การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียง: กรณีศึกษาในจังหวัดเพชรบุรี

DRONE TECHNOLOGY FOR COST REDUCTION AND PRODUCTION EFFICIENCY ENHANCEMENT AMONG SUFFICIENCY ECONOMY FARMERS: A CASE STUDY IN PHETCHABURI PROVINCE

รอฟีกี หวันเหล็ม[1] ศิรินันท์ มศรีภูมิ[2] อุปพันธ์ ทวีผล[3]

Rofeekee Wanlem, Sirinun Masripoom, Upaphun Taweephol

Received July 15, 2025

Revised September 7,2025

Accepted October 16, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในภาคการเกษตรของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียง 2) ผลของการใช้เทคโนโลยีโดรนต่อการลดต้นทุนการผลิต และ 3) ผลของการใช้เทคโนโลยีโดรนต่อประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรีที่มีอายุระหว่าง 30-40 ปี จำนวน 428 คน ซึ่งได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Cochran (1977) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.96 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า

1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยที่มีอิทธิพลได้แก่ รูปแบบการประยุกต์ใช้ (X_m) ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร (X_t) และ ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก (X_w) โดยสามารถร่วมกันทำนายการลดต้นทุนได้ร้อยละ 69.4 (R^2=0.694) และสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้ $\hat{Y}_{total} = 0.779 + 0.891(X_m) + 0.494(x_t) + 0.661(x_w)$

2) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยที่มีอิทธิพลได้แก่ รูปแบบการประยุกต์ใช้ (X_m)ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร (X_t) และ ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก (X_w) โดยสามารถร่วมกันทำนายการเพิ่มประสิทธิภาพได้ร้อยละ 54.2 (R^2 = 0.542) และสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้ $\hat{Y}_{total} = 0.529 + 0.465(X_m) + 0.553(x_t) + 0.335(x_w)$

คำสำคัญ: เทคโนโลยีโดรน การเกษตรแบบพอเพียง แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

---

[1] คณะการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล: rofeekee.wan@mail.pbru.ac.th
Faculty of Management Science, Phetchaburi Rajabhat University, Corresponding Author, Email Address: rofeekee.wan@mail.pbru.ac.th

[2] คณะการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อีเมล: Mintsirinun@gmail.com
Faculty of Management Science, Phetchaburi Rajabhat University, Email Address: Mintsirinun@gmail.com

[3] คณะการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อีเมล: upaphan.taw@mail.pbru.ac.th
Faculty of Management Science, Phetchaburi Rajabhat University, Email Address: upaphan.taw@mail.pbru.ac.th

Abstract

This research aimed to investigate: 1) the patterns of drone technology application in agriculture by farmers practicing the Sufficiency Economy Philosophy 2) the effects of drone technology on reducing production costs; and 3) the effects of drone technology on enhancing production efficiency for farmers in Phetchaburi Province. The sample group consisted of 428 farmers in Phetchaburi Province, aged between 30 and 40 years, determined using Cochran (1977) formula for sample size calculation at a 95% confidence level. The research instrument was a questionnaire, demonstrating a reliability coefficient of 0.96. Statistical analyses included percentage, mean, standard deviation, and multiple regression analysis.

The research findings revealed

1) The application of drone technology significantly led to reduced production costs for farmers practicing the Sufficiency Economy Philosophy in Phetchaburi Province. Influential factors included the mode of application (X_{pp}), type of agricultural activity (X_{aa}) and specific needs of the cultivated area (X_{ca}). These factors collectively predicted 69.4% of the variation in cost reduction (R2=0.694), and the raw score prediction equation is $\hat{Y}_{total} = 0.779 + 0.891(X_{pp}) + 0.494(X_{aa}) + 0.661(X_{ca})$

2) The application of drone technology significantly enhanced production efficiency for farmers practicing the Sufficiency Economy Philosophy in Phetchaburi Province. Influential factors included the mode of application (X_{pp}), type of agricultural activity (X_{aa}) and specific needs of the cultivated area (X_{ca}). These factors collectively predicted 54.2% of the variation in efficiency enhancement (R2=0.542), and the raw score prediction equation is $\hat{Y}_{total} = 0.529 + 0.465(X_{pp}) + 0.553(X_{aa}) + 0.335(X_{ca})$

Keywords: Drone technology, Self-sufficiency agriculture, Sufficiency economy philosophy, Cost reduction, Production efficiency

บทนำ

ภาคการเกษตรนับเป็นรากฐานสำคัญของเศรษฐกิจไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ต่างจังหวัดที่มีศักยภาพสูง เช่น จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีความหลากหลายทางภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เอื้อต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด อาทิ ข้าว พืชไร่ และไม้ผล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ภาคการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างรายได้และความมั่นคงทางเศรษฐกิจของท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม แม้จังหวัดเพชรบุรีจะมีศักยภาพทางการเกษตรสูง แต่เกษตรกรยังคงเผชิญกับปัญหาและความท้าทายหลายประการ ทั้งด้านต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ความผันผวนของแรงงานและปัจจัยการผลิต รวมถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงานอันเกิดจากการโยกย้ายแรงงานเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ (กรมการจัดหางาน, 2564) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศยังส่งผลให้เกิดภัยแล้งและน้ำท่วมบ่อยครั้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2563) ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่สร้างภาระและเพิ่มความไม่แน่นอนในการประกอบอาชีพของเกษตรกรในพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

แนวคิด “เกษตรแบบพอเพียง” ซึ่งพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงพระราชทานไว้ เป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรมไทยอย่างยั่งยืน โดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรดำรงชีวิตและประกอบอาชีพบนพื้นฐานของความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกัน และการพึ่งพาตนเอง (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2562) แนวคิดดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อลดการพึ่งพิงจากภายนอกและสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมในระดับครัวเรือน

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ เกษตรกรจำนวนไม่น้อยยังคงประสบข้อจำกัดในการนำแนวทางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มศักยภาพ อาทิ การปลูกข้าวอินทรีย์ที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการกำจัดวัชพืช และการลงทุนเบื้องต้นในการพัฒนาระบบน้ำหรือโครงสร้างพื้นฐานทางการเกษตร (มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ, 2561) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกษตรกรบางส่วนยังไม่สามารถลดการพึ่งพิงภายนอกได้อย่างแท้จริง

ในบริบทของการพัฒนาเกษตรกรต้องเผชิญกับข้อจำกัดด้านแรงงานและต้นทุนดังกล่าว เทคโนโลยีโดรนเพื่อการเกษตรจึงถือเป็นนวัตกรรมที่มีศักยภาพสูงในการยกระดับประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร (FAO, 2018) เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายกิจกรรม เช่น การพ่นปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรด้วยความแม่นยำสูง ช่วยลดการสูญเสียสารเคมีและการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังประหยัดเวลาและแรงงานเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม (Maes & Steppe, 2019; Zhang & Kovacs, 2017) นอกจากนี้ โดรนยังสามารถสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลของแปลงเกษตรจากมุมสูงได้อย่างละเอียด เช่น การประเมินสุขภาพพืช การระบุพื้นที่ขาดน้ำหรือการระบาดของศัตรูพืช การสร้างแผนที่ความสมบูรณ์ของพืช และการประเมินผลผลิต (Yang et al., 2017) ข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของเกษตรกรในการบริหารจัดการแปลงเพาะปลูกได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ เทคโนโลยีโดรนจึงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดภาระด้านแรงงานและต้นทุนบางส่วนให้กับเกษตรกรได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรที่ยึดหลักเกษตรพอเพียง ซึ่งอาจมองหาทางเลือกที่ช่วยให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ทิ้งหลักการพึ่งพาตนเอง

ในทางตรงกันข้ามแม้เทคโนโลยีโดรนจะถูกนำเสนอเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนเกษตรอัจฉริยะด้วยศักยภาพในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2564) ทว่าการประยุกต์ใช้ในบริบทของ เกษตรกรที่ดำเนินการตามแนวทางเกษตรพอเพียง โดยเฉพาะในจังหวัดเพชรบุรียังไม่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางและเป็นรูปธรรม อีกทั้งการลงทุนเริ่มต้นยังค่อนข้างสูงสำหรับเกษตรกรรายย่อย (Department of Agriculture and Farmers Welfare, 2022) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาเชิงประจักษ์ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนสามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรที่ดำเนินการตามแนวทางเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรีได้จริงหรือไม่ ผลการศึกษานี้คาดว่าจะเป็นข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ และองค์กรที่เกี่ยวข้อง ในการกำหนดนโยบายและแนวทางส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเกษตรที่เหมาะสม ยั่งยืน และสอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในภาคการเกษตรของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี
2. เพื่อวิเคราะห์ผลของการใช้เทคโนโลยีโดรนต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีโดรนต่อประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี

ทบทวนวรรณกรรม

เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ โดรน (UAV for agriculture)

เทคโนโลยีโดรน หรืออากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) ปัจจุบัน เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและยกระดับศักยภาพของภาคการเกษตรให้มีความแม่นยำและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย คือ เทคโนโลยีโดรน (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) หรืออากาศยานไร้คนขับ ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมสำคัญที่มีส่วนในการขับเคลื่อนแนวคิด “การเกษตรอัจฉริยะ (Smart farming)” หรือ “การเกษตรแม่นยำ (Precision agriculture)” ทั้งนี้โดรนทางการเกษตรสามารถแบ่งออกได้หลากหลายประเภทตามวัตถุประสงค์การใช้งานหลัก ได้แก่ โดรนสำรวจ (Survey drones) ที่ติดตั้งกล้อง Multispectral,

Hyperspectral หรือ Thermal เพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสำหรับการวิเคราะห์สุขภาพพืช การประเมินความต้องการน้ำและปุ๋ย การระบุพื้นที่ที่มีศัตรูพืชหรือโรคระบาด และการสร้างแผนที่แปลงเพาะปลูกที่มีความละเอียดสูง (Yang et al., 2017) อีกประเภทคือ โดรนฉีดพ่น (Spraying drones) ซึ่งติดตั้งถังบรรจุสารและหัวฉีดสำหรับพ่นปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรือสารชีวภัณฑ์ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ลดการสัมผัสสารเคมีของเกษตรกร และช่วยประหยัดปริมาณสารที่ใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญ การประยุกต์ใช้โดรนในกิจกรรมเหล่านี้ช่วยลดการใช้แรงงานคน ประหยัดเวลา และเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่เพาะปลูกที่ยากลำบาก ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มโดยรวม (Dastider et al., 2021) อย่างไรก็ตาม การลงทุนเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูงและความจำเป็นในการมีทักษะเฉพาะทางในการควบคุมและบำรุงรักษาโดรนยังคงเป็นข้อจำกัดที่ท้าทายสำหรับเกษตรกรรายย่อย

แนวคิดเรื่องการเกษตรแบบพอเพียง

เกษตรพอเพียง หรือ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy: SEP) เป็นแนวคิดที่พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงพระราชทานแก่ประชาชนชาวไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรากฐานความมั่นคงและความยั่งยืนในทุกมิติ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรม หลักการสำคัญประกอบด้วย ความพอประมาณ ความมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี บนพื้นฐานของความรู้และคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) ในบริบทของภาคเกษตรกรรม แนวคิด "เกษตรพอเพียง" จึงหมายถึงการจัดการทรัพยากรอย่างสมดุล มุ่งลดการพึ่งพาจากภายนอก โดยเน้นการผลิตเพื่อยังชีพเป็นหลักและสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่เพาะปลูก ทั้งนี้ แม้เกษตรพอเพียงจะเน้นการพึ่งพาตนเอง แต่ในทางปฏิบัติ เกษตรกรจำนวนหนึ่งยังคงเผชิญข้อจำกัดด้านต้นทุนการผลิต และแรงงาน ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตและการสร้างรายได้ ดังนั้น การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น โดรน เพื่อช่วยลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการยกระดับเกษตรพอเพียงให้มีความยั่งยืนยิ่งขึ้น

