วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมดิบและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อยและรายเล็ก

Economics of technology investment for enhancing milk production efficiency and reducing greenhouse gas emissions of smallholder dairy farmers

สุมณฑิรา อุตระ[1], ขวัญชัย เนตรน้อย[1] และ พรพมล ปัทมานนท์[1]*

Sumontira Uttara[1], Khwanchai Netnoi[1] and Pornpamol Pattamanont[1]*

[1] *กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 10400*
[1] *Division of Livestock Extension and Development, Department of Livestock Development, Bangkok, 10400*

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนในเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนม ดำเนินการวิจัยโดยการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ประกอบด้วย ข้อมูลประชากรศาสตร์ จำนวนโคนม ปริมาณผลผลิต ต้นทุนการผลิต ทรัพย์สินและเทคโนโลยีในฟาร์ม จากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรโคนมรุ่นใหม่ และ ตัวแทนฟาร์มในพื้นที่ภายใต้การดูแลของกองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ โดยคัดเลือกฟาร์มที่จดบันทึกข้อมูลฟาร์มครบถ้วน จำนวน 70 ฟาร์ม นำมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการผลิต ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และความคุ้มค่าในการลงทุนเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรร้อยละ 30 เลือกใช้ 1 เทคโนโลยี รองลงมา ได้แก่ ไม่ใช้เทคโนโลยี (ร้อยละ 21.43) ตามด้วยใช้เทคโนโลยี 3 เทคโนโลยี ใช้ 2 เทคโนโลยี ใช้ 4 เทคโนโลยี ใช้ 5 เทคโนโลยี และ ใช้ 6 เทคโนโลยี (ร้อยละ 18.57, 15.71, 8.57, 2.86 และ 2.86) ตามลำดับ จำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในฟาร์มมีผลต่อผลผลิตน้ำนม และ ต้นทุนการผลิต ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ ทั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างผลผลิตน้ำนมและจำนวนเทคโนโลยี ได้รับอิทธิพลร่วมจากปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ขนาดฟาร์มและระดับการศึกษา ในขณะที่จำนวนเทคโนโลยีมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีต่อผลผลิตน้ำนมและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า การใช้ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ ร่วมกับ บ่อไบโอแก๊ส และ โซล่าเซลล์ สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมได้ร้อยละ 54.88 ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 98.44 จากปริมาณน้ำนมต่อตัวที่เพิ่มขึ้น โดยมีระยะเวลาคืนทุน 24.61 เดือน และการใช้ไบโอแก๊สส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงมากที่สุด ร้อยละ 0.13 ระยะเวลาคืนทุน 6.82 เดือน เมื่อคำนวณรายได้จากปริมาณน้ำนมต่อตัวที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.76 ทั้งนี้บ่อไบโอแก๊สเป็นแนวทางการลงทุนในเทคโนโลยีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อยและรายเล็กที่ให้ความคุ้มค่าต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

คำสำคัญ: การยอมรับเทคโนโลยี; ต้นทุน; เกษตรกรรุ่นใหม่; ผลผลิต

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the economics of technology investment for enhancing production efficiency and reducing greenhouse gas emissions in dairy farms. The data was collected from 70 young dairy farmers and farm representatives, with good data records, over 21 Provinces under the supervision of the Livestock Promotion and Development Division, Department of Livestock Development. The data included

* Corresponding author: pattamanont_p@hotmail.com

Received: date; May 7, 2024 Revised: date; August 28, 2024

Accepted: date; August 28, 2024 Published: date; February 13, 2025

demographic information, the number of cows in a herd, milk yield, production costs, farm assets and technologies. The results showed that 30 percent of farmers adopted 1 technology, followed by no technology, three, two, four, five, and six technologies (18.57, 15.71, 8.57, 2.86, and 2.86 percent, respectively). The number of technologies adopted significantly affected milk yield and production costs ($P < 0.05$). The linear relationship between milk yield and the number of technologies adopted was interacted by important factors including farm size and educational level. The number of technologies adopted had a statistically significant effect on greenhouse gas emissions ($P < 0.05$ and $P < 0.01$). The results of the economic analysis on technology investment in milk yield and greenhouse gas emissions showed that using collars for animal behavior detection together with biogas and solar cells could increase milk production by 54.88 percent. There was an increase in income of 98.44 percent from the increase in the milk yield per cow in which the payback period was 24.61 months. The adoption of biogas resulted in the greatest reduction in greenhouse gas emissions which was 0.13 percent. The payback period of biogas investment was 6.82 months when calculating the income from the 15.76 percent increase in milk yield per cow. Additionally, biogas was recommended for smallholder dairy farmers because it provided the best return in terms of increasing production efficiency and reducing greenhouse gas emissions.
Keywords: technology adoption; cost; young farmer; production

บทนำ

ประเทศไทยเริ่มต้นการเลี้ยงโคนมด้วยรูปแบบของเกษตรกรรายย่อยคือมีจำนวนแม่โคนมในฟาร์มไม่มาก เมื่อเวลาผ่านจนถึงปัจจุบัน อุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมได้รับการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐและเอกชน (Pattamanont et al., 2022) ทำให้การเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพที่มีรายได้มั่นคง เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมยึดเป็นอาชีพหลัก มีการเพิ่มจำนวนแม่โครีดนมในฟาร์ม แม้รายได้เพิ่มขึ้นจากแม่โคที่มากขึ้นแต่ต้นทุนการเลี้ยงโคนมก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากประเด็นต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำการเกษตรยังเป็นประเด็นที่บีบคั้นเกษตรกร เนื่องจากโคนมเป็นหนึ่งในปศุสัตว์ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักย่อยในกระเพาะหมักและของเสียกว่าร้อยละ 26 ของการปลดปล่อยจากภาคเกษตรทั้งหมด (IPCC, 2014) การใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่าหรือการจัดการของเสียในฟาร์มที่ไม่ถูกสุขลักษณะเป็นปัญหาที่เกิดจากการที่เกษตรกรไม่มีข้อมูลความรู้เพียงพอด้านการจัดการทรัพยากรและการจัดการฟาร์ม ประกอบกับสาเหตุจากการขาดแคลนแรงงานและเทคโนโลยีในฟาร์มเมื่อเทียบกับจำนวนโคนมที่มีขนาดเพิ่มมากขึ้น ประเด็นเกี่ยวกับผลกระทบของการทำฟาร์มโคนมต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงโคนมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนมและแนวทางการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นมตั้งแต่การผลิตน้ำนมดิบจากฟาร์มโคนมจนกระทั่งเสร็จสิ้นการผลิตในโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นม (พรพมล, 2554; สันติ, 2554; นิธินันท์, 2563) อย่างไรก็ตามการส่งเสริมให้ฟาร์มโคนมดำเนินการลดผลกระทบของการทำฟาร์มโคนมต่อสิ่งแวดล้อมยังไม่ได้รับการตอบรับจากเกษตรกรเท่าที่ควร สะท้อนจากระดับการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่เน้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มผลผลิตน้ำนมและระบบการเลี้ยง (กรองแก้ว และคณะ, 2541; สันติ, 2554) สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากเกษตรกรไม่เห็นความสำคัญของการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในฟาร์มของตน ประกอบกับต้องมีการลงทุนเครื่องจักรหรือเทคโนโลยี การศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการทำฟาร์มโคนมที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตัวเกษตรกรคือทำให้มีกำไรสุทธิเพิ่มขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อโลกคือลดผลกระทบจากฟาร์มโคนม

จากการสำรวจการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมโดยกองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ ระหว่างปี พ.ศ. 2564 – 2566 พบว่าเกษตรกรมีความสนใจการลงทุนในเทคโนโลยีในฟาร์มโคนมเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการลงทุนในเทคโนโลยีส่งผลต่อต้นทุนคงที่ที่เพิ่มขึ้น การศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนในเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุน เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอย่างคุ้มค่า โดยศึกษาจากต้นทุนการผลิต ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมต่อ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่มีขนาดฟาร์มและจำนวนการใช้เทคโนโลยีแตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนในเทคโนโลยีเพื่อ

เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนมผลการศึกษานี้จะทำให้เกษตรกรมีความรู้และข้อมูลการใช้เทคโนโลยีที่สามารถช่วยตัดสินใจในการลงทุนซื้อเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพฟาร์ม

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

ฟาร์มเกษตรกรโคนมรุ่นใหม่ (young dairy farmer) และ ตัวแทนฟาร์มในพื้นที่ภายใต้การดูแลของกองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ (key farm) ระหว่างปี 2563 ถึง 2565 จำนวนทั้งหมด 100 ฟาร์ม คำนวณจำนวนตัวอย่างตามอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ร้อยละ 80 จำนวนปัจจัยนำเข้า 12 ปัจจัย และระดับนัยสำคัญ 0.05 จำนวนตัวอย่าง 70 ฟาร์ม ในพื้นที่ 21 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสระบุรี, ลพบุรี, นครราชสีมา, มหาสารคาม, หนองบัวลำภู, สกลนคร, อุดรธานี, ลำพูน, นครสวรรค์, สุโขทัย, พิษณุโลก, กาญจนบุรี, เพชรบุรี, ประจวบคีรีขันธ์, นครปฐม, ชลบุรี, ราชบุรี ชุมพร, พัทลุง, สระแก้ว, และจันทบุรี เก็บข้อมูลเชิงสำรวจโดยคัดเลือกฟาร์มที่จดบันทึกข้อมูลฟาร์มครบถ้วน โคนมที่เลี้ยงในฟาร์มเป็นพันธุ์โคนมลูกผสมระดับสายเลือดพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่ระดับสายเลือดร้อยละ 75 ถึง 93.75 แบ่งขนาดฟาร์ม 3 ขนาด ตามจำนวนแม่โครีดนมในฟาร์ม ได้แก่ ฟาร์มรายย่อย (ฟาร์มที่มีจำนวนแม่โคไม่เกิน 20 ตัว) จำนวน 27 ฟาร์ม ฟาร์มรายเล็ก (ฟาร์มที่มีจำนวนแม่โคไม่เกิน 21-50 ตัว) 36 ฟาร์ม ฟาร์มรายกลาง (ฟาร์มที่มีจำนวนแม่โคไม่เกิน 51-100 ตัว) 7 ฟาร์ม มีการใช้เทคโนโลยี จำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในฟาร์ม 9 เทคโนโลยี คือ 1. เครื่องแยกกากมูลโค (Manure separator) 2. บ่อไบโอแก๊ส (Biogas) 3. บ่อบำบัดน้ำเสีย (Waste stabilization pond) 4. โซล่าเซลล์ (Solar cell) 5. ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ (Cow collar) 6. แอพพลิเคชันสำหรับการจัดการฝูงโค (Application for herd management) 7. กล้องวงจรปิด (Closed-circuit camera) 8. เครื่องผสมอาหาร (Total Mixer) 9. เครื่องรีดนมแบบท่อลำเลียงนม (Pipeline milking)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามโครงการวิจัยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. โปรแกรม Microsoft Excel Macro ใช้ในการคำนวณต้นทุน (คณกร และคณะ, 2558)

3. โปรแกรม Cool Farm Tool (Cool Farm Alliance, 2013) ใช้ในการคำนวณค่าก๊าซเรือนกระจก

