%		
เมทานอล 80%		

กระบวนการย้อมมีผลต่อการติดสีและความคงทนของสีบนเส้นใยผ้า โดยกระบวนการมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (Pre-dyeing) ให้สีที่สดใสกว่าย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (Post-dyeing) เนื่องจากมอร์แดนท์สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยผ้าได้เต็มที่ ส่วนกระบวนการย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (Post-dyeing) ซึ่งมอร์แดนท์ถูกเติมหลังการย้อมสี ส่งผลให้ความเข้มของสีลดลงและหลุดลอกง่าย ดังนั้นการเลือกตัวทำละลายและกระบวนการย้อมที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของการย้อมสีจากเปลือกแก้วมังกรบนเส้นใยผ้า

3. การทดสอบความทนของสีต่อการซักล้างโดยวิธีย้อมมอร์แดนท์ก่อนและหลังย้อมสี

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์แดนท์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางกล้วยน้ำว้าซึ่งเป็นมอร์แดนท์จากธรรมชาติ และคอปเปอร์ซัลเฟตซึ่งเป็นมอร์แดนท์สังเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบครอบคลุมกระบวนการย้อม 2 รูปแบบ คือ การย้อมมอร์แดนท์ก่อน (Pre-dyeing) และการย้อมมอร์แดนท์หลัง (Post-dyeing) ได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลการย้อมสีด้วยมอร์แดนท์ยางกล้วยน้ำว้าและคอปเปอร์ซัลเฟต

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ผ้าที่ย้อมด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตในกระบวนการ Pre-mordanting แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของ L^* , a^* , และ b^* น้อยที่สุดหลังการซัก 3 รอบ สะท้อนถึงความคงทนของสีที่ดีที่สุด รองลงมาคือยางกล้วยน้ำว้าแบบ Pre-mordanting ขณะที่ Post-mordanting ทั้งสองชนิดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า แสดงถึงการหลุดลอกของสีมากขึ้น

4. ลักษณะทางกายภาพของผ้าที่ย้อม

ลักษณะทางกายภาพของผ้าหลังการย้อม พบว่าเนื้อผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเมทานอล 80% มีพื้นผิวเรียบ สีสม่ำเสมอ และคงทนดีเมื่อใช้ร่วมกับคอปเปอร์ซัลเฟต ขณะที่การใช้ยางกล้วยน้ำว้าให้ผิวสัมผัสนุ่มแต่สีอ่อนลโดย Post-mordanting ทำให้ผิวผ้าบางส่วนดูดซับสีไม่สม่ำเสมอ

อภิปรายผล

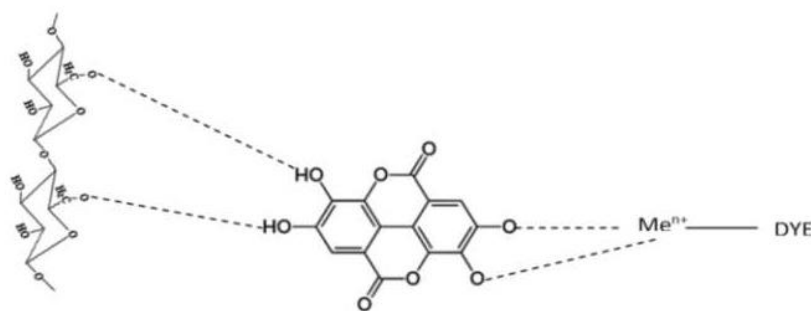
ผลการศึกษายืนยันว่า ประเภทของตัวทำละลายมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการสกัดสารสีจากเปลือกแก้วมังกร โดยเฉพาะเมทานอล 80% ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูงและสามารถละลายสารเบตาเลนได้ดี ส่งผลให้เกิดสีที่เข้มและสดชัด เนื่องจากสารเบตาเลนในพืชสามารถถูกสกัดได้ดีเมื่อใช้ตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารกลุ่มฟีนอลิกสูง (Lazăr et al., 2021)

การทดลองพบว่า การย้อมแบบ Pre-mordanting ให้ประสิทธิภาพในการย้อมสีบนเส้นใยผ้าสูงกว่าการย้อมแบบ Post-mordanting ทั้งในกรณีที่ใช้มอร์แดนท์ธรรมชาติและสังเคราะห์ โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ซึ่งสามารถสร้างพันธะโลหะเชิงซ้อนระหว่างไอออน Cu^{2+} กับหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) และ

หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บนโครงสร้างของโมเลกุลสี ส่งผลให้สีติดแน่นบนผ้าและความคงทนต่อการซักล้างได้ดี (Batool et al., 2024)

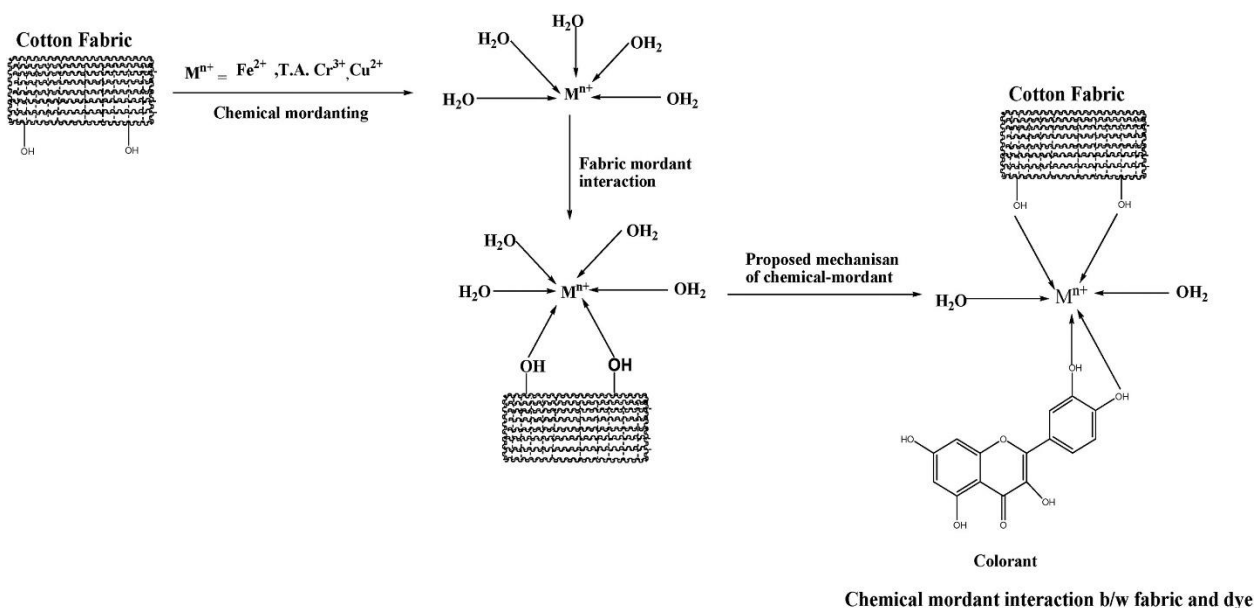
ในกรณีของมอร์แดนต์จากยางกล้วยน้ำว้า แทนนินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในยางกล้วยมีโครงสร้างฟีนอลิกที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสในเส้นใยผ้า ส่งผลให้สีสามารถยึดเกาะกับผ้าได้ดี แม้ว่าความคงทนของสีจะต่ำกว่าการใช้คอปเปอร์ซัลเฟต แต่ก็มีข้อดีในด้านความปลอดภัยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Prabhu & Teli, 2014; Yadav et al., 2018)

นอกจากนี้ ความแตกต่างระหว่างกระบวนการ Pre-mordanting และ Post-mordanting ยังสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของมอร์แดนต์ในการเตรียมเส้นใยให้พร้อมสำหรับการย้อม โดยการใช้มอร์แดนต์ก่อนย้อม (Pre-mordanting) ช่วยให้สารช่วยย้อมติดเกาะแทรกซึมเข้าสู่โครงสร้างของเส้นใยอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ส่งผลให้สามารถสร้างพันธะกับสีย้อมได้ดีกว่าการเติมมอร์แดนต์ภายหลังการย้อม (Post-mordanting) ซึ่งอาจทำให้เกิดการไล่สีหรือพันธะไม่เสถียร ดังภาพที่ 2 และ 3 ซึ่งอธิบายกลไกการย้อมติดของมอร์แดนต์ธรรมชาติและเคมีได้ถูกจัดทำขึ้นจากการดัดแปลงจากแนวคิดของงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อแสดงความแตกต่างของชนิดพันธะที่เกิดขึ้นและประสิทธิภาพในการย้อมติดของสีจากแต่ละกลไกอย่างชัดเจน (Batool et al., 2024; Prabhu & Teli, 2014)



ภาพที่ 2 กลไกการย้อมติดของมอร์แดนต์คอปเปอร์ซัลเฟตกับโมเลกุลของสารสีและเส้นใยผ้า
(ดัดแปลงจาก Batool et al., 2024)

คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดสีที่มีประสิทธิภาพสูงในการย้อมสีกับเส้นใยผ้าคอตตอน สีจากเปลือกแก้วมังกรที่ย้อมด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตจะติดทนนานกว่า โดยเฉพาะเมื่อใช้วิธีการย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่สีมีความเข้มและคงทนมากกว่าการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี นอกจากนี้สีที่ได้จากวิธีการย้อม มอร์แดนต์หลังการย้อมสีมีแนวโน้มที่จะหลุดลอกมากขึ้นเมื่อผ่านการซักล้าง เนื่องจากสารช่วยติดสีไม่ได้แทรกซึมเข้าสู่เส้นใยผ้าอย่างเต็มที่ การติดสีของสีย้อมจากเปลือกแก้วมังกรเมื่อใช้มอร์แดนต์เคมี (CuSO_4) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กลไกการย้อมติดของมอร์แดนต์ยางกล้วยน้ำว้าผ่านพันธะไฮโดรเจน
(ดัดแปลงจาก Prabhu & Teli, 2014)

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จึงเน้นย้ำถึงศักยภาพของมอร์แดนต์ทั้งสองชนิดในบริบทที่แตกต่างกัน และชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้มอร์แดนต์ควรพิจารณาทั้งประสิทธิภาพและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมร่วมกัน

สรุปผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า คอปเปอร์ซัลเฟตมีศักยภาพสูงในการเพิ่มความเข้มและความคงทนของสีบนผ้าคอตตอน โดยเฉพาะเมื่อใช้ในกระบวนการ Pre-mordanting ซึ่งเอื้อต่อการสร้างพันธะระหว่างสีย้อมกับเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ยางกล้วยน้ำว้า แม้มีประสิทธิภาพด้อยกว่าในด้านความคงทน แต่แสดงข้อดีด้านความปลอดภัยและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สำหรับตัวทำละลาย เมทานอล 80% แสดงประสิทธิภาพสูงที่สุดในการสกัดสารเบตาเลนจากเปลือกแก้วมังกร โดยให้เฉดสีที่เข้มและเสถียร การศึกษานี้จึงสะท้อนถึงศักยภาพของ

มอร์แดนท์ทั้งจากธรรมชาติและสังเคราะห์ในการประยุกต์ใช้ในกระบวนการย้อมสีที่ยั่งยืน และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมมอร์แดนท์ธรรมชาติและเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อม
2. ทดลองใช้มอร์แดนท์และสีย้อมนี้กับเส้นใยสิ่งทอชนิดอื่น เช่น ผ้าไหม ผ้าลินิน
3. วิเคราะห์วงจรชีวิตและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของมอร์แดนท์แต่ละชนิดอย่างครบวงจร
4. ขยายผลไปสู่ระดับชุมชนเพื่อสร้างรายได้จากวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สำหรับสถานที่และอุปกรณ์ในการทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Batool, R., Shahid, M., Khan, M. A., & Shahid-ul-Islam. (2024). Application of natural and metallic mordants on cotton dyed with plant-based dyes. *Journal of Natural Dyes*, 12(1), 45–53.
- Koushik, C. V., Ramesh, M., & Sinha, K. (2016). Natural dyeing of cotton fabric using fruit peels. *Textile Research Journal*, 86(9), 958–968. <https://doi.org/10.1177/0040517515594450>.
- Lazăr, A. L., Moldovan, Z., Tofana, M., & Bunea, C. I. (2021). Betalain extraction from red dragon fruit peel: Solvent effects and optimization. *Food Chemistry*, 337, 127776. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127776>.
- Prabhu, K. H., & Teli, M. D. (2014). Eco-dyeing using natural mordant and natural dye. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39(1), 114–121.
- Yadav, M., Patel, A., & Saxena, S. (2018). Sustainable dyeing of cotton using bio-mordants extracted from agro-waste. *Journal of Cleaner Production*, 187, 897–905. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.215>.

การศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ ที่สังเคราะห์ผ่านเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดใบฝรั่ง

Study on the Photocatalytic Activity of ZnO and Ag/ZnO Nanoparticles Synthesized via Green Chemistry using *Psidium guajava* L. Leaf Extract

ลดาวัลย์ คงศรีจันทร์¹, กนกวรรณ ภูมิวนิชกิจ^{2*}, สุพจน์ แสนสุข², คอติเยาะ เสมะ² และ มะห์ซีลาตี เจ๊ะลีมา²

Ladawan Khongsichan¹, Kanokwan Phumivanichakit^{2*}, Supojanee Sansook²,

Coleyoh Sema² and Maseelatee Jaeleema²

(Received: 20 January 2025; Revised: 9 April 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ตามหลักเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดใบฝรั่ง ศึกษาองค์ประกอบของสารสกัดใบฝรั่งโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) พบว่ามีองค์ประกอบของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่คาร์บอนิล (-C=O) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบฟีนอลิกที่ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีค่าช่องว่างพลังงานของซิงค์ออกไซด์ 3.30 อิเล็กตรอนโวลต์ และค่าช่องว่างพลังงานของอนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ 3.33 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเจืออนุภาคซิลเวอร์บนพื้นผิวซิงค์ออกไซด์ส่งผลให้ช่องว่างพลังงานสูงขึ้นและอนุภาคที่สังเคราะห์มีขนาดในระดับนาเมตรด้วย จากนั้นศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ผ่านการสลายสีย้อมโรดามีน บี ภายใต้แสงยูวี เป็นเวลา 150 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสีย้อมโรดามีน บี คือ 554 นาโนเมตร พบว่าซิงค์ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสลายสีย้อมต่ำสุดคือร้อยละ 24.36 และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาเป็น 900 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสลายสีย้อมสูงขึ้นเป็นร้อยละ 49.45 ซึ่งสอดคล้องกับผลสเปกตรัมที่แสดงแถบการสั่นของ Zn-O เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาความเป็นผลึกของซิงค์ออกไซด์สูงขึ้น เมื่อนำซิงค์ออกไซด์หลังเผามาเจือด้วยซิลเวอร์โดยวิธีโพโตรีดักชัน พบว่าส่งผลให้ ภาพในการสลายสีย้อมสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีการสลายสีย้อมร้อยละ 87.99 และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส มีการสลายสีย้อมสูงสุดคือร้อยละ

¹คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

¹Faculty of Public Health and Allied Health Sciences, Yala Rajabhat University

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

²Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author, E-mail: kanokwan.p@pnu.ac.th

97.90 ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลจากการเข้าร่วมกับการเจือซิลเวอร์บนพื้นผิวของซิงค์ออกไซด์ที่ทำให้ปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงมีประสิทธิภาพสูง

คำสำคัญ: สารสกัดใบฝรั่ง อนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ ปฏิกิริยาเร่งเชิงแสง

Abstract

This study aimed to investigate the photocatalytic activity of ZnO and Ag/ZnO nanoparticles synthesized via green chemistry using guava (*Psidium guajava* Linn.) leaf extract. The composition of the guava leaf extract was analyzed using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy, revealing the presence of hydroxyl (-OH) and carbonyl (-C=O) functional groups, indicative of phenolic compounds acting as reducing agents in the synthesis of ZnO nanoparticles. The photocatalytic activity of the synthesized ZnO and Ag/ZnO nanoparticles was evaluated through the degradation of Rhodamine B dye under UV light irradiation for 150 minutes, with absorbance measured at the dye's maximum wavelength of 554 nm. Results indicated that ZnO calcined at 400°C exhibited the lowest dye degradation efficiency at 24.36%, while increasing the calcination temperature to 900°C can be enhanced the degradation efficiency to 49.45%. This improvement correlates with FTIR spectra showing intensified Zn-O vibration bands, suggesting increased crystallinity of ZnO at higher calcination temperatures. Furthermore, Ag doping on the ZnO surface via photoreduction significantly enhanced photocatalytic performance; Ag/ZnO calcined at 400°C achieved 87.99% dye degradation, and at 900°C, the degradation efficiency reached 97.90%. These findings demonstrate the combined influence of calcination temperature and Ag doping on the surface of ZnO, leading to superior photocatalytic efficiency.

