

บทที่ 5

สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. บริบททางด้านสังคมของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีช่วงอายุระหว่าง 45-60 ปี นับถือศาสนาพุทธ การคมนาคมในหมู่บ้านใช้งานได้ดีตลอดทั้งปี ระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์) มีพอใช้ ความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดี ความขัดแย้งในชุมชนอยู่ในเกณฑ์ที่น้อย ความคาดหวังของผู้ปกครองส่วนใหญ่ต้องการให้บุตรมีการศึกษาสูงเนื่องจากไม่อยากให้บุตรมีอาชีพทำนาเหมือนพ่อและแม่ สำหรับบริบททางด้านสังคมของเกษตรกรไทยและลาวที่มีความแตกต่างกันดังนี้ เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ มีการศึกษาประถมศึกษา ประสพการณ์ในการทำนาระหว่าง 5-15 ปี ครัวเรือนส่วนใหญ่มีบุตร 2 คน สุขภาพและสวัสดิการด้านสาธารณสุขในชุมชน สภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในเกณฑ์ดี ปริมาณน้ำในการเพาะปลูกยังเพียงพอต่อการใช้งาน ส่วนเกษตรกรลาวส่วนใหญ่ไม่ได้เรียนหนังสือ ประสพการณ์ในการทำนามากกว่า 15 ปี ครัวเรือนส่วนใหญ่มีบุตรมากกว่า 3 คน สุขภาพ สวัสดิการด้านสาธารณสุขและสภาพสิ่งแวดล้อมในชุมชนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีปริมาณน้ำในการเพาะปลูกอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางในฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปี (ฤดูฝน)

2. บริบททางด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาวส่วนใหญ่มีรายได้และรายจ่ายต่อเดือนของครัวเรือนมีค่าใกล้เคียงกัน สถานะการเงินของครัวเรือนไม่มีเงินเก็บออม มีความต้องการทำนาเป็นอาชีพหลักต่อไป การเลือกประกอบอาชีพชาวนาเพราะพ่อและแม่ทำนาและมีที่นาอยู่แล้ว รู้ต้นทุนการผลิต การเพาะปลูกตามฤดูกาล สำหรับบริบทด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรไทยและลาวที่มีความแตกต่างกันดังนี้ เกษตรกรไทยส่วนใหญ่มีหนี้สินและมีภาระเงินกู้ มีวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ในชุมชนแบบพอเพียง (พออยู่พอกิน) การจ้างแรงงานเป็นแบบจ้างเหมาต่อไร่ วัตถุประสงค์ของการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำเพื่อบริโภคและขาย วิชาขายผลผลิตข้าวเหนียวส่วนใหญ่เข้าโครงการรับจำนำข้าวของรัฐบาล และมีความต้องการลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการดูแลรักษา สำหรับเกษตรกรลาวส่วนใหญ่ไม่มีหนี้สิน และไม่มีภาระเงินกู้ มีวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ในชุมชนแบบยากจน การค้าขายไม่มีระบบเงินผ่อน แรงงานทำนาใน

ปัจจุบันเป็นแบบทำงานแลกเปลี่ยนกัน วัตถุประสงค์ของการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลักเหลือจึงขาย การเก็บผลผลิตข้าวเหนียวเก็บไว้ในยุ้ง และมีความต้องการลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่การเพาะปลูก

3. การใช้พลังงานและต้นทุนพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของเกษตรกรไทย และลาวแบ่งตามขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูกออกเป็น พื้นที่ขนาดเล็ก 1-5 ไร่ พื้นที่ขนาดกลาง > 5-15 ไร่ และพื้นที่ขนาดใหญ่ > 15 ไร่ เมื่อพิจารณาเกษตรกรไทยพบว่า ขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูกที่มีพื้นที่มากขึ้นทำให้มีการใช้พลังงานและต้นทุนพลังงานเพิ่มขึ้น และผลผลิตที่ได้ต่อไร่มีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับเกษตรกรลาว พบว่า การใช้พลังงานและต้นทุนพลังงานของพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน และผลผลิตต่อไร่มีค่าไม่แตกต่างกัน

4. การประมาณการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของเกษตรกรไทยและลาวขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิต การพยากรณ์การใช้พลังงานต่อปี (ปีการเพาะปลูก) ของเกษตรกรไทยในอนาคตขึ้นอยู่กับพื้นที่การเพาะปลูก และการพยากรณ์การใช้พลังงานในอนาคตของเกษตรกรลาวไม่สามารถพยากรณ์ได้เนื่องจากขาดฐานข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต

อภิปรายผล

บริบทด้านสังคม เศรษฐกิจและการใช้พลังงานของเกษตรกรไทยและลาว

เกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาว ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 45-60 ปี มีถึงร้อยละ 70 และ 85 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าแรงงานที่อยู่ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวส่วนใหญ่มีอายุที่มาก (ผู้สูงอายุ) ในอนาคตจะไม่สามารถทำนาได้แล้วเนื่องจากมีปัญหาทางสุขภาพอาจทำให้มีผลกระทบด้านแรงงานต่อกระบวนการผลิตข้าวเหนียวตามมา การขาดแคลนแรงงานที่มีประสิทธิภาพในการทำรวมถึงแรงงานที่จะมาทดแทนในอนาคตมีช่วงอายุระหว่าง 15-30 ปี มีเพียงร้อยละ 1 และ 2 ตามลำดับ ที่ยังต้องการทำนาเป็นอาชีพหลักต่อไปที่เหลือส่วนใหญ่มีความต้องการไปประกอบอาชีพอื่นๆ หากสถานการณ์ในปัจจุบันยังเป็นเช่นนี้ในอนาคตจะถึงจุดวิกฤติด้านแรงงานในการผลิตข้าวเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (เดโซ ไชยทัพ, 2539) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการปรับตัวของชาวนาเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจสมัยใหม่ เกี่ยวกับการขาดแคลนแรงงานที่จะมาทดแทนในอนาคต เมื่อพิจารณาทางด้านโครงสร้างของประชากรช่วงอายุต่างๆ ในพื้นที่การวิจัยของไทยในอดีตจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับแนวโน้มของพลเมืองในอนาคต พบว่าจำนวนผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุเป็นโรคเรื้อรัง ผู้สูงอายุที่ช่วยตัวเองไม่ได้ คนพิการ และสตรีที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไปมีจำนวนรวมทั้งหมดประมาณ 38% ของประชากรทั้งหมด 29,008 คน ซึ่งถือเป็นประชากรที่มาก ประกอบกับมีประชากรของ