4. โปรแกรม R ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น ระหว่างผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปัจจัยนำเข้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามโครงการวิจัยที่พัฒนาร่วมกันระหว่างสมาคมผู้เลี้ยงโคนมไทยโฮลสไตล์ฟรีเซี่ยน กรมปศุสัตว์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (คณกร และคณะ, 2558) เก็บข้อมูลเฉลี่ยรายฟาร์ม เป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2565 ประกอบด้วยข้อมูลประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ สังกัดที่ส่งน้ำนมดิบ ปีพ.ศ.เกิด ปีที่เริ่มทำฟาร์ม ระดับการศึกษา และ สถานภาพ ข้อมูลการผลิตในฟาร์ม ได้แก่ จำนวนโคนมทั้งหมด จำนวนแม่โครีดนม จำนวนครั้งการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง อัตราการคัดทิ้ง ปริมาณน้ำนม คุณภาพน้ำนม ราคาน้ำนมที่ขายได้ พืชอาหารสัตว์ที่ปลูก ประเภทเครื่องรีดนม และประเภทแรงงาน ข้อมูลต้นทุนการผลิตประกอบด้วย ต้นทุนผันแปร ได้แก่ 1. ต้นทุนค่าอาหาร 2. ต้นทุนค่าน้ำนมเลี้ยงลูกโค 3. ต้นทุนค่าวัตถุดิบและสารเสริม 4. ต้นทุนค่ายา/ค่ารักษา/ค่าผสมเทียม 5. ต้นทุนค่าน้ำ/ค่าไฟ/ค่าโทรศัพท์ 6. ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 7. ต้นทุนค่าวัสดุสิ้นเปลืองและเบ็ดเตล็ด 8. ต้นทุนค่าแรงงาน และ 9. ต้นทุนค่าซ่อมแซม โรงเรือน และอุปกรณ์ ต้นทุนคงที่ ได้แก่ 1. ต้นทุนค่าค่าเสื่อมราคาแม่พันธุ์โคนม 2. ต้นทุนค่าเสื่อมราคาโรงเรือน 3. ต้นทุนค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในฟาร์ม) 4. ต้นทุนค่ายา ค่ารักษา ค่าผสมเทียม และ 5. ต้นทุนค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยต่อฟาร์ม ใช้ Cool Farm Tool Online (Cool Farm Alliance, 2013) เป็นเครื่องมือในการคำนวณ และความหลากหลายทางชีวภาพสำหรับการเกษตร มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ผู้ที่ศึกษาและสนใจสามารถนำข้อมูลนี้เพื่อเปรียบเทียบและจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความหลากหลายทางชีวภาพในห่วงโซ่อุปาทาน ข้อมูลที่นำมาคำนวณในโปรแกรม ได้แก่ สายพันธุ์โคนม, ปีอ้างอิง, ผลผลิตน้ำนม, เปอร์เซ็นต์ไขมัน, เปอร์เซ็นต์โปรตีน, จำนวนโคนมในฟาร์ม, รูปแบบการกินอาหารหยาบ, ชนิดอาหารที่ให้โคนม, การจัดการมูลสัตว์, การใช้ไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง, การใช้รถบรรทุกขนส่ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในในฟาร์มกับผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการสร้างสมการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น ใช้วิธีการคัดเลือกปัจจัยนำเข้า แบบลดตัวแปรเป็นขั้นตอน (Backward elimination) จากจำนวนทั้งหมด 25 ปัจจัย ร่วมกับการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (multicollinearity) แล้วสร้างสมการเพื่อประมาณค่าผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้โมเดลผสม (mixed model) ในการประมาณค่าอิทธิพลของจำนวนเทคโนโลยี และควบคุมอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$Y = X_1+X_2+X_3+...+X_i+e$$

Y = ผลผลิตน้ำนม, ต้นทุนการผลิต, ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

X = จำนวนเทคโนโลยี และปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลต่อ Y ที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.05$

e = ปัจจัยอื่นๆที่ไม่สามารถอธิบายได้โดยสมการ

ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยี โดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในฟาร์ม (partial budget analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่สามารถแจกแจงการรายการที่ใช้คำนวณและเปรียบเทียบผลลัพธ์ของทางเลือกได้ชัดเจน เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและสามารถให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน จึงเหมาะกับการศึกษาที่ต้องมีการถ่ายทอดผลการศึกษาให้เกษตรกรหรือผู้เกี่ยวข้อง (Roth, 2002) ร่วมกับการสร้างสมการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเทคโนโลยีแต่ละชนิด โดยใช้ของข้อมูลฟาร์มรายย่อยและรายเล็ก จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากสมการ ร่วมกับค่าเฉลี่ยราคาเทคโนโลยีและราคาน้ำนมมาใช้ในการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยี ผลผลิตน้ำนม และ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภทของเทคโนโลยีที่ใช้

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยนำเข้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับโคนม จากแบบสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั้งหมด 70 ฟาร์ม 21 จังหวัด ~~(Table 1)~~ พบว่าเกษตรเป็นเพศชายมากที่สุด (ร้อยละ 64.29) อยู่ภายใต้สังกัดสหกรณ์/อ.ส.ค./ศูนย์รวมนม มากที่สุด (ร้อยละ 81.43) รองลงมาคือ บริษัท/เอกชน (ร้อยละ 18.57) ตามลำดับ ปีเกิดของเกษตรกรอยู่ในปี พ.ศ.2531-2540 มากที่สุด (ร้อยละ 31.43) รองลงมาคือ ปีพ.ศ. 2511-2520, 2521-2530, 2500-2510 และปีพ.ศ. 2541-2545 (ร้อยละ 24.29, 21.43, 20.00 และ2.86 ตามลำดับ) ริเริ่มทำฟาร์มปี พ.ศ. 2551-2560 มากที่สุด (ร้อยละ 41.43) รองลงมาคือ ปีพ.ศ. 2541-2550, 2531-2540 และปีพ.ศ. 2561-2566 (ร้อยละ 24.29, 17.14 และ17.14 ตามลำดับ) เป็นผู้เลี้ยงโคนมรุ่นแรกมากที่สุด (ร้อยละ 71.43) รองลงมาคือรุ่นที่ 2 และรุ่นที่ 3 (ร้อยละ 25.71 และ 2.86 ตามลำดับ) การศึกษาของเกษตรกรอยู่ในระดับมัธยมศึกษาหรือต่ำกว่ามากที่สุด (ร้อยละ51.43) รองลงมาคือ ระดับปริญญาตรี สาขาอื่น, ปริญญาตรี สาขาสัตวบาล และปวส.สาขาอื่น (ร้อยละ 18.57, 15.71 และ14.29 ตามลำดับ) เกษตรกรมีพื้นที่ในการปลูกพืชอาหารสัตว์ ร้อยละ 84.29 พืชที่เกษตรกรเลือกปลูกในฟาร์มมากที่สุดคือ หญ้าเนเปียร์ (ร้อยละ 35.59) รองลงมาคือ หญ้าแพงโกล่า, หญ้าขน, หญ้าเนเปียร์ปลูกร่วมกับหญ้าชนิดอื่นๆ, ข้าวโพดปลูกร่วมกับหญ้าชนิดอื่นๆ และหญ้าชนิดอื่นๆนอกเหนือจากที่กล่าวมา (ร้อยละ 16.95, 16.95, 11.86, 10.17 และ 8.47 ตามลำดับ) และแรงงานที่ใช้ในฟาร์มมากที่สุดคือแรงงานครอบครัวและจ้างแรงงาน (ร้อยละ 52.86) รองลงมาคือแรงงานครอบครัว (ร้อยละ 47.14) ตามลำดับ **(Table 1)**