Keywords: *Psidium guajava* L. leaf extract, Ag/ZnO nanoparticles, Photocatalytic activity

บทนำ

อุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกและการบริโภคในประเทศ อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมนี้มีศักยภาพที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก โดยเฉพาะจากกระบวนการฟอกย้อมที่ใช้น้ำปริมาณมากและปล่อยน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารเคมีออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สีย้อมอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมเป็นหนึ่งใน

ปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำสาธารณะ ด้วยเหตุนี้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง (photocatalysis) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษที่ยากต่อการย่อยสลาย เช่น สีย้อมอินทรีย์ การใช้วัสดุที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยากระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่สามารถทำลายโครงสร้างของสารเหล่านี้ การใช้สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่แพร่หลายมี 2 ชนิด ได้แก่ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และ ซิงค์ออกไซด์เนื่องจากเตรียมได้ง่าย ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสีย้อม ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ โดยในหลายปีมานี้นิยมสังเคราะห์สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ที่มีการเจือธาตุอื่นเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงให้ดียิ่งขึ้น โดยธาตุที่เจือมักมีคุณสมบัติในการส่งผ่านอิเล็กตรอนให้ดียิ่งขึ้น เช่น การสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยฟลูออรีนและคลอรีน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมเพิ่มสูงขึ้น (Abu & Mohd, 2023) การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เจือด้วยซัลเฟอร์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในกระบวนการเร่งเชิงแสงสลายสีย้อมโรดามีน บี ซึ่งพบว่าส่งผลให้ประสิทธิภาพการสลายสีย้อมเพิ่มสูงขึ้น (Mirzaeifard et al., 2020)

ซิงค์ออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง (photocatalyst) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพดี มีเสถียรภาพทางเคมี หาซื้อได้ง่ายในเชิงพาณิชย์ มีราคาไม่แพง และมีกระบวนการสังเคราะห์หลากหลายวิธี (Raza et al., 2023) แต่ซิงค์ออกไซด์ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างพลังงาน (band gap) กว้าง (ประมาณ 3.37 eV) ส่งผลให้มีการรวมตัวกันอย่างรวดเร็วของอิเล็กตรอน/โฮล (electron/hole recombination) ทำให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงเกิดได้น้อยลง (Zhang et al., 2016) โลหะเงินเป็นโลหะที่นิยมเจือในซิงค์ออกไซด์ เนื่องจากทำหน้าที่เป็นอ่างอิเล็กตรอน (e-sink) ช่วยในการกักเก็บและถ่ายโอนอิเล็กตรอน ลดการรวมกันของอิเล็กตรอน และโฮล เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงให้นานขึ้นทำให้การสลายสีย้อมเกิดได้ดียิ่งขึ้น (Hussain et al., 2024)

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถทำได้หลายวิธี โดยเฉพาะการสังเคราะห์ตามหลักเคมีสีเขียว (Green synthesis) ที่ใช้สารสกัดจากพืช เช่น ใช้สารสกัดจากสาหร่ายพวงกะโหลก (*Ceratophyllum demersum* L.) ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนคอมโพสิต Ag-ZnO/rGO และประสิทธิภาพในการสลายสีย้อมโรดามีน บี (Kadhem & Alshamsi, 2023) การสังเคราะห์อนุภาคนาโนคอมโพสิต Ag/ZnO-MMT จากสารสกัดใบตำแย (*Urtica dioica* L.) โดยสามารถเกิดประสิทธิภาพในการสลายสีย้อมเมทิลีนบลูได้ดีภายใต้แสงวิสิเบิล การสังเคราะห์อนุภาคนาโนคอมโพสิต Ag-ZnO โดยสารสกัดจากใบชา (*Trigonella foenum-graecum* L.) มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ต้านอนุมูลอิสระ และเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาเชิงแสง (Noohpishah et al., 2020) โดยสารสกัดเหล่านี้มีหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญ ได้แก่ ไฮดรอกซิล (-OH) คาร์บอนิล (C=O) กรดคาร์บอกซิลิก (-COOH) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์และเป็นสารเพิ่มความเสถียรในกระบวนการสังเคราะห์ สารสกัดจากใบฝรั่งมีสารที่น่าสนใจหลายชนิด เช่น สารประกอบ Caryophyllene cineol Tannin Sesquiter penoids และ Triterpenoid ซึ่งสารกลุ่มนี้สามารถให้อิเล็กตรอน จึงมีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนได้ เช่น ใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นตัวรีดิวซ์ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิลเวอร์ (Sougandhi & Ramanaiah, 2020) การสังเคราะห์อนุภาคนาโนเหล็กวาเลนซ์ศูนย์ (Jeyasundari et al., 2017) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโน

ซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ผ่านเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดใบฝรั่ง โดยศึกษาอิทธิพลที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงผ่านการสลายสีย้อมโรดามีน บี

วัตถุประสงค์การทำวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ผ่านหลักเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่งและศึกษาคุณลักษณะเฉพาะ
2. ศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์จากการสลายสีย้อมโรดามีน บี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์

- การเตรียมสารสกัดใบฝรั่ง ล้างทำความสะอาดใบฝรั่ง หั่นให้มีขนาดเล็กเป็นฝอย ปริมาณ 50 กรัม เติมน้ำกลั่นลงไป 200 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรอง และบรรจุในขวดรูปชมพู่ปิดด้วยฟลอยด์เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- การเตรียมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ นำสารสกัดใบฝรั่งไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำกลั่นในเตาไฮดรอลิก 5.0 กรัม จากนั้นให้ความร้อนต่อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร หยดลงในของผสมระหว่างสารสกัดใบฝรั่งและซิงค์ไนเตรตไฮดรอกไซด์ นำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ตะกอน นำมากรองด้วยกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจำนวน 3 ครั้ง ล้างด้วยเอทานอลจำนวน 1 ครั้ง อบตะกอนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นบดตะกอนให้ละเอียดและไปเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- การสังเคราะห์ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ (Ag/ZnO) เตรียมซิงค์ออกไซด์จากสารสกัดใบฝรั่งและเผาที่ 400 หรือ 900 องศาเซลเซียส 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปวางในเครื่องโซนิกเซนเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นหยด 0.012 โมลต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตรเก็บในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปฉายแสง 1 ชั่วโมง เปิดหลอดไฟแบล็คไลท์ 3 หลอด (15 วัตต์ ยี่ห้อ Sylvania) ปฏิบัติทั้งหมดดำเนินการภายใต้สภาวะการคนสม่ำเสมอ นำตะกอนที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ตามด้วยเอทานอล 1 ครั้ง นำไปกรอง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำตะกอนที่ได้มาบดให้เป็นผงละเอียดบรรจุในซองซิปล็อคพลาสติกเก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและความชื้น

2. ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์

ศึกษาองค์ประกอบของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR) การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์โดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรสโกปี (UV – Vis Spectroscopy)

3. การศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสง

ซิงค์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นที่สภาวะต่าง ๆ ปริมาณ 0.1 กรัม เติมสีย้อมที่ความเข้มข้น 1.0×10^{-5} โมลต่อลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ศึกษาการดูดซับสีย้อมในที่มีด 30 นาที เก็บสารละลายสีย้อม 4 มิลลิลิตร จากนั้นฉายแสงเปิดหลอดไฟแบล็คไลท์ 3 หลอด (15 วัตต์ ยี่ห้อ Sylvania) เก็บสารละลายสีย้อมครั้งละ 4 มิลลิลิตร ทุกๆ 30 นาทีต่อเนื่องกัน 5 ครั้ง รวม 150 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมโรดามีน บี ที่ความยาวคลื่น 554 นาโนเมตร คำนวณหาร้อยละการสลายของสีย้อมจากสมการต่อไปนี้ (Zhang et al., 2020)

$$\text{Degradation (\%)} = [(C_0 - C_t)/C_0] \times 100 = [(A_0 - A_t)/A_0] \times 100$$

เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมก่อนฉายแสง

C_t คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมหลังฉายแสง

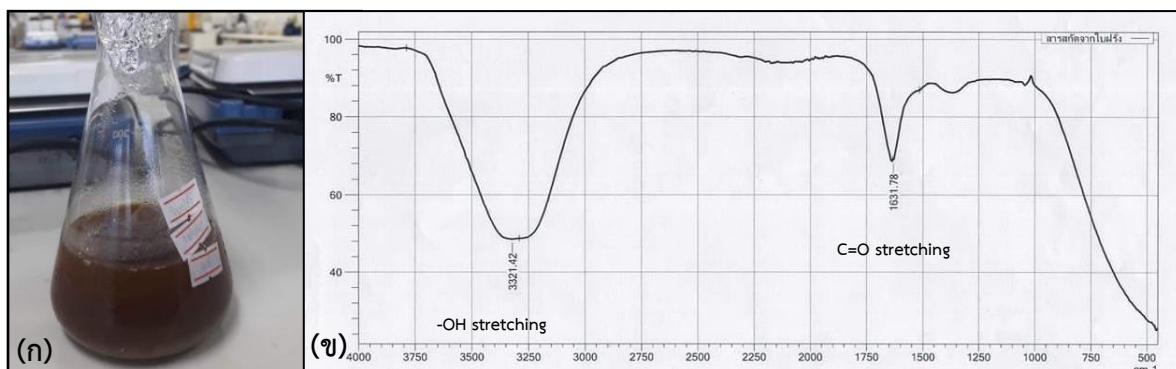
A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมก่อนฉายแสง

A_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมหลังฉายแสง

ผลการวิจัย

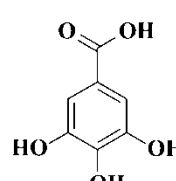
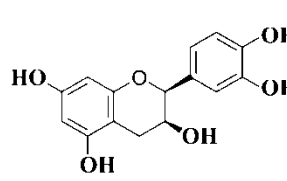
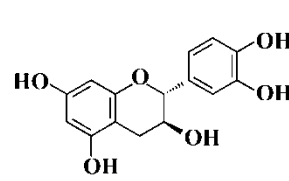
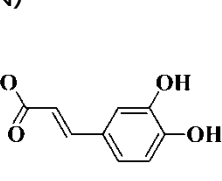
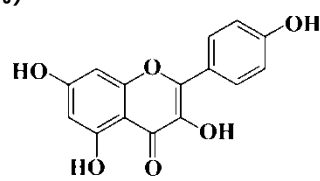
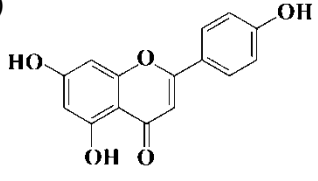
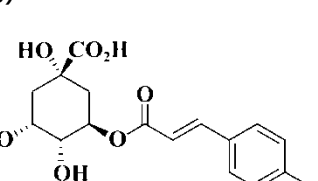
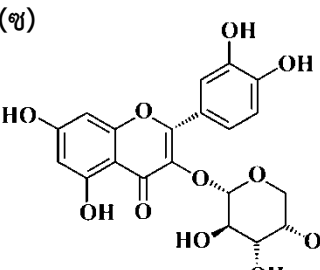
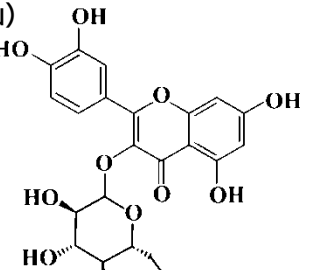
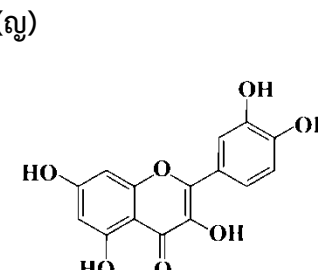
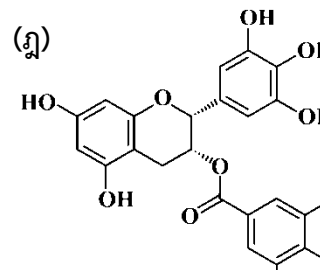
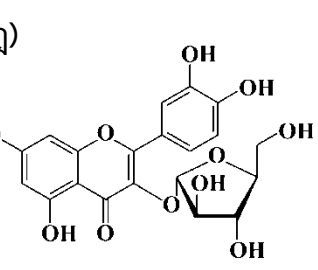
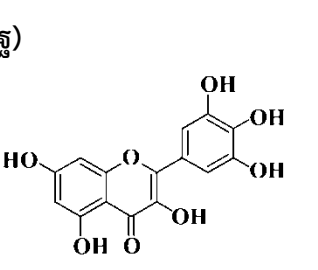
1. ผลการสกัดใบฝรั่งและคุณลักษณะเฉพาะของสารสกัด

สารสกัดจากใบฝรั่งที่ศึกษาสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากสารสำคัญที่ใช้เป็นตัวรีดิวซ์เป็นสารที่มีขั้ว เช่น สารโพลีฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์และแทนนินซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยในการรีดิวซ์ไอออนโลหะให้กลายเป็นอนุภาคนาโน (Patil & Rane, 2020) สารสกัดที่ได้จากใบฝรั่งมีลักษณะเป็นสารละลายสีน้ำตาล เมื่อนำไปศึกษาด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่งผ่านการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ในการตรวจสอบพันธะเคมี และ หมู่ฟังก์ชันในองค์ประกอบ พบว่าสเปกตรัมทั้งปรากฏพิคที่ช่วงเลขคลื่นตรงกัน ได้แก่ 3321.42 cm^{-1} และ 1631.78 cm^{-1} ที่เป็นแถบการยืดของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และแถบการยืดของหมู่คาร์บอนิล (C=O) ซึ่งพบในโครงสร้างของสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (Sougandhi & Ramanaiah, 2020) ลักษณะสารสกัดจากใบฝรั่ง และสเปกตรัม FTIR แสดงดังภาพที่ 1 (ก) และ (ข)



ภาพที่ 1 สารสกัดจากใบฝรั่ง (ก) และ (ข) สเปกตรัม FTIR ของสารสกัดจากใบฝรั่ง

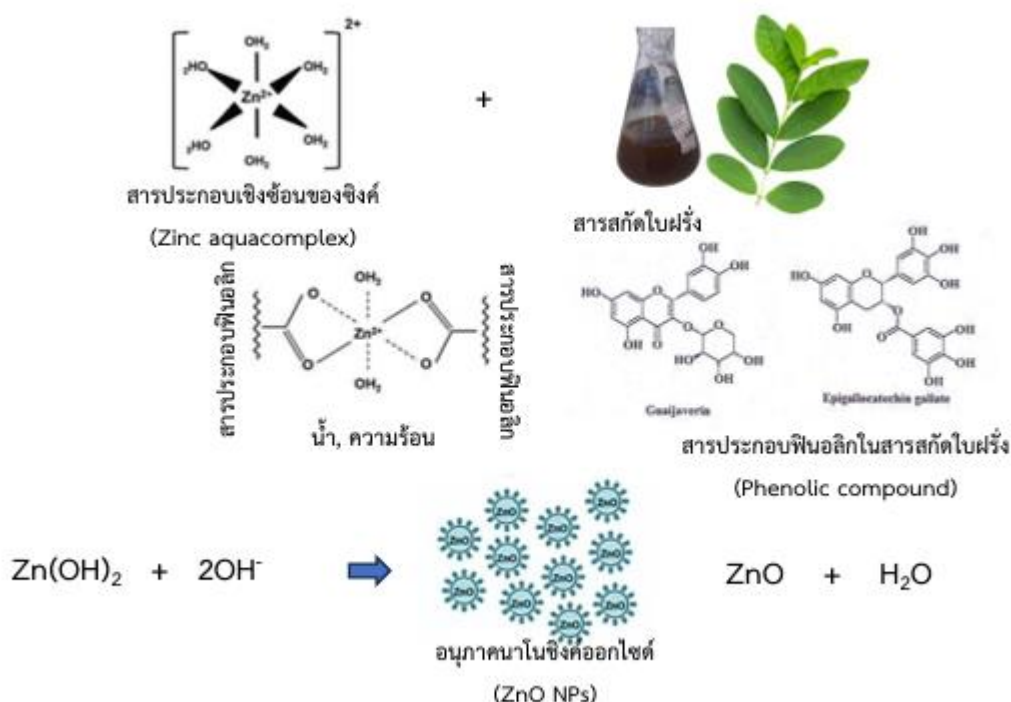
จากผลดังกล่าวสอดคล้องกับโครงสร้างทางเคมีจากสารสกัดใบฝรั่ง ที่ประกอบด้วยสารกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compound) เป็นจำนวนมาก ได้แก่ Gallic acid Epicatechin Catechin Caffeic acid Kaemfero Apiginin Guajadial Chlorogenic acid Guaijaverin Hyperine Epigallocatecin gallate Avicularin และ Myricetin (Changan et al., 2021) โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากใบฝรั่ง ดังแสดงในภาพที่ 2

(ก)  Gallic acid	(ข)  Epicatechin	(ค)  Catechin	(ง)  Caffeic acid
(จ)  Kaempferol	(ฉ)  Apigenin	(ช)  Chlorogenic acid	
(ซ)  Guajaverin	(ณ)  Hyperin	(ญ)  Quercetin	
(ฎ)  Epigallocatechin gallate	(ฏ)  Avicularin	(ฐ)  Myricetin	

ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่ง (ก) Gallic acid (ข) Epicatechin (ค) Catechin (ง) Caffeic acid (จ) Kaempferol (ฉ) Apigenin (ช) Chlorogenic acid (ซ) Guajaverin (ณ) Hyperin (ญ) Epigallocatechin gallate (ฏ) Avicularin (ฐ) Myricetin

2. ลักษณะทางกายภาพและศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ตามหลักเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นตัวรีดิวซ์ในกระบวนการตกตะกอน โดยมีกลไกในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Vittaya & Chalad, 2022) ดังภาพที่ 3



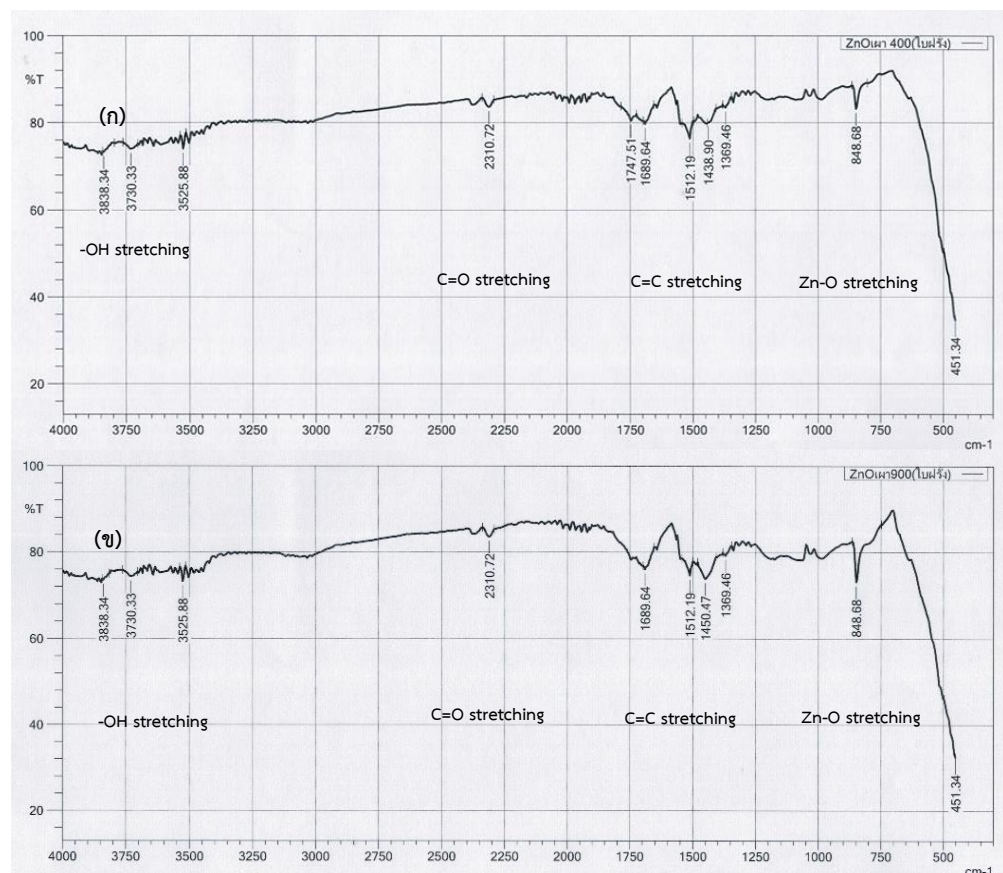
ภาพที่ 3 กลไกในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จากสารสกัดใบฝรั่ง

ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเผาปรับปรุงที่อุณหภูมิ 400 และ 900 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ศึกษาอิทธิพลของสารเจือโดยเจือโลหะเงินด้วยวิธีโพโตรีดักชัน จากการทดลองพบว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จากสารสกัดใบฝรั่งได้ตะกอนเป็นผงสีน้ำตาล หลังจากเผาที่ 400 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเผาที่ 900 องศาเซลเซียส ได้ซิงค์ออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว ดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ จากลักษณะทางกายภาพพบว่าซิงค์ออกไซด์ก่อนเผามีองค์ประกอบจากสารสกัดใบฝรั่งเจือปนอยู่มาก เนื่องจากมีสีน้ำตาลเข้มเหมือนสารสกัดจากใบฝรั่ง เมื่อเผาที่ 400 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์และองค์ประกอบถูกเผาทำให้สีอ่อนลงเป็นสีน้ำตาลอ่อน และลักษณะของซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียสมีลักษณะเป็นผงสีขาวเหมือนซิงค์ออกไซด์ที่ขายตามท้องตลาด เมื่อนำซิงค์ออกไซด์ที่ผ่านการเผามาเจือด้วยซิลเวอร์โดยวิธีโพโตรีดักชัน คือการฉายแสงยูวีเพื่อรีดิวซ์ซิลเวอร์ไอออนในสารละลายให้เป็นโลหะซิลเวอร์เคลือบบนพื้นผิวซิงค์ออกไซด์ทำให้เปลี่ยนเป็นผงสีเทาดำ ตามภาพที่ 4 (ง) และ (จ)

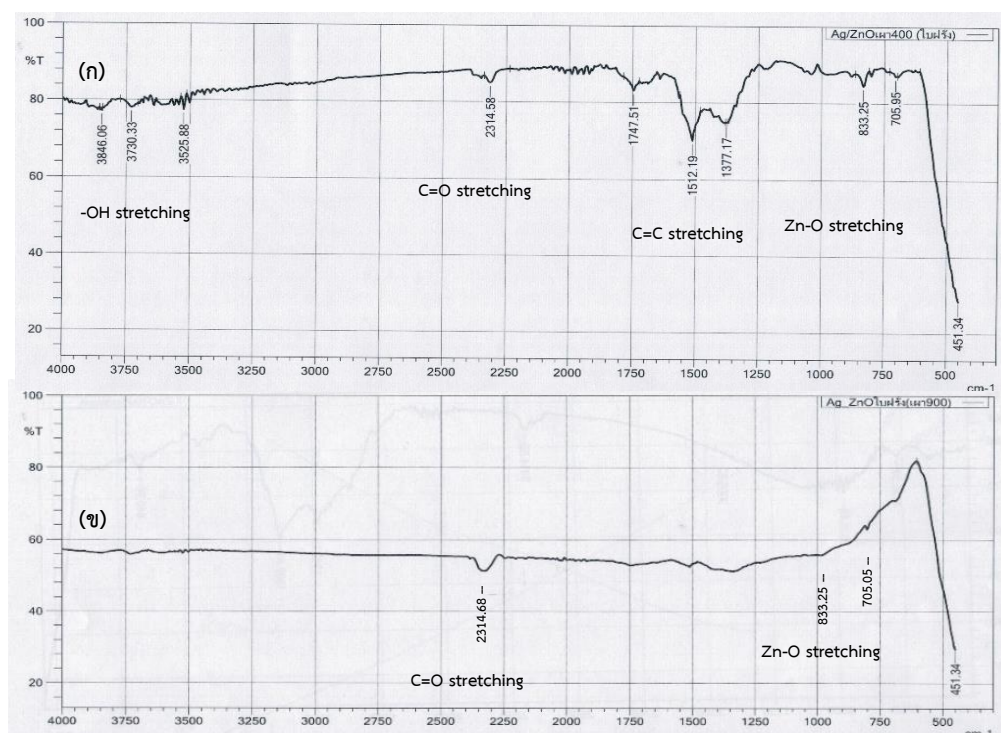


ภาพที่ 4 ผงซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่ง (ก) ซิงค์ออกไซด์ก่อนเผา (ข) ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส (ค) ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส (ง) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส (จ) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมจากซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส

การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันและองค์ประกอบของสารด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส และซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 5 (ก) และ (ข) ปรากฏแถบการดูดกลืนที่เลขคลื่น 3838.34 , 3737.33 และ 3525.88 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับแถบการดูดกลืนของวงแหวนฟีนอลซึ่งเป็นองค์ประกอบในสารสกัด แสดงพันธะ O-H (O-H stretching) ในช่วง $3735-3023 \text{ cm}^{-1}$ จากหมู่ไฮดรอกซิลของโครงสร้างฟีนอลิกบนพื้นผิวของซิงค์ออกไซด์ การเลื่อนไปทางที่มีความยาวคลื่นมากขึ้นแสดงให้เห็นการเกิดอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Kaningini et al., 2022) ที่ตำแหน่ง 2310.72 cm^{-1} สอดคล้องกับแถบการสั่นของ $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ซึ่งมาจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเผาปรับปรุง (Kumar et al., 2015) ที่ตำแหน่ง 1747.51 cm^{-1} และ 1689.64 cm^{-1} เป็นตำแหน่งของหมู่คาร์บอนิล ($\text{C}=\text{O}$) ในสารประกอบคาร์บอนेटที่ปนเปื้อนอยู่บนพื้นผิวซิงค์ออกไซด์ และแถบการสั่นที่สำคัญอยู่ในตำแหน่ง 848.68 และ 451.34 cm^{-1} เป็นช่วงการสั่นที่ยืนยันโครงสร้างในระดับนาโนเมตรของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ โดยเป็นตำแหน่งที่เกิดพันธะของโลหะออกไซด์ Zn-O (Ochieng et al., 2015) เมื่อนำอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์มาเจือด้วยซิลเวอร์ ปรากฏสเปกตรัมที่ 3838.34 , 3737.33 และ 3525.88 cm^{-1} ซึ่งเป็นแถบการสั่นของหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) ของอนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส ในขณะที่อนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส ไม่ปรากฏแถบการสั่นในช่วงนี้ แต่ปรากฏพีคที่ชัดขึ้นที่ตำแหน่ง 2310.72 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงพันธะ $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับบนผิวของซิงค์ออกไซด์จากกระบวนการเผานอกจากนั้นยังปรากฏแถบการสั่นที่สำคัญของ M-O-M และ M-O ซึ่งยืนยันในการเกิด Zn-O ของซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ (Shameli et al., 2017) ดังภาพที่ 6 (ก) และ (ข) โดยพีคที่ปรากฏของอนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์จะมีความเข้มลดลงเมื่อเปรียบกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ไม่เจือซิลเวอร์เนื่องจากการก่อดัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์บนพื้นผิวของซิงค์ออกไซด์ (Nagaraju et., 2017)



ภาพที่ 5 สเปกตรัม FTIR ของซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมจากสารสกัดใบฝรั่งเมื่อเผาที่ 400 และ 900 องศาเซลเซียส



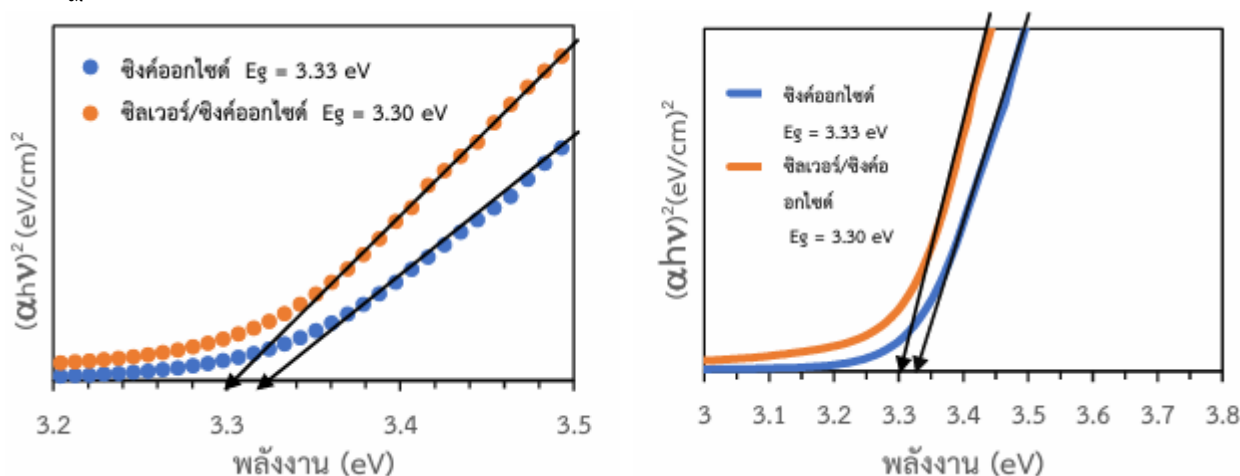
ภาพที่ 6 สเปกตรัม FTIR ของ (ก) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เฒ่าที่ 400 องศาเซลเซียส (ข) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เฒ่าที่ 900 องศาเซลเซียส

ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด n-type ที่มีช่องว่างพลังงาน (band gap energy) ประมาณ 3.37 อิเล็กตรอนโวลต์ และมีพลังงานเอกซิตอนสูงถึง 60 มิลลิอิเล็กตรอนโวลต์ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ซิงค์ออกไซด์มีคุณสมบัติการดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลต (UV) (Elias et al., 2021) การศึกษาคุณสมบัติเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ ได้ศึกษาค่าช่องว่างพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 800 นาโนเมตร ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรสโกปี การคำนวณช่องว่างพลังงานจากสเปกตรัมใช้วิธีการของ Tauc โดยการพล็อตกราฟ $(\alpha h\nu)^2$ กับ $h\nu$ และหาจุดตัดกับแกนพลังงานเพื่อหาค่าช่องว่างพลังงาน ดังสมการ

$$\alpha h\nu = A (h\nu - E_g)$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของแข็ง h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ A คือ ค่าคงที่ ν คือ ค่าความถี่ของแสง n คือ ค่าดัชนีที่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของพาหะประจุ โดย $n = 2$ สำหรับการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนโดยทางอ้อม (indirect transition) และ $n = 1/2$ สำหรับการเปลี่ยนแปลงโดยตรง (direct transition) สำหรับซิงค์ออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลเวิร์ทไซต์ อิเล็กตรอนมีพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานแบบทางตรง โดยค่าช่องว่างพลังงานจากจุดตัดบนแกนพลังงาน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 7 พบว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์มีช่องว่างพลังงาน 3.33 อิเล็กตรอนโวลต์ และอนุภาคนาโนซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์มีช่องว่างพลังงาน 3.30 อิเล็กตรอนโวลต์ ขอบการดูดกลืนแสงเชิงแสง (optical absorption edge) แสดงการเลื่อนไปทางความยาวคลื่นยาวขึ้น หรือพลังงานต่ำลง (red-shift) เมื่อความเข้มข้นของการเจือด้วยซิลเวอร์เพิ่มขึ้น โดยการลดลงของค่าช่องว่างพลังงาน (band gap narrowing) ที่สังเกตได้นั้น เกิดจากการเจือของซิลเวอร์ ภายในโครงสร้างเซลล์ของซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา (Herzi et al., 2019) ขนาด

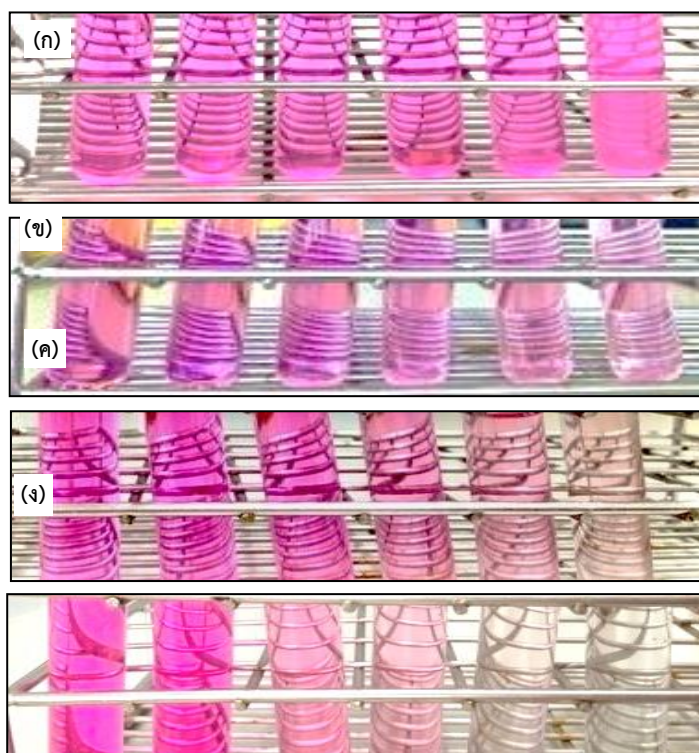
ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ลดลงถึงระดับนาโนเมตรจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าปรากฏการณ์ควอนตัมคอนไฟน์เมนต์ (quantum confinement) ซึ่งทำให้ช่องว่างพลังงานกว้างขึ้น



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(\alpha h\nu)^2$ กับพลังงานโฟตอน (eV) สำหรับคำนวณหาช่องว่างพลังงานของซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์

3. ผลการศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงด้วยสีย้อมโรดามีน บี

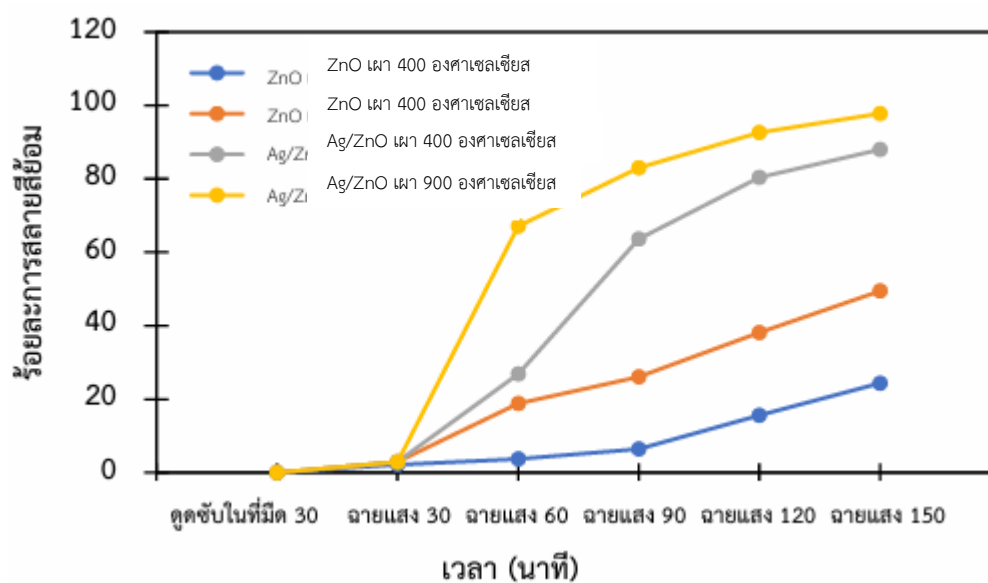
การศึกษาปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ผ่านการสลายสีย้อมโรดามีน บี ภายใต้แสงยูวี เป็นเวลา 150 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสีย้อมโรดามีน บี คือ 554 นาโนเมตร พบว่าซิงค์ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสลายสีย้อมต่ำสุดคือร้อยละ 24.36 และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาปรับปรุงเป็น 900 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสลายสีย้อมสูงขึ้นเป็นร้อยละ 49.45 ซึ่งสอดคล้องกับผลสเปกตรัม FTIR ที่แสดงแถบการสั่นของ Zn-O เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอนุภาคซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส จากผลของอุณหภูมิสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Etcheverry et al. (2018) คือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาความเป็นผลึกของซิงค์ออกไซด์จะสูงขึ้น เมื่อนำซิงค์ออกไซด์หลังเผามาเจือด้วยซิลเวอร์โดยวิธีโพโตรีดักชัน พบว่าส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสลายสีย้อมสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีการสลายสีย้อมเท่ากับร้อยละ 87.99 และซิลเวอร์/ซิงค์ ออกไซด์เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส มีการสลายสีย้อมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 97.90 ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลจากการเผาพร้อมกับการเจือซิลเวอร์บนพื้นผิวของซิงค์ออกไซด์ สารละลายสีย้อมโรดามีน บีแต่ละสถานะแสดงดังภาพที่ 8 และกราฟร้อยละการสลายสีย้อมโรดามีน บี ในเวลา 150 นาที ดังภาพที่ 9



เวลาในการศึกษา

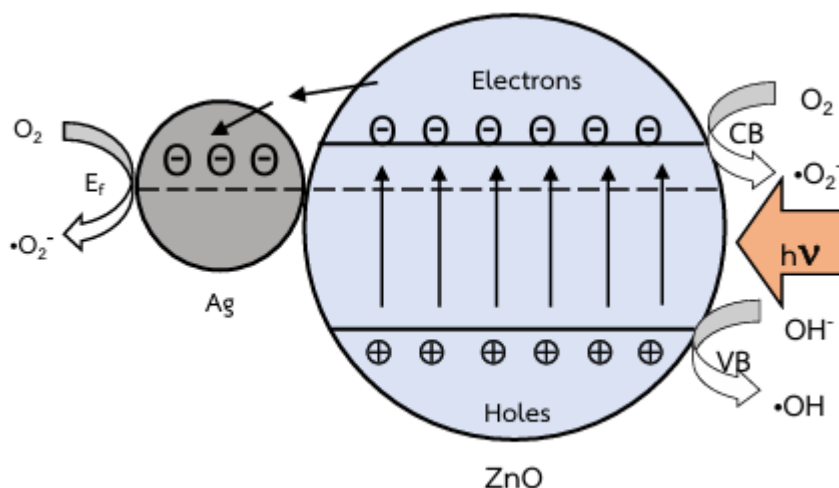
ชุดซ้ำที่มีด	ฉายแสง	ฉายแสง	ฉายแสง	ฉายแสง	ฉายแสง
30 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที

ภาพที่ 8 สีย้อมโรดามีน บี ที่เกิดปฏิกิริยาเชิงแสง ภายใต้แสงยูวี (ก) ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส (ข) ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส (ค) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 400 องศาเซลเซียส และ (ง) ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์เผาที่ 900 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 9 ร้อยละการสลายสีย้อมของโรดามีน บี ภายใต้แสงยูวีในเวลา 150 นาที