เด็กแรกเกิดถึง 6 ปี และสตรีมีครรภ์มีจำนวนรวมทั้งหมด 3.9% ซึ่งเห็นได้ว่าจำนวนประชากรของผู้สูงอายุมากกว่าเด็กประมาณ 10 เท่า ซึ่งถือว่าไม่มีความมั่นคงอย่างยั่งยืนในด้านการผลิตอาหารเนื่องจากช่วงอายุของแรงงานในวัยทำงานขาดช่วงกันอาจทำให้ขาดแคลนแรงงานที่มีประสิทธิภาพในการทำนา (ศูนย์ข้อมูลประเทศไทย, 2554) สำหรับความคาดหวังของผู้ปกครองที่เป็นเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาว ส่วนใหญ่ยังมีความต้องการให้บุตรได้รับการศึกษาสูงสุดเท่าที่ผู้ปกครองจะส่งเสียให้เล่าเรียนได้ เนื่องจากไม่อยากจะให้บุตรมีอาชีพทำนาเหมือนพ่อและแม่ เพราะเห็นว่าอาชีพทำนานั้นเป็นการทำงานที่หนัก เป็นอาชีพที่ไม่มีเกียรติ มีรายได้น้อย มีหนี้สิน รวมถึงตัวบุตรเองมีความต้องการเปลี่ยนอาชีพจากการทำนาเป็นอาชีพที่มีความมั่นคงในการดำรงชีวิตทำงานไม่หนักจนเกินไป จึงเลือกสมัครเข้าทำงานในระบบราชการ เอกชน รับจ้างทั่วไปหรือประกอบอาชีพอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ธีรวัณ วังทองสวรรค์, 2551) การเป็นลูกชานา : การต่อรองกับความไม่มั่นคงทางอาชีพของคนหนุ่มในภาคเหนือของประเทศไทย เกี่ยวกับอาชีพชานา มีรายได้น้อย มีหนี้สิน และมีความยากจน

ผลการวิจัยด้านวิถีชีวิตความเป็นอยู่ในชุมชนของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยยังคงเป็นแบบสังคมชนบทตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง (พออยู่พอกิน) ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ชี้วัดความยากจน (Poverty line) ของ (สำนักพัฒนาฐานข้อมูลและตัวชี้วัดภาวะสังคม, 2554) มีรายได้และรายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 3,211 บาท/คน/เดือน มีค่าใกล้เคียงกันรวมถึงความเป็นอยู่ของเกษตรกรทำให้ไม่มีเงินเก็บออม ส่วนใหญ่ยังมีหนี้สินสะสมค่อนข้างมาก มีค่าครองชีพที่สูงเนื่องมาจากรายได้จากการขายผลผลิตรวมถึงรายได้จากส่วนอื่นๆ เมื่อเทียบกับรายจ่ายในครัวเรือนแล้วมีค่าไม่ต่างกันมากนัก ทำให้มีความเสี่ยงและไม่มีความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจในครัวเรือน หากสมาชิกในครัวเรือนมีการบริหารจัดการรายรับ-รายจ่ายที่ดีรวมถึงการดำเนินวิถีชีวิตความเป็นอยู่แบบเศรษฐกิจพอเพียงแล้วจะสามารถทำให้มีเงินเก็บออมและมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจได้ ภาระเงินกู้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงจากการสังเกตการใช้โทรศัพท์ระบบมือถือเป็นที่นิยมใช้มากที่สุดสูงถึงร้อยละ 84 เนื่องจากในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรในชุมชนมีค่านิยมที่เลียนแบบหรือมีการแข่งขันกันสูงระหว่างครัวเรือนในการใช้เครื่องอุปโภคและบริโภคมีผลทำให้มีค่าใช้จ่ายในครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น รวมถึงระบบเศรษฐกิจของเกษตรกรไทยยังมีการซื้อและขายสิ่งของด้วยระบบเงินผ่อนหรือเช่าซื้อ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมีภาระเงินกู้และหนี้สิน สำหรับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ในชุมชนของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำลาวยังคงเป็นแบบสังคมชนบทส่วนใหญ่มีฐานะยากจน ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ชี้วัดความยากจน (Poverty line) ของ (สำนักพัฒนาฐานข้อมูลและตัวชี้วัดภาวะสังคม, 2554) มีรายได้และรายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 2,445 บาท/คน/เดือน มีค่าใกล้เคียงกันและรายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือนต่ำ ไม่มีเงินเก็บออม มีหนี้สินน้อย เนื่องจากมีค่าครองชีพที่ต่ำ

รายได้และรายจ่ายน้อยตามประกอบกับระบบการค้าขายทั่วไปของประเทศไทยไม่มีระบบการเช่าซื้อ ด้วยเงินผ่อนทำให้เกิดหนี้สินในครัวเรือนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุเทพ แสนมงคล, 2543) การก่อตัวของความสัมพันธ์เชิงหนี้สินในหมู่ชาวนาผู้ผลิตพืชพาณิชย์ เขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่ เกี่ยวกับการซื้อและขายสิ่งของด้วยระบบเงินผ่อนหรือเช่าซื้อ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรไทย เกิดมีภาระเงินกู้ และหนี้สิน

เกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาวในปัจจุบันยังคงมีความต้องการเลือกอาชีพทำนาเป็นอาชีพหลักต่อไป เหตุผลเนื่องจากข้าวเหนียวยังเป็นอาหารหลักที่ใช้บริโภคในครัวเรือน และเป็นอาชีพที่มีอยู่คู่กับคนชาติพันธุ์ไท-กะได หลายชั่วอายุคนตลอดจนถึงปัจจุบัน ประกอบกับมีที่นาเป็นมรดกตกทอดมาถึงลูกหลาน วัตถุประสงค์ของการปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของเกษตรกรไทย ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อขายเป็นหลักโดยจะแบ่งไว้สำหรับใช้บริโภคในครัวเรือนให้เพียงพอตลอดปี (ถึงฤดูกาลใหม่) เท่านั้นส่วนที่เหลือจะขายผลผลิตหรือเข้าโครงการของรัฐบาล สำหรับเกษตรกรลาวการผลิตข้าวเหนียวเกือบทั้งหมดจะผลิตเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเร่งทำการผลิตข้าวเหนียวเพื่อทำการค้าเหมือนประเทศไทย การผลิตยังคงมีวัฒนธรรมในการเพาะปลูกข้าวเหนียวแบบโบราณและสืบทอดกันมาถึงปัจจุบัน ช่วงเวลาในการเพาะปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ ส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกตามฤดูกาล เริ่มทำการเพาะปลูกช่วงเข้าสู่ฤดูฝน (ข้าวนาปี) วัตถุประสงค์ของการปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก (นิยมบริโภคข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมือง) รวมถึงเป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วไปหลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วจะเก็บผลผลิตไว้ในยุ้ง เพื่อเก็บไว้ใช้บริโภคให้เพียงพอตลอดทั้งปีจนถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวใหม่ เมื่อมีข้าวเก่าเหลือจากการบริโภคแล้วจึงทำการขาย (ส่วนใหญ่ไม่นิยมบริโภคข้าวเก่า) หรือใช้ข้าวเหนียวแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าชนิดอื่น ฐานะความเป็นอยู่ของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำไทยและลาวมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในกระบวนการข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ เมื่อพิจารณาเห็นว่าครัวเรือนของเกษตรกรที่มีฐานะและความเป็นอยู่ที่ดีมีโอกาสและมีศักยภาพในการทำนาที่มีพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดใหญ่ขึ้นมีการลงทุนที่สูงโดยผลิตข้าวเหนียวเพื่อการค้าหรือเชิงพาณิชย์เป็นหลัก ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สามารถใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีกำลังม้าขนาดใหญ่ เช่น รถไถนาชนิดนั่งขับที่มีกำลังม้าหลายขนาด ขั้นตอนการดูแลรักษาสามารถวางระบบน้ำหรือระบบชลประทานด้วยทุนส่วนตัวเช่น การสูบน้ำเข้าแปลงนากรณีน้ำไม่เพียงพอต่อการทำนา มีการบำรุงรักษาพื้นที่ทำการเพาะปลูกเช่นการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มาก ใช้สารเคมีในการควบคุมดูแลรักษาแมลงศัตรูพืช ควบคุมหญ้า และในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีขนาดใหญ่เช่น ใช้รถเกี่ยว-นวดที่มีกำลังม้าขนาดใหญ่ รวมถึงสามารถทำการผลิตข้าวในปีการเพาะปลูกได้ 2-3 ครั้ง และผลผลิตที่ได้ค่อนข้างสูง