แนวคิดต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร

ต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพาะปลูก ตั้งแต่การเตรียมดิน การจัดหาปัจจัยการผลิต การดูแลรักษา ไปจนถึงการเก็บเกี่ยว ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed costs) เช่น ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าเช่าที่ดิน และต้นทุนผันแปร (Variable costs) เช่น ค่าปุ๋ย ค่ายา ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าแรงงาน การบริหารจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนของเกษตรกร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ในขณะที่ ประสิทธิภาพการผลิต (Production Efficiency) หมายถึง ความสามารถในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณและคุณภาพที่ต้องการ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพอาจรวมถึงผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ (Yield per Acre/Rai) อัตราการใช้ปัจจัยการผลิต (Input use efficiency) หรืออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio) การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในภาคเกษตรมักมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพเหล่านี้ โดยมีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการบรรลุเป้าหมายดังกล่าว เช่น การใช้ระบบน้ำหยดเพื่อประหยัดน้ำและปุ๋ย หรือการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่เพื่อลดต้นทุนแรงงาน

ทฤษฎีการนำนวัตกรรมมาใช้ (Rogers' Diffusion of Innovation)

ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of innovation theory) ของ Everett M. Rogers (2003) เป็นกรอบแนวคิดที่นิยมใช้ในการอธิบายกระบวนการที่นวัตกรรมถูกสื่อสารและแพร่กระจายไปในระบบสังคมในช่วงเวลาหนึ่ง โดยนวัตกรรมคือแนวคิด การปฏิบัติ หรือวัตถุที่ถูกรับรู้ว่าเป็นสิ่งใหม่โดยบุคคลหรือหน่วยการรับเลี้ยง Rogers (2003) มีองค์ประกอบหลักของการแพร่กระจาย ได้แก่ 1) นวัตกรรม (Innovation) ซึ่งมีคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการยอมรับ เช่น ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ (Relative advantage) ความเข้ากันได้ (Compatibility) ความซับซ้อน (Complexity) ความสามารถในการทดลองใช้ (Trialability) และ การสังเกตเห็นได้ (Observability) 2) ช่องทางการ

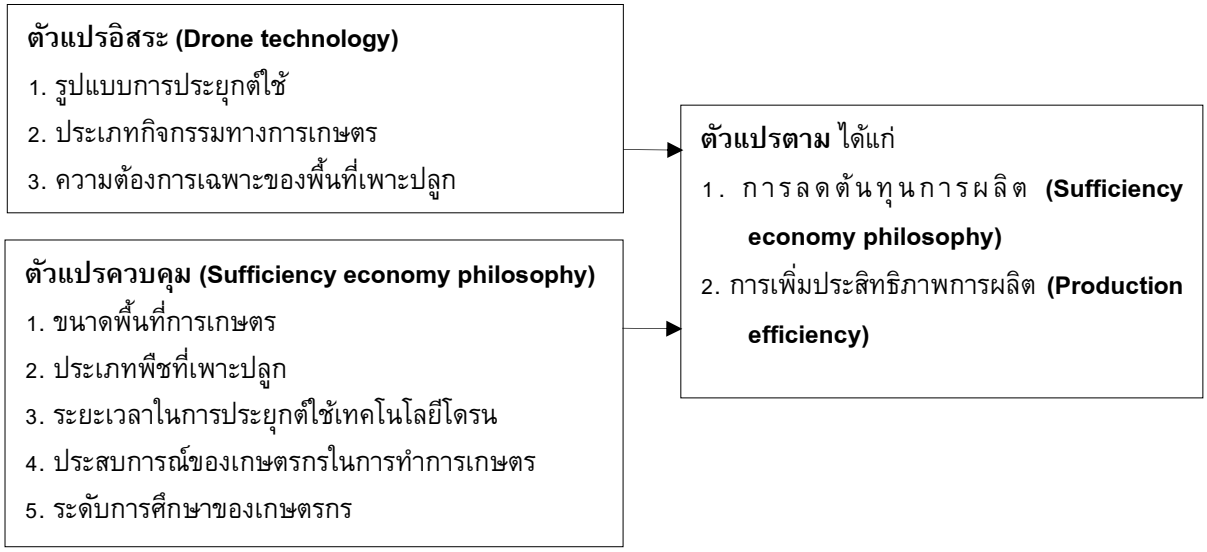
สื่อสาร (Communication Channels) 3) เวลา (Time) ซึ่งรวมถึงกระบวนการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมของบุคคล (Innovation-decision process) และอัตราการยอมรับนวัตกรรมในระบบสังคม และ 4) ระบบสังคม (Social system) ที่นวัตกรรมนั้นแพร่กระจายไปในบริบทของการเกษตร การที่เกษตรกรจะยอมรับเทคโนโลยีใหม่ เช่น โดรน ขึ้นอยู่กับปัจจัยเหล่านี้ รวมถึงลักษณะของตัวเกษตรกรเอง (ได้แก่ อายุ การศึกษา ประสบการณ์) ทัศนคติที่มีต่อความเสี่ยง และการสนับสนุนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีนี้จึงเป็นกรอบที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำความเข้าใจปัจจัยที่ส่งเสริมและเป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ใช้โดรนในหมู่เกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียง เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกันและสามารถตอบคำถามการวิจัยได้ครบถ้วน ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐาน 2 ข้อ ได้แก่

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 (H1): การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี

สมมติฐานที่ 2 (H2): การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่ทำการเกษตรในจังหวัดเพชรบุรี โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เกษตรกรที่มีการประยุกต์ใช้ หรือเคยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในการทำการเกษตร และกลุ่มที่ 2 เกษตรกรที่ทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นประชากรที่มีความหลากหลายและไม่สามารถระบุขอบเขตจำนวนได้อย่างชัดเจน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย เกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 428 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยตามวัตถุประสงค์และลักษณะของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีโดรน กลุ่มนี้ประกอบด้วยเกษตรกรที่เคยประยุกต์ใช้หรือกำลังประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในการทำการเกษตร จำนวน 43 คน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์คือเป็นผู้ที่เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมหลักสูตรผู้บังคับหรือปล่อยอากาศ

ยานซึ่งไม่มีนักบิน (Drone) เพื่อการเกษตร ซึ่งจัดโดยกรมส่งเสริมการเกษตรและสำนักงานพัฒนาฝีมือแรงงานเพชรบุรี ร่วมกับบริษัทแอโร กรุ๊ป (1992) จำกัด ระหว่างวันที่ 8 และ 9 มีนาคม พ.ศ. 2565 (สำนักงานแรงงานจังหวัดเพชรบุรี, 2565)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง กลุ่มนี้ประกอบด้วยเกษตรกรที่ทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง จำนวน 385 คน เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงใช้สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Cochran (1977) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ค่า Z = 1.96) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น (e) 5% และสัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (p) เท่ากับ 0.5 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ทราบสัดส่วนที่แท้จริงเพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่างที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

เครื่องมือการวิจัย

แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check list) ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน เป็นคำถามแบบปลายปิด ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน เป็นคำถามแบบอัตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ของ Likert (1970) และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติในการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ด้วยการวิเคราะห์ค่าแจกจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ข้อมูลเกี่ยวกับผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ 2) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปร และ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลหรือการทำนายของตัวแปรอิสระ ที่มีต่อตัวแปรตาม ใช้ทดสอบสมมติฐาน H1, H2 และ 3) การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) 4) เพื่อสรุปประเด็นสำคัญ ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี จำนวนทั้งหมด 428 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 420 คน คิดเป็นร้อยละ 99.10 และมีอายุระหว่าง 30-40 ปี จำนวน 197 คน คิดเป็นร้อยละ 46.00 มีระดับการศึกษาสูงสุดอนุปริญญาตรี/ปริญญาตรี จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 35.30 มีประสบการณ์ในการทำการเกษตร (รวมถึงการทำเกษตรในปัจจุบัน) ระหว่าง 5-10 ปี จำนวน 225 คน คิดเป็นร้อยละ 52.60 ขนาดพื้นที่การเกษตรที่ท่านเพาะปลูกในปัจจุบันระหว่าง 31-50 ไร่ จำนวน 123 คน คิดเป็นร้อยละ 28.70

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน

ผลการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดร จำนวนทั้งหมด 428 คน ส่วนใหญ่ไม่เคยใช้โดรน จำนวน 263 คน คิดเป็นร้อยละ 66.10 และเริ่มใช้เทคโนโลยีโดรนในการทำการเกษตร 1-3 ปี จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 ใช้โดรนในกิจกรรมทางการเกษตรเพื่อการฉีดพ่นสารเคมี/ปุ๋ย จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 22.20 ความถี่ในการใช้โดรนในแต่ละฤดูเพาะปลูกโดยเฉลี่ย มากกว่า 2 ครั้งต่อเดือน จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 16.40 และ ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของท่านในการใช้เทคโนโลยีโดรน ช่วยลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ด้านการลดต้นทุนการผลิต

จากการศึกษา พบว่า โดยรวมแล้วเกษตรกรมีความเห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิต อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = .25) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การใช้โดรนช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคนในการปฏิบัติงาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.57, S.D. = .49) รองลงมาคือ การใช้โดรนช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงโดยไม่จำเป็น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = .49) การใช้โดรนช่วยลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากความล่าช้าในการจัดการปัญหาพืชผล อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.55, S.D. = .49) โดยรวมแล้ว การใช้โดรนช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรของท่าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = .50) และ การใช้โดรนช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงหรือพลังงานเมื่อเทียบกับเครื่องจักรขนาดใหญ่ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.41, S.D. = .49)

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

จากการศึกษา พบว่า โดยรวมแล้วเกษตรกรมีความเห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = .22) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การใช้โดรนช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการปฏิบัติงานภาคสนาม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = .49) รองลงมาคือ การใช้โดรนช่วยให้สามารถตรวจจับปัญหาพืชผล เช่น โรคพืชหรือแมลง ได้รวดเร็วขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = .50) การใช้โดรนช่วยให้การจัดการพื้นที่เพาะปลูกมีความแม่นยำและตรงจุดมากขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = .50) โดยรวมแล้ว การใช้โดรนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรของท่านดีขึ้น อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = .50) และ การใช้โดรนส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรของท่านดีขึ้น อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.47, S.D. = .50)

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 (H1): การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี ดังตารางที่ 1

สมมติฐานที่ 2 (H2): การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบการเกษตรแบบพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ตัวแปร	คะแนนดิบ		คะแนนมาตรฐาน	t	p-vale	VIF
	β	SE	Beta			
ค่าคงที่ (a)	0.779	0.331		7.243	0.000*	
รูปแบบการประยุกต์ใช้ (X_{pp})	0.891	0.920	0.582	6.777	0.000*	1.556
ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร (X_{aa})	0.494	0.750	0.494	8.226	0.000*	2.885
ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก (Xca)	0.661	0.740	0.681	3.945	0.000*	2.410
R = 0.709 R2 = 0.694 Adjusted R2 = 0.689 F = 95.508 SE = 0.604						