ผลจากการเจือซิลเวอร์ส่งผลสำคัญให้ปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงเกิดได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากอนุภาคซิลเวอร์บนพื้นผิวของซิงค์ออกไซด์ช่วยลดการรวมกันระหว่างอิเล็กตรอนและโฮล (electron-hole combination) อีกทั้งทำหน้าที่เป็นอ่างรับอิเล็กตรอน (e-sink) เพื่อเพิ่มโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเร่งแสงได้สูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาเร่งแสงโดยใช้ซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายสีย้อมโรดามีน บี ภายใต้แสงยูวี (Ziang et al., 2015)

ดังนั้นอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์สามารถสังเคราะห์ตามหลักเคมีสีเขียวคือใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นตัวรีดิวซ์และสารเพิ่มความเสถียรในการสังเคราะห์ที่ได้โดยอุณหภูมิในการเผาที่ 400 องศาเซลเซียส ให้โลหะออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาเร่งแสงโดยสลายสีย้อมโรดามีน บี ได้ดีกว่าเผาที่ 400 องศาเซลเซียส และเมื่อเจือซิลเวอร์โดยการนำไปซิงค์ออกไซด์ไปฉายแสงยูวี (photoreduction) ด้วยสารประกอบซิลเวอร์ทำให้ได้อนุภาคนาโนซิลเวอร์เกาะบนพื้นผิวซิงค์ออกไซด์และทำให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเร่งแสงสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิในการเผา และการเจือซิลเวอร์จึงมีอิทธิพลสำคัญต่อประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาเร่งแสงสลายสีย้อมโรดามีน บี ภายใต้แสงยูวี ดังนั้นการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และซิลเวอร์/ซิงค์ออกไซด์ผ่านกระบวนการเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่งจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่ปลอดภัย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมี และช่วยลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้อนุภาคนาโนที่ได้ยังมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยม สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเร่งแสงที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อม ซึ่งช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษากระบวนการสังเคราะห์ตามหลักเคมีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากพืชชนิดอื่นๆที่สามารถใช้เป็นตัวรีดิวซ์ได้
2. ศึกษาปฏิกิริยาเร่งแสงภายใต้สภาวะแสงวิสิเบิล
3. ศึกษาคุณสมบัติในการต้านจุลชีพเพื่อนำไปประยุกต์ใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการสุขาสุศาสตร์และสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้อสถานที่การทำงานวิจัย ส่งผลให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อ้างอิง

- Abu, B. F., & Mohd, S. I. (2023). Synthesis of TiO₂ photocatalyst with tunable optical properties and exposed facet for textile wastewater treatment. *Results in Optics*, 13, 100545.
- Changan, S. S., Prajapat, R., Kumar, M., Saurabh, V., Sindhu, N., Shukla, P., & Amarowicz, R. (2021). Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves: Nutritional Composition, Phytochemical Profile, and Health-Promoting Bioactivities. *Foods*, 10(4), 752.
- Elias, M., Uddin, M. N., Saha, J. K., Hossain, M. A., Sarker, D. R., Akter, S., Siddiquey, I. A., & Uddin, J. (2021). A highly efficient and stable photocatalyst; N-doped ZnO/CNT composite thin film synthesized via simple sol-gel drop coating method. *Molecules*, 26(5), 1470.
- Etcheverry, L. P., Flores, W. H., da Silva, D. L., & Moreira, E. C. (2018). Annealing Effects on the Structural and Optical Properties of ZnO Nanostructures. *Materials Research*, 21(2).
- Herzi, A., Sebais, M., Boudine, B., & Guerbous, L. (2019). Fabrication and Characterization of Highly Textured Thin Films of Undoped and Ag-Doped ZnO. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(7), 7008–7015.
- Hussain, A., Fiaz, S., Almohammed, A., & Waqar, A. (2024). Optimizing photocatalytic performance with Ag-doped ZnO nanoparticles: Synthesis and characterization. *Heliyon*, 10, e35725.
- Jeyasundari, J., Praba, P. S., Jacob, Y. B. A., Vasanth, V. S., & Shanmugaiah, V. (2017). Green Synthesis and Characterization of Zero Valent Iron Nanoparticles from the Leaf Extract of *Psidium guajava* Plant and Their Antibacterial Activity. *Chemical Science Review and Letters*, 6(22), 1244–1252.
- Kadhem, A. A., & Alshamsi, H. A. (2023). Biosynthesis of Ag-ZnO/rGO nanocomposites mediated *Ceratophyllum demersum* L. leaf extract for photocatalytic degradation of Rhodamine B under visible light. *Biomass Conversion and Biorefinery*. Advance online publication.
- Kaningini, M. M., Azizi, S., & Mokrani, T. (2022). Effect of Optimized Precursor Concentration, Temperature, and Doping on Optical Properties of ZnO Nanoparticles Synthesized via a

- Green Route Using Bush Tea (*Athrixia phylicoides* DC.) Leaf Extracts. *ACS Omega*, 7(9), 7856–7865.
- Kumar, M., Kumar, S., & Singh, R. (2015). Fabrication and properties of zinc oxide thin film prepared by sol-gel dip coating method. *Materials Science-Poland*, 33(2), 297–302.
- Mirzaeifard, Z., Shariatnia, Z., Jourshabani, M., & Rezaei, S. M. (2020). ZnO Photocatalyst revisited: Effective photocatalytic degradation of emerging contaminants using S-doped ZnO nanoparticles under visible light radiation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(36), 15894–15911.
- Nagaraju, G., Udayabhan, A., Shivaraj, A., Prashanth, S. A., Shastri, M., Yathish, K. V., Anupama, C., & Rangappa, D. (2017). Electrochemical heavy metal detection, photocatalytic, photoluminescence, biodiesel production and antibacterial activities of Ag–ZnO nanomaterial. *Materials Research Bulletin*, 94, 54–63.
- Noohpisheh, Z., Amiri, H., Farhadi, S., & Zaringhadam, P. (2020). Green synthesis of Ag-ZnO nanocomposites using *Trigonella foenum-graecum* leaf extract and their antibacterial, antifungal, antioxidant and photocatalytic properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 240, 118595.
- Ochieng, P. E., Iwuoha, E., Michira, I., Masikini, M., Ondiek, J., Githira, P., & Kamau, G. N. (2015). Green Route Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using *Spathodea campanulata*. *International Journal of BioChemiPhysics*, 23, 53–61.
- Patil, S. P., & Rane, P. M. (2020). *Psidium guajava* leaves assisted green synthesis of metallic nanoparticles: A review. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9 (1), 60.
- Raza, W., Ahmad, K., Khan, R. A. & Kim, H. (2023). Ag decorated ZnO for enhanced photocatalytic H₂ generation and pollutant degradation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(75), 29071–29081.
- Shameli, K., Bin Ahmad, M., Zamanian, A., Sangpour, P., Shabanzadeh, P., & Abdollahi, Y. (2017). Biosynthesis of Ag, ZnO and bimetallic Ag/ZnO alloy nanoparticles by aqueous extract of oak fruit hull (Jaft) and investigation of photocatalytic activity of ZnO and bimetallic Ag/ZnO for degradation of basic violet 16. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(36), 1–12.
- Sougandhi, P. R., & Ramanaiah, S. (2020). Green synthesis and spectral characterization of silver nanoparticles from *Psidium guajava* leaf extract. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 50(12), 1290–1294.

- Vittaya, L., & Chalad, C. (2022). *Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles with the rhizome extract of Ampelocissus martini to inhibit pathogenic bacteria*. Rajamangala University of Technology Srivijaya.
- Zhang, D., Lv, S., and Luo, Z. (2020). A study on the photocatalytic degradation performance of a $[\text{KNbO}_3]_{0.9}\text{-}[\text{BaNi}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3\text{-}\delta]_{0.1}$ perovskite. *RSC Advances*, 10(3), 1275–1280.
- Zhang, X., Zhang, L., Xie, T., & Wang, D. (2015). Fabrication of porous 3D flower-like Ag/ZnO heterostructure composites with enhanced photocatalytic performance. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(1), 1234–1242.
- Zhang, X., Zhang, P., & Su, H. (2016). Synthesis and characterization of Ag–ZnO heterostructure for enhanced photocatalytic performance. *Applied Surface Science*, 387, 216–222.

การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์ม แพะเนื้อร่วมกับกิจกรรมการเกษตรอื่นในจังหวัดสตูล

Comparative Study of Economic Model of Meat Goat Farming System with Other Agricultural Activities in Satun Province

ฐิตินันท์ โสระบุตร¹, จิตร เกื้อช่วย^{1*} และ อัฟฟาน พายายาม¹
Thitinan Sorabut¹, Chitr Kueachuai^{1*} and Affan Payayam¹

(Received: 24 May 2025; Revised: 17 June 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ 2) เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะของระบบการทำฟาร์ม และ 3) สร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มครัวเรือนเกษตรกร ที่เลี้ยงแพะเนื้อในจังหวัดสตูล โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งหมด ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย และการจับฉลากแบบไม่ใส่คืน ได้กลุ่มตัวอย่าง 109 ครัวเรือน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การจัดกลุ่มเชิงชั้นเพื่อจำแนกประเภทระบบการทำฟาร์ม และใช้โปรแกรม OLYMPE วิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจ กลุ่มตัวอย่าง 15 ครัวเรือน ผลการวิจัยพบว่า ระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรกรที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อในพื้นที่ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ 1) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1) 2) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_2) และ 3) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจระบบการทำฟาร์มช่วง 10 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2567-2576 พบว่า ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) เป็นระบบที่น่าสนใจเนื่องจากมีรายได้สุทธิของฟาร์มสูงกว่าระบบอื่นที่มีการเลี้ยงแพะร่วมกับกิจกรรมอื่น ๆ การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจโดยใช้ราคาคงที่ ในปี พ.ศ. 2567 ของ 15 ครัวเรือนสามารถจำแนกครัวเรือนเกษตรกรตามปริมาณผลผลิตเฉลี่ยที่จำหน่ายและรายได้สุทธิเฉลี่ยจากการเลี้ยงแพะออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่มีปริมาณผลผลิตแพะที่จำหน่ายเฉลี่ยและรายได้สุทธิเฉลี่ยจากการเลี้ยงแพะระดับต่ำ 2) กลุ่มที่มีปริมาณผลผลิตแพะที่จำหน่ายเฉลี่ยและรายได้สุทธิเฉลี่ยจากการเลี้ยงแพะระดับปานกลาง และ 3) กลุ่มที่มีปริมาณผลผลิตแพะที่จำหน่ายเฉลี่ยและรายได้สุทธิเฉลี่ยจากการเลี้ยงแพะระดับสูง

¹วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีย่นราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จ. นราธิวาส 96130

¹ Narathiwat College of Agriculture and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96130, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: zinedinezaa10@gmail.com

ข้อเสนอแนะการพัฒนากระบวนการทำฟาร์ม คือ ครีวเรือนเกษตรจำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่างเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่เข้าด้วยกัน เพื่อช่วยเหลือ การผลิต การจัดการ และการตลาด เพื่อให้เกิดการเลี้ยงแพะที่ยั่งยืน และผสมผสานโดยการบูรณาการทั้งการปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ การลดต้นทุนในการเลี้ยงแพะในสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน

คำสำคัญ: แบบจำลองทางเศรษฐกิจ ระบบการทำฟาร์ม แพะเนื้อ

Abstract

The objectives of this research were: 1) to classify raising meat goat farming system, 2) to compare the costs and benefits of raising meat goat farming system, and 3) to create a model of raising meat goat farming system in Satun province. Structured interviews, simple random sampling, and sampling without replacement were used for data collection for a sample group of 109 households raising meat goats. Hierarchical clustering was used for data analysis. And OLYMPE was used for the analysis of the economic model with a sample group of 15 households. The results revealed that the raising meat goat farming system could be classified into three types as (1) raising meat goat along with rubber trees farming system (G_1), (2) raising meat goat along with oil palm farming system (G_2), (3) raising meat goat along with rubber trees and oil palm farming system (G_3). In terms of an economic model for 10 years (2024-2033) found that the raising meat goat along with rubber trees and oil palm farming system (G_3) was an interesting farming system with higher margin of farm than the other farming system. For an analysis of an economic model in 2024 of 15 households, the study could classify agricultural households by the average yield volume sold and the average net income from goat raising into 3 groups as (1) the group with the average quantity of goat sold and the average net income of goat raising at the low level, (2) the group with the average distribution goat yield and the average net income of goat raising at the medium level, and (3) the group with the average yield of goat sold and the average net income of goat raising at the high level. These suggestions guidelines of developing farming systems, agricultural households had to connect networks among local farmers raising goats for assisting, producing, managing, and marketing for the sustainability of goat raising and integrating for crop growing, livestock raising, and reducing the cost of raising goats in rubber plantation and oil palm plantation.

Keywords: economic model, farming system, meat goat

บทนำ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีการเลี้ยงในประเทศไทยมาเป็นเวลานานแล้ว และมีแนวโน้มการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น และพบว่าอัตราการขยายตัวของจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทย เพิ่มขึ้นมากกว่าเท่าตัว เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2551 (กรมปศุสัตว์, 2567) ปัจจุบันพื้นที่ที่มีการเลี้ยงแพะหนาแน่นของประเทศไทยอยู่ในเขต 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งการเลี้ยงแพะของเกษตรกรส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อบริโภคในครัวเรือน หรือเป็นเพียงอาชีพเสริมของครัวเรือนร่วมกับการปลูกพืชชนิดต่างๆ เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน หรือไม้ผล (ลัคน์วัฒน์ เมืองทองเอก, 2552 และมงคล เทพรัตน์ และคณะ, 2553) การเลี้ยงแพะของเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้การเลี้ยงแบบปล่อยเลี้ยงตามธรรมชาติ หรือผูกปล่อย ไม่มีโรงเรือน ไม่มีแปลงหญ้า จึงพบว่าแพะที่เลี้ยงให้ลูกน้อย และมีอัตราการตายสูง ส่วนใหญ่ไม่มีการลงทุนค่าอาหาร

จังหวัดสตูล มีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะคิดเป็นร้อยละ 25 ของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ที่ผ่านมามีภาครัฐได้มีนโยบาย และยุทธศาสตร์ต่างๆ ที่มีเป้าหมายให้จังหวัดสตูลเป็นศูนย์จำหน่ายแพะที่ใหญ่ที่สุดในภาคใต้ ซึ่งถือว่าเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่สนใจให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงแพะกันมากขึ้น แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับปัญหาการเลี้ยง การจัดการฟาร์ม และการตลาด ซึ่งบางรายไม่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงจึงต้องเลิกเลี้ยงไป อย่างไรก็ตามยังคงมีเกษตรกรจำนวนไม่น้อยที่ตัดสินใจเลี้ยงแพะควบคู่ไปกับการทำเกษตรอื่น ๆ ต่อไป จากปัญหาดังกล่าว การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประเภทรบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรกร และวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการตัดสินใจวางแผนการผลิต การตลาดการเลี้ยงแพะต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. จำแนกประเภทรบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ
2. เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะของระบบการทำฟาร์ม
3. สร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มครัวเรือนเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการวิจัยระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่ จังหวัดสตูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คัดเลือกจากประชากรเกษตรกรที่เลี้ยงแพะเนื้อตามบัญชีรายชื่อครัวเรือนเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนในระบบสารสนเทศของกรมปศุสัตว์ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple

random sampling) และการจับฉลากแบบไม่ใส่คืน (sampling without replacement) โดยใช้สูตร Yamane (1967) กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีประชากรผู้เลี้ยงแพะในตำบลฉลุง อำเภอเมือง จังหวัดสตูล มีครัวเรือนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะเนื้อ จำนวนทั้งสิ้น 143 ครัวเรือน ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 105 ครัวเรือน ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงเท่ากับ 105 ครัวเรือน จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์หัวหน้าครัวเรือนด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

2) นำข้อมูลการผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง มาจำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์ม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย เทคนิคการจัดกลุ่มเชิงชั้น (hierarchical cluster analysis) (กัลยา, 2554) หลังจากนั้นคัดเลือกครัวเรือนเกษตรกรที่ผู้วิจัยพิจารณาขั้นต้นว่ามีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเกษตรกรที่คล้ายกัน เช่น เป็นสมาชิกของกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ เกษตรกรมีอายุใกล้เคียงกัน เป็นต้น สามารถให้ข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และครัวเรือนเกษตรกรที่มีกิจกรรมทางการเกษตรคล้ายคลึงกัน เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา รวม 3 ระบบการทำฟาร์ม ได้แก่ 1) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1) 2) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_2) และ 3) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) คัดมาจำนวน 5 ครัวเรือนต่อระบบการทำฟาร์ม รวมทั้งหมด 15 ครัวเรือน เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งคำถามครอบคลุมเกี่ยวกับ ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ (ส่วนต่างระหว่างรายได้ทั้งหมดจากการขายผลผลิตและต้นทุนผันแปรทั้งหมด : Margin) และกำไรสุทธิ (ส่วนต่างระหว่างรายได้ทั้งหมดจากการขายผลผลิตและต้นทุนการผลิตทั้งหมด) ของระบบฟาร์มต่างๆ โดยคิดเฉพาะต้นทุนและผลตอบแทนที่เป็นตัวเงิน

3) นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกครัวเรือนเกษตรกรที่คัดเลือกมา รวมจำนวน 15 ครัวเรือน แยกเป็น 5 ครัวเรือนต่อ 1 ระบบการทำฟาร์ม มาลงโปรแกรม OLYMPE เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มในปี พ.ศ. 2567 และสร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2567-2576) โดยคิดเฉพาะต้นทุนและผลตอบแทนที่เป็นตัวเงินที่เกิดขึ้น ข้อมูลทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์ได้จากการสอบถามครัวเรือนเกษตรกรที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณผลผลิตแพะเนื้อและพืชเศรษฐกิจที่ปลูก ข้อมูลปริมาณปัจจัยการผลิต ข้อมูลราคาผลผลิต และปัจจัยการผลิตของแพะเนื้อและพืช โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2567 ในกรณีที่ครัวเรือนเกษตรกรมีการทำสวนยางพาราได้กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตของยางพาราตามช่วงอายุ 7-9 ปี 10-12 ปี 13-15 ปี 16-18 ปี และ 19 ปีขึ้นไป โดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยตามช่วงอายุร้อยละ 64.47 100.00 80.00 60.32 และ 56.84 ตามลำดับ (อเนก และพัชรินทร์, 2550) ส่วนครัวเรือนที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตของปาล์มน้ำมันตามช่วงอายุ 4 ปี 5 ปี 6 ปี 7 ปี 8-21 ปี 22 ปี 23 ปี และ 24 ปีขึ้นไป มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยตามช่วงอายุร้อยละ 25.71 28.57 68.57 85.71 100.00 91.43 80.00 และ 57.14 ตามลำดับ (นคร สาระคุณ และคณะ, 2541)