สำหรับครัวเรือนของเกษตรกรที่มีฐานะและความเป็นอยู่ที่ยากจนมีโอกาสมิ่ศักยภาพในการทำนาที่มีพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากไม่มีเงินลงทุนที่สูง จำเป็นต้องไปกู้เงินมาลงทุนการผลิตข้าวเหนียวเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีกำลังมีขนาดเล็ก เช่น รถไถนาชนิดเดินตามที่มีกำลังมีขนาดเล็ก ขั้นตอนการดูแลรักษาไม่สามารถควบคุมระบบน้ำหรือระบบชลประทานได้เช่นไม่มีเงินทุนในการซื้อเชื้อเพลิงสำหรับการสูบน้ำเข้าแปลงนากรณีมีน้ำไม่เพียงพอต่อการทำการการบำรุงรักษาพื้นที่ทำการเพาะปลูกไม่เพียงพอ เช่นการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่น้อย การควบคุมดูแลรักษาแมลงศัตรูพืช การควบคุมหญ้าทำได้ไม่เต็มที่ และในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่ใช้แรงงานเกี่ยว-นวด โดยใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก รวมถึงสามารถทำการผลิตข้าวในปีการเพาะปลูกได้เพียง 1 ครั้ง และผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำเหมือนรูปแบบการผลิตข้าวเหนียวอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ต่อศักดิ์ นิยะมาศ, 2548) ที่ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกข้าวอินทรีย์ของสมาชิกกลุ่มเกษตรกรหมู่บ้านดอนเจียง ตำบลสบเปิง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์มีต้นทุนต่ำ ผลผลิตที่ได้ที่ต่ำและมีปัญหาเกี่ยวกับศัตรูข้าว

ต้นทุนพลังงานและการประมาณการใช้พลังงานของเกษตรกรไทยและลาว

พื้นที่ทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่ที่เกษตรกรไทยและลาวถือครองอยู่เป็นพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดกลาง $> 5-15$ ไร่ และมีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกันจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $S.D. \pm 3$ และ ± 3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเห็นว่าพื้นที่ทำการเพาะปลูกทุกขนาดมีการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์มากที่สุดในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ธนศ ไชยชนะ, 2547) และงานวิจัยของ พิลลิซซี (Pellizzi et al., 1988) เกี่ยวกับการใช้เครื่องยนต์มากที่สุดในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจากสถานการณ์ในปัจจุบันเกษตรกรไทยได้นำเอาปัจจัยการผลิตที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้งานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวปีแบบนาดำค่อนข้างมาก โดยเฉพาะขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (รถเกี่ยว-นวด) เพียงขั้นตอนเดียวมีการใช้พลังงานถึง 848 MJ/ไร่ เนื่องจากรถเกี่ยว-นวด มีการใช้กำลังมีจากเครื่องยนต์ แรงงานและเชื้อเพลิงเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งเป็นพลังงานฟอสซิลมีค่าพลังงานเทียบเท่าที่สูง รองลงมาเป็นขั้นตอนการดูแลรักษา ประเภทการใส่ปุ๋ยเคมีมีการใช้พลังงานมากที่สุดในปัจจุบัน ในพื้นที่การวิจัยมีการผลิตข้าวเหนียวและข้าวชนิดอื่นอย่างน้อย 2 ครั้งต่อปีการเพาะปลูก หลังทำการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียวนาปีเสร็จแล้วส่วนใหญ่จะทำการปลูกข้าวชนิดอื่นต่อในพื้นที่ที่ระบบน้ำชลประทานครอบคลุมถึงบางพื้นที่ทำการเพาะปลูกถึง 3 ครั้ง (สำนักงานเกษตรอำเภอพาน, 2553) สำหรับปรากฏการณ์ Climate change การเปลี่ยนแปลงสภาวะทางอากาศในพื้นที่อำเภอพานตามภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบเชิงเขาที่กว้างใหญ่ข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาไม่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน

เนื่องจากพื้นที่ทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รวมถึงมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน โดยเฉพาะแม่น้ำลาวมีความกว้างและมีร่องลึกสามารถระบายน้ำไหลผ่านต่อไปถึงแม่น้ำอิงตอนบน และไหลลงไปสู่แม่น้ำโขงได้ สำหรับระบบน้ำชลประทานมีครอบคลุมพื้นที่ทำการเพาะปลูก ประมาณ 70% โดยเฉพาะในการเพาะปลูกฤดูกาลนาปีมีฝนตกตามฤดูกาล เนื่องจากด้านทิศเหนือ และตะวันตกมีเทือกเขาทอดตัวยาวตั้งแต่อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย จนถึงอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ทำให้อำเภอพานซึ่งอยู่ด้านทิศตะวันออกได้รับอิทธิพลเกี่ยวกับความชื้นที่สูงมีผลทำให้ฝนตกตาม ฤดูกาล (สำนักงานการท่องเที่ยวและการกีฬาจังหวัดเชียงราย, 2553) วัตถุประสงค์การผลิตข้าวเหนียว นาปีเพื่อใช้บริโภคและขาย ในครัวเรือนจะจัดการผลผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับไว้ ใช้บริโภคในครัวเรือนให้เพียงพอตลอดถึงฤดูกาลใหม่ (ข้าวนาปี) ส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นผลผลิตส่วนใหญ่ สำหรับขายหรือเข้าร่วมโครงการของรัฐบาล เมื่อต้องการเร่งผลผลิต และทำการเพาะปลูกหลายครั้ง ในรอบปีการเพาะปลูก ส่งผลทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ขาดแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อการ เจริญเติบโตของต้นข้าวเหนียว และเมื่อมีความต้องการให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้นเกษตรกรจึงมีความจำเป็น ต้องใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับบำรุงดิน โดยเพิ่มปริมาณการใช้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีที่มีส่วนผสมของ ธาตุไนโตรเจน (N) เนื่องจากมีค่าพลังงานเทียบเท่าสูงถึง 76 MJ/kg และการควบคุมศัตรูพืชและวัชพืช จึงใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมากมีผลทำให้การใช้พลังงานในขั้นตอนการดูแลรักษาที่สูง สำหรับขั้นตอนการเพาะปลูกมีการใช้พลังงานต่ำสุดเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ส่วนใหญ่ยังใช้แรงงาน คนทำงานเป็นหลักและจัดเป็นพลังงานนอกพาณิชย์ซึ่งมีค่าพลังงานเทียบเท่าที่ต่ำ