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่า VIF ของตัวแปรอิสระ 10 ตัวแปร อยู่ระหว่าง 1.556-2.885 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ด้วยการใช้เทคนิควิธีนำเข้าแบบ Enter ผลการวิเคราะห์ พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ด้านรูปแบบการประยุกต์ใช้ ด้านประเภทกิจกรรมทางการเกษตร และ ด้านความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูกส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ตัวแปรทั้ง 3 สามารถพยากรณ์การลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรีได้ร้อยละ 69.4 โดยมีค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.60 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการในรูปแบบคะแนนดิบ ได้ดังนี้ $\hat{Y}_{total} = 0.779 + 0.891(X_{pp}) + 0.494(X_{aa}) + 0.661(X_{ca})$

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนส่งผลทางบวกต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ตัวแปร	คะแนนดิบ		คะแนนมาตรฐาน	t	p-vale	VIF
	β	SE	Beta			
ค่าคงที่ (a)	0.529	0.147		2.987	0.000*	
รูปแบบการประยุกต์ใช้ (X_{pp})	0.465	0.220	0.257	2.647	0.000*	1.457
ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร (X_{aa})	0.553	0.053	0.654	7.226	0.000*	1.354
ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก (X_{ca})	0.335	0.057	0.341	6.565	0.000*	1.654
R = 0.611 R^2 = 0.542 Adjusted R^2 = 0.511 F = 93.108 SE = 0.504						

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า VIF ของตัวแปรอิสระ 10 ตัวแปร อยู่ระหว่าง 1.354-1.654 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนเกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ด้วยการใช้เทคนิควิธีนำเข้าแบบ Enter ผลการวิเคราะห์ พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ด้านรูปแบบการประยุกต์ใช้ ด้านประเภทกิจกรรมทางการเกษตร และ ด้านความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูกส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ตัวแปรทั้ง 3 สามารถพยากรณ์กการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี ได้ร้อยละ 54.2 โดยมีค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 050 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการในรูปแบบคะแนนดิบ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{total} = 0.529 + 0.465(X_{pp}) + 0.553(X_{aa}) + 0.335(X_{ca})$$

สรุปและอภิปรายผล

1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนด้านการลดต้นทุนการผลิต ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้และประสบการณ์เชิงบวกของเกษตรกรต่อประโยชน์ด้านเศรษฐกิจของโดรนในการทำการเกษตร ประเด็นสำคัญที่สนับสนุนข้อสรุปนี้และเป็นปัจจัยหลักในการลดต้นทุนสามารถอธิบายได้ดังนี้ การลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคน การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต (ปุ๋ย/ยาฆ่าแมลง) โดยไม่จำเป็น การลดความสูญเสียจากความล่าช้าในการจัดการปัญหาพืชผล และ การลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงหรือพลังงานเมื่อเทียบกับเครื่องจักรขนาดใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศูนย์วิจัยกสิกรไทย ปี 2560-2017 ได้ประเมินว่าการนำโดรนเพื่อการเกษตรมาประยุกต์ใช้ในโครงการนาแปลงใหญ่ของภาครัฐจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้รวมราว 1,100 ล้านบาท และคาดว่าจะลดได้กว่า 6,000 ล้านบาทในอีก 4 ปีข้างหน้า ซึ่งตอกย้ำถึงศักยภาพของโดรนในการลดต้นทุนในวงกว้าง (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Institute of Developing Economies (2020) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โดรนในภาคกลางของไทย (Effectiveness Analysis of Drone Use for Rice Production in Central Thailand, ประมาณปี 2020) ผลการสำรวจภาคสนามชี้ว่าการใช้โดรนมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการดั้งเดิม โดยสามารถลดการสูญเสียผลผลิตได้ 10-15% ลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมสารเคมีได้ 10 เท่า และลดการใช้สารเคมีได้ 40% ซึ่งเป็นการลดต้นทุนปัจจัยการผลิตที่ชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ Grand View Research (2017) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของโดรนในการช่วยเกษตรกรลดเวลาทำงาน บริหารสัดส่วนปุ๋ย สารเคมีได้อย่างคุ้มค่า ลดต้นทุนการจ้างแรงงานและแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดการสัมผัสสารเคมีโดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยสำคัญที่เกษตรกรของคุณตัดสินใจใช้โดรน และสอดคล้องกับบทความของ ResearchGate (2024) ระบุว่าโดรนฉีดพ่นสารเคมีอัตโนมัติช่วยลดจำนวนแรงงานที่จำเป็นและลดเวลาการฉีดพ่นด้วยมือ นอกจากนี้ยังลดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรจากการสัมผัสสารเคมี

2) ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งบ่งชี้ถึงการรับรู้ประโยชน์ที่โดรนนำมาสู่การดำเนินงานภาคการเกษตรให้ดียิ่งขึ้น ประเด็นสำคัญที่สนับสนุนข้อสรุปนี้และเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสามารถอธิบายได้ดังนี้ การเพิ่มความรวดเร็วในการปฏิบัติงานภาคสนาม การตรวจจับปัญหาพืชผลได้รวดเร็วขึ้น (โรคพืช/แมลง) การจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่แม่นยำและตรงจุดมากขึ้น และ คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2565) เน้นย้ำถึงบทบาทของโดรนในการจัดการแปลงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเชื่อมโยงกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม สอดคล้องกับแนวคิดของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2566) ระบุว่าโดรนสามารถดูแลพื้นที่ได้อย่างกว้างขวางทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น ละอองกระจายลงใบพืชได้อย่างทั่วถึง และมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงกว่าแรงงานคนถึง 30-40% รวมถึงสามารถทำงานในพื้นที่ลาดชันได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความครอบคลุมและคุณภาพของผลผลิต และสอดคล้องกับบทความของ ResearchGate (Enhancing Agricultural Efficiency: The Impact of Drone Utilization in Modern Agriculture, 2023) ชี้ว่าโดรนมีข้อได้เปรียบหลายประการในการจัดการพืชผล รวมถึงความสามารถในการสำรวจระยะไกล การถ่ายภาพความละเอียดสูง และการประยุกต์ใช้ปัจจัยการผลิตอย่างแม่นยำ การรวบรวมข้อมูลทางอากาศช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามสุขภาพพืช ระบุพื้นที่ที่มีความเครียดหรือโรค และตัดสินใจเรื่องการชลประทาน การใส่ปุ๋ย และการควบคุมศัตรูพืชได้อย่างมีข้อมูล การเข้าถึงที่แม่นยำนี้สามารถนำไปสู่ผลผลิตพืชที่ดีขึ้น ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรทรัพยากร

3) การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ส่งผลทางบวกต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า รูปแบบการประยุกต์ใช้ ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร และความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งนี้อธิบายในแต่ละด้านได้ดังนี้

รูปแบบการประยุกต์ใช้ หมายถึง วิธีการหรือลักษณะเฉพาะที่เกษตรกรนำโดรนไปใช้งาน เช่น การใช้โดรนเพื่อฉีดพ่นสารเคมี/ปุ๋ย การใช้เพื่อสำรวจแปลง การใช้เพื่อประเมินสุขภาพพืช หรือการใช้เพื่อหว่านเมล็ด/ปุ๋ย การที่รูปแบบการประยุกต์ใช้มีนัยสำคัญต่อการลดต้นทุน แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้โดรนในลักษณะที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ จะส่งผลให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Safaeinejad et al., 2025) (Reducing energy and environmental footprint in agriculture: A study on drone spraying vs. conventional methods, 2025) พบว่าการฉีดพ่นด้วยโดรนใช้พลังงานน้อยกว่าการฉีดพ่นแบบดั้งเดิมถึง 2.43 เท่า และลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงถึง 85% เทียบกับระบบฉีดพ่นแบบสะพายหลังที่ 30% และประหยัดน้ำได้ถึง 94.51% (Safaeinejad et al., 2025)

ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร หมายถึง ชนิดของกิจกรรมการเกษตรที่เกษตรกรเลือกใช้โดรน เช่น กิจกรรมการฉีดพ่น (ซึ่งผลสำรวจก่อนหน้าก็ยืนยันว่าเป็นกิจกรรมที่เกษตรกรใช้โดรนมากที่สุด) กิจกรรมการสำรวจ การตรวจสอบ หรือการจัดการน้ำ การที่ประเภทกิจกรรมมีนัยสำคัญต่อการลดต้นทุน แสดงว่าโดรนมีประสิทธิภาพในการลดต้นทุนได้ดีเยี่ยมในบางกิจกรรมมากกว่ากิจกรรมอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (ปี 2560-2017) ได้กล่าวถึงการใช้โดรนเพื่อ "ถ่ายภาพวิเคราะห์/ตรวจโรคพืช" และการใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ในการทำเกษตรแบบแม่นยำ ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรดูแลรักษาโรคพืชได้อย่างตรงจุดและเพิ่มประสิทธิภาพ (ฐานเศรษฐกิจ, 2566)

ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก หมายถึง ลักษณะเฉพาะหรือความท้าทายของแปลงเพาะปลูกนั้นๆ ที่โดรนสามารถเข้ามาตอบสนองได้ เช่น พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ขนาดใหญ่มาก พื้นที่ที่มีปัญหาการระบาดของศัตรูพืชเฉพาะจุด หรือพื้นที่ที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ การที่ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูกมีนัยสำคัญต่อการลดต้นทุน แสดงว่าโดรนเป็นโซลูชั่นที่คุ้มค่าเมื่อนำไปใช้แก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการเฉพาะที่วิธีการแบบเดิมทำได้ยากหรือมีต้นทุนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ JOUAV (2025) ระบุว่าโดรนเกษตรสามารถครอบคลุม "พื้นที่เพาะปลูกได้ถึง 500 เอเคอร์ในวันเดียว" ซึ่งการทำแบบดั้งเดิมอาจใช้เวลาหลายสัปดาห์ ช่วยประหยัดเวลาได้ถึง 90% และลดต้นทุนโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับฟาร์มขนาดใหญ่ที่ต้องการการจัดการที่รวดเร็วและครอบคลุม

4) การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรน ส่งผลทางบวกต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า รูปแบบการประยุกต์ใช้ ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร และความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในระบบเกษตรพอเพียงในจังหวัดเพชรบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งนี้อธิบายในแต่ล่ะด้านได้ดังนี้

รูปแบบการประยุกต์ใช้ หมายถึง วิธีการหรือลักษณะเฉพาะที่เกษตรกรนำโดรนไปใช้งานในกิจกรรมทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น การใช้โดรนเพื่อการฉีดพ่นสารเคมี/ปุ๋ย การสำรวจแปลง การประเมินสุขภาพพืช การรวบรวมข้อมูล หรือแม้แต่การหว่านเมล็ด การที่ "รูปแบบการประยุกต์ใช้" มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้โดรนในลักษณะที่เหมาะสมกับประเภทงานและความต้องการเฉพาะ จะช่วยยกระดับการดำเนินงานทางการเกษตรให้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vaimanika Aerospace (2025) กรณีศึกษาแสดงให้เห็นว่าโดรนช่วย ประหยัดเวลา ในการสำรวจพืชผลได้อย่างมหาศาล (จาก 3 วันเหลือเพียง 30 นาทีต่อเที่ยวบิน) และ ลดการสูญเสียผลผลิตได้ 10-15% ในภาคกลางของไทย การใช้โดรนยังช่วย ลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมสารเคมีได้ 10 เท่า และลดการใช้สารเคมีได้ 40% ซึ่งเป็นการลดต้นทุนปัจจัยการผลิตที่ชัดเจนสอดคล้องกับงานวิจัยของ ResearchGate (2022) งานวิจัยนี้ศึกษารูปแบบการประยุกต์ใช้โดรนร่วมกับระบบ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) เพื่อการติดตามสุขภาพพืชอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า ซึ่งข้อมูลที่ได้ช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจจัดการพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างแม่นยำและทันท่วงที และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ResearchGate (2023) บทความนี้เน้นย้ำถึงรูปแบบการประยุกต์ใช้โดรนในการประยุกต์ใช้ปัจจัยการผลิตอย่างแม่นยำ (precise application of

inputs) เช่น การให้ปุ๋ยหรือการชลประทานในปริมาณที่แตกต่างกันตามความต้องการของพื้นที่ย่อย ซึ่งนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเพิ่มผลผลิตโดยรวม

ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร หมายถึง ชนิดของงานหรือกิจกรรมทางการเกษตรที่เกษตรกรเลือกใช้โดรนเข้ามาเป็นเครื่องมือ เช่น การฉีดพ่นสารเคมี/ปุ๋ย การสำรวจแปลง การตรวจสอบสุขภาพพืช การจัดการน้ำ หรือการหว่านเมล็ด การที่ "ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร" มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แสดงให้เห็นว่าโดรนมีความสามารถในการยกระดับประสิทธิภาพได้ดีเยี่ยมในบางกิจกรรมมากกว่ากิจกรรมอื่น ๆ Grow News (2025) เน้นย้ำว่าโดรนเพื่อการฉีดพ่น ช่วยให้การปฏิบัติงานรวดเร็ว ลดความต้องการแรงงาน และลดต้นทุนการดำเนินงานโดยรวม ซึ่งเป็นผลลัพธ์โดยตรงจากการเพิ่มประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vaimanika Aerospace (2025) กรณีศึกษาแสดงให้เห็นว่าโดรนช่วยประหยัดเวลาในการ สำรวจพืชผล ได้อย่างมาก จาก 3 วันเหลือเพียง 30 นาทีต่อเที่ยวบิน และการให้น้ำและการบำบัดที่ตรงจุด (ซึ่งเป็นผลมาจากการสำรวจที่ดี) ช่วยลดต้นทุนน้ำและยาฆ่าเชื้อราได้ 30% และงานวิจัยของ Iman (2025) ระบุว่าโดรนช่วยในการ บริหารจัดการน้ำ ในไร่นาอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน

ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก หมายถึง ลักษณะเฉพาะของสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพของแปลงเพาะปลูกแต่ละแห่ง ซึ่งทำให้เกิดความต้องการหรือข้อจำกัดที่แตกต่างกันในการบริหารจัดการ เช่น ขนาดของพื้นที่ รูปแบบภูมิประเทศ (ที่ราบ, ลาดชัน, ขรุขระ) ปัญหาเฉพาะที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง (เช่น จุดที่มีการระบาดของโรค, พื้นที่น้ำขัง) หรือความหลากหลายของพืชที่ปลูกในแปลงเดียวกัน การที่ "ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก" มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าโดรนเป็นเครื่องมือที่สามารถปรับตัวและตอบสนองต่อความแตกต่างเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ iGrow News (2025) บทความนี้เน้นย้ำว่าโดรนสามารถทำงานใน "พื้นที่ที่ท้าทาย" เช่น พื้นที่ลาดชันหรือไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอุปกรณ์ภาคพื้นดินเข้าถึงได้ยาก ทำให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่แต่เดิมเป็นข้อจำกัดสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ JOUAV (2025) ระบุว่าโดรนเกษตรสำหรับการติดตามพืชผลสามารถครอบคลุม "พื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ถึง 500 เอเคอร์ในวันเดียว" เทียบกับการทำแบบดั้งเดิมที่อาจใช้เวลาหลายสัปดาห์ การประหยัดเวลาและขีดความสามารถในการทำงานบนพื้นที่กว้างนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการและทำให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบสุขภาพพืชได้บ่อยขึ้น และงานวิจัยของ Farmonaut (Agriculture Drone Services Pricing & Value 2025) กล่าวถึงความสามารถของโดรนในการ "ตรวจจับศัตรูพืชและโรคในระยะเริ่มต้น" และการฉีดพ่นที่แม่นยำ (Precision Spraying) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดการปัญหาเฉพาะจุดในแปลงเพาะปลูก ทำให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดการสูญเสีย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการส่งเสริม

1.1. ภาครัฐและหน่วยงานส่งเสริมการเกษตร ควรให้ความสำคัญและสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในภาคการเกษตรอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่เข้าถึงง่ายและตรงกับความต้องการของเกษตรกร โดยเฉพาะในด้านรูปแบบการประยุกต์ใช้ (เช่น การฉีดพ่นที่แม่นยำ การสำรวจแปลง) และ ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร ที่โดรนสามารถสร้างประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ ควรพิจารณาการจัดหาโดรนหรือบริการโดรนให้เกษตรกรเข้าถึงได้ในราคาที่เหมาะสม หรือผ่านรูปแบบการรวมกลุ่มใช้โดรนเพื่อลดภาระต้นทุนเริ่มต้น

1.2 การพัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูล ควรมีการพัฒนาแพลตฟอร์มหรือระบบนิเวศข้อมูลที่เชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตโดรน ผู้ให้บริการโดรน และเกษตรกร เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โดรนในกิจกรรมทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น

ข้อมูลการฉีดพ่น การสำรวจสุขภาพพืช หรือการวิเคราะห์ดิน สามารถถูกรวบรวม วิเคราะห์ และนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการผลิตได้อย่างชาญฉลาดมากยิ่งขึ้น

1.3 การปรับปรุงกฎระเบียบ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นทะเบียนและการใช้งานโดรนเพื่อการเกษตรให้มีความชัดเจนและเอื้อต่อการใช้งานของเกษตรกรมากยิ่งขึ้น เพื่อส่งเสริมให้เกิดการนำเทคโนโลยีไปใช้ในวงกว้างโดยไม่ติดขัดด้านกฎหมาย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับเกษตรกร

2.1 การเรียนรู้และปรับใช้ เกษตรกรควรเปิดรับและเรียนรู้เทคโนโลยีโดรน โดยพิจารณาถึง ความต้องการเฉพาะของพื้นที่เพาะปลูก ของตนเอง ว่าโดรนจะสามารถเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาหรือเพิ่มประสิทธิภาพในจุดใดได้บ้าง เช่น การจัดการพื้นที่ลาดชัน การควบคุมศัตรูพืชเฉพาะจุด หรือการประหยัดแรงงานในแปลงขนาดใหญ่