ผลการวิจัย

ประเภทระบบการทำฟาร์มในพื้นที่

จากการจำแนกประเภทระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรกรพบว่าทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1) ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_2) และระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) จำนวน 65 19 และ 21 ครัวเรือน ตามลำดับ

1. ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1)

ระบบการทำฟาร์มที่มีกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพารา ครัวเรือนเกษตรกรประเภทนี้มีจำนวน 65 ครัวเรือน คิดเป็น ร้อยละ 61.90 ของครัวเรือนกลุ่มตัวอย่าง ครัวเรือนมีการทำสวนยางพาราเป็นอาชีพหลัก มีพื้นที่การทำสวนยางพาราอยู่ระหว่าง 5-45 ไร่ เฉลี่ย 15.45 ไร่ ต่อมารัฐบาลโดยกรมปศุสัตว์ดำเนินโครงการส่งเสริมอาชีพด้านการเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดชายแดนภาคใต้เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่สงบ ดังนั้นครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่จึงหันมาสนใจเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริม การตัดสินใจเลี้ยงแพะเนื้อของครัวเรือนเกษตรกรบางส่วนเกิดจากการได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตจากหน่วยงานราชการ เช่น พ่อพันธุ์-แม่พันธุ์แพะ เงินทุนในการสร้างโรงเรือน เครื่องบดสับทางปาล์ม อาหารข้น ยารักษาโรค และแร่ธาตุก่อนเป็นต้น ครัวเรือนเกษตรกรจึงเลือกทำกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพารา เพราะหวังว่าจะมีรายได้จากการจำหน่ายแพะเนื้อเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยแก้ปัญหารายได้ที่ไม่แน่นอนจากราคายางพาราที่มีความผันผวนอย่างต่อเนื่องทุกปี อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรยังเห็นว่า การเลี้ยงแพะเนื้อไม่กระทบต่อการทำงานภายในสวนยางพารา ซึ่งแรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครัวเรือนไม่มีการจ้างแรงงานจากภายนอกเช่นเดียวกับฟาร์มส่วนใหญ่ในพื้นที่ สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงแพะเป็นฟาร์มขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีแพะเนื้ออยู่ระหว่าง 15-30 ตัว โดยเฉลี่ย 19 ตัว ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายและบริโภคในครัวเรือน ส่วนใหญ่จะเลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลา เกษตรกรจะตัดหญ้ามาให้กินในคอกและมีการเสริมอาหารข้น ส่วนการเลี้ยงแบบปล่อยให้แพะหัดเล็มหญ้าอิสระในสวนยางพารา ในช่วงเวลากลางวันแล้วตอนขึ้นโรงเรือนในเวลากลางคืน โรงเรือนแพะมีลักษณะปล่อยโล่งไม่มีการแบ่งคอกย่อย

2. ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_2)

ครัวเรือนเกษตรกรที่มีกิจกรรมในฟาร์มประเภทนี้มีจำนวน 19 ครัวเรือน คิดเป็น ร้อยละ 18.10 ของครัวเรือนกลุ่มตัวอย่าง โดยเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริม ส่วนอาชีพที่สร้างรายได้หลักให้กับครัวเรือนเกษตรกรเป็นการทำสวนปาล์มน้ำมัน ระบบฟาร์มประเภทนี้มีพื้นที่ทำสวนปาล์มน้ำมันสูงสุด 32 ไร่ และต่ำสุด 5 ไร่ เฉลี่ย 14.50 ไร่ แรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครัวเรือน มีการจ้างแรงงานจากภายนอกในบางกิจกรรมเท่านั้น อาทิ เก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์ม นำผลผลิตปาล์มไปจำหน่าย ตัดหญ้า เป็นต้น กิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อ ครัวเรือนเกษตรกรจะใช้เวลาวางหลังจากการทำกิจกรรมหลัก ซึ่งการเลือกเลี้ยงแพะเป็นอาชีพเสริมนั้น เนื่องจากการทำสวนปาล์มน้ำมันบางส่วนยังอยู่ในระยะที่ยังไม่ได้รับผลตอบแทน สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงแพะ พบว่าเป็นฟาร์มขนาดเล็กถึงขนาดกลางมีแพะที่เลี้ยงไว้ทั้งหมดในฟาร์มสูงสุด 40 ตัว และต่ำสุด 5 ตัว โดยเฉลี่ย 15

ตัว ลักษณะการเลี้ยงส่วนใหญ่จะเลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยให้แพะแพะเล็มหญ้าอิสระในเวลากลางวัน และใช้เวลาไปกับการตัดหญ้ามาเสริมให้แพะได้กินในคอกในเวลากลางคืน

3. ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3)

ระบบฟาร์มประเภทนี้มีจำนวน 21 ครัวเรือน คิดเป็น ร้อยละ 20.00 ของครัวเรือนกลุ่มตัวอย่าง ครัวเรือนมีกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริมเช่นเดียวกับฟาร์มส่วนใหญ่ในพื้นที่ มีการทำสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันเป็นกิจกรรมหลักที่สามารถสร้างรายได้หลักให้กับครัวเรือนเกษตรกร พื้นที่สวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 18.95 และ 10.45 ไร่ ตามลำดับ มีแรงงานในครัวเรือนเป็นแรงงานหลักและมีการจ้างแรงงานจากภายนอกเป็นแรงงานชั่วคราวเพื่อมาทำบางกิจกรรมในระบบการผลิตปาล์มน้ำมันในบางครั้งเท่านั้น เช่น เก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์ม นำผลผลิตปาล์มไปจำหน่าย เป็นต้น ส่วนกิจกรรมการเลี้ยงแพะจะใช้แรงงานภายในครัวเรือนเท่านั้น กิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อของระบบฟาร์มประเภทนี้ถือว่าเป็นฟาร์มขนาดกลาง และขนาดเล็ก มีแพะที่เลี้ยงทั้งหมดในฟาร์มสูงสุด 20 ตัว และต่ำสุด 5 ตัว เฉลี่ย 9 ตัว ครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตในการเลี้ยงแพะจากหน่วยงานราชการ และมีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงแพะเพื่อจำหน่ายและบริโภคในครัวเรือน ลักษณะการเลี้ยงแพะส่วนใหญ่จะเลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยให้แพะแพะเล็มหญ้าทั้งแบบปล่อยอิสระและแบบมีรั้วล้อมรอบ โรงเรือนแพะจะเป็นโรงเรือนที่มีลักษณะปล่อยโล่งไม่มีการแบ่งคอกย่อย

การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์ม

สำหรับในบทความนี้ได้นำระบบการทำฟาร์ม ทั้ง 3 ระบบ มาศึกษาเชิงลึกเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างระบบการทำฟาร์มทั้ง 3 ระบบ โดยคัดเลือกมาศึกษา จำนวน 5 ครัวเรือนต่อระบบการทำฟาร์ม รวมทั้งหมด 15 ครัวเรือน ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในแต่ละระบบได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละระบบ มีรายละเอียด ดังนี้

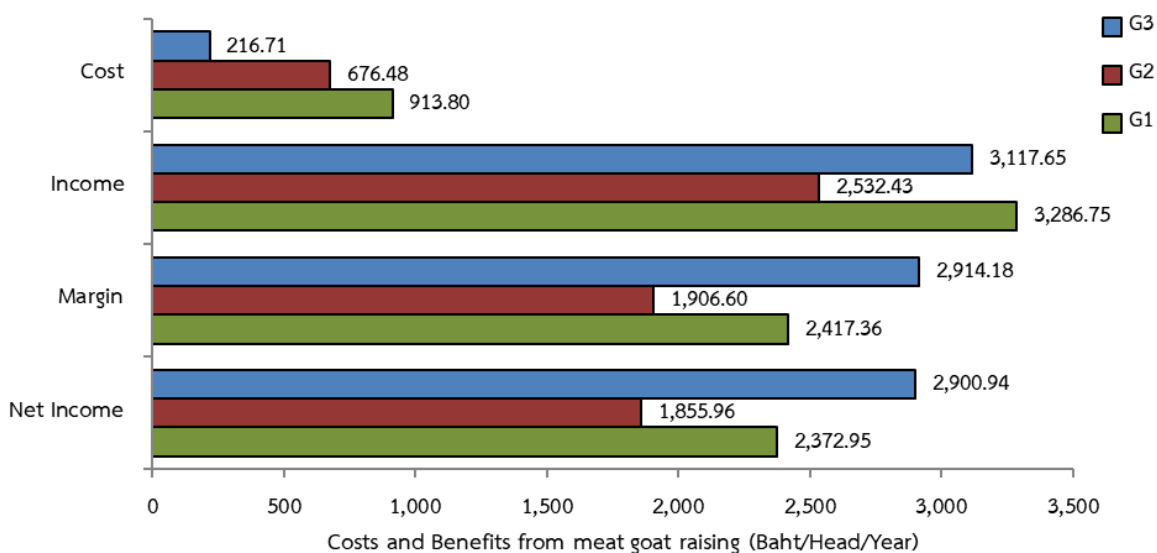
1. ต้นทุนและผลตอบแทนเฉลี่ยการเลี้ยงแพะเนื้อ ปี พ.ศ. 2567

ผลการวิจัยต้นทุนการเลี้ยงแพะเนื้อ (ภาพที่ 1) พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1) เป็นระบบที่มีต้นทุนดำเนินงานสูงสุด (913.80 บาทต่อตัวต่อปี) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ เพียงร้อยละ 4.86 ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร ร้อยละ 95.14 โดยต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นอาหารชั้นรองลงมา คือ น้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ในการเดินทางไปตัดหญ้าให้แพะ เนื่องจากครัวเรือนเกษตรกรในระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ เน้นการเลี้ยงแพะด้วยอาหารชั้นมากกว่าระบบการทำฟาร์มประเภทอื่น ๆ และระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ไม่มีพื้นที่ในการปลูกหญ้าให้แพะจึงทำให้ต้องเดินทางไปตัดหญ้าในพื้นที่สาธารณะมาเสริมให้แพะ ส่วนระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) เป็นระบบที่มีต้นทุนดำเนินงานต่ำสุด (216.71 บาทต่อตัวต่อปี) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ เพียงร้อยละ 6.11 ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร ร้อยละ 93.89 โดยต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ในการเดินทางไปตัดหญ้าให้แพะ รองลงมา คือ อาหารชั้น ยารักษาโรคและเวชภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากครัวเรือนเกษตรกรในระบบการทำฟาร์มประเภทนี้เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย มีการเสริมอาหารชั้นในการเลี้ยงแพะเพียงเล็กน้อยจึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าอาหารชั้นต่ำส่วนใหญ่นำเศษพืชจากสวนมาใช้ในการเลี้ยงแพะ ส่วนระบบการทำฟาร์ม

ที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_2) มีต้นทุนดำเนินงาน 676.48 บาทต่อตัวต่อปี โดยต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร คิดเป็นร้อยละ 92.49 โดยค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ เป็นค่าอาหารชั้น รองลงมาเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเดินทางไปคอกแพะ การเดินทางไปตัดหญ้า และการบดสับพืชอาหารสัตว์ให้กับแพะ เป็นต้น

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการเลี้ยงแพะ ได้แก่ รายได้ รายได้สุทธิ และกำไรสุทธิของแต่ละระบบ พบว่า G_1 เป็นระบบที่มีรายได้จากการเลี้ยงแพะสูงที่สุด คือ 3,286.75 บาทต่อตัวต่อปี ขณะที่ G_3 มีรายได้สุทธิและกำไรสุทธิจากการเลี้ยงแพะสูงสุด คือ 2,914.18 และ 2,900.94 บาทต่อตัวต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากมีต้นทุนการดำเนินงานต่ำกว่าระบบอื่น ๆ ค่อนข้างมาก รองลงมาได้แก่ G_1 มีรายได้สุทธิและกำไรสุทธิจากการเลี้ยงคือ 2,417.36 และ 2,372.95 บาทต่อตัวต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากในปี พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรกรสามารถผลิตแพะออกมาจำหน่ายได้ค่อนข้างมาก สุดท้าย G_2 มีรายได้สุทธิและกำไรสุทธิจากการเลี้ยงแพะ 1,906.60 และ 1,855.96 บาทต่อตัวต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากมีต้นทุนค่อนข้างต่ำประกอบกับเป็นช่วงที่แม่พันธุ์สามารถให้ลูก 1 ตัวต่อครอก จึงทำให้ผลผลิตที่ออกมาสู่ตลาดค่อนข้างน้อย

จากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อสังเกตพบว่า ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการเลี้ยงแพะเนื้อของทุกระบบการทำฟาร์ม คือ ค่าอาหารชั้น การที่มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าอาหารชั้นแสดงให้เห็นว่าอาหารหยาบซึ่งได้แก่ หญ้าประเภทต่าง ๆ ทางปาล์มสด หรือต้นข้าวโพด ที่นำมาใช้เป็นอาหารแพะเนื้อ โดยเฉพาะหญ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหญ้าที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ในพื้นที่สาธารณะ สวนยางพารา หรือสวนปาล์มน้ำมัน นั้นมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ต่ำ ผลผลิตน้อย และไม่เพียงพอในช่วงฤดูแล้ง จึงจำเป็นต้องเสริมอาหารชั้น รองลงมาคือ น้ำมันในกิจกรรมต่าง ๆ ในการเลี้ยงแพะเนื้อโดยเฉพาะการเดินทางไปตัดหญ้าตามพื้นที่ต่าง ๆ



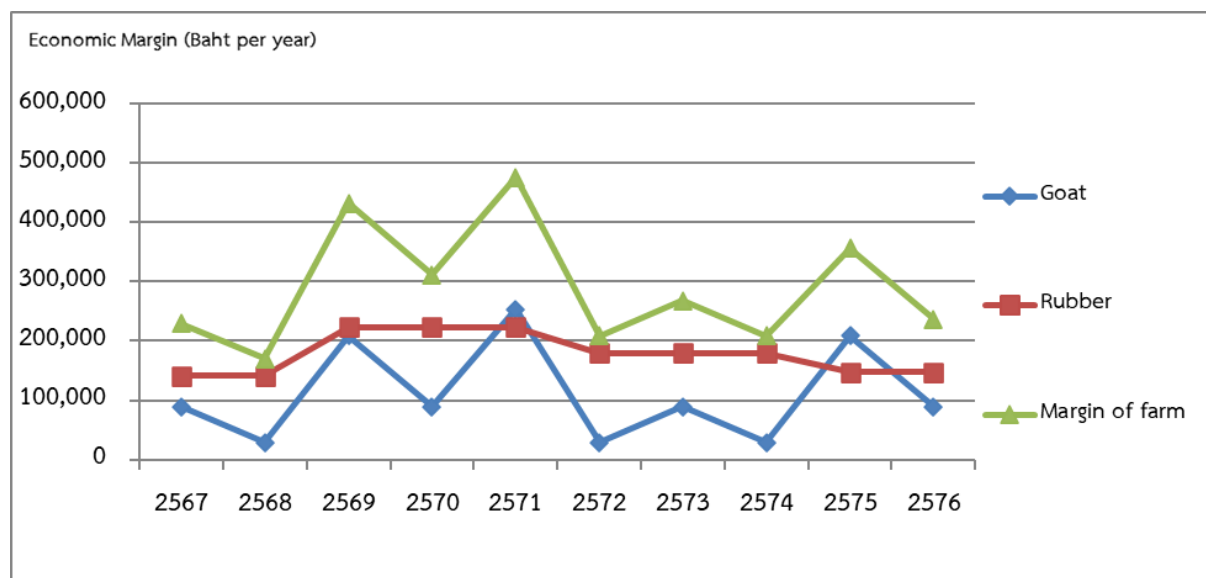
ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะเนื้อในระบบการทำฟาร์มประเภทต่าง ๆ

แบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์ม

การวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์แบบจำลองต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มครัวเรือนเกษตรกร ทั้ง 3 ประเภท ในช่วงเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2567 ถึง พ.ศ. 2576 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1)