กระบวนการผลิตข้าวเหนียวของเกษตรกรลาวยังเป็นการผลิตแบบวัฒนธรรมโบราณ วัตถุประสงค์ของการปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาคำ ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก (นิคมบริโภคข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมือง) รวมถึงเป็นที่นิคมบริโภคของคนทั่วไป หลังจากทำการเก็บเกี่ยว ข้าวแล้วจะเก็บผลผลิตไว้ในยุ้ง เพื่อเก็บรักษาไว้ใช้บริโภคให้เพียงพอตลอดทั้งปีจนถึงฤดูกาลเก็บ เกี่ยวใหม่ เมื่อมีข้าวเก่าเหลือจากการบริโภคแล้วจึงทำการขาย (ส่วนใหญ่ไม่นิคมบริโภคข้าวเก่า) หรือใช้ข้าวเหนียวแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าชนิดอื่นมีผลทำให้ค่าการใช้พลังงานทั้งกระบวนการไม่สูง มากนักเมื่อทำการเทียบกับเกษตรกรไทย โดยขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูกใช้พลังงาน 222 MJ/ไร่ รองลงมาเป็นขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (เกี่ยวด้วยแรงงานคน-นวดด้วยเครื่องยนต์) ใช้พลังงาน 131 MJ/ไร่ เนื่องจากเกษตรกรลาวได้นำเครื่องจักรการเกษตรเช่น รถไถนาชนิดเดิน ตามมาใช้งานทดแทนแรงงานสัตว์ทั้งหมด เครื่องนวดข้าวขนาดเล็กใช้กำลังจากเครื่องยนต์ แรงงาน และเชื้อเพลิงเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นพลังงานพาณิชย์มีค่าพลังงานเทียบเท่าที่สูง รวมถึงขั้นตอน การเพาะปลูกมีการใช้พลังงานจากแรงงานทั้งกระบวนการมีการใช้แรงงานคนค่อนข้างมากเฉลี่ย ประมาณ 45-60 คนต่อไร่ ส่วนใหญ่เป็นแรงงานแบบแลกเปลี่ยนกัน (ลงแขก) จะไม่สามารถควบคุม

จำนวนที่แน่นอนได้ เมื่อวิเคราะห์เป็นพลังงานเทียบเท่ารวมแล้วมีค่าพลังงานสูง และแรงงานคนจัดเป็นพลังงานนอกพหุวิชย์มีค่าพลังงานเทียบเท่าที่ต่ำจึงไม่ค่อยมีผลต่อการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำมากนัก สำหรับขั้นตอนการดูแลรักษาในพื้นที่ทำการเพาะปลูกทุกขนาดไม่มีการใช้เครื่องสูบน้ำและการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งกระบวนการ เนื่องจากส่วนใหญ่ใช้น้ำฝนและจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลักเช่น ลำห้วย คลอง ลำธาร และการใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีใช้ในพื้นที่การเพาะปลูก เหตุผลเนื่องจากมีราคาแพง หายาก ประกอบกับพื้นที่การเพาะปลูกส่วนใหญ่ยังมีความอุดมสมบูรณ์และทำการเพาะปลูกข้าวเหนียวนาปี (ปลูกฤดูฝน) เพียงปีละ 1 ครั้ง สำหรับพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดกลาง > 5-15 ไร่ และขนาดใหญ่ > 15 ไร่ ในขั้นตอนการดูแลรักษา (ใช้สารเคมี) ใช้อัตราการทำงานและสารเคมีมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากส่วนใหญ่ใช้เครื่องพ่นสารเคมีชนิดคันโยกด้วยมือ สะดวกและมีความเหมาะสมมีการฟุ้งกระจายของสารเคมีน้อยทำให้มีการใช้สารเคมีที่ต่ำมีผลทำให้การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานของเกษตรกรไทยตามขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูกมีความแตกต่างกัน พื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดใหญ่ > 15 ไร่ มีการใช้พลังงานรวมมากที่สุด 2,919 MJ/ไร่ เนื่องจากพื้นที่ทำการเพาะปลูกที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวจะใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามเช่น ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูก (ไถดะ ไถแปรและทำเทือก) ส่วนใหญ่ใช้รถไถนาชนิดนั่งขับที่มีขนาดกำลังม้าสูง ขั้นตอนการดูแลรักษาประเภทสูบน้ำใช้เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นสารเคมีที่มีขนาดใหญ่รวมถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยวที่ส่วนใหญ่ใช้รถเกี่ยว-นวดขนาดใหญ่ซึ่งมีค่าพลังงานเทียบเท่าสูงสุด และจะลดต่ำลงไปตามขนาดของพื้นที่ สำหรับพื้นที่การเพาะปลูกขนาดเล็ก 1-5 ไร่ มีการใช้พลังงานรวมต่ำที่สุดสำหรับผลผลิตข้าวเหนียวที่ได้ในพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดต่างๆ ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตข้าวเหนียวในพื้นที่จังหวัดเชียงรายของปีการเพาะปลูก พ.ศ.2545-พ.ศ.2554 ได้ผลผลิตเฉลี่ยรวม 538 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับผลผลิตที่ได้จากการลงพื้นที่อำเภอยางตลาด 659 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเห็นว่ามีผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมประมาณร้อยละ 18 เหตุผลเนื่องจากพื้นที่อำเภอยางตลาดส่วนใหญ่มีระบบน้ำชลประทานครอบคลุมพื้นที่ทำการเพาะปลูกทำให้น้ำใช้อย่างเพียงพอ มีผลทำให้ผลผลิตข้าวเหนียวที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวม เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวพบว่า ขั้นตอนการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิตที่มีค่าพลังงานเทียบเท่าที่สูงนั้นส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (รถเกี่ยว-นวด) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตโดยตรง และการใช้พลังงานต่อผลผลิต (MJ/kg) เห็นว่าพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดใหญ่มากกว่า 15 ไร่มีสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลผลิตมากที่สุด 4.58 MJ/กิโลกรัม สำหรับพื้นที่การเพาะปลูกขนาดเล็ก 1-5 ไร่มีสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลผลิตต่ำสุด 4.02 MJ/

กิโกรัม มีผลมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูกที่มีขนาดเล็กส่วนใหญ่ ยังใช้รถไถนาชนิดเดินตาม ซึ่งมีค่าพลังงานเทียบเท่าต่ำกว่ารถไถนาชนิดนั่งขับ และการเก็บเกี่ยวโดยใช้ รถเกี่ยว-นวดขนาดเล็กที่มีกำลังม้าต่ำซึ่งมีค่าพลังงานเทียบเท่าต่ำกว่ารถเกี่ยว-นวดขนาดใหญ่ทำให้มี ค่าการใช้พลังงานต่ำ