2.2 การเริ่มต้นจากกิจกรรมที่เห็นผลชัดเจน สำหรับเกษตรกรที่สนใจเริ่มต้นใช้โดรน ควรพิจารณาเริ่มต้นจาก ประเภทกิจกรรมทางการเกษตร ที่โดรนแสดงผลการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพอย่างชัดเจน เช่น การฉีดพ่นสารเคมี/ปุ๋ย ซึ่งเป็นจุดที่โดรนสามารถทดแทนแรงงานคนและเพิ่มความแม่นยำได้อย่างรวดเร็ว

2.3 การรวมกลุ่ม เกษตรกรอาจพิจารณารวมกลุ่มกันเพื่อเช่าซื้อหรือใช้บริการโดรน เพื่อลดภาระต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น และแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ในการใช้งานโดรนระหว่างกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเชิงคุณภาพเพิ่มเติม เพื่อศึกษาทัศนคติ อุปสรรค และแรงจูงใจเชิงลึกของเกษตรกรที่ยังไม่เคยใช้โดรน หรือเกษตรกรที่เลิกใช้โดรน เพื่อทำความเข้าใจปัจจัยที่ไม่ใช่เชิงเศรษฐกิจที่อาจส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี

2. ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างละเอียดในพืชผลแต่ละชนิดและขนาดพื้นที่การเกษตรที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำว่าการลงทุนในโดรนจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในเงื่อนไขใดบ้าง

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบของการใช้โดรนต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว เช่น ผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ หรือผลต่อสุขภาพของเกษตรกรและชุมชนจากการลดการสัมผัสสารเคมี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสำหรับการส่งเสริมการใช้โดรนอย่างยั่งยืน

4. ควรมีการวิจัยและพัฒนาโดรนที่มีคุณสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรรายย่อยและระบบเกษตรพอเพียงในประเทศไทย เช่น โดรนที่มีราคาเข้าถึงง่าย บำรุงรักษาง่าย และมีฟังก์ชันการใช้งานที่ตรงกับความต้องการพื้นฐานของเกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

กรมการจัดหางาน. (2564). รายงานสถานการณ์แรงงานภาคเกษตร. กระทรวงแรงงาน.

กรมวิชาการเกษตร. (2563). ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรและการปรับตัว.

ฐานเศรษฐกิจ. (2566). เปิดปฐมฤกษ์ สร้างคนบินโดรนเพื่อการเกษตร รุ่นแรกของประเทศ. ฐานเศรษฐกิจ. https://www.thansettakij.com/business/trade-agriculture/558288

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2565). โดรนเพื่อการเกษตร. https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=78271

มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ. (2561). คู่มือการปฏิบัติเกษตรอินทรีย์ตามแนวทางกสิกรรมธรรมชาติ. มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2560). ธุรกิจโดรนในไทย: โอกาสและความท้าทาย. กสิกรไทย.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2562). ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง: แนวทางสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560–2564. สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2564). เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะเพื่อยกระดับภาคการเกษตรไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สำนักงานแรงงานจังหวัดเพชรบุรี. (2565, 8 มีนาคม). ‘สรจ. เพชรบุรี’ ร่วมพิธีเปิดอบรม ‘Drone เพื่อการเกษตร’ กระทรวงแรงงาน. https://shorturl.at/MQxYJ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). รายงานสถานการณ์ต้นทุนการผลิตทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถิติการผลิตพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดเพชรบุรี. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Dastidar, A., & Panigrahy, D. (2021). Chapter 6 - Preprocessing of the electrocardiogram signal for a patient parameter monitoring system. In S. L. Tripathi, V. E. Balas, S. K. Mohapatra, K. B. Prakash, & J. Nayak (Eds.), Electronic Devices, Circuits, and Systems for Biomedical Applications (pp.115–133). Academic Press.https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85172-5.00026-

Department of Agriculture and Farmers Welfare. (2022). Annual report 2022–23. Government of India.

FAO. (2018). The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e51e0cf0-4ece-428c-8227-ff6c51b06b16/content

Farmonaut. (2025). Agriculture drone services pricing & value. https://farmonaut.com

Grand View Research. (2017). Agriculture drone market analysis by product. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/agriculturedrones-market

Iman, H. (2025). Using smart drones to revolutionize agriculture: Improving farm management and irrigation in the technological age. Journal of Nutrition and Food Processing, 8(5). https://doi.org/10.31579/2637-8914/309

Institute of Developing Economies. (2020). Effectiveness analysis of drone use for rice production in Central Thailand. Institute of Developing Economies. https://www.ide.go.jp/library/English/Publish/Reports/Brc/pdf/27_05.pdf

JOUAV. (2025). Agriculture drones | Farming drone for crop monitoring. http://tyrantuav.com

Maes, W. H., & Steppe, K. (2019). Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. Trends in Plant Science, 24(2), 152–164. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007

Muñoz, R. (2023). Enhancing agricultural efficiency: The impact of drone utilization in modern agriculture. https://doi.org/10.58445/rars.414

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.

Safaeinejad, M., Raeini, M., & Taki, M. (2025). Reducing energy and environmental footprint in agriculture: A study on drone spraying vs. conventional methods. PLOS One, 20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323779

Vaimanika Aerospace. (2025). Saving time and crops: Case studies on drone-powered farming success. https://open.spotify.com/track/7f2bo9HdT6IkCrUe7m5rya

Yang, G., Liu, J., Zhao, C., Zheng, H., Zhang, X., Li, Z., & Chen, J. (2017). Unmanned aerial vehicles for crop field phenotyping and management. Frontiers in Plant Science, 8, 1111.

Zhang, C., & Kovacs, J. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. Precision Agriculture, 13, 693–712. https://doi.org/10.1007/s11119-012-9297-4