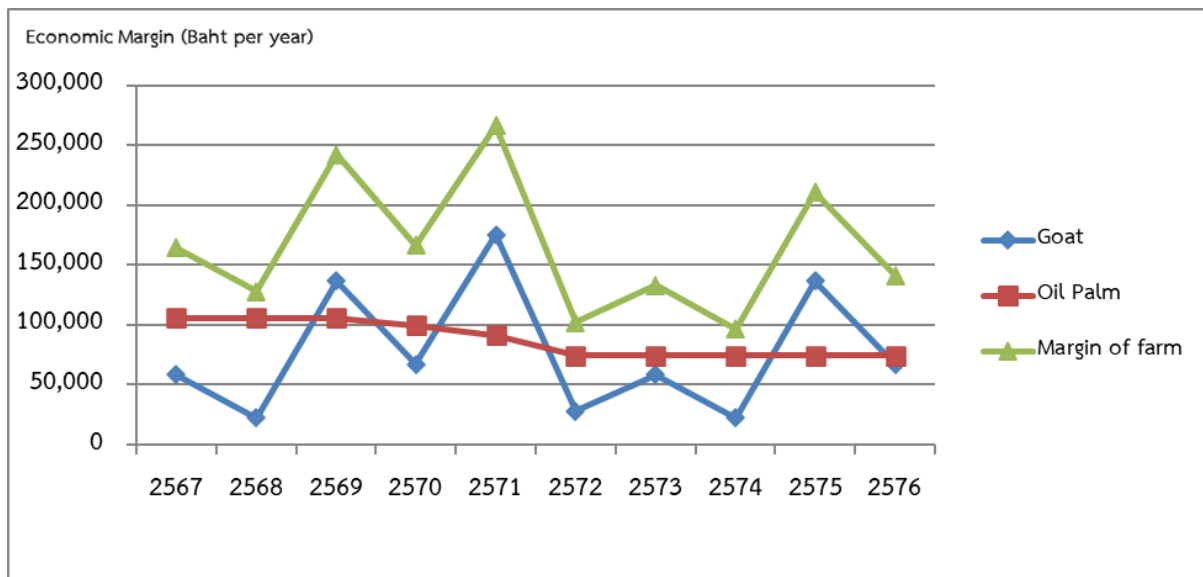
ครัวเรือนเกษตรกรทำการเกษตรที่เลี้ยงแพะร่วมกับสวนยางพารา มีพื้นที่ปลูกยางพารา 8 ไร่ การเลี้ยงแพะมีแพะพ่อพันธุ์ 1 ตัว และแม่พันธุ์ 21 ตัว จากการผลิตลูกแพะ ลูกเกิดจากท้องที่ 1-4 จำนวน 1 ตัวต่อครอก แม่พันธุ์ 21 ตัว เมื่อหักอัตราการตายลูกแรกเกิด จะสามารถให้ ลูกแพะจำนวน 20 ตัวต่อครอก และท้องที่ 5 ขึ้นไป จะสามารถให้ลูกได้ 2 ตัวต่อครอก จะได้ลูกแพะ 40 ตัวต่อครอก โดยช่วงเวลาการตกลูกแต่ละรุ่นของแม่พันธุ์จะห่างกันประมาณ 6-7 เดือน การตกลูกครั้งต่อ ๆ ไปทุกๆ 6-7 เดือน และการจำหน่ายแพะ เริ่มจำหน่ายแพะตั้งแต่แพะมีอายุ 6 เดือนขึ้นไป จากการวิจัย พบว่า ใน พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะ 88,920 บาทต่อปี รายได้สุทธิจากสวนยางพารา 140,998 บาทต่อปี รวมรายได้สุทธิของฟาร์ม เท่ากับ 229,918 บาทต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2568 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิของฟาร์มต่ำสุด คือ 169,816 บาทต่อปี เนื่องจากการจำหน่ายผลผลิตแพะลดลงตามปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ ในขณะที่ปริมาณผลผลิตยางพาราลดลงตามช่วงอายุ และปริมาณการใช้ปุ๋ยยางพาราลดลง ทั้งนี้พบว่า แพะเนื้อที่ ครัวเรือนเกษตรกรเลี้ยงนั้นมีการเลี้ยงแบบกึ่งเชิงกึ่งปล่อยเน้นการเลี้ยงแพะด้วยหญ้ามีการเสริมอาหารข้นเพียงเล็กน้อย และปี พ.ศ. 2571 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิของฟาร์มสูงสุด คือ 476,372 บาทต่อปี เนื่องจากสามารถจำหน่ายแพะ ได้ 2 ครอก ซึ่งเป็นครอกที่สามารถให้ลูกแฝดทั้งหมด และมีการจำหน่ายแพะพ่อ-แม่พันธุ์ปลดระวางร่วมด้วย ทั้งนี้รายได้จากการจำหน่ายแพะของครัวเรือนเกษตรกรขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ในแต่ละครอก ส่วนรายได้จากสวนปาล์มน้ำมันปริมาณผลผลิตตามช่วงอายุ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลองต้นทุนและผลตอบแทนระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_1)

2. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G₂)

ครัวเรือนเกษตรกรทำการเกษตรที่เลี้ยงแพะร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 16 ไร่ การเลี้ยงแพะมีแพะพ่อพันธุ์ 1 ตัว และแม่พันธุ์ 17 ตัว ลูกแพะเกิดจากท้องที่ 1-4 จำนวน 1 ตัวต่อครอก แม่พันธุ์ 17 ตัว เมื่อหักอัตราการตายลูกแรกเกิด จะสามารถให้ ลูกแพะจำนวน 16 ตัวต่อครอก และท้องที่ 5 ขึ้นไป จะสามารถให้ลูกได้ 2 ตัวต่อครอก จะได้ลูกแพะ 32 ตัวต่อครอก โดยช่วงเวลาการตกลูกแต่ละรุ่นของแม่พันธุ์จะห่างกันประมาณ 7 เดือน เริ่มจำหน่ายแพะตั้งแต่แพะมีอายุ 7 เดือนขึ้นไป จากการวิจัยพบว่า ใน พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะ 58,440 บาทต่อปี รายได้สุทธิจากสวนปาล์มน้ำมัน 105,812 บาทต่อปี รวมรายได้สุทธิของฟาร์มเฉลี่ยเท่ากับ 164,252 บาทต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2574 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิของฟาร์มต่ำสุด คือ 96,691 บาทต่อปี สาเหตุเพราะครัวเรือนเกษตรกรสามารถจำหน่ายแพะได้เพียง 1 ครอกเท่านั้น และพ.ศ. 2571 ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้สุทธิของฟาร์มสูงสุด คือ 266,489 บาทต่อปี เนื่องจากสามารถจำหน่ายแพะ ได้ 2 ครอก ซึ่งเป็นครอกที่สามารถให้ลูกแฝดทั้งหมด และมีการจำหน่ายแพะพ่อ-แม่พันธุ์ปลดระวางร่วมด้วย ทั้งนี้รายได้จากการจำหน่ายแพะของครัวเรือนเกษตรกรขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ในแต่ละครอก ส่วนรายได้จากสวนปาล์มน้ำมันปริมาณผลผลิตตามช่วงอายุ (ภาพที่ 3)

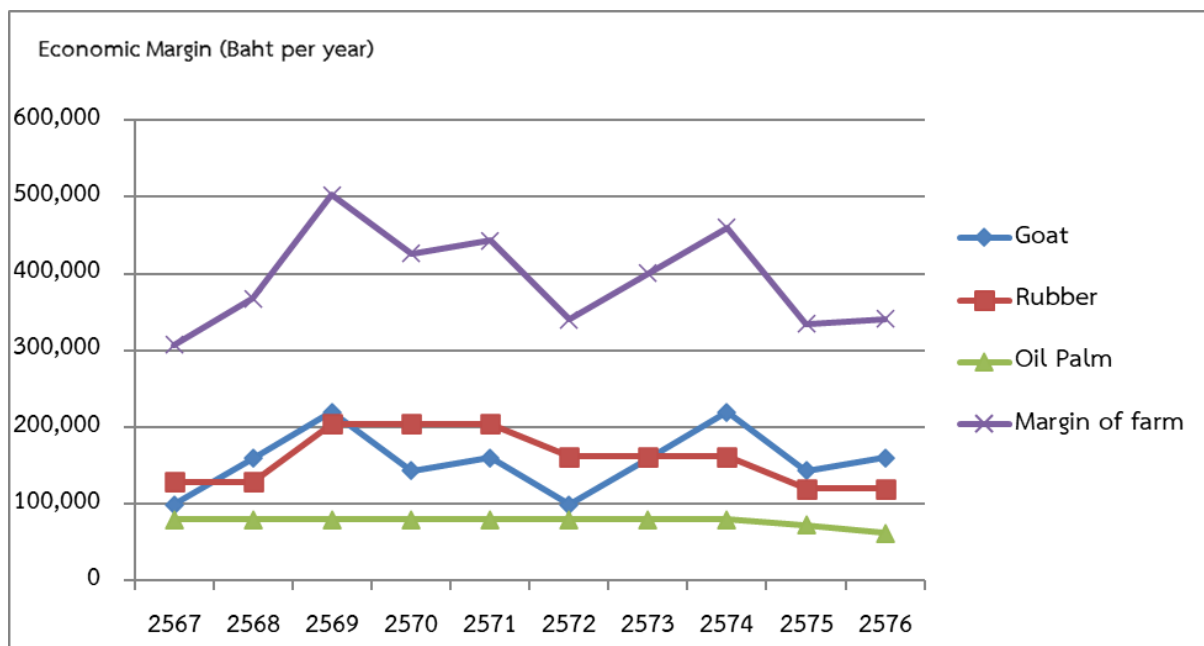


ภาพที่ 3 แสดงแบบจำลองต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G₂)

3. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G₃)

ครัวเรือนเกษตรกร มีพื้นที่ปลูกยางพารา 6 ไร่ และปาล์มน้ำมัน 16 ไร่ รวมพื้นที่ทำการเกษตร 22 ไร่ การเลี้ยงแพะมีแพะพ่อพันธุ์ 1 ตัว และแม่พันธุ์ 15 ตัว ลูกแพะเกิดจากท้องที่ 1-4 จำนวน 1 ตัวต่อครอก แม่พันธุ์ 15 ตัว เมื่อหักอัตราการตายลูกแรกเกิด จะสามารถให้ ลูกแพะจำนวน 14 ตัวต่อครอก และท้องที่ 5 ขึ้น

ไป จะสามารถให้ลูกได้ 2 ตัวต่อครอก จะได้ลูกแพะ 28 ตัวต่อครอก โดยช่วงเวลาการตกูกแต่ละรุ่นของแม่พันธุ์จะห่างกันประมาณ 6 เดือน เริ่มจำหน่ายแพะตั้งแต่แพะมีอายุ 6-7 เดือนขึ้นไป จากการวิจัย พบว่า ใน พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะ 99,082 บาท รายได้สุทธิจากสวนยางพารา 128,849 บาท รายได้สุทธิจากสวนปาล์มน้ำมัน 79,359 บาทรวมรายได้สุทธิเฉลี่ยของฟาร์ม เท่ากับ 307,290 บาท โดยในปี พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิของฟาร์มต่ำสุด และพ.ศ. 2569 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิของฟาร์มสูงสุด คือ 502,534 บาทต่อปี เนื่องจากสามารถจำหน่ายแพะ ได้ 2 ครอก ซึ่งเป็นครอกที่สามารถให้ลูกแฝดทั้งหมด และมีการจำหน่ายแพะพ่อ-แม่พันธุ์ปลดระวางร่วมด้วย ทั้งนี้รายได้จากการจำหน่ายแพะของครัวเรือนเกษตรขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ในแต่ละครอก ส่วนรายได้จากการปลูกพืช พบว่า รายได้จากสวนยางพาราเพิ่มขึ้น โดยในช่วง ปี พ.ศ. 2569 รายได้จากสวนยางพาราสูงสุดเนื่องจากเป็นช่วงที่ยางพาราให้ผลผลิตสูงสุด ส่วนรายได้จากสวนปาล์มน้ำมันคงที่ตลอดช่วงปี พ.ศ. 2567-2576 และเริ่มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2575 เพราะเป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุเพิ่มขึ้นและให้ผลผลิตลดลง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงแบบจำลองต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา และสวนปาล์มน้ำมัน (G₃)

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มทั้ง 3 ระบบ พบว่า รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะขึ้นลงสลับกันตามวงจรการเลี้ยงแพะพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ในแต่ละครอก ในขณะที่รายได้จากสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ผลผลิตตามช่วงอายุ

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มในแต่ละระบบ พบว่า ระบบการทำฟาร์มทุกประเภทมีต้นทุนทั้งหมดในการผลิตส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร ได้แก่ พ่อพันธุ์-แม่พันธุ์แพะ อาหารชั้น ยา รักษาโรค และแร่ธาตุก้อน ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี น้ำมันเชื้อเพลิง ค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตบางกิจกรรม เป็นต้น จากการวิจัยทำให้เห็นว่าปัจจุบันครัวเรือนเกษตรกรมีการทำการเกษตรที่หลากหลายมากขึ้น แต่ผลตอบแทนกลับไม่แปรผันไปตามกิจกรรมที่ทำ โดยระบบการทำฟาร์มทุกประเภทมีผลตอบแทนที่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ทำให้ผลตอบแทนแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิต มูลค่าผลผลิต และต้นทุนการผลิต เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ กนกรส นัคร (2558) พบว่า รายได้สุทธิของเกษตรกรไม่แน่นอน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตและราคาขายผลผลิต นอกจากนี้ การศึกษาของ วิโชติ จรุงโรจน์ (2557) พบว่า ความแตกต่างของรายได้สุทธิต่อไร่ของแปลงปลูกพืชร่วมยาง ขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิตยางต่อไร่ ปริมาณและมูลค่าผลผลิตพืชร่วมยางต่อไร่ และ ต้นทุนการดำเนินงานต่อไร่ นอกจากนี้การผสมผสานการเลี้ยงแพะเนื้อเข้ากับกิจกรรมทางการเกษตรอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี โดยนำมูลแพะมาใช้ในกิจกรรมการปลูกพืชของครัวเรือน เพื่อลดต้นทุนการผลิตในการซื้อปุ๋ยคอก และสามารถนำเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ทางปาล์ม ต้นข้าวโพด มาใช้ในการเลี้ยงแพะ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชญาณี คงเกียรติจิรา (2556) พบว่า ร้อยละ 82.3 ของเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อในอำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ ได้นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เลี้ยงแพะ แต่ทั้งนี้การที่ครัวเรือนเกษตรกรเลือกเลี้ยงแพะเนื้อควบคู่กับกิจกรรมทางการเกษตรอื่นๆ ครัวเรือนเกษตรกรจำเป็นต้องมีการจัดการฟาร์มอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดความขัดแย้งในเรื่องการใช้แรงงานหรือชั่วโมงการทำงานที่ทับซ้อนกัน เนื่องจากในแต่ละครัวเรือนส่วนใหญ่ไม่มีการจ้างแรงงานประจำจากภายนอกมาช่วยในฟาร์ม มีเพียงแต่แรงงานในครัวเรือนเพียง 1-2 คนเท่านั้น หากครัวเรือนเกษตรกรไม่สามารถจัดสรรเวลาในการทำงานได้อย่างลงตัวจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการเกษตรอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อที่ต้องทำทุกวัน และเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้การเอาใจใส่เป็นอย่างมากเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพและเป็นไปตามความต้องการของตลาด

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ต้นทุนและรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในแต่ละปี ดังนั้น ครัวเรือนเกษตรกรควรมีการปรับตัวเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มรายได้เพื่อลดความเสี่ยงด้านการผลิตและการตลาด เช่น (1.1) การลงทุนปลูกหญ้าพันธุ์ดีไว้เป็นอาหารแพะเพื่อลดการใช้อาหารชั้น และลดรายจ่ายในการเดินทางไปตัดหญ้า (1.2) การรวมกลุ่มกันในการซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์มาผสมเองเพื่อให้ได้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในราคาที่ถูกลง (1.3) เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในฟาร์มและบูรณาการกิจกรรมภายในฟาร์มให้เกื้อกูลกันเพื่อลดความเสี่ยงด้านราคาผลผลิตและเพิ่มรายได้ภายในฟาร์ม (1.4) คัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์แพะที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีและสามารถให้ผลผลิตที่มีอัตราการเจริญเติบโตไว

2. เพื่อให้สามารถขยายตลาดการจำหน่ายแพะเนื้อได้มากขึ้น และสามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้โดยไม่ถูกกีดกันการส่งออก ดังนั้น ครั้วเรือนเกษตรควรมีการจัดการฟาร์มแพะเนื้อให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยและปราศจากโรคติดต่อ ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญทางด้านการตลาด และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศที่ต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพและความปลอดภัย

3. ครั้วเรือนเกษตรควรมีผลผลิตที่หลากหลายรูปแบบเพื่อให้สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคในทุกเพศทุกวัย เช่น แพะมีชีวิต แพะชำแหละ แกงแพะ ไส้กรอกแพะ เป็นต้น การมีผลิตภัณฑ์เนื้อแพะที่หลากหลายจะเป็นการเพิ่มช่องทางการเข้าถึงและความสะดวกในการบริโภคผลิตภัณฑ์แพะของกลุ่มผู้บริโภคหลากหลาย

อ้างอิง

- กนกกรส นัคร. (2558). *เปรียบเทียบความแตกต่างทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงและไม่เลี้ยงแพะเนื้อ และการจัดการการเลี้ยงแพะเนื้อในอำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรมปศุสัตว์. (2567). *ยุทธศาสตร์กรมปศุสัตว์*. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2544). *การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว* (พิมพ์ครั้งที่2). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชญานิ คงเกียรติจิรา. (2556). *การผลิตและการตลาดแพะเนื้อใน อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นคร สารคุณ, สมยศ สินธุรหัส และสุทัศน์ ด้านสกุลผล. (2541). *วิเคราะห์พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- มงคล เทพรัตน์, มนต์ชัย ดวงจินดา และสมเกียรติ สายธนู. (2553). *กลยุทธ์การปรับปรุงพันธุ์แพะของประเทศไทยเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน*. แก่นเกษตร. 30 : 395-408.
- ลัคน์วัฒน์ เมืองทองอ่อน. (2552). *การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนทำฟาร์มเลี้ยงแพะนมในจังหวัดนนทบุรี*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิโชติ จรุงโรจน์. (2557). *ประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจและความมั่นคงทางสังคมของระบบการทำฟาร์มที่มีการปลูกพืชในสวนยางของเกษตรกรรายย่อยภาคใต้*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดสตูล. (2562). *เศรษฐกิจและท่องเที่ยว*. http://www.satunpao.go.th/general_data.
- อเนก กุณาละสิริ และพัชรินทร์ ศรีวารินทร์. (2550). *ต้นทุนการผลิตยางระดับชาวสวน*. ว. ยางพารา 28: 8-16.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Tokyo, Japan: John Weatherhill.

การจัดการธาตุอาหารพืชอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยในพื้นที่กลุ่มดินทราย จังหวัดอุทัยธานี

Appropriate Nutrient Management to Improve Sugarcane Yield on Sandy Soils in Uthai Thani Province.

มนตรี ปานตู^{1*} และ สุมาลี โพธิ์ทอง²

Montree Pantu^{1*} and Sumalee Pothong²

(Received: 21 May 2025; Revised: 17 June 2025; Accepted: 28 June 2025)

บทคัดย่อ

ศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อยในพื้นที่กลุ่มดินทรายภาคกลาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับอ้อยในพื้นที่กลุ่มดินทรายอย่างมีประสิทธิภาพ ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558 – กันยายน ปี พ.ศ. 2563 โดยทำการปลูกอ้อย 4 รุ่น คือ อ้อยปลูก อ้อยต่อ 1 อ้อยต่อ 2 และอ้อยต่อ 3 ณ พื้นที่ปลูกอ้อยของเกษตรกรในอำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ใส่ปุ๋ยเคมีแบบเกษตรกร 2) ใส่ปุ๋ยเคมี N-P-K ตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ใส่ปุ๋ยเคมี N-P-K-Mg ตามค่าวิเคราะห์ดิน 4) ใส่ปุ๋ยเคมี N-P-K-Zn ตามค่าวิเคราะห์ดิน และ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี N-P-K-Mg-Zn ตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยในกรรมวิธีที่ 2-5 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในการปลูกอ้อยต่อ ผลการทดลองพบว่าอ้อยที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินทั้ง 4 กรรมวิธี มีปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การจัดการปุ๋ยให้มีธาตุอาหารหลักที่เสริมด้วยแมกนีเซียม และสังกะสี (N-P-K-Mg-Zn) อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทำให้อ้อยต่อ 3 มีจำนวนหน่อ และจำนวนลำเพิ่มขึ้น ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 3 คือ 17.98 ตัน/ไร่ และ 10.94 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร ซึ่งมีผลผลิตอ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 3 เพียง 12.34 และ 7.56 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยในอ้อยปลูกถึงอ้อยต่อ 3 เพิ่มขึ้น 3,125 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.23 เนื่องจากสามารถลดค่าปุ๋ยได้ร้อยละ 25.24

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครศรีธรรมราช กรมวิชาการเกษตร อ.ช้างกลาง จ.นครศรีธรรมราช 80250

¹ Nakhonsrithammarat agricultural research and development center. Changklang, Nakhonsrithammarat 80250.

² ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร อำเภ่อูทอง จังหวัดสุพรรณบุรี 72160

² Suphanburi Field Crops Research Center. U Thong, Suphanburi 72160.

*Corresponding Author, E-mail: Email : pantu@windowslive.com

คำสำคัญ: อ้อย การจัดการธาตุอาหารพืช ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

Abstract

An effective nutrient management for sugarcane production on sandy soil was investigated. This aimed to be a guideline of fertilizer recommendation for sugarcane production on sandy soil in the central region of Thailand. The experiment was conducted by planting cane 4 generations; plant cane, first ratoon, second ratoon, and third ratoon cane in October 2016 to September 2020 at Sawang-arom district, Uthaitхани province. Experimental design was Randomized Completely Block design with 4 replications and 5 treatments; 1) conventional fertilizer application 2) N-P-K fertilizer application at the recommend rate based on soil analysis 3) N-P-K-Mg fertilizer application at the recommend rate based on soil analysis 4) N-P-K-Zn fertilizer application at the recommend rate based on soil analysis and 5) N-P-K-Mg-Zn fertilizer application at the recommend rate based on soil analysis. The results showed that sugarcane fertilized according to soil analysis has sufficient amounts of potassium, calcium, iron and zinc for plant growth. N-P-K-Mg-Zn fertilizer application at the recommend rate based on soil analysis causes the third ratoon cane to grow in terms of number of shoots and number of stalks per clump. The first and third ratoon cane applied N-P-K-Mg-Zn base on soil analysis yielded 17.98 and 10.94 tons/rai and significantly higher than conventional fertilizer application which yielded 12.34 and 7.56 tons/rai. The average income of 4 generations cane production applied with fertilizer according to soil analysis was 3,125 baht/rai or 30.23 percent higher than that of the conventional fertilizer application due to the 25.24 reduction percentage of fertilizer cost.

Keywords: sugarcane, nutrient management, fertilizer application according to soil analysis

บทนำ

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว และกากน้ำตาล โดยไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่อันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล ในปี พ.ศ. 2567 มีมูลค่าการส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ 132,137 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], 2567) มีพื้นที่การผลิตอ้อยมากเป็นอันดับ 4 ของโลกรองจากบราซิล อินเดีย และจีน จากการสำรวจโดยภาพถ่ายดาวเทียมในปีการผลิต 2566/2567 ไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย

11,125,480 ไร่ เพิ่มขึ้นจากการผลิต 2565/2566 ร้อยละ 2.46 (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล [สอน.], 2567) แต่มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 9,129,862 ไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 8,912 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ 12,047 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], 2568) แสดงให้เห็นว่า ในด้านการผลิตอ้อยเกษตรกรไทยยังคงประสบปัญหาด้านการผลิตซึ่งอาจมีสาเหตุจากปัจจัยหลายประการ เช่น พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ การใช้ปุ๋ย และอัตราปุ๋ยที่ไม่เหมาะสม หรือไม่คุ้มค่าโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของอ้อย คือการหาวิธีเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น เช่น การใช้พันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การเลือกฤดูกาล ปลูก และการจัดการปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืชผลทางการเกษตร และมีราคาแพงจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ย และปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ปฏิบัติเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย โดยสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยได้เมื่อใช้ถูกต้อง Blackburn (1984) รายงานว่าฟอสฟอรัสในดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อยมีค่ามากกว่า 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมในดินมีค่ามากกว่า 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังนั้นการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจึงต้องพิจารณาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน กรมวิชาการเกษตร (วก., 2553) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยอ้อยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยพิจารณาจากอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ อนุชา เหล่าเคน และคณะ (2557) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเขตน้ำฝน สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยปลูก อ้อยต่อ 1 และ อ้อยต่อ 2 เฉลี่ย 15.0 ตัน/ไร่ สำหรับการปลูกอ้อยในบางพื้นที่ นอกจากการใส่ปุ๋ยเคมีผสม N-P-K แยกต่าง ๆ ตามคำแนะนำแล้ว อ้อยยังมีความต้องการธาตุอาหารอื่นเพิ่มเติมในการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ธาตุสังกะสีเป็นจุลธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์เอนไซม์และการสังเคราะห์ Indole acetic acid และ Auxin ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช การใส่ปุ๋ยสังกะสีร่วมกับปุ๋ย N-P-K ในอ้อยพบว่ามีผลผลิตและปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Panhwar et al., 2003) ซึ่งดินเขตร้อนมักพบปัญหาการขาดธาตุสังกะสี โดยอ้อยที่แสดงอาการขาดธาตุสังกะสีจะมีผลต่อการแตกกอ การเจริญเติบโตและความยาวปล้อง อาการที่ใบอ่อนมีแถบเหลือง ชิดหรือสีขาวบนแผ่นใบอ่อน ขอบปล้องสั้น การแตกกอลดลง หน่อมีขนาดเล็ก และทำให้พืชอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำให้เป็นโรคเกิดอาการแถบสีแดงที่ใบ (Romheld & Nikolic, 2007) การใส่ปุ๋ยสังกะสีทำให้ผลผลิตอ้อย การเจริญเติบโต คุณภาพอ้อย ความยาวลำ และจำนวนลำต่อไร่เพิ่มมากขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัม/ไร่ ในดินทรายของประเทศบราซิล ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น 6.4 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยสังกะสี อัตรา 1.6 กิโลกรัม/ไร่ ในดินทรายที่มีสังกะสีที่สกัดได้ต่ำจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1.76 ตัน/ไร่ เป็น 5.44 ตัน/ไร่ (Mellis et al., 2011) Calcino (2010) รายงานว่าดินที่มีสังกะสีที่สกัดได้ต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะต้องใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.6 กิโลกรัม/ไร่ Mellis et al (2011) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.8 กิโลกรัม/ไร่ แต่พบว่าอัตรานี้ยังไม่เพียงพอสำหรับการผลิตอ้อย

แมงกนิเชียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อย และยังช่วยการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในต้นพืชและเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน แมงกนิเชียมมักขาดในดินที่มีอัตราการชะล้างมากเกินไป และจะแสดงอาการขาดในดินที่มีปริมาณแมงกนิเชียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ควรจะต้องมีการจัดการปุ๋ยแมงกนิเชียมให้กับอ้อย และถ้ามีการจัดการปุ๋ยแมงกนิเชียมที่เหมาะสมจะมีผลต่อคุณภาพผลผลิตน้ำอ้อย ได้แก่ ปริมาณ น้ำตาล ความบริสุทธิ์ และความหวาน เนื่องจากแมงกนิเชียมไปช่วยสังเคราะห์เอนไซม์และช่วยเพิ่มความหวานเมื่อใส่ปุ๋ยแมงกนิเชียมร่วมกับฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สำหรับดินที่มีแมงกนิเชียมและสังกะสีที่สกัดได้ต่ำ การใส่ปุ๋ยแมงกนิเชียมและสังกะสีทำให้ได้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น ดังนั้น การศึกษาการจัดการธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในพื้นที่กลุ่มดินทราย-ร่วนปนทรายจังหวัดอุทัยธานีที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตอ้อย

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) หมายถึงอ้อยโรงงาน หรืออ้อยน้ำตาล ที่ปลูกขึ้นเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาล
2. อ้อยปลูก (Planted cane) หมายถึงต้นอ้อยที่ได้มาจากการปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์อ้อยเป็นวัสดุปลูก
3. อ้อยตอ 1 (First Ratoon cane) หมายถึงต้นอ้อยที่งอกออกจากตอของอ้อยปลูก
4. อ้อยตอ 2 (Second Ratoon cane) หมายถึงต้นอ้อยที่งอกจากตอของอ้อยตอ 1
5. อ้อยตอ 3 (Third Ratoon cane) หมายถึงต้นอ้อยที่งอกจากตอของอ้อยตอ 2

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในจังหวัดอุทัยธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกพื้นที่ปลูกและการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

พื้นที่ทดลองเป็นแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในอำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี พิกัดแปลง Easting 564907 Northing 1725641 ดินมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายชุดดินบ้านไร่ (Coarse-loamy, mixed, subactive isohyperthermic Typic Haplustults.) ก่อนเริ่มการทดลองเก็บตัวอย่างดินรวม (Composite Sample) ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ส่งวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วย pH meter ใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) หาปริมาณ

อินทรีย์วัตถุด้วยวิธีของ Walkley and Black (1934) วัดค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยการสกัดดินด้วย น้ำยาสกัด Bray II และวัดค่าการเกิดสี (Bray & Kurtz, 1945) วัดค่าโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้โดยสกัดดินด้วย Ammonium Acetate 1 N และวัดด้วยเครื่อง เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotomete (Schollenberger & Simon, 1945) วัดค่าเหล็กและสังกะสีที่สกัดได้โดยการสกัดด้วย วิธี DTPA (Lindsay & Norvell, 1978)

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมแบบเกษตรกร 2) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ ดิน 3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีตามค่าวิเคราะห์ดิน 5) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีตามค่าวิเคราะห์ดิน

3. การเตรียมพื้นที่และการปลูกอ้อย

พื้นที่แปลงทดลองมีการไถตะ 1 ครั้ง ไถแปร 2 ครั้ง ไถดินลึกประมาณ 50 เซนติเมตร พรวนดินให้ ละเอียดและยกร่อง ใช้ระยะห่างระหว่างร่อง 1.5 เมตร ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อเดือนธันวาคม 2558 โดยวางท่อนพันธุ์หลุมละ 2 ท่อน ท่อนละ 3 ตา มีระยะห่างระหว่างหลุม 0.5 เมตร และกลบดินหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ขนาดแปลงทดลองย่อยมี 8 แถว ยาวแถวละ 8 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 24 ตารางเมตร ปลูกอ้อย โดยจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

Treatments	Fertilization time*	Fertilizer formula and fertilizer rate per rai per year		Fertilizer N-P-K ₂ O (kg/rai/year)
Conventional Practice	Planted cane	First time	15-15-15 rate 50 kg.	38-15-15
		Second time	46-0-0 rate 50 kg.	
			15-15-15 rate 50 kg.	
	Ratoon cane	First time	15-15-15 rate 50 kg.	38-15-15
		Second time	46-0-0 rate 50 kg.	
			15-15-15 rate 50 kg.	
N-P-K	Planted cane	First time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis.	18-6-18
		Second time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis.	
	Ratoon cane	First time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values.	27-6-18
		Second time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values.	
N-P-K-Mg	Planted cane	First time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis. Add dolomite lime rate 50 kg.	18-6-18

		Second time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis.	
	Ratoon cane	First time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values. Add dolomite lime rate 50 kg.	27-6-18
		Second time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values.	
N-P-K-Zn	Planted cane	First time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis. Add zinc fertilizer rate 1.6 kg.	18-6-18
		Second time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis.	
	Ratoon cane	First time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values. Add zinc fertilizer rate 1.6 kg.	27-6-18
		Second time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values.	
	Planted cane	First time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis. Add dolomite lime rate 50 kg. And add zinc fertilizer rate 1.6 kg.	18-6-18
		Second time	Apply half of the recommended N-P-K based on soil analysis.	
N-P-K-Mg-Zn	Ratoon cane	First time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values. Add dolomite lime rate 50 kg. And add zinc fertilizer rate 1.6 kg.	27-6-18
		Second time	Apply P and K at half the recommended soil analysis values. Apply N at half of 1.5 times the recommended soil analysis values.	

* First time: Apply as foundation fertilizer. Second time: Apply fertilizer when the sugarcane is 5 months old.

4. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ

เก็บตัวอย่างใบอ้อยเมื่ออ้อยมีอายุ 6 เดือน โดยสุ่มเก็บใบอ้อยตำแหน่งใบที่เห็นข้อสุดท้าย (the top visible dewlap) ของต้นอ้อย นำใบอ้อยที่เก็บได้มารวมกัน แปรลงย่อยละ 1 ตัวอย่าง ๆ ละ 1 กิโลกรัม (น้ำหนักสด) รวม 20 ตัวอย่าง ส่งวิเคราะห์ที่กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) โดยวิธี Kjeldahl ส่วนฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) สังกะสี (Zn) และเหล็ก (Fe) วัดโดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วยการผสมระหว่างไนตริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : HClO_4 = 3:1) หาค่าฟอสฟอรัสโดยการทำให้เกิดสีด้วยวิธี Yellow molybdovanado phosphoric acid โพแทสเซียม วัดด้วยเครื่อง Flame Photometer ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

5. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพ

เก็บข้อมูลอ้อยจำนวน 4 รุ่น คืออ้อยปลูก อ้อยตอ 1 อ้อยตอ 2 และอ้อยตอ 3 ประกอบด้วยจำนวนหน่อ/กอ เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน จำนวนลำ/กอ เมื่ออ้อยมีอายุ 6 เดือน จำนวน 10 กอ/แปลงย่อย เก็บผลผลิตอ้อยเมื่ออ้อยอายุประมาณ 330 วัน โดยสุ่มกลางแปลงพื้นที่ 24 ตารางเมตรต่อแปลงย่อย เพื่อนับจำนวนลำ

สำหรับคำนวณจำนวนลำต่อไร่ ซึ่งนำหนักผลผลิตสำหรับคำนวณผลผลิตต่อไร่ สุ่มผลผลิตจำนวน 10 ลำต่อแปลงย่อย เพื่อบันทึกจำนวนปล้องต่อลำ วัดความยาวลำโดยวัดจากโคนต้นถึงจุดตัดตามธรรมชาติ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำบริเวณปล้องที่อยู่กลางลำด้วยเวอร์เนียแคลิเปอร์ และสุ่มตัวอย่างอ้อยจำนวน 6 ลำต่อแปลงย่อย ส่งวิเคราะห์ปริมาณร้อยละของน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ที่จะสามารถผลิตเป็นการค้าเชิงพาณิชย์ได้ (CCS: Commercial Cane Sugar) ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี

6. การวิเคราะห์ผลตอบแทน และข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลตอบแทน โดยคำนวณต้นทุนการผลิต ประกอบด้วยราคาปุ๋ย อัตราปุ๋ยต่อไร่ และราคาขายผลผลิตเพื่อคำนวณรายได้จากราคาขายอ้อย/ผลผลิตต่อไร่ และเปรียบเทียบผลกำไรจากแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยเปรียบเทียบกับกำไรของเกษตรกร สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติกระทำโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลแปลงและสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คือ 7.9 มีอินทรีย์วัตถุระดับต่ำมาก คือ 0.81 % การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18 กิโลกรัม/ไร่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ ปุ๋ยฟอสเฟต อัตรา 6 กิโลกรัม/ไร่ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับต่ำ ต้องใส่ปุ๋ยโพแทช อัตรา 18 กิโลกรัม/ไร่ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงมาก คือ 1773 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่ต้องใส่ปุ๋ยแคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่า 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใส่ปุ๋ยโดโลไมต์ อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ และสังกะสีมีค่า 0.28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ ต้องใส่ธาตุสังกะสี อัตรา 1.6 กิโลกรัม/ไร่ (สถาบันวิจัยพืชไร่ [สวร.], 2544 ; ทักษิณา คັນสยะวิชัย, 2556) (Table 1)

Table 1 Chemical properties of soil used in the experiment and fertilizer recommend rate based on soil analysis.

Soil properties	Value	Recommend rate based on soil analysis
pH	7.9	-
Organic matter	0.81 %	N 18 kg/rai
Available P	17 mg/kg	P ₂ O ₅ 6 kg/rai
Exch.K	15 mg/kg	K ₂ O 18 kg/rai
Exch.Ca	1773 mg/kg	-
Exch.Mg	40 mg/kg	MgCO ₃ CaCO ₃ 50 kg/rai
Fe	23.98 mg/kg	-
Zn	0.28 mg/kg	ZnSO ₄ 1.6 kg/rai

2. การเจริญเติบโตของอ้อย

การจัดการธาตุอาหารโดยการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การเจริญเติบโตของอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 ในทุกกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยอ้อยมีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.25-11.00 หน่อ/กอ 7.5-9.1 หน่อ/กอ และ 9.11-10.68 หน่อ/กอ ตามลำดับ สำหรับอ้อยตอ 3 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) มีจำนวนหน่อ 8.87 หน่อ/กอ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรซึ่งมีจำนวนหน่อ 7.11 หน่อ/กอ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ซึ่งมีจำนวนหน่ออยู่ในช่วง 7.33-8.52 หน่อ/กอ (Table 2) การใช้ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร และการใช้ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 พบว่า มีจำนวนลำไม่แตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 4.90-5.14 ลำ/กอ 6.99-7.40 ลำ/กอ และ 5.53-7.20 ลำ/กอ ตามลำดับ แต่ในอ้อยตอ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg) อ้อยมีจำนวนลำ 5.41 ลำ/กอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) อ้อยมีจำนวนลำ 6.47 และ 6.46 ลำ/กอ ตามลำดับ (Table 2)

3. ปริมาณธาตุอาหารในใบ

การประเมินปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรและการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธี มีปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบอ้อยปลูกไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.70-1.79 % และ 1.18-1.35 % ตามลำดับ

Table 2 Effect of nutrient management on number of shoots and number of stalks of planted cane and ratoon cane.

Treatments	Number of shoots per clump				Number of stalks per clump			
	Planted cane	Ratoon cane			Planted cane	Ratoon cane		
		1	2	3		1	2	3
Conventional	9.50	7.50	9.11	7.11 b	5.41	6.99	6.53	6.47 a
N-P-K	9.25	8.75	9.29	7.33 ab	4.90	7.40	5.53	6.23 ab
N-P-K-Mg	11.00	8.60	10.04	8.52 ab	5.01	7.31	7.18	5.41 b
N-P-K-Zn	9.75	8.35	10.66	8.52 ab	5.22	6.99	6.09	5.80 ab
N-P-K-Mg-Zn	10.00	9.10	10.68	8.87 a	5.18	6.99	7.20	6.46 a
CV (%)	19.9	11.3	16.3	11.7	20.6	9.6	13.5	9.9

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบ 0.23 % สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธี ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบอยู่ในช่วง 0.18-0.19 % สำหรับปริมาณแคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ในใบทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยมีค่าเพียงพอกับความต้องการของพืช มีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.56 % 96.87-118.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 17.00-19.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 3) สำหรับอัตราต่อทั้ง 3 รุ่นพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบแต่ละวิธีการใส่ปุ๋ยมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 1.70-1.75 % 0.19-0.21 % และ 1.33-1.52 % ตามลำดับ ปริมาณแมกนีเซียมในใบทุกวิธีการใส่ปุ๋ยมีค่าไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช 0.10-0.12 % แสดงใน Table 4

Table 3 Effect of nutrient management on leaf nutrient of planted cane.