Table 1 Percentage of the categorical inputs

Input	Category	Percentage
Sex	Male	64.29
	Female	35.71
Type of Milk Collecting Center	Cooperative	81.43
	Company/ private sector	18.57
Year of birth	B.E. 2500-2510	20.00
	B.E. 2511-2520	24.29
	B.E. 2521-2530	21.43
	B.E. 2531-2540	31.43
	B.E. 2541-2545	2.86
Year of farm established	B.E. 2531-2540	17.14
	B.E. 2541-2550	24.29
	B.E. 2551-2560	41.43
	B.E. 2561-2566	17.14
Family generation	Generation 1	71.43
	Generation 2	25.71
	Generation 3	2.86
Education level	Bachelor's Degree (Animal Science)	15.71
	Vocational Certificate	14.29
	Bachelor's Degree	18.57
	Secondary school	51.43
Type of forage grown	Napier	35.59
	Napier + other	11.86
	Pongola	16.95
	maize + other	10.17
	Brachiaria mutica	16.95
	other	8.47
Type of labor	Family	47.14
	Family and hired labor	52.86

อีกทั้งยังพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั้งหมด 70 ฟาร์ม มีจำนวนโคนมเฉลี่ย 61 ตัวต่อฟาร์ม เป็นแม่โครีดนมเฉลี่ย 27 ตัว สัดส่วนแม่โครีดต่อโคดรายเฉลี่ย ร้อยละ 83 สัดส่วนแม่โครีดนมต่อโคทั้งหมด ร้อยละ 46.63 อายุเฉลี่ยโคสาวผสมครั้งแรก 17.17 เดือน จำนวนครั้งผสมติดของโคสาวเฉลี่ย 1.82 ครั้ง แม่โคเฉลี่ย 3.45 ครั้ง วันท้องว่างแม่โคท้องแรกเฉลี่ย 97.49 วัน แม่โคท้องสองขึ้นไปเฉลี่ย 118.81 วัน อัตราการคัดทิ้งเฉลี่ย ร้อยละ 0.52 พื้นที่ทั้งหมดในฟาร์มเฉลี่ย 14.78 ไร่ พื้นที่โรงเรือนเฉลี่ย 2.59 ไร่ พื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์เฉลี่ย 9.16 ไร่ ภายในฟาร์มใช้หัวรีดนมเฉลี่ย 3.61 หัว ปริมาณน้ำนมดิบที่ได้ทั้งเดือนเฉลี่ย 10,396.85 กิโลกรัม น้ำนมดิบ หรือรายวันเฉลี่ย 12.52 กิโลกรัม น้ำนมดิบ/ตัว/วัน ราคาน้ำนมดิบที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 19.35 บาท/กิโลกรัม น้ำนมดิบ เกษตรใช้เวลาใน

การรีดนมเฉลี่ย 2.85 ชั่วโมง/วัน โดยมีแรงงานภายในฟาร์มเฉลี่ย 2.92 คน/ฟาร์ม และจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในฟาร์มเฉลี่ย 1.96 เทคโนโลยี **(Table 2)**

Table 2 Descriptive information of the continuous inputs

Input	Mean	Standard deviation
Total cow (head)	61.07	33.80
Milking cows (head)	27.36	15.85
Milking cows to dry cows (%)	83.00	10.85
Milking cows to total cows (%)	46.63	11.88
Age at 1st calving (month)	17.17	2.55
Number of conception (primiparous cows)	1.82	0.64
Number of conception (multiparous cows)	3.45	1.06
Days open (primiparous cows)	97.49	43.38
Days open (multiparous cows)	118.81	56.90
Culling rate (%)	0.52	1.99
Land area for roughage grown (Rai)	2.59	2.23
Land area for barns (Rai)	9.16	15.51
Milk price (Baht/kg milk)	19.35	0.97
Number of labor (person)	2.92	1.26
Number of technology	1.96	1.57

การเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนม

จากการเก็บข้อมูลการใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนม ทั้ง 70 ฟาร์ม พบว่าเกษตรกร มีการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์ม 1 เทคโนโลยี มากที่สุด ร้อยละ 30.00 รองลงมาคือไม่ใช้เทคโนโลยี (ร้อยละ 21.43) ตามด้วยใช้เทคโนโลยี 3 เทคโนโลยี ใช้ 2 เทคโนโลยี ใช้ 4 เทคโนโลยี ใช้ 5 เทคโนโลยี และ ใช้ 6 เทคโนโลยี (ร้อยละ 18.57, 15.71, 8.57, 2.86 และ 2.86) ตามลำดับ **(Table 3)** โดยประเภทเทคโนโลยีที่เกษตรกรนำมาใช้ในฟาร์มมีจำนวน 9 เทคโนโลยี คือ 1. เครื่องแยกกากมูลโค 2. บ่อไบโอแก๊ส 3. บ่อบำบัดน้ำเสีย 4. โซล่าเซลล์ 5. ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ 6. แอพพลิเคชัน 7. กล้องวงจรปิด 8. เครื่องผสมอาหาร 9. เครื่องรีดนมแบบท่อลำเลียง โดยเกษตรกรมีแนวโน้มในการใช้โซล่าเซลล์มากที่สุด (ร้อยละ 31.43) รองลงมาคือ เครื่องผสมอาหาร แอพพลิเคชั่น เครื่องรีดนมแบบท่อลำเลียง กล้องวงจรปิด บ่อบำบัดน้ำเสีย บ่อไบโอแก๊ส ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ และเครื่องแยกกากมูลโค (ร้อยละ 28.57, 28.57, 24.29, 24.29, 22.86, 11.43, 5.71 และ 5.71) ตามลำดับ **(Table 4)** ซึ่งการเลือกใช้เทคโนโลยีของเกษตรกรขึ้นอยู่กับขนาดฟาร์ม ต้นทุนในการลงทุน และผลตอบแทนที่ได้รับหลังจากการเลือกใช้เทคโนโลยีนั้นๆ ที่ผู้เลี้ยงส่วนใหญ่ ใช้เทคโนโลยีทั้งหมดค่อนข้างต่ำ และมีความแตกต่างระหว่างคะแนนการใช้เทคโนโลยีทั้งหมด กับขนาดฟาร์ม โดยฟาร์มขนาดเล็กนั้นการใช้เทคโนโลยีทั้งหมดแตกต่างกับฟาร์มขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ (กรองแก้ว และคณะ, 2541)