สำหรับการใช้พลังงานของเกษตรกรลาวตามขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูกไม่มีความ แตกต่างกันมากนัก พื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดกลาง > 5-15 ไร่ ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (เกี่ยว-นวด ด้วยแรงงานคน) มีการใช้พลังงานจากแรงงานคนมาก เนื่องจากมีการใช้แรงงานจากคนเหลือต่อไ้มาก และเป็นขนาดพื้นที่ทำการเพาะปลูกที่เกษตรกรส่วนใหญ่ถือครองอยู่ สำหรับขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (เกี่ยวด้วยแรงงานคน-นวดด้วยเครื่องนวด) ใช้พลังงานจากแรงงานคนต่ำกว่าการเกี่ยว-นวดด้วย แรงงานคนเนื่องจากมีการใช้แรงงานคนเฉพาะนำรวงข้าวป้อนเข้าเครื่องนวดรวมถึงการบรรจุข้าว ใส่กระสอบเท่านั้น และเมื่อเทียบกับพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดต่างๆ เห็นว่าการใช้พลังงานจาก เชื้อเพลิงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการใช้เครื่องนวดข้าวที่มีเครื่องยนตขนาดเล็ก (กำลังม้าต่ำ) ส่งผลให้มีการ ใช้พลังงานที่ต่ำ และเมื่อทำการพิจารณาการใช้พลังงานของพื้นที่ทำ การเพาะปลูกทุกขนาดพบว่า มีค่าการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันมาก

ต้นทุนพลังงานของเกษตรกรไทยมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณการใช้พลังงาน และผลผลิตข้าวเหนียวที่ได้ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวปีแบบนาดำ เห็นว่าพื้นที่ทำ การเพาะปลูกขนาดใหญ่มากกว่า 15 ไร่ มีต้นทุนพลังงานรวมสูงสุด และมีจุดคุ้มทุนสูงสุด 15.02 บาทต่อกิโกรัม เหตุผลมาจากการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนมีขั้นตอนการทำงานที่มากกว่าการเก็บ เกี่ยวด้วยรถเกี่ยว-นวด จากขั้นตอนการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนเมื่อข้าวสุกและแก่เต็มที่เกษตรกร จะทำการเกี่ยวข้าวด้วยแรงงานคนแล้ววางไว้บนตอซังข้าวเพื่อให้ข้าวถูกแสงแดด (ตากรวงข้าว) ทำให้ข้าวแห้งประมาณ 3-5 วัน หลังจากนั้นจึงทำการรวมและมัดรวงข้าว พร้อมกับทำการขนย้าย ไปยังบริเวณจุดที่จะทำการนวดข้าวต่อไป เห็นได้ว่าตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงขั้นตอนการนวด ด้วยแรงงานคนมีขั้นตอนมากกว่าการใช้รถเกี่ยว-นวดทำให้ผลผลิตข้าวเปลือกที่ได้้น้อยกว่า (เนื่องจากการสูญเสียข้าวในกระบวนการมากกว่าเช่น มีข้าวแห้งร่วงหล่น มีสัตว์และแมลงกัดกิน) สำหรับต้นทุนรวมต่อไร่ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรที่มีต้นทุนพลังงานเทียบเท่าเป็นหลักและ ต้นทุนคงที่ เมื่อต้นทุนรวมต่อไร่ (บาท/ไร่) หารด้วยจำนวนผลผลิตข้าวเหนียว (กิโกรัม/ไร่) เท่ากับ จุดคุ้มทุนที่ขายผลผลิตได้ (บาท/กิโกรัม) เห็นได้ว่าเมื่อต้นทุนรวม (บาท/ไร่) มีค่าเท่ากันหรือ ใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ได้ต่อไร่ทำให้จุดคุ้มทุนสูงขึ้นหรือต่ำลง เมื่อพิจารณาพบว่าเกษตรกรลาวที่ถือ ครองพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดเล็ก 1-5 ไร่ใช้ต้นทุนรวมสูงสุด 2,316 บาท/ไร่ ขั้นตอนการเกี่ยว และนวดด้วยแรงงานคน มีจุดคุ้มทุน 6.36 บาท/กิโกรัม และขั้นตอนการเกี่ยวด้วยแรงงานคน

และขนาดด้วยเครื่องนวด มีจุดคุ้มทุน 6.25 บาท/กิโลกรัม การใช้พลังงานในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การเพาะปลูก ไถจะมีการใช้เชื้อเพลิงและแรงงานค่อนข้างมาก เนื่องจากสภาพที่นามีขนาดเล็ก สามารถทำงานได้อย่างละเอียด (ทำงานช้าหลายรอบ) รวมถึงลักษณะความชำนาญในการปฏิบัติงานของแต่ละบุคคลด้วย และขั้นตอนการเพาะปลูกมีการใช้แรงงานค่อนข้างมากซึ่งเป็นแบบแลกเปลี่ยนแรงงานกัน เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานจึงมีค่าสูงสำหรับพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดใหญ่ > 15 ไร่ มีต้นทุนรวมต่ำสุด 2,175 บาท/ไร่ และใช้การเกี่ยวด้วยแรงงานคนและนวดด้วยเครื่องนวด มีจุดคุ้มทุน 6.20 บาท/กิโลกรัม เนื่องจากมีการใช้พลังงานนอกพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่เช่น แรงงานคนและเมล็ดพันธุ์ประกอบกับมีพื้นที่ขนาดใหญ่การใช้ปัจจัยการผลิตทำให้การปฏิบัติงานได้ไม่ทั่วถึงและมีการใช้เมล็ดพันธุ์ที่น้อยส่วนใหญ่มีสภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะที่ราบลุ่มติดกับแม่น้ำโขง ซึ่งเหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าวเหนียวเห็นได้ว่าต้นทุนรวมและจุดคุ้มทุนของพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการดูแลรักษา และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีการใช้ปัจจัยการผลิตค่อนข้างต่ำ ผลผลิตข้าวเหนียวที่ได้จากขั้นตอนการเก็บเกี่ยวโดยการเกี่ยวและนวดด้วยแรงงานคนและเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน-นวดโดยใช้เครื่องยนต์ มีค่าความชื้นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีขั้นตอนเหมือนกันคือ เมื่อข้าวเหนียวสุกและแก่เต็มทีกลุ่มเกษตรกรลาวจะทำการเกี่ยวข้าวเหนียวด้วยแรงงานคนแล้ววางต้นข้าวไว้บนตอซังข้าวเหนียวเพื่อให้ถูกแสงแดด (ตากรวงข้าว) ทำใหรวงข้าวเหนียวแห้งประมาณ 5-7 วัน จึงทำการนวดโดยใช้แรงงานคนหรือทำการนวดโดยใช้เครื่องนวดมีขั้นตอนการทำงานที่ใกล้เคียงกัน