Treatments	Leaf nutrient						
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Conventional	1.79	0.23 a	1.35	0.47 b	0.11 ab	118.1 a	19.43 a
N-P-K	1.70	0.19 b	1.27	0.54 ab	0.11 ab	100.7 ab	17.31 b
N-P-K-Mg	1.71	0.18 b	1.18	0.56 a	0.12 a	103.3 ab	17.00 b
N-P-K-Zn	1.70	0.18 b	1.32	0.51 ab	0.10 b	105.3 ab	18.68 ab
N-P-K-Mg-Zn	1.73	0.19 b	1.33	0.50 ab	0.11 ab	96.87 b	18.68 ab
CV.%	3.6	4.6	10.9	9.7	7.2	10.3	6.9

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

Table 4 Effect of nutrient management on leaf nutrient of ratoon cane.

Treatments	Leaf nutrient						
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Conventional	1.75	0.20	1.33	0.41 ab	0.12 a	105.6 a	16.81
N-P-K	1.70	0.19	1.40	0.35 b	0.10 b	105.9 a	16.93
N-P-K-Mg	1.74	0.21	1.52	0.37 ab	0.12 a	104.9 a	16.62
N-P-K-Zn	1.74	0.19	1.35	0.44 a	0.10 b	88.06 b	18.00
N-P-K-Mg-Zn	1.70	0.19	1.35	0.41 ab	0.12 a	92.75 ab	19.00
CV.%	4.0	5.1	8.6	10.9	5.2	9.3	6.9

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

4. ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และคุณภาพน้ำคั้นอ้อย

การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำของอ้อยปลูก อ้อยตอ 2 และอ้อยตอ 3 วิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธีมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 253.6-284.9 เซนติเมตร 144.9-177.3 เซนติเมตร และ 148.4-183.4 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับอ้อยตอ 1 วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) อ้อยมีความยาวลำ 219.2 เซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรซึ่งอ้อยมีความยาวลำ 175.8 เซนติเมตร (Table 5) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยปลูก

ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg) มีค่า 2.96 เซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 2.64 เซนติเมตร สำหรับอ้อยตอ 1 อ้อยตอ 2 และอ้อยตอ 3 วิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรและการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธีพบว่า อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.35-2.73 เซนติเมตร 2.46-2.63 เซนติเมตร และ 2.53-2.64 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 5)

การใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรและการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธีของอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 อ้อยตอ 2 และอ้อยตอ 3 มีจำนวนปล้องไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 21.22-21.84 ปล้อง/ลำ 19.99-20.80 ปล้อง/ลำ 14.87-17.25 ปล้อง/ลำ และ 17.13-18.24 ปล้อง/ลำ ตามลำดับ สำหรับจำนวนลำเก็บเกี่ยวของอ้อยปลูก อ้อยตอ 2 และอ้อยตอ 3 วิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรและการใส่ปุ๋ยตามอัตราที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนลำอยู่ในช่วง 9,091-11,138 ลำ/ไร่ 10,833-12,166 ลำ/ไร่ และ 8,440-10,450 ลำ/ไร่ ตามลำดับ (Table 6)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) ทำให้อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 3 มีผลผลิต 17.98 ตัน/ไร่ และ 10.94 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรซึ่งมีผลผลิต 12.34 ตัน/ไร่ และ 7.56 ตัน/ไร่ ตามลำดับ แต่ในอ้อยปลูกและอ้อยตอ 2 พบว่า ทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอ้อยมีผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 14.30-17.23 ตัน/ไร่ และ 11.53-11.02 ตัน/ไร่ ตามลำดับ

Table 5 Effect of nutrient management on stalk length and stalk diameter of planted cane and ratoon cane.

Treatments	Stalk length (cm)				Stalk diameter (cm)			
	Planted cane	Ratoon cane			Planted cane	Ratoon cane		
		1	2	3		1	2	3
Conventional	253.6	175.8 b	144.9	148.4	2.64 b	2.35	2.46	2.56
N-P-K	275.5	201.6 ab	162.2	166.7	2.71 b	2.63	2.62	2.64
N-P-K-Mg	274.6	210.0 ab	162.4	183.4	2.96 a	2.71	2.49	2.59
N-P-K-Zn	284.9	187.7 ab	170.5	164.7	2.68 b	2.48	2.53	2.53
N-P-K-Mg-Zn	275.5	219.2 a	177.3	164.8	2.68 b	2.73	2.63	2.64
CV (%)	8.0	11.9	24.1	15.3	4.4	10.2	5.7	5.1

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

Table 6 Effect of nutrient management on number of internodes per stalk and number of stalks per rai of planted cane and ratoon cane.

Treatments	Number of internodes				Number of stalks			
	Planted	Ratoon			Planted	Ratoon		
	cane	1	2	3	cane	1	2	3
Conventional	21.30	19.99	15.47	17.13	11,188	13,200 a	12,000	8,440
N-P-K	21.55	20.00	15.00	17.47	9,091	13,200 a	10,833	9,300
N-P-K-Mg	21.22	20.79	14.87	18.24	10,246	10,400 b	10,966	9,600
N-P-K-Zn	21.84	20.78	16.70	17.59	11,138	13,800 a	12,166	10,450
N-P-K-Mg-Zn	21.71	20.80	17.25	17.39	10,969	14,200 a	11,566	10,280
CV (%)	8.9	6.4	20.8	7.1	21.0	13.7	10.4	13.4

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

สำหรับคุณภาพความหวาน (CCS) ของอ้อยพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) ของอ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 มีค่าซีซีเอส 16.09 และ 14.10 ตามลำดับ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg) ซึ่งมีค่าซีซีเอส 14.27 และ 12.51 ตามลำดับ สำหรับในอ้อยปลูก และอ้อยตอ 3 พบว่า การจัดการปุ๋ยแต่ละวิธีมีค่าซีซีเอสไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 13.76-14.69 และ 13.69-14.61 ตามลำดับ (Table 7)

Table 7 Effects of nutrient management on yield and CCS of planted cane and ratoon cane.

Treatments	Yield (Ton/rai)				CCS (%)			
	Plant	Ratoon cane			Plante	Ratoon cane		
	ed	1	2	3	d cane	1	2	3
	cane							
Conventional	14.30	12.34 b	9.35	7.56 b	13.91	15.48 ab	13.71 ab	14.61
N-P-K	14.56	15.91 ab	10.57	9.11 ab	14.35	15.28 ab	13.16 ab	13.89
N-P-K-Mg	16.99	12.24 b	10.29	10.03 a	14.36	14.27 b	12.51 b	14.48
N-P-K-Zn	17.13	15.59 ab	11.02	10.01 a	13.76	15.32 ab	13.01 ab	13.69
N-P-K-Mg-Zn	17.23	17.98 a	10.53	10.94 a	14.69	16.09 a	14.10 a	14.10
CV (%)	24.3	22.9	22.3	14.5	7.9	4.9	6.2	6.2

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

5. ผลตอบแทน

การใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืชอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธี มีต้นทุนค่าปุ๋ยน้อยกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรไร่ละ 636-791 บาทต่อไร่ มีผลผลิตอ้อยสดเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร และยังมีรายได้เพิ่มขึ้น 1,567-3,125 บาท/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร สำหรับกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (N-P-K-Mg-Zn) ในอ้อยปลูกถึงอ้อยต่อ 3 มีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3,125 บาท/ไร่ (Table 8)

Table 8 Effects of nutrient management on fertilizer cost and income of planted cane and ratoon cane.

Treatments	Yield (ton/rai)	Fertilizer cost* (baht/rai)	Income** (baht/rai)	Increasing income (baht/rai)
Conventional	10.88	2,490	10,336	-
N-P-K	12.53	1,699	11,903	1,567
N-P-K-Mg	12.38	1,799	11,761	1,425
N-P-K-Zn	13.43	1,754	12,758	2,422
N-P-K-Mg-Zn	14.17	1,854	13,461	3,125

*Price of chemical fertilizer: 21-0-0 = 460 baht/50 kg, 18-46-0 = 980 baht/50 kg, 0-0-60 = baht/50 kg, 15-15-15 = 860 baht/50 kg, 46-0-0 = 770 baht/50 kg, $MgCo_3CaCo_3$ = 100 baht/25 kg and $ZnSO_4$ (32%Zn) = 850 baht/25 kg.

**Sugarcane price = 950 baht/ton

อภิปรายผล

1.สมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมสำหรับอ้อย คือมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.6-7.3 อินทรีย์วัตถุ 1.5-2.5 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10-20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 80-150 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แมกนีเซียม 12-30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังกะสี มากกว่า 0.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สวร., 2544) กับคุณสมบัติทางเคมีของของดินที่ใช้ในการทดลองซึ่งพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูง มีอินทรีย์วัตถุต่ำ มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก มีแมกนีเซียมต่ำ และมีสังกะสีต่ำมาก สำหรับการปลูกอ้อย ดังนั้นจึงควรมีการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมในการปลูกอ้อย

2. ปริมาณธาตุอาหารในใบ

Anderson and Bowen (1990) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย ในช่วงสร้างลำ พบว่า ระดับธาตุอาหารในใบอ้อยที่จะให้ผลผลิตอย่างเหมาะสมควรมีไนโตรเจน 2.00-2.60 % ฟอสฟอรัส 0.22-0.30 %

โพแทสเซียม 1.00-1.60 % แคลเซียม 0.20-0.45 % แมกนีเซียม 0.15-0.32 % เหล็ก 50-105 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังกะสี 12-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งในการตรวจธาตุอาหารในใบของการทดลองที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 ฟอสฟอรัส การที่กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรรมมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบ สูงกว่าและแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทุกกรรมวิธีเนื่องจากเกษตรกรใส่ปุ๋ย P_2O_5 อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่ใส่ปุ๋ย P_2O_5 อัตรา 6 กิโลกรัม/ไร่

2.2 แมกนีเซียม ปริมาณแมกนีเซียมในใบทุกกรรมวิธีการมีค่าไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชเนื่องจากแมกนีเซียมเป็นแคตไอออนประจุบวกสองขนาดเล็ก (Mg^{2+}) ทำให้อัตราการดูดแมกนีเซียมไอออนลดลงมากหากมี K^+ NH_4^+ Ca^{2+} ในสารละลายสูง เนื่องจากไอออนเหล่านี้แสดงภาวะปฏิปักษ์ (antagonism) ต่อการดูดแมกนีเซียม ดังนั้นจึงอาจพบอาการขาดแมกนีเซียมได้เสมอ (ยงยุทธ โอสดสภา, 2546) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ดินที่ใช้ปลูกมีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากจึงเป็นเหตุให้มีการขัดขวางการดูดแมกนีเซียมจนส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในใบต่ำ

2.3 สังกะสี โดยทั่วไปพืชดูดสังกะสีรูปไดเวเลนซ์แคตไอออน (Zn^{2+}) แต่ในสภาพที่ดินมีพีเอชสูงก็อาจใช้โมโนเวเลนซ์แคตไอออน ($ZnOH^+$) ได้ โดยอัตราการดูดสังกะสีของรากพืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมในดิน หากดินมีแคลเซียมสูงเกินไปอาจยับยั้งการดูดสังกะสี ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงพบว่าการวิธี N-P-K-Mg พืชมีแคลเซียมในใบสูง 0.56 % ทำให้มีสังกะสีในใบต่ำ 17.00 มิลลิกรัม และกรรมวิธีของเกษตรกรพืชมีแคลเซียมในใบต่ำ 0.47 % ทำให้มีสังกะสีในใบสูง 19.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2.4 โพแทสเซียม โพแทสเซียมเป็นแคตไอออนประจุบวก อัตราการดูดโพแทสเซียมไอออนจะลดลงมากหากมี Mg^{2+} NH_4^+ หรือ Ca^{2+} ในสารละลายสูง เนื่องจากไอออนเหล่านี้แสดงภาวะปฏิปักษ์ (antagonism) ต่อการดูดโพแทสเซียม หากธาตุอาหารต่างๆ ในดินไม่สมดุล (ยงยุทธ โอสดสภา, 2546) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบปริมาณโพแทสเซียมในใบเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อยในทุกกรรมวิธี

3. ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต คุณภาพน้ำคั้นอ้อย และผลตอบแทน

จำนวนลำเก็บเกี่ยวของอ้อยต่อ 1 ไร่ใส่ปุ๋ย N-P-K-Mg อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนลำน้อยกว่าและแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร อาจเนื่องจากปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่มีปริมาณไม่เท่ากัน หรืออัตราการดูดใช้แอมโมเนียมลดลงเนื่องจากมี Mg^{2+} หรือ K^+ ในสารละลายสูง เนื่องจากไอออนเหล่านี้แสดงภาวะปฏิปักษ์ (antagonism) ต่อการดูดใช้แอมโมเนียม ส่วนการใส่ปุ๋ย N-P-K-Mg-Zn อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า อ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 3 มีผลผลิตสูงกว่าและแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร สอดคล้องกับรายงานของ วิภาวรรณ ท้ายเหมือง และคณะ (2562) ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียมและสังกะสี ในดินที่มีแมกนีเซียมและสังกะสีในดินต่ำ ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นและมีกำไรเพิ่มขึ้น 24-66 %

การใส่ปุ๋ย N-P-K-Mg-Zn อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินทำให้เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3,125 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.23 และยังสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยของ

เกษตรกร สอดคล้องกับรายงานของ อนุชา เหล่าเคน และคณะ (2557) ซึ่งทดสอบการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิต อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในเขตอาศัยน้ำฝน จังหวัดมหาสารคาม พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมีผสมสูตร 18-9-18) ให้ผลผลิตในอ้อยปลูก อ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 2 เฉลี่ย 3 ปี 15.02 ตัน/ไร่ มากกว่า การใช้ปุ๋ยแบบเกษตรกร และมีรายได้เฉลี่ย 14,855 บาท/ไร่ มากกว่าการใช้ปุ๋ยแบบเกษตรกรร้อยละ 28.55

สรุปผล

การปลูกอ้อยในพื้นที่กลุ่มดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำจังหวัดอุทัยธานี โดยการจัดการปุ๋ยให้มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม (N-P-K-Mg-Zn) อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในแปลงอ้อยปลูก และเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.5 เท่า ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในอ้อยต่อ ทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อ และความยาวลำเพิ่มขึ้น มีผลผลิตของอ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 3 สูงกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร ทำให้มีรายได้เฉลี่ยในอ้อยปลูกถึงอ้อยต่อ 3 เพิ่มขึ้น 3,125 บาท/ไร่ อ้อยยังมีปริมาณธาตุอาหาร โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสีในใบ อยู่ในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และยังสามารถลดค่าปุ๋ยได้ร้อยละ 25.54 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร

ข้อเสนอแนะ

1. หากพบว่าในดินที่จะปลูกอ้อยมีแคลเซียมสูงมากควรหาวิธีแก้ไขก่อนปลูกอ้อยเพราะจะมีผลต่อการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียม และสังกะสี ลดลง
2. ในการคำนวณค่าตอบแทนจากการใช้ปุ๋ยที่ผสมเองตามค่าวิเคราะห์ดิน ควรนำค่าแรงในการผสมปุ๋ยมาคิดด้วย ในส่วนของรายรับควรใช้การคำนวณราคาขายอ้อยตามค่า SCC

อ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2553). *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กรมวิชาการเกษตร. ทักษิณา ศันสยะวิชัย. (2556). การจัดการไร่อ้อย. เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรการปลูกอ้อยและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในพื้นที่ปลูกใหม่. วันที่ 16 สิงหาคม 2556 ณ ห้องประชุมที่ว่าการอำเภอภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ.
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2546). *ธาตุอาหารพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิภาวรรณ ท้ายเหมือง สุชาติดา กรุณา ศิวโรจน์ สุวรรณโณ และอาณัติ เสงเจริญ. (2562). ผลของปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตอ้อยต่อ 1 ในชุดดินโคราช. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(4), 739-748.

- สถาบันวิจัยพืชไร่. (2544) เอกสารวิชาการ พันธุ์ การปลูกดูแลรักษาอ้อย. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการ เกษตร.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2567). รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2566/2567. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงาน คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2566. สำนักงาน เศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2568). สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2567. สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร.
- อนุชา เหลาเคน นิพนธ์ ภาชนะวรรณ สุชาติ คำอ่อน ทักษิณา คັນสยะวิชัย และจักรพรรดิ วุ่นสีแสง. (2557). การทดสอบการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนจังหวัด มหาสารคาม. วารสารแก่นเกษตร, 42(ฉบับพิเศษ 2), 13-141.
- Anderson, D.L. and Bowen J.E. (1990). *Sugarcane nutrition*. Potash and phosphate institute of Canada, Foundation for Agronomic Research Atlanta Georgia USA.
- Bray, R.H., and L.T. Kurtz. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*, 59, 39-45.
- Blackburn, F. (1984). *Sugarcane*. Longman, Inc., New York.
- Calcino, D.V. (2010). *Australian sugarcane nutrition manual*. Soil and Sugarcane Growth, BSES Limited.
- Mellis, E.V., J.A. Quaggio, L.A.J. Teixeira, and H. Cantarella. (2011). Sugarcane response to zinc application. In: 3rd International Zinc Symposium, Hyderabad, India. 119 pp.
- Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci*, 42, 421-428.
- Panhwar, M.W., S.S Joshi and V.T. Amodker. (2003). Effect of foliar application of phosphorus and micronutrients on enzyme activities and juice quality in sugar cane. *Sugar Tech*. 5(3), 161-165.
- Peech, M. 1965. Hydrogen Ion Activity. pp. 914-926. In C. A. Black, D.D. Evans, L.E. Ensminger, and F.E. Clark (eds.). Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy. adison. Wisconsin. USA.
- Romheld V. and M. Nikolic. (2007). Iron. In Handbook of plant nutrition. A.V. Barker and D.J. Pilbeam. CPC Press. New York. 773 pp.
- Schollenberger, C.J., and R.H. Simon. (1945). Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soils-ammonium acetate method. *Soil Sci*, 59, 13-24.

Walkley, and I.A. Black. (1934). An examination of Degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37, 29-37.



**JSAT
PNU**

Princess of Naradhiwas University