Table 3 The number of technology adoption by the farmers

The number of technology adoption	Percentage
0	21.43
1	30.00
2	15.71
3	18.57
4	8.57
5	2.86
6	2.86

Table 4 The technologies adopted by the farmers

Adopted technology	Number of samples	Percentage
Manure separator	4	5.71
Biogas	8	11.43
Waste stabilization pond	16	22.86
Solar cell	22	31.43
Cow collar	4	5.71
Application for herd management	20	28.57
Closed-circuit camera	17	24.29
TMR mixer	20	28.57
Pipeline milking	17	24.29

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนม (สินชัย และคณะ, 2556) การเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในยุคปัจจุบันถูกคาดหวังทั้งจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องรวมทั้งตัวเกษตรกรเอง ในการพัฒนาการเลี้ยงโคนมที่เน้นประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพ และ ความยั่งยืน เกษตรกรโคนมยุคใหม่ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความรู้ด้านธุรกิจและการจัดการฟาร์ม ใช้องค์ความรู้ทั้งด้านวิชาการและการจัดการเพื่อให้โคนมสามารถผลิตน้ำนมได้ในปริมาณมากที่สุดในต้นทุนต่ำที่สุด มีการทำบัญชีรายรับรายจ่ายของฟาร์มมุ่งเน้นกำไรสุทธิมากกว่ารายได้รวม นอกจากต้องมีความรู้ความสามารถแล้ว เกษตรกรรุ่นใหม่ยังมีภาพลักษณ์ของการใช้เทคโนโลยี เช่น การจัดการข้อมูลในฟาร์มโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ การใช้โปรแกรมเพื่อการจัดการฟาร์ม การใช้โปรแกรมคำนวณสูตรอาหาร ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น จะทำให้เกษตรกรสามารถผลิตสินค้าได้เร็ว มีคุณภาพดี มีจำนวนมากขึ้น หรือแม้แต่การรักษาคุณภาพสินค้าหลังการผลิต/การเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกร ให้มีรายได้มากขึ้น ลดการใช้แรงงาน อีกทั้งจากงานวิจัยดังกล่าวสำรวจพบว่า เกษตรกรวัยหนุ่มสาวได้อภิปรายเกี่ยวกับการตัดสินใจทำฟาร์มโคนมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีไว้ว่า การมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น เทคโนโลยีด้านการรีดนม เทคโนโลยีด้านอาหารสัตว์ ช่วยเหลือในการทำงานฟาร์มมีผลต่อการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกันกับการมีพันธุ์โคนม และพันธุ์พืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ ก็มีผลต่อการตัดสินใจอยู่ในระดับมากเช่นกัน และผลการศึกษานี้ ก็แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรุ่นใหม่มีแนวโน้มใช้เทคโนโลยีเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากเหตุผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการใช้แรงงานดังกล่าวข้างต้น ในขณะเดียวกันงานวิจัยของกรองแก้ว และคณะ (2541) ได้สรุปไว้ว่า การส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีอย่างคุ้มค่า ควรต้องพิจารณาถึงระดับความรู้และประสบการณ์การเลี้ยงโคนมของเกษตรกร ขนาดฟาร์ม และรูปแบบการเลี้ยงโคนมของฟาร์ม ซึ่งในอดีตเมื่อกว่า 20 ปีที่ผ่านมา พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ ใช้เทคโนโลยี

ค่อนข้างต่ำ และขนาดฟาร์มมีผลต่อความยอมรับการใช้เทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟาร์มขนาดเล็ก มีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีแตกต่างกับฟาร์มขนาดปานกลางและขนาดใหญ่

ต้นทุนการผลิตต่อน้ำนมดิบ 1 กิโลกรัม

ต้นทุนรวมทั้งหมดในการผลิตน้ำนมดิบ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 16.19 บาท โดยมีต้นทุนผันแปรเท่ากับ 12.75 บาท คิดเป็นร้อยละ 78.75 ของต้นทุนทั้งหมด ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนผันแปรที่มากที่สุด เท่ากับ 9.32 บาท คิดเป็นร้อยละ 73.10 และมีต้นทุนคงที่เท่ากับ 3.44 บาท คิดเป็นร้อยละ 21.25 ซึ่งมีค่าเสื่อมราคาของเทคโนโลยีและเครื่องมือมากที่สุด เท่ากับ 1.50 บาท คิดเป็นร้อยละ 9.26 โดยมีรายละเอียดต้นทุนใน **Table 5** และการศึกษาในบทความนี้ใช้ต้นทุนคงที่ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตและจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในฟาร์ม เนื่องจากได้คำนวณเงินทุนที่เกษตรกรซื้อเทคโนโลยีไว้ในค่าเสียโอกาสอุปกรณ์

Table 5 Production cost of 1 kilogram of milk

Production cost (Baht/kilogram)	Mean	Standard deviation	Percentage	
			Of variable/fixed cost	Of total cost
Variable Cost (Baht/Month)				
- Labour	1.52	1.34	11.92	9.39
- Feed	9.32	5.94	73.10	57.57
- Supplement	0.21	0.30	1.65	1.30
- Medicine/treatment/Artificial insemination	0.24	0.27	1.88	1.48
- Utility	0.36	0.28	2.82	2.22
- Carriage cost to milk collecting center	0.33	1.31	2.59	2.04
- Fuel	0.23	0.27	1.80	1.42
-Maintenance	0.30	1.25	2.35	1.85
- Miscellaneous	0.11	0.26	0.86	0.68
- Opportunity cost	0.13	0.07	1.02	0.80
Total variable cost	**12.75**	**11.29**	**100.00**	**78.75**
Fixed cost				
- Dam depreciation	1.18	0.40	34.30	7.29
- Technology and equipment depreciation	1.50	1.35	43.60	9.26
- Barn depreciation	0.76	0.65	22.09	4.69
Total fixed cost	**3.44**	**2.40**	**100.00**	**21.25**
Total cost	**16.19**	**13.55**	**-**	**100.00**

ผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนม

จากการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโปรแกรมคำนวณ cool farm tool online (cool farm alliance, 2013) พบว่า ฟาร์มโคนมทั้ง 70 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 272,151.41 kg Co_{2e}/ฟาร์ม/ปี อีกทั้งจากการคำนวณค่าการ

ปลดปล่อยก๊าซมีเทน (IPCC, 2006) พบว่าในฟาร์มโคนมมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักย่อยอาหารของสัตว์ ระดับเทียร์ 1 เฉลี่ย 4,152.86 kg CH_4/ฟาร์ม/ปี และจากการจัดการมูลสัตว์ ระดับเทียร์ 1 เฉลี่ย 1,893.21 kg CH_4/ฟาร์ม/ปี **(Table 6)** ซึ่งปริมาณการผลิตคาร์บอนฟุตปริ้นท์จะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดของฟาร์ม ปริมาณผลผลิตน้ำนม การจัดการให้อาหาร และ การจัดการมูลของแต่ละฟาร์ม (มธุรส และ วิโรจน์, 2556)

Table 6 Greenhouse gas (GHG) and methane (CH4) emission

GHG emission	Mean	Standard deviation
Emissions per kg FPCM (kg Co_{2e}/farm/year)	2.64	1.64
GHG emissions (kg Co_{2e}/ farm/year)	272,151.41	167,058.32
CH4 Enteric (kg CH_4/ farm/year)	4,152.86	2,298.35
CH4 manure (kg CH_4/ farm/year)	1,893.21	1,047.78

ผลผลิตน้ำนม ต้นทุนการผลิต และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ในฟาร์ม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ต่อผลผลิตน้ำนมดิบ ต้นทุนการผลิต และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก **(Figure 1)** พบว่า ฟาร์มที่ใช้ 5 เทคโนโลยี มีผลผลิตน้ำนมดิบมากกว่าฟาร์มที่ไม่ใช้เทคโนโลยีและฟาร์มที่ใช้จำนวนเทคโนโลยีอื่นๆ ($P<0.05$) ในขณะที่ฟาร์มที่ใช้ 2 ถึง 4 เทคโนโลยีมีต้นทุนการผลิตคงที่ต่ำที่สุด ($P<0.05$) ด้านการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกพบว่า ฟาร์มที่ใช้ 4 ถึง 5 เทคโนโลยี มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าฟาร์มที่ไม่ใช้เทคโนโลยีและฟาร์มที่ใช้ 1, 2 และ 3 เทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ ฟาร์มที่ใช้ 6 เทคโนโลยี มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าจำนวนเทคโนโลยีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

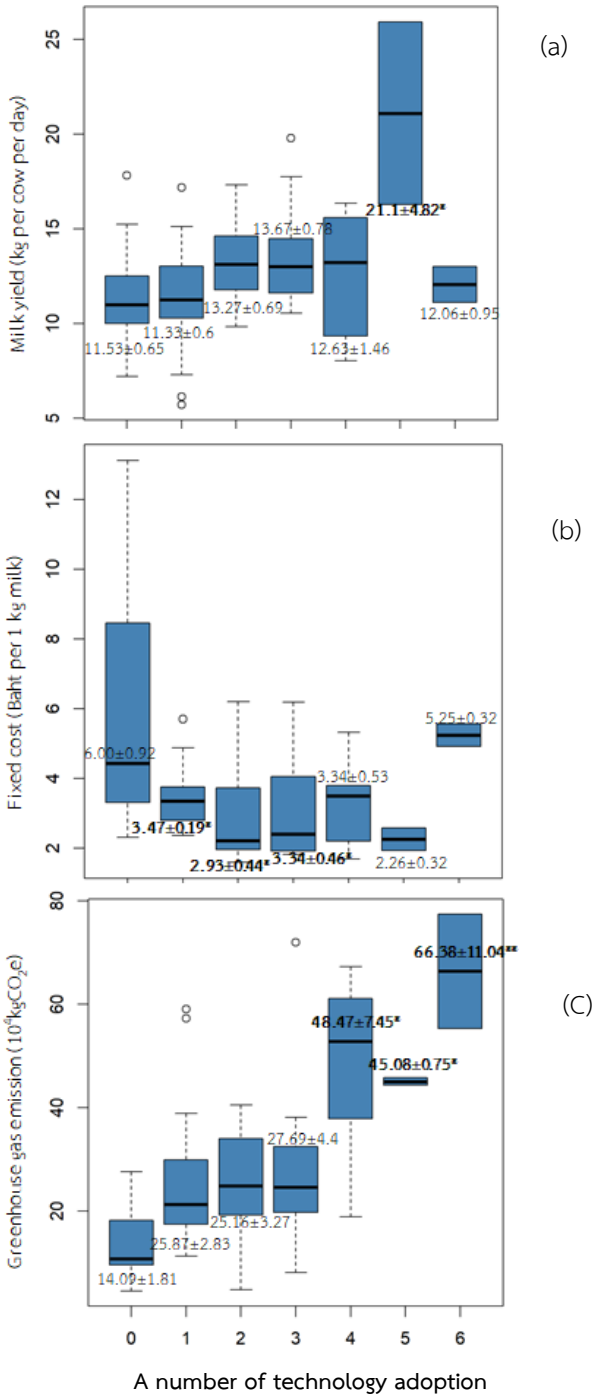

Figure 1 Milk yield (a), production cost (b), and greenhouse gas emission (c) regarding a number of technology adoption (mean±SEM)

* P < 0.05

** P < 0.01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนมดิบและต้นทุนการผลิตนอกเหนือจากการใช้เทคโนโลยี ทั้งปัจจัยจากอาหารและการให้อาหารที่ดีส่งผลให้ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมสูงกว่าการจัดการด้านอาหารที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (สุทธิศักดิ์ และคณะ, 2546) ทั้งมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมของเกษตรกรในจังหวัด

สกลนคร พบว่า ฟาร์มขนาดกลางมีโอกาสที่จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าฟาร์มขนาดเล็ก เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษามีโอกาสที่จะมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า และ การเพิ่มจำนวนแรงงานประจำในฟาร์ม จะทำให้โอกาสที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของขนาดฟาร์มเดียวกัน (ภรภัทร และคณะ, 2562) ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ขนาดฟาร์ม ประเภทศูนย์รวมนมต้นสังกัด ชนิดพืชอาหารสัตว์ที่ปลูก และภูมิภาคที่ตั้งฟาร์ม ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และ ประสบการณ์ทำฟาร์ม ระดับการศึกษา ชนิดพืชอาหารสัตว์ที่ปลูก และ ประเภทแรงงาน มีผลต่อต้นทุนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ควบคุมอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าว โดยการกำหนดให้เป็นอิทธิพลแบบสุ่ม (random effect)

เมื่อพิจารณาผลของจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้ต่อทั้งประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมดิบ คือ ปริมาณผลผลิตและต้นทุนการผลิต และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า การใช้เทคโนโลยี 5 เทคโนโลยี ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบที่มากที่สุด แต่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็มากขึ้นเช่นกัน การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากขึ้นเมื่อมีจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้มากเนื่องมาจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากฟาร์ม ส่วนใหญ่มาจากตัวสัตว์ ซึ่งในตัวสัตว์นั้นมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุด (มธุรส และ วิโรจน์, 2556) อีกทั้งการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์ม ส่วนใหญ่เกษตรกรใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนมและระบบการเลี้ยงในการอำนวยความสะดวก และลดขั้นตอนในการทำงานในฟาร์ม มากกว่าเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กรองแก้ว และคณะ, 2541; สันติ, 2554) ในขณะที่ผลของการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ 3 เทคโนโลยีเป็นทางเลือกที่ให้สมดุลทั้งประสิทธิภาพการผลิตที่ดีและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เมื่อเทียบกับจำนวนเทคโนโลยีที่มากกว่า

ความคุ้มค่าในการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมของเกษตรกรรายย่อย

จากศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการส่งเสริมไปยังฟาร์มโคนมทั่วไป โดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในฟาร์ม (partial budget analysis) และนำความสัมพันธ์เชิงเส้นที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลฟาร์มโคนมรายย่อยและรายเล็ก ใช้ค่าเฉลี่ยราคาเทคโนโลยีและราคาน้ำนมเป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณกำไรและระยะเวลาคืนทุน เปรียบเทียบผลของแต่ละทางเลือก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความคุ้มค่าในการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมของเกษตรกรรายย่อยและรายเล็กต่อผลผลิตน้ำนมที่ผลิต **(Table 7)** เทคโนโลยีที่ควรเลือกใช้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น คือ ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ บ่อไบโอแก๊ส และ โซล่าเซลล์ เมื่อนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมดิบได้ร้อยละ 25.42, 41.08 และ 54.88 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรร้อยละ 69.44, 33.59, และ 98.44 ต่อเดือน จากการเลือกใช้ 1, 2, และ 3 เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมตามลำดับ และมีระยะเวลาในการคืนทุน 6.30, 10.50, และ 24.61 เดือน ตามจำนวนเทคโนโลยีที่เลือกใช้ สาเหตุที่เทคโนโลยีเหล่านี้ทำให้ผลผลิตน้ำนมดิบเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ปลอกตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทำให้การจัดการตัวสัตว์มีความแม่นยำมากขึ้น บ่อไบโอแก๊สทำให้การจัดการสุขลักษณะในฟาร์มดีขึ้น และโซล่าเซลล์ทำให้การจัดการผลผลิตในแปลงหญ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่ความคุ้มค่าในการเลือกใช้เทคโนโลยีฟาร์มโคนมของเกษตรกรรายย่อยต่อการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก **(Table 8)** พบว่า เทคโนโลยีที่ควรเลือกใช้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น คือ ไบโอแก๊ส, เครื่องผสมอาหาร และ โซล่าเซลล์ เมื่อนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ สามารถลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 0.13, 0.09 และ 0.08 จากการเลือกใช้ 1, 2, และ 3 เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมตามลำดับ กล่าวได้ว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนเทคโนโลยีที่ใช้เพิ่มขึ้น

Table 7 Economics of technology adoption on milk yield of the smallholder dairy farmers

List	A number of technology adoption			
	0	1	2	3
A number of milking cows (head)	13	17	12	16
Investment (Baht)	-	Cow collar 6,000	Cow collar 6,000 Biogas 150,000	Cow collar 6,000 Biogas 150,000 Solar cell 150,000
Total investment (Baht)	0.00	102,000.00	222,000.00	396,000.00
Milk yield (kg/cow/day)	10.15	12.73	14.32	15.72
Increased milk yield (percent)	-	25.42	41.08	54.88
Milk price (Baht/kg)	19.01	19.64	19.5	19.79
Milk income (Baht/month)	76,296.24	129,279.73	101,922.60	151,401.42
Increased milk income (percent)	-	69.44	33.59	98.44
Profit (Baht/month)	20,071.78	16,194.69	21,133.16	16,093.95
Payback period (month)	0.00	6.30	10.50	24.61

Table 8 Economics of technology adoption on greenhouse gas emission of the smallholder dairy farms

List	A number of technology adoption			
	0	1	2	3
A number of milking cows (head)	13	17	12	16
Investment (Baht)	-	Cow collar 6,000	Cow collar 6,000 Biogas 150,000	Cow collar 6,000 Biogas 150,000 Solar cell 150,000
Total investment (Baht)	0.00	150,000.00	550,000.00	900,000.00
Greenhouse gas emission ($kgCO_2e$/farm/ปี)	8.03	6.47	6.60	6.89
Decreased Greenhouse gas emission (percent)	-	0.13	0.09	0.08
Milk yield (kg/cow/day)	10.15	11.75	11.24	10.44
Increased milk yield (percent)	-	15.76	10.74	2.86
Milk price (Baht/kg)	19.01	19.64	19.5	19.79
Milk income (Baht/month)	76,296.24	119,327.32	80,000.70	100,549.03
Increased milk income (percent)	-	56.40	4.86	31.79
Profit (Baht/month)	20,071.78	14,947.96	16,587.76	9,029.45
Payback period (month)	0.00	6.82	33.16	99.67