การประมาณการใช้พลังงานของเกษตรกรไทยและลาว ใช้ปัจจัยการผลิตที่เกษตรกรใช้ในกระบวนการผลิตปีการเพาะปลูก พ.ศ.2554 นำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบสมการความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) ซึ่งเป็นสมการเชิงพยากรณ์ที่ใช้ทายผลการใช้พลังงานล่วงหน้าซึ่ง Model นี้ (ชเนศ ไชยชนะ, 2547) นำมาใช้ประมาณการใช้พลังงานในการผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรังในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีข้อมูลตัวแปรต้นหลายตัวรวมถึงมีขอบเขตการใช้ปัจจัยการผลิต เมื่อทำการแทนค่าปัจจัยการผลิตลงในสมการสามารถทำการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำตอบที่ออกมา (ตัวแปรตาม) เป็นค่าพลังงาน (MJ/rai) มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือค่อนข้างสูงสำหรับ Model ของ แพทแทค (Pathak, B.S, 1985) ได้รายงานการใช้พลังงานในการผลิตภาคเกษตรกรรมของรัฐปัญจาบประเทศอินเดีย (Energy Demand Growth in Punjab Agriculture and the Changes in Agriculture Production) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (X) ในหน่วยตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (ton / ha / year) กับความต้องการ

พลังงานเชิงพาณิชย์ที่ต้องใช้ (Y_c) ในหน่วย เมกะจูลต่อตัน (MJ/ton) และข้อมูลเป็นแบบเส้นตรง ดังแสดงในสมการ

$$Y_c = -2342 + 1932.3X \quad r^2 = 0.96$$

ซึ่ง Model นี้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีตัวแปรต้น 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว รวมถึง Model ของซิงซ์ (Singh, R.S, 2002) ได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการทางการเกษตรกรรม ในพื้นที่แห้งแล้งของประเทศไทย โดยทำการพิจารณาพืช 3 ชนิด Pearl millet, Green gram และ Wheat พบว่า ปริมาณพลังงานรวมในการเพาะปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดตามลำดับเท่ากับ 3,807.4 MJ/ha, 2,697.9 MJ/ha และ 8,726.3 MJ/ha พลังงานจำเพาะเฉลี่ยในการเพาะปลูก Pearl millet, Green gram และ Wheat เท่ากับ 7.3, 3.8 และ 7.2 MJ/ha ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิต กับปริมาณพลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูกไม่เป็นแบบเส้นตรง แต่จะเห็นได้ว่า ผลผลิตจะลดลงเมื่อ มีการใช้พลังงานน้อยลงได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต Pearl millet ($Y, \text{kg/ha}$) กับพลังงาน ($X, \text{kg/ha}$) ที่ใช้คือ

$$Y = 1.5 \times 10^3 \exp(0.247 \times 10^{-3} X) \quad r^2 = 0.66$$

และสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต Wheat ($Y, \text{kg/ha}$) กับพลังงาน ($X, \text{kg/ha}$) ที่ใช้คือ

$$Y = 1.30 \times 10^3 - 0.0537X + 0.611 \times 10^{-3} X^2 \quad r^2 = 0.37$$

ซึ่ง Model นี้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีตัวแปรต้น 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว เมื่อพิจารณา แล้วเห็นว่าข้อมูลปัจจัยการผลิต (ตัวแปรต้น) ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวมีหลายค่าและพลังงาน ที่ใช้ (ตัวแปรตาม) มีค่าเดียวจึงเลือกใช้สมการความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) ดังสมการแบบจำลอง

$$\text{Energy (MJ/rai)} = \left[\begin{aligned} &[141.57(\text{Fuel})] - [42.55(\text{Working})] + [28.51(\text{Seeds})] \\ &+ [279.84(\text{Chem})] + [18.46(\text{Fer})] + 674.80 \end{aligned} \right]$$

จากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวในปีแบบนาคำมากที่สุดคือ การใช้สารเคมี รองลงมาเป็นเชื้อเพลิง การประมาณการใช้พลังงานในปีการเพาะปลูกเป็นการนำเอาข้อมูลปัจจัยการผลิตที่ใช้ในปีการเพาะปลูกในปัจจุบัน นำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าการใช้พลังงาน นอกจากนี้ที่เป็นค่าเฉลี่ยแล้วยังสามารถนำค่าปัจจัยการผลิตที่อยู่ในขอบเขตของการใช้งาน แทนค่าลงในสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถคำนวณออกมาเป็นค่าการใช้พลังงาน มีหน่วย (MJ/ไร่) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อกลุ่มเกษตรกรสำหรับใช้ในการวางแผนการใช้พลังงานและคิดต้นทุนพลังงานในปัจจุบันก่อนลงมือทำการเพาะปลูกจริง และการพยากรณ์การใช้พลังงาน (ปีการเพาะปลูก) ในอนาคตเป็นการนำเอาข้อมูลการผลิตข้าวเหนียวในอดีตตั้งแต่ปีการเพาะปลูก พ.ศ.2545 ถึง พ.ศ.2554 ประกอบไปด้วยพื้นที่ทำการเพาะปลูก (ไร่) และผลผลิต (ตัน) นำข้อมูลมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ทำการเพาะปลูก (ไร่) กับปีการเพาะปลูก (t) จุดข้อมูล โดยพิจารณาเฉลี่ย 1 ปีการเพาะปลูกเป็น 1 จุดข้อมูล ลักษณะการกระจายของข้อมูล คล้ายกราฟแบบ Exponential ดังนั้นในการผลิตข้าวเหนียวในปีแบบนาคำจึงเลือกพิจารณาสมการ การใช้พลังงานกับปีการเพาะปลูกในรูปแบบสมการ Exponential เมื่อได้สมการพยากรณ์ $E = 95,649e^{-0.136t}$ เมื่อ E คือ พลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูก t คือ ปีการเพาะปลูกเริ่มพิจารณาปีที่ 1 พ.ศ.2545 เมื่อทำการแทนค่าลงในสมการสามารถคำนวณการใช้พลังงานตั้งแต่ปีการเพาะปลูก พ.ศ.2545 ถึง พ.ศ.2554 และผลจากการพยากรณ์ข้อมูลที่ได้ มีแนวโน้มของการใช้พลังงานรวมต่อปีลดลง เนื่องจากพื้นที่ทำการเพาะปลูกข้าวเหนียวในปีแบบนาคำลดลง เหตุผลตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 เป็นต้นมา รัฐบาลมีนโยบายโครงการประกันราคาข้าวหรือโครงการรับจำนำข้าว ทำให้มีราคาขายที่แน่นอนมั่นคง เนื่องจากรัฐบาลกำหนดราคาเป็นประกันทำให้เกษตรกรหันไปปลูกข้าวเจ้าในปีและนาปรังมากขึ้น เช่น ข้าวหอมมะลิ และพันธุ์ข้าวเจ้าชนิดอื่นๆ ที่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเร็ว ใช้ต้นทุนต่อไร่ ไม่แตกต่างกัน ราคาดีกว่า และเป็นที่ต้องการของตลาดมากกว่าข้าวเหนียว ปัจจุบันเมื่อพิจารณาตามพื้นที่การเพาะปลูกข้าวทุกชนิดในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกพืชชนิดอื่นหันมาประกอบอาชีพทำนาปลูกข้าวมากขึ้น (เปลี่ยนพื้นที่สวนผลไม้เป็นพื้นที่ทำนา) (สำนักงานเกษตรอำเภอพาน, 2553) และการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวในปีแบบนาคำต่อไร่ ในอนาคตมีค่าไม่แตกต่างกันจากปัจจุบันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ (ชเนศ ไชยชนะ, 2547) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อการผลิตข้าวในภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากสภาพของพื้นที่ทำนามีแปลงขนาดเล็กและมีคันนา ในภูมิภาคนี้จึงมีค่าการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวไม่ต่างกันมากนัก

สำหรับการประมาณการใช้พลังงานของเกษตรกรลาวในปีการเพาะปลูกขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิตที่ใช้ต่อไร่และใช้สมการความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) เหมือนของเกษตรกรไทย ดังสมการ

$$\text{Energy (MJ/rai)} = [[10.95(\text{Seeds})] - [5.28(\text{Working})] + [77.05(\text{Fuel})] + 356.01]$$

จากสมการเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำมากที่สุดคือ การใช้ปริมาณเชื้อเพลิง รองลงมาเป็น เมล็ดพันธุ์ สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถคำนวณออกมาเป็นค่าการใช้พลังงานมีหน่วย (MJ/ไร่) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) และค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MRS) ของสมการ มีค่าต่ำเนื่องจากการใช้ปัจจัยการผลิตในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก ขั้นตอนและวิธีการจึงไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และการพยากรณ์การใช้พลังงาน (ปีการเพาะปลูก) ในอนาคตของเกษตรกรลาวไม่สามารถทำได้เนื่องจากขาดฐานข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. สำหรับเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ

1.1 เกษตรกรควรแบ่งพื้นที่ทำการเพาะปลูกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับปลูกข้าวเหนียวเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนให้เพียงพอตลอดปีจนถึงฤดูกาลเพาะปลูกใหม่และควรผลิตรูปแบบข้าวอินทรีย์ซึ่งสามารถลดต้นทุนพลังงานลงได้มากกว่ารวมถึงมีผลดีต่อสุขภาพของตัวเกษตรกรเอง ส่วนที่ 2 สำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ปลูกข้าวชนิดอื่นเพื่อการค้าเช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวขาว ที่มีราคาดีและมีตลาดที่ดีกว่า

1.2 เกษตรกรในพื้นที่เมืองห้วยทรายปัจจุบันมีการนำเข้าเครื่องจักรกลการเกษตรจากประเทศจีนเข้ามาทำงานในกระบวนการผลิตข้าวเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีราคาที่ถูกไม่มีความปลอดภัยกับสิ่งแวดล้อมรวมถึงมีต้นทุนการผลิตทางด้านพลังงานที่สูง เห็นควรใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่ผลิตได้มาตรฐาน มีต้นทุนการผลิตทางด้านพลังงานที่ต่ำ ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.3 เกษตรกรควรมีความตระหนักในการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิตให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยเฉพาะปัจจัยการผลิตที่มีค่าพลังงานเทียบเท่าที่สูงเช่น เครื่องจักรกลการเกษตร น้ำมันเชื้อเพลิง ปุ๋ยเคมี และสารเคมี ซึ่งส่งผลทำให้มีต้นทุนพลังงานที่สูงนั้นย่อมหมายถึงตัวเกษตรกรเองต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น

1.4 เกษตรกรนำเอาปรัชญาตามแนวเศรษฐกิจแบบพอเพียงมาปรับใช้ในการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในครัวเรือน จะทำให้เกษตรกรและสมาชิกในครอบครัวมีความเป็นอยู่ในชุมชนอย่างมีความสุขและยั่งยืน

1.5 งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์โดยตรงต่อกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของทั้งสองพื้นที่ในด้านการบริหารจัดการการใช้พลังงานให้มีความเหมาะสม สำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำก่อนถึงฤดูกาลเพาะปลูกจริง เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวให้สามารถทำการแข่งขันทางการค้ากับประเทศผู้ผลิตข้าวเหนียวส่งออกได้ และมีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างประเทศในกลุ่มประชาคมอาเซียนรวมถึงการอยู่ร่วมกันอย่างสันติสุขในภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง

2. หน่วยงานของภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรนำผลการวิจัยไปใช้ดังนี้

2.1 ฝ่ายผู้บริหารที่มีหน้าที่สำหรับวางนโยบายและแผนงานเกี่ยวกับการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 รัฐบาลของทั้งสองประเทศควรมีนโยบายและวางแผนในการดำเนินการส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจให้กับแรงงานหนุ่มและสาวคนรุ่นใหม่ให้มีความสนใจกลับมาทำนาเป็นอาชีพหลัก รวมถึงสนับสนุนให้พวกเขามีความเป็นอยู่ที่ดีและมีความมั่นคงในการดำเนินชีวิตในชุมชนเพื่อทำหน้าที่ผลิตข้าวเหนียวสืบสานต่อจากพ่อแม่และบรรพบุรุษ เพื่อความมั่นคงทางอาหารของทั้งสองประเทศในอนาคตต่อไป

2.1.2 จากสถานการณ์ในปัจจุบันเกษตรกรไทยผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำควรลดต้นทุนพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำลง ในขั้นตอนการดูแลรักษาควรลดปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมี สารเคมีให้น้อยลง ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวที่ใช้รถเกี่ยว-นวด มีการใช้พลังงานที่สูงเห็นควรลดขนาดแรงม้าของเครื่องยนต์ลงหรือหันมาใช้ในการเก็บเกี่ยวแบบ (เกี่ยวด้วยแรงงานคน-นวดด้วยเครื่องนวด) แทนการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ที่ดี เลือกใช้แรงงานแบบแลกเปลี่ยนแรงงานกันให้มากขึ้น สำหรับเกษตรกรลาวผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ มีต้นทุนพลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวต่ำกว่าเกษตรกรไทยอยู่แล้ว เห็นควรปรับปรุงระบบแหล่งน้ำหรือระบบชลประทานให้ครอบคลุมพื้นที่ทำการเกษตรอย่างทั่วถึงซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น

2.1.3 รัฐบาลทั้งสองประเทศควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำในชุมชนมีความวางแผนและอนุรักษ์รักษาสืบสานประเพณีวัฒนธรรมอันดีงาม ที่เกี่ยวกับการผลิตข้าวเหนียวรวมถึงมรดกต่างๆ จากบรรพบุรุษที่ได้ยึดถือปฏิบัติกันมาให้ดำรงคงอยู่ต่อไป ส่งผลทำให้เกษตรกรผู้ผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำมีสุขภาพร่างกายและจิตใจที่ดีงาม และอยู่อาศัยร่วมกันในชุมชนอย่างมีความสุข