กรรณิกา (2553) ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินในการทำฟาร์มโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมการเกษตรไชยปราการ จำกัด อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินและความไหวตัวของโครงการ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงิน ของฟาร์มโคนมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ขนาดของฟาร์มยิ่งใหญ่ขึ้น ก็ยิ่งมีความคุ้มค่ามากกว่าในการลงทุนในโครงการ กล่าวได้ว่าธุรกิจฟาร์มโคนมเป็นธุรกิจที่มีควรประหยัดจากขนาด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ดำเนินการเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรรายย่อยและรายเล็กที่ต้องการจัดการฟาร์มแบบแม่นยำ มีข้อประกอบการตัดสินใจลงทุนที่ชัดเจน โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า หากเกษตรกรรายย่อยและรายเล็กต้องการเพิ่มปริมาณน้ำนม การใช้ 3 เทคโนโลยี คือ ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์, บ่อไบโอแก๊ส และ โซล่าเซลล์ ทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 54.88 หากเกษตรกรรายย่อยและรายเล็กต้องการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก การเลือกใช้บ่อไบโอแก๊สเพียงอย่างเดียวในฟาร์มโคนมเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 0.13 และได้กำไรดีที่สุดเมื่อเทียบกับสัดส่วนกำไรจากเงินลงทุน 2 และ 3 เทคโนโลยี

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้เทคโนโลยีเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตามหากใช้เทคโนโลยีจำนวนมาก จะเป็นการเพิ่มต้นทุน ส่งผลต่อสัดส่วนกำไรที่ลดลง และไม่มีผลในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีจึงควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความรู้การเลี้ยงโคนมของเกษตรกร ขนาดฟาร์ม และบริบทในพื้นที่ที่ส่งผลต่อรูปแบบการเลี้ยงโคนม นอกจากนี้ การศึกษานี้เป็นการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเพียง 1 ปี ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อประสิทธิภาพการผลิตและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว รวมถึงไม่ได้มีการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) จึงควรมีงานวิจัยที่จะเป็นไปเพื่อการวิเคราะห์หรือทำนายความคุ้มค่าของการลงทุนในระยะยาว

สรุป

การศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนในเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนมพบว่าการใช้ปลอกคอตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ ร่วมกับ บ่อไบโอแก๊ส และ โซล่าเซลล์ สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมได้ร้อยละ 54.88 ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 98.44 จากปริมาณน้ำนมต่อตัวที่เพิ่มขึ้น โดยมีระยะเวลาคืนทุน 24.61 เดือน และการใช้ไบโอแก๊สส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงมากที่สุด ร้อยละ 0.13 ระยะเวลาคืนทุน 6.82 เดือน เมื่อคำนวณรายได้จากปริมาณน้ำนมต่อตัวที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.76

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2566 โครงการวิจัยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลือกใช้เทคโนโลยีในฟาร์มโคนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กรองแก้ว บริสุทธิ์สวัสดิ์, ดิเรก ฤกษ์หร่าย, ผ่องพรรณ จิตต์อนันต์ และจรัญ จันทลักขณา. 2541. การใช้เทคโนโลยีของผู้เลี้ยงโคนมในสหกรณ์โคนมหนองโพ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค. แหล่งข้อมูล: https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/kukr/search_detail/result/184017. ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2566.

กรรณิการ์ ใจประเทือง. 2554. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินในการทำฟาร์มโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมการเกษตรไชยปราการ จำกัด อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณกร พินิจศร, วีระศักดิ์ ปัญญาพรวิทยา และสุวิชัย โรจนเสถียร. 2558. ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำ นมของฟาร์มโคนมขนาดเล็กและขนาด กลางในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. น. 977 – 984. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.

นิธินันท์ ลิบลับ. 2563. การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์ในฟาร์มโคนม และผลิตภัณฑ์นมของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภรภัทร ไชยสมบัติ และนราวุธ ระพันธ์ค้า. 2562. ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร. วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 16: 142-153.

พรพมล ปัทมานนท์. 2554. ปริมาณการสูญเสีย การใช้ทรัพยากรและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ ณ ศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรกรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มธุรส อรังศรี และวิโรจน์ ภัทรจินดา. 2556. กรณีศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์ในฟาร์มโคนม จังหวัดขอนแก่น. แก่นเกษตร. 41: 64-68.

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์, ประวีร์ วิชชุลตา, พรศรี ชัยรัตนายุทธ์, สิรินทร์พร สินธุวณิชย์, วิไล สันติโสภาศรี, สมจิต สุรพัฒน์ และโกวิทย์ นิธิชัย. 2546. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมของโคนม ภายใต้สภาพการเลี้ยงในประเทศเขตร้อน. น.401-408. ใน: ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41.

สันติ ดีวิเศษ. 2554. ระดับการใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงโคนมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสมาชิก สหกรณ์โคนมไทยมิลค์ จำกัด อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี. วิชาการค้นคว้าอิสระหลักสูตสูรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม. คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สินชัย เรืองไพบูลย์, จารุวัฒน์ นุตเดชานันท์ และพรพมล ปัทมานนท์. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของเกษตรกรวัยหนุ่มสาวในการทำฟาร์มเลี้ยงโคนม. สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. แหล่งข้อมูล: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://extension.dld.go.th/webnew/images/stories/research/research2556/02research%20project56.pdf. ค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2565.

Cool Farm Alliance. 2013. The Tool: Greenhouse Gases. Available: https://coolfarm.org/. Accessed Jul. 01, 2023.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. AssessmentReport (AR5)SynthesisReport: Climate Change2014.

Pattamanont, P., J. Nutdechanan, A. Vangtal, C. Maneetup, and K. Ajariyakhajorn. 2022. Towards sustainability of the dairy industry in Thailand. The Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region (FFTC) Agricutural Policy Platform.

Roth, S. 2002. Partial budgeting for agriculture businesses. Agriculture Research and Cooperative Extension. The Pennsylvania State University. Available: https://extension.psu.edu/partial-budgeting-for-agricultural-businesses#product.info.author. Accessed Apr.05, 2023.