2.1.4 ปัจจุบันองค์กร ประชาคมต่างๆ และกลุ่มประเทศผู้ค้าข้าวที่เป็นผู้บริโภคนข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักและนำข้าวเหนียวแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกจากพิจารณาเรื่องคุณภาพของข้าวเหนียวเช่น มีรสชาติที่ดี ทานอร่อย ปลอดภัยเคมีแล้วยังไม่เพียงพอ ต้องคำนึงถึงกระบวนการผลิตข้าวเหนียวทั้งกระบวนการ โดยเฉพาะต้องไม่มีผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รัฐบาลทั้งสองประเทศควรส่งเสริมและสนับสนุนในการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับรักษาธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในชุมชนให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของทั้งสองพื้นที่ ซึ่งเป็นผู้ผลิตข้าวเหนียวรายใหญ่ในภูมิภาคลุ่มน้ำโขง ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัดถ้าหากไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดแล้วอาจมีผลกระทบต่อยอดการสั่งซื้อหรือยอดการจำหน่ายผลผลิตข้าวเหนียวระหว่างประเทศรวมถึงอาจจะเสียการตลาดให้แก่ประเทศคู่แข่ง

2. ฝ่ายปฏิบัติการ สำนักงานเกษตรระดับจังหวัด (แขวง) และอำเภอ (เขต) ควรส่งเสริมและสนับสนุนเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้พลังงานที่เหมาะสมสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูกมีผลต่อการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ พื้นที่ขนาดเล็กมีการใช้พลังงานที่ต่ำและมีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นตามขนาดของพื้นที่ทำการเพาะปลูก เห็นควรลดการใช้พลังงานประเภทเครื่องจักรกลการเกษตรในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูก เช่น ใช้รถไถนาชนิดเดินตาม (รถไถนาควายเหล็ก) ขนาดกำลังเครื่องยนต์ 8.0-9.5 แรงม้า มีความเหมาะสมที่สุด ขั้นตอนดูแลรักษาควรใช้เครื่องพ่นสารเคมีชนิดใช้มือโยกและขั้นตอนการเก็บเกี่ยวควรใช้วิธีเกี่ยว-นวดด้วยแรงงานคนหรือวิธีเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน-นวดด้วยเครื่องนวด ควรหลีกเลี่ยงการใช้รถเกี่ยว-นวดขนาดใหญ่ เนื่องจากมีการใช้พลังงานพาณิชย์ที่สูงมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวเหนียวสูงตาม

2.2 การใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดต่างๆ ไม่มีผลต่อผลผลิตที่ได้โดยเฉพาะในพื้นที่ทำการเพาะปลูกขนาดใหญ่ เนื่องจากพลังงานประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำทั้งหมดอยู่ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเป็นเช่นนี้เห็นควรลดขนาดการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีกำลังม้าสูงเนื่องจากมีค่าพลังงานเทียบเท่าสูง เช่นรถไถนา

ชนิดนั่งขับรถเกี่ยว-นวดขนาดใหญ่ และควรหันมาใช้รถไถนาชนิดเดินตามขนาดเล็ก (รถไถนาควายเหล็ก) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ

2.3 ขั้นตอนการดูแลรักษาใส่ปุ๋ยเคมี สูตรที่มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุไนโตรเจน (N) มากมีผลทำให้มีค่าพลังงานที่ใช้สูงเนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจน (N) มีค่าพลังงานเทียบเท่าที่สูงควรหลีกเลี่ยงหรือลดปริมาณการใช้ลงและหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์เช่น ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักร่วมกันเป็นต้น

2.4 ส่งเสริมการใช้สารสกัดที่ผลิตมาจากพืชสำหรับใช้ในการควบคุมศัตรูพืช แมลง และการดูแลรักษาต้นข้าวทดแทนสารเคมี ปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น สารสกัดจากตะไคร้ สะเดา สะตอ เป็นต้น ให้แก่เกษตรกรของทั้งสองพื้นที่ควรเลือกใช้สารสกัดประเภทดังกล่าวในการฉีดพ่น ทั้งนี้เพื่อเป็นการรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รักษาแมลงและสัตว์ที่มีประโยชน์ต่อการผลิตข้าวเหนียวรวมถึงมีผลดีไม่ทำลายสุขภาพร่างกายของเกษตรกรเอง ไม่มีสารตกค้าง ค่าใช้จ่ายถูกรวมถึงทำให้ต้นทุนในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำต่ำ

2.5 สำนักงานเกษตรจังหวัดที่มีพื้นที่ในการผลิตข้าวเหนียวควรจัดทำเอกสารสำหรับประมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ (ตามสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์) ลักษณะทำเป็นแบบตารางสำเร็จรูปเพื่อให้ใช้ง่ายและสะดวกในการหาค่าพลังงานก่อนทำการเพาะปลูกจริง และให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติงานที่ดูแลเกษตรกรระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล จัดฝึกอบรมให้ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ ในการหาค่าการใช้พลังงานจากตารางสำเร็จรูป เมื่อทราบข้อมูลปัจจัยการผลิตซึ่งเกษตรกรมีข้อมูลอยู่แล้วนำมาเทียบข้อมูลจากตารางสามารถทราบค่าได้เลยว่าตนเองใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวมากหรือน้อย และเมื่อต้องการปรับลดค่าปัจจัยการผลิตส่วนไหนก็สามารถทำได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางสำเร็จรูป (ตัวอย่าง) ประมาณการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียว
นาปีแบบนาดำ

อัตราการทำงาน (ชม./คน/ไร่)	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	เมล็ดพันธุ์ (กก./ไร่)	สารเคมี (กก./ไร่)	ปุ๋ยเคมี (กก./ไร่)	ค่าพลังงาน (MJ/ไร่)
18	8	10	0.21	41	1,527
18	13	11	0.23	49	2,296
13	9	11	0.23	45	1,978
17	9	11	0.23	36	1,646
16	11	11	0.20	11	1,479
10	8	11	0.22	39	1,834
13	8	11	0.20	59	1,968
16	10	12	0.28	62	2,255
12	5	11	0.35	60	1,798
17	9	11	0.22	40	1,638

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาในงานวิจัยเรื่อง ต้นทุนพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำของเกษตรกรไทยและลาวในภูมิภาคลุ่มน้ำโขงเป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นศึกษา บริบททางด้านสังคม เศรษฐกิจ การใช้พลังงาน ต้นทุนพลังงานและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับประมาณการใช้พลังงานและพยากรณ์การใช้พลังงานในอนาคตสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ ผู้วิจัยยังได้พบประเด็นที่น่าสนใจ และสามารถที่จะทำการวิจัยในครั้งต่อไปเกี่ยวกับปัจจัยด้านต่างๆ เช่น

1. ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานกับฐานะทางเศรษฐกิจของเกษตรกร (รวยและจน) ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวนาปีแบบนาดำ พื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
2. ใช้รูปแบบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaires)