# บทที่ 4

## ผลการดำเนินงานและวิจารณ์

### การศึกษาความพร้อมของพื้นที่ที่ใช้ศึกษาวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลของพื้นที่จากเอกสาร จากการประชุมหารือร่วมกับเจ้าหน้าที่/นักวิชาการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงออกพื้นที่ จากนั้นได้ประชุมสรุปผล ซึ่งเลือกได้จำนวน 6 แห่ง แบ่งตามประเภทการติดตั้งเครื่องยนต์ ดังนี้

พื้นที่ติดตั้งเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า จำนวน 3 พื้นที่ ได้แก่

1) ฟาร์มปศุสัตว์ งานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่
2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก
3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน

พื้นที่ติดตั้งเครื่องปั๊มน้ำ จำนวน 4 พื้นที่ ได้แก่

1) ฟาร์มปศุสัตว์ งานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่
2) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่
3) สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด
4) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

พื้นที่ติดตั้งเครื่องบดข้าวโพด จำนวน 1 พื้นที่ คือ

- โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก

### ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่

ข้อมูลที่ตั้งของสถานที่ ความต้องการใช้เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าหรือปั๊มน้ำ ปริมาณสัตว์และจำนวนบ่อก๊าซชีวภาพที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทางเลือกของแต่ละพื้นที่ จำนวน 6 แห่ง มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ข้อมูลของสภาพพื้นที่ รวมถึงข้อมูลการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ทดสอบ

| ที่ | พื้นที่ | รายชื่อ/พื้นที่ดำเนินการ | จำนวนบ่อก๊าซที่จะใช้ทดลอง (บ่อ) | ชนิดสัตว์และจำนวน (ตัว) | ระบบการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ | นายสังเวียน มันธิโน | 1 | สุกรขุน 25-35 ตัว | ปั๊มน้ำ |
| 2 | ฟาร์มปศุสัตว์ งานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง | ภายในศูนย์ นายวิชิต สนลอย | 1 | ลูกไก่ 1,350 ตัว | ปั๊มน้ำ/ไฟฟ้า |
| 3 | โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง | นายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์<br>น.ส.กุลปรียา อุ่นวนารักคีรี<br>นายริจะ เวียงแม้นเมฆ | 2<br>1<br>1 | สุกร 25 ตัว<br>สุกร 6 ตัว<br>สุกร 4 ตัว | ไฟฟ้า<br>บดข้าวโพด |
| 4 | โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ | นายอินสม นิธิพานิชกุล<br>นายอาทร พิมานธารา | 1<br>1 | สุกร 15 ตัว<br>สุกร 10 ตัว | ไฟฟ้า |
| 5 | สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด | นายเอกราช ไชยศิลป์ | 1 | สุกรพ่อแม่พันธุ์ 16 ตัว | ปั๊มน้ำ |
| 6 | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว | นางสาวสร้อยทิพย์ ไพศาล | 1 | สุกรพ่อแม่พันธุ์ 10 ตัว | ปั๊มน้ำ |

## โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก

**ประวัติความเป็นมา**

องค์การบริหารส่วนตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ได้มีหนังสือที่ ตก 74301/005 ลงวันที่ 4 มกราคม 2550 ได้ขอความอนุเคราะห์คำแนะนำการส่งเสริมอาชีพการเกษตรแผนใหม่ในพื้นที่ตำบลแม่สอง จากมูลนิโครงการหลวงให้ช่วยแนะนำการส่งเสริมอาชีพตามแนวทางโครงการหลวง เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ประกอบการทำไร่เลื่อนลอยรับจ้างทั่วไป ไม่มีอาชีพที่ยั่งยืนขาดความรู้และความเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อม 19 กุมภาพันธ์ 2550 สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงจึงได้เข้าไปสำรวจพื้นที่ร่วมกับเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลแม่สอง และเจ้าหน้าที่กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อทำการวิเคราะห์พื้นที่สำรวจปัญหาและความต้องการของชุมชน เบื้องต้นเพื่อการเตรียมความพร้อมดำเนินโครงการต่อไป

ประชากรในพื้นที่ตำบลแม่สอง มีจำนวน 19 หมู่บ้าน 62 กลุ่มบ้าน ประชากร 4,985 ครัวเรือน จำนวน 15,398 คน จำแนกเป็นชาย 8,107 คน และหญิง 7,292 คน เป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงสะกอ (Sgaor) หรือ ปกา-เกอะ-ญอ หมู่บ้านแม่ระเมิง หมู่ที่ 8 มีพื้นที่ 28.07 ตร.กม. มีประชากรทั้งหมด 1,248 คน และหย่อมบ้านแกร๊ะคี ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านสลิดน้อย หมู่ที่ 3 มีพื้นที่ 38.08 ตร.กม. มีประชากรทั้งหมด 1,315 คน

**สภาพทั่วไป**

- ***สถานที่ตั้ง***

โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สองตั้งอยู่ที่ บ้านวะโดโกร หมู่ที่ 12 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ซึ่งอยู่ในพื้นที่ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก มีพื้นที่ 409.89 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 256,250 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ ใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับตำบลแม่วะหลวง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก และตำบลสบโขง ตำบลยางเปียง อำเภอออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

| | |
|---|---|
| ทิศใต้ | ติดต่อกับตำบลแม่อุส อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับตำบลแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ |
| ทิศตะวันตก | ติดต่อกับประเทศพม่า โดยมีแม่น้ำเมยเป็นเส้นกั้นอาณาเขต |

- ***ลักษณะภูมิประเทศ***

ลักษณะภูมิประเทศมีลักษณะเป็นภูเขา ซึ่งเป็นแนวเทือกเขาถนนธงชัยทอดยาวจากเหนือจรดใต้ มีแม่น้ำเมยกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศเมียนมาร์ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบสูงเชิงเขาและที่ราบลุ่มเล็กน้อยตามริมแม่น้ำเมย พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติท่าสองยางและเขตอุทยานแห่งชาติแม่เมย โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง มีระดับความสูงตั้งแต่ 200-1,600 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีเทือกเขาถนนธงชัยทอดยาวจากเหนือจรดใต้ มีแม่น้ำเมยกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศเมียนมาร์

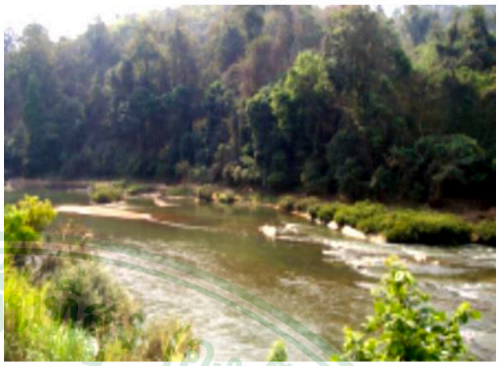
- ***ลักษณะดิน***

ลักษณะดินในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง ดินในการทำการเกษตร เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างดี ลักษณะดินและความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันตามแต่ชนิดของหินต้นกำเนิด มีเศษหินก้อนหินหรือหินพื้นโผล่ ยังปกคลุม ด้วยป่าไม้ต่างๆ มักมีการทำไร่เลื่อนลอยที่ขาดการอนุรักษ์

- ***ลักษณะภูมิอากาศ***

ลักษณะภูมิอากาศมีฝนตกชุกมากในฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม ฤดูร้อนอากาศค่อนข้างอบอุ่น และจะหนาวถึงหนาวจัดในฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากทะเลอันดามันพัดผ่าน ประกอบกับอยู่ในตำแหน่งด้านหน้าของเทือกเขาถนนธงชัย ทำให้ได้รับลมมรสุมมากกว่าบริเวณอื่น มีอุณหภูมิสูงสุด 28 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 11 องศาเซลเซียส

**โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน**



**ประวัติความเป็นมา**

ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นตำบลในเขตการปกครองของอำเภอสบเมย ประกอบด้วย 10 หมู่บ้าน ได้แก่

หมู่ที่ 1 บ้านแม่สามแลบ บ้านห้วยกองก๊าด

หมู่ที่ 2 บ้านแม่ตอละ บ้านห้วยมะโอ

หมู่ที่ 3 บ้านสิวาเดอ บ้านแม่แคะ

หมู่ที่ 4 บ้านสบเมย บ้านพะละอึ บ้านโก๊งอคี

หมู่ที่ 5 บ้านบุญเลอหลวง บ้านบุญเลอน้อย บ้านโตแฮ

หมู่ที่ 6 บ้านปู่ทา

หมู่ที่ 7 บ้านเครอะบอ บ้านเครอะบอน้อย

หมู่ที่ 8 บ้านห้วยกระต่าย บ้านแม่ลามาน้อย

หมู่ที่ 9 บ้านกอมูเดอ บ้านกลอเซโล

หมู่ที่ 10 บ้านปู่คำ บ้านห้วยแห้ง บ้านปู่คำน้อย

ประชากรในเขตพื้นที่ ต.แม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน มีจำนวน 1,014 หลังคาเรือน 9,489 คน (ที่มาของข้อมูล: อบต.แม่สามแลบ)

**สภาพทั่วไป**

- ***สถานที่ตั้ง***

โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ ตั้งอยู่ในหมู่บ้านแม่ตอละ หมู่ที่ 2 ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน อยู่ในเขตป่าลุ่มน้ำแม่ยวมฝั่งขวา (พิกัด LV 703694) อาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับหมู่บ้านห้วยกระต่าย (แม่ลามาน้อย) ทิศใต้ ติดต่อกับหมู่บ้านสบเมย

ทิศตะวันออก ติดต่อกับหมู่บ้านแม่ลามาหลวง

ทิศตะวันตก ติดต่อกับหมู่บ้านบุญเลอ

- ***ลักษณะภูมิประเทศ***

ภูมิประเทศของตำบลแม่สามแลบ 98% เป็นภูเขาสูงชัน มีพื้นที่ราบ ประมาณ 2% ของพื้นที่ตำบล ดังนั้นหมู่บ้านต่างๆ ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแม่สามแลบ จึงตั้งอยู่ในภูเขาสูงและบริเวณหุบเขาเป็นส่วนใหญ่ มีแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน คือ แม่น้ำเมย และแม่น้ำสาละวิน

- ***ลักษณะดิน***

ลักษณะดินพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ (บ้านแม่ตอละ) เป็นดินเหนียว และดิน ร่วนปนทราย มีอัตราการพังทลายของหน้าดินสูง

ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพอากาศในพื้นที่บ้านแม่ตอละจะมี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

**ข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของท้องถิ่น**

- ***การคมนาคม***

พื้นที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนทำให้การคมนาคมไม่สะดวก โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน การเดินทางโดยรถทุกประเภทใช้ไม่ได้ จึงต้องเดินเท้าเพียงอย่างเดียว ส่วนในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวการเดินทางจะสะดวก การเดินทางแยกออกเป็น 2 สายคือ

1. เป็นถนนลำลองจากตัวหมู่บ้านถึงอำเภอสบเมย ระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร
2. เป็นถนนลำลองจากตัวหมู่บ้านถึงตำบลแม่สามแลบ ระยะทางประมาณ 38 กิโลเมตร จากนั้นเป็นถนนถนนลูกรังและถนนลาดยางถึง อำเภอแม่สะเรียง ระยะทาง 50 กิโลเมตร ระยะการเดินทางจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ถึงโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สามแลบ 5 ชั่วโมง 15 นาที (ระยะทาง 262 กิโลเมตร)

- ***การโทรคมนาคม***

- ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข 1 แห่ง (ไปรษณีย์หมู่บ้านหมู่ที่ 1)
- สถานีโทรคมนาคมอื่นๆ 3 แห่ง (โทรศัพท์ระบบดาวเทียม)

- ***การไฟฟ้า***

ตำบลแม่สามแลบยังไม่มีเขตการไฟฟ้าขยายเข้าไปถึง จำนวนหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้า 10 หมู่บ้าน (ปัจจุบันใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และไฟฟ้าพลังงานน้ำ)

## ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ

เมื่อ พ.ศ.2523 พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร (รัชกาลที่ 9) เสด็จพระราชดำเนินไปทรงเยี่ยมราษฎรชาวเขาเผ่าลาหู่ ณ บ้านแกน้อย ทรงทราบถึงความเดือดร้อนของราษฎร จึงมีพระราชดำริให้โครงการหลวงเข้าไปช่วยเหลือโดยพระราชทานทรัพย์ส่วนพระองค์ ดำเนินงานในระยะเริ่มต้นด้วยการนำพืชเขตหนาวส่งเสริมแก่ราษฎรปลูกทดแทนฝิ่น ลดการทำไร่เลื่อนลอย และพัฒนาปัจจัยพื้นฐานในชุมชนให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้น ตลอดจนฟื้นฟู และอนุรักษ์สภาพแวดล้อมให้มีความอุดมสมบูรณ์

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ ส่งเสริมการปลูกพืชผัก ไม้ผล ปศุสัตว์ ชา พืชไร่ ภายใต้ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัย เช่น ระบบการเพาะปลูกที่ดี (GAP) และส่งเสริมการปลูกไม้ผล ชา กาแฟ พืชไร่ ปศุสัตว์ สามารถสร้างรายได้ที่มั่นคงและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นแก่เกษตรกร นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับการสนับสนุนกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเสริมสร้างความเข้มแข็งของคนและชุมชน การฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการปลูกป่าชาวบ้านตามแนวพระราชดำริป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝก เพื่อลดการพังทลายของดิน ลดการใช้สารเคมีในพื้นที่และเฝ้าระวังการปนเปื้อนมลพิษในสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรที่สูงแก่นักเรียน นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป ผลผลิตหลักของโครงการฯ ประเภทผัก (ถั่วแขก แตงกวาญี่ปุ่น มะเขือม่วงก้านเขียว มะเขือม่วงก้านดำ มะเขือเทศโครงการหลวง มะเขือเทศเชอร์รีแดง ซูกินี มันเทศญี่ปุ่นสีม่วง ถั่วลันเตาหวาน ผักกาดขาวปลี) ไม้ผล (เสาวรสหวาน อาโวคาโด มะม่วง องุ่น เคพกูสเบอร์รี) ปศุสัตว์ (ไก่กระดูกดำ ไก่เบรส) ชา (ชาอัสสัม) พืชไร่ (ข้าวไร่ ข้าวโอ๊ต ถั่วขาว)

***ลักษณะภูมิประเทศ***

เป็นพื้นที่ลาดชันภูเขาสลับซับซ้อน มีที่ราบตามหุบเขาและเชิงเขาครอบคลุมพื้นที่ 94,524 ไร่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 600-1,200 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 24.01 องศาเซลเซียส ประชากรในพื้นที่เป็นชาวไทยภูเขาเผ่าปกาเกอะญอ และคนเมืองรวม 9 หมู่บ้าน จำนวนกว่า 2,220 คน

**ฟาร์มปศุสัตว์ งานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่**

ฟาร์มปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง ตั้งอยู่ที่ 243 หมู่ 3 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินงานในส่วนของงานวิจัยละพัฒนาปศุสัตว์ ภายในฟาร์มมีการเลี้ยงสัตว์ประเภทสัตว์ปีก (ไก่เบรสและไก่กระดูกดำ) มีโรงฟักไข่ (ตู้ฟักไข่ขนาดบรรจุประมาณ 4,000 ฟอง) ภายในฟาร์มมีโรงเรือนกกลูกไก่ที่สามารถกกลูกไก่ได้ประมาณ 1,400 ตัว (35 ตัวต่อกรง) และส่งลูกไก่ไปเลี้ยงในพื้นที่ต่างๆ ภายใต้ความดูแลของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง และมีการติดตั้งบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 8 ลบ.ม. เพื่อใช้ประโยชน์จากมูลไก่ผลิตก๊าซชีวภาพให้พนักงานของฟาร์มใช้หุงต้มในบ้านพักของพนักงานได้อีกด้วย

**สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่**


**ประวัติความเป็นมา**

สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด พัฒนามาจากศูนย์วิจัยกาแฟอาราบิก้า ที่บ้านแม่หลอดซึ่งมีการปลูกกาแฟอาราบิก้า และมีการแพร่ระบาดโรคราสนิมอย่างรุนแรง พันธุ์กาแฟลูกผสม เป็นสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิม จากศูนย์วิจัยโรคราสนิม ของโปรตุเกส ชั่วที่ 2 ( $F_2$ ) จำนวน 28 คู่ผสม รวมทั้งพันธุ์แท้อื่นๆ ทั้งหมดนำลงปลูกที่ศูนย์วิจัยกาแฟบ้านแม่หลอด การดำเนินงานวิจัยสายพันธุ์ จึงเริ่มจากปี พ.ศ. 2517 ถึงปี พ.ศ. 2523 สายพันธุ์กาแฟได้แพร่หลายออกไปยังแหล่งปลูกต่างๆ เช่นที่ขุนวาง วาวี เขาค้อ ดอยมูเซอ ป่าเมี่ยงดอยสะเก็ด ปีพ.ศ. 2527 หม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี ทรงพระกรุณารับไว้ในความดูแลของโครงการหลวง และได้ชื่อว่า **"สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด"** การคัดเลือกสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง มีแปลงลูกผสมชั่วที่ 3-4-5 และชั่วที่ 6 สถานีได้นำไม้โตเร็วมาปลูกให้เป็นร่มเงามากถึง 7 ชนิด จนเป็นสวนกาแฟภายใต้ร่มเงาที่สมบูรณ์ทีสุด ดังนั้นสถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอดจึงเป็นแหล่งรวบรวมและอนุรักษ์สายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่มีสายพันธุ์จำนวนมาก เป็นศูนย์ทดสอบสาธิตการผลิตพืชผัก/สมุนไพร ไม้ผล และฟาร์มสาธิตการเลี้ยงสัตว์เล็ก ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจนพัฒนาเป็นอาชีพอย่างยั่งยืนได้

**สภาพทั่วไป**

- ***สถานที่ตั้ง***

สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด ตั้งอยู่ที่บ้านแม่หลอดหมู่ 10 ตำบล สบเปิง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

- ***ลักษณะภูมิประเทศ***

พื้นที่เป็นบริเวณเชิงเขาและที่ราบระหว่างหุบเขา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 680 เมตร พื้นที่เป็นดินประเภท Reddish Brown Laterite ลักษณะเนื้อดินร่วนซุย เป็นดินร่วนปนทราย มีค่า pH 5.5 - 6.5

- ***ลักษณะภูมิอากาศ***

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี พ.ศ. 2554 2,166.4 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี (2554) 22.4 °ซ

**การเลี้ยงสัตว์**

สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอดส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ 2 ชนิด คือ ไก่กระดูกดำ และสุกร โดยส่งเสริมการเลี้ยงไก่กระดูกดำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ได้ส่งเสริมการเลี้ยงในพื้นที่หมู่บ้านแม่หลอด ต. สบเปิง และหมู่บ้านห้วยเรา ต.ป่าแป๋ มีเกษตรกรจำนวน 7 ราย และได้ส่งเสริมการเลี้ยงสุกรในพื้นที่หมู่บ้านแม่หลอด มีเกษตรกรจำนวน 4 ราย(จุฑาทิพย์และคณะ, 2561)

**ตารางที่ 6** จำนวนไก่ที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสถานีฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึง 2559

| เกษตรกร | พันธุ์ไก่รุ่นปัจจุบัน | จำนวนไก่คงเหลือในปัจจุบัน(ตัว) |
|---|---|---|
| รายที่ 1 | ไก่กระดูกดำ | 70 |
| รายที่ 2 | ไก่กระดูกดำ | 200 |
| รายที่ 3 | ไก่กระดูกดำ | 135 |
| รายที่ 4 | ไก่เบรส | 150 |
| รายที่ 5 | ไก่กระดูกดำ | 76 |
| รายที่ 6 | ไก่ประดู่หางดำ | 8 |
| รายที่ 7 | ไก่กระดูกดำ | 76 |
| | **รวม** | **715** |

ที่มา: ปรับปรุงจากงานพัฒนาและส่งเสริมปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง(2561)

**ตารางที่ 7** จำนวนสุกรที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสถานีฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง 2558

| เกษตรกร | ตัวผู้(ตัว) | ตัวเมีย(ตัว) | รวม(ตัว) |
|---|---|---|---|
| รายที่ 1 | 5 | 3 | 9 |
| รายที่ 2 | 4 | - | 4 |
| รายที่ 3 | 2 | - | 2 |
| รายที่ 4 | 2 | 2 | 4 |
| | **รวม** | | **19** |

ที่มา: ปรับปรุงจากงานพัฒนาและส่งเสริมปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง (2561)


**ภาพที่ 4** การเลี้ยงสัตว์ (สุกร) ณ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ. แม่แตง จ. เชียงใหม่

**ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่**

**ประวัติความเป็นมา**

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร (รัชกาลที่ 9) ได้เสด็จพระราชดำเนินมาเยี่ยมราษฎรชาวเขาในพื้นที่บ้านใหม่สามัคคีเมื่อปี พ.ศ. 2523 และทรงพระกรุณารับหมู่บ้านแห่งนี้ไว้ในการดูแลของโครงการหลวง ต่อมาได้จัดตั้งเป็นศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขึ้น เพื่อช่วยเหลือชีวิตความเป็นอยู่ของชาวชาวไทยภูเขาในพื้นที่ โดยมีหมู่บ้านที่รับผิดชอบคือ หมู่บ้านหนองเขียว หมู่บ้านใหม่สามัคคีอาข่าและคะฉิ่น หมู่ที่ 14 ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทำตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ทรงห่วงใยราษฎรในพื้นที่ เนื่องจากชาวเขาเหล่านี้ต่างดำรงชีวิตอยู่อย่างแร้นแค้นและยากจน อีกทั้งเรื่องของสุขภาพอนามัยทรุดโทรมขาดการดูแลเอาใจใส่ เด็กเล็กๆ ส่วนใหญ่ต้องเป็นโรคขาดสารอาหาร ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ได้เริ่มต้นดำเนินงานพัฒนาคุณภาพชีวิตของชาวเขาเหล่านี้และด้วยความร่วมมือจาก สำนักงานป่าไม้เขตจังหวัดเชียงใหม่ กรมพัฒนาที่ดินเข้าดำเนินการทำไม้เศรษฐกิจและไม้ฟืน บุกเบิกพัฒนาพื้นที่และจัดสรรที่ดินทำกินให้แก่ราษฎร เพื่อทำการเกษตรอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

**สภาพทั่วไป**

- ***สถานที่ที่ตั้ง***

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตั้งอยู่ ณ บ้านใหม่สามัคคี หมู่ที่ 14 ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

| | |
|---|---|
| ทิศเหนือ | ติดต่อกับ หมู่ที่ 14 บ้านใหม่สามัคคี ตำบลเมืองนะ |
| ทิศใต้ | ติดต่อกับ หมู่ที่ 2 บ้านแกน้อย และหมู่ 5 บ้านโปงอาง ตำบลเมืองนะ |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับ หมู่ที่ 3 บ้านนาหวาย ตำบลเมืองนะ |
| ทิศตะวันตก | ติดต่อกับ หมู่ที่ 1 บ้านเมืองนะ ตำบลเมืองนะ |

- ***ลักษณะภูมิประเทศ***

ลักษณะภูมิประเทศอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 750 เมตร ชุดดินหลักเป็นดินชุดปากช่อง ซึ่งมีทั้งแบบมีหินปูนปนอยู่ และที่เกิดในบริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด ดินชุดนี้อยู่ในบริเวณที่มีความลาดชัน 2 – 8% เป็นดินลึก

- ***ลักษณะภูมิอากาศ***

พื้นที่จัดอยู่ในภูมิอากาศเขตร้อน มีฝนปานกลาง อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 16.48 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 27.64 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 1,862 มิลลิเมตร

**การเลี้ยงสัตว์**

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวส่งเสริมาการเลี้ยงสัตว์ 2 ชนิด คือ ไก่กระดูกดำ และสุกร สำหรับไก่กระดูกดำเริ่มส่งเสริมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 โดยได้ส่งเสริมการเลี้ยงไก่กระดูกดำให้แก่เกษตรกรในพื้นที่จำนวน 5 หมู่บ้าน คือ บ้านใหม่สามัคคี บ้านหนองเขียว บ้านอรุโณทัย บ้านห้วยไส้ และบ้านปางดะ นอกจากนี้ยังส่งเสริมการเลี้ยงสุกร เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ในพื้นที่บ้านใหม่สามัคคี และบ้านหนองเขียว (จุฑาทิพย์และคณะ, 2561)

**ตาราง 8** จำนวนไก่ที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์ฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึง 2561

| เกษตรกร | จำนวนไก่คงเหลือในปัจจุบัน(ตัว) |
|---|---|
| รายที่ 1 | 200 |
| รายที่ 2 | 300 |
| รายที่ 3 | 100 |
| รายที่ 4 | 65 |
| รายที่ 5 | 0 |
| **รวม** | **665** |

ที่มา: ปรับปรุงจากงานพัฒนาและส่งเสริมปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง (2561)


**ภาพที่ 5** การเลี้ยงสัตว์ (สุกร) ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

**4.1 การศึกษาระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูง**

1) ชุดเครื่องยนต์และอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วย

- เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 3 กิโลวัตต์ (Gasoline generator)
- ชุดผสมก๊าซชีวภาพและอากาศ (Mixer)
- ชุดกรองก๊าซไข่เน่า ขนาด 15x60x60 เซนติเมตร
- หลอดไฟฟ้าแบบ LED ขนาด 9 วัตต์
- สายไฟฟ้าพร้อมระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร
- มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า
- ชุดควบคุมการปิดเปิด

ก ข ค

ง จ ฉ

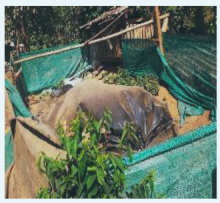
**ภาพที่ 6** ชุดเครื่องยนต์และอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า และชุดผสมก๊าซชีวภาพและอากาศ (ก) ชุดกรองก๊าซไข่เน่า (ข) หลอดไฟฟ้าแบบ LED (ค) สายไฟ (ง) มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (จ) ชุดควบคุมการปิดเปิด (ฉ)

2) พื้นที่ที่ร่วมศึกษาวิจัย

มีจำนวนทั้งหมด 4 ราย ได้แก่ (ตารางที่ 9)

- นายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์ หมู่ที่ 3 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก
- นางสาวกุลปรียา อุ่นวนารักคีรี หมู่ที่ 15 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก
- นายริจะ เวียงแม้นเมฆ หมู่ที่ 8 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก
- นายอาทร พิมานธารา หมู่ที่ 10 ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

**ตารางที่ 9** รายชื่อและที่อยู่ของเกษตรกรที่ร่วมศึกษาการใช้ก๊าซชีวภาพมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า

| ลำดับ | | | | ชื่อ/ที่อยู่ |
|---|---|---|---|---|
| 1 |  |  |  | นายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์<br>หมู่ที่ 3 ตำบลแม่สอง<br>อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก |
| 2 |  |  |  | นางสาวกุลปรียา อุ่นวนารักคีรี<br>หมู่ที่ 15 ตำบลแม่สอง<br>อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก |
| 3 |  |  |  | นายริจะ เวียงแม้นเมฆ<br>หมู่ที่ 8 ตำบลแม่สอง<br>อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก |
| 4 |  |  |  | นายอาทร พิมานธารา<br>หมู่ที่ 10 ตำบลแม่สามแลบ<br>อำเภอสบเมย<br>จังหวัดแม่ฮ่องสอน |

เกษตรกรทั้ง 4 รายข้างต้น ได้นำก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีขนาดแตกต่างกันมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันก๊าซโซลีนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีชนิดสัตว์และจำนวนแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ชนิดสัตว์และขนาดบ่อก๊าซชีวภาพของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการแต่ละราย

| ชื่อ-นามสกุล | ชนิดสัตว์ | จำนวนสัตว์ (ตัว) | ขนาดของบ่อก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม) |
|---|---|---|---|
| นายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์ | สุกร | 25 | 8+8 |
| นางสาวกุลปรียา อุ่นวนารักคีรี | สุกร | 6 | 12 |
| นายริจะ เวียงแม้นเมฆ | สุกร | 4 | 8 |
| นายอาทร พิมานธารา | สุกร | 35 | 16 |

3) ผลการติดตั้งหลอดไฟฟ้าและการใช้งาน

ได้ทำการติดตั้งเครื่องยนต์และหลอดไฟฟ้าชนิด LED รวมทั้งระบบควบคุมความปลอดภัยและมิเตอร์ไฟฟ้า ให้เกษตรกรแต่ละราย โดยจำนวนหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละครัวเรือนขึ้นกับขนาดของบ่อ และปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ดังนี้ คือ บ้านนายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์ ซึ่งทำอาชีพปลูกองุ่นในสวนบริเวณบ้านด้วย และนำไปใช้กับเพื่อนบ้านอีก 1 ครัวเรือน ติดตั้งหลอดไฟฟ้า จำนวน 9 หลอด บ้านนางสาวกุลปรียา อุ่นวนารักคีรี และเพื่อนบ้านอีก 2 ครัวเรือน ติดตั้งหลอดไฟฟ้า จำนวน 9 หลอด บ้านนายริจะ เวียงแม้นเมฆ และเพื่อนบ้านอีก 1 ครัวเรือน ติดตั้งหลอดไฟฟ้า จำนวน 5 หลอด บ้านนายอาทร พิมานธารา และเพื่อนบ้านอีก 2 ครัวเรือน ติดตั้งหลอดไฟฟ้า จำนวน 14 หลอด รายละเอียดแสดงในตารางที่ 11

**ตารางที่ 11** จำนวนหลังคาเรือนที่ใช้ไฟฟ้า จำนวนหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้ง และการใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าที่ได้จากก๊าซชีวภาพของเกษตรกรในโครงการ

| ชื่อ-นามสกุล | จำนวนหลังคาเรือนที่ใช้ไฟฟ้า (หลัง) | จำนวนหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้ง (ชนิด LED ขนาด 9 วัตต์/หลอด) | | เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (หลอด) | (วัตต์) | ทีวี | อื่นๆ |
| นายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์ | 2 | 9 | 81 | - | ชาร์จแบตเตอรี่ โทรศัพท์ |
| นางสาวกุลปรียา อุ่นวนารักคีรี | 3 | 9 | 81 | - | ชาร์จแบตเตอรี่ โทรศัพท์ |
| นายริจะ เวียงแม้นเมฆ | 2 | 5 | 45 | 1 | ชาร์จแบตเตอรี่ โทรศัพท์ |
| นายอาทร พิมานธารา | 3 | 14 | 126 | 1 | ชาร์จแบตเตอรี่ โทรศัพท์ |
| *รวม* | *10* | *37* | *333* | *2* | |

คุณภาพก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้าจากบ่อขนาด 16 ลบ.ม. มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) หรือก๊าซไข่เน่ามากที่สุด คือ 1,493.33 ppm รองลงมา คือ บ่อก๊าซขนาด 12, 8+8 และ 8 ลบ.ม. โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ซึ่งได้จากมูลสุกรขุนและสุกรแม่พันธุ์ที่ได้รับอาหารทางการค้าผสมต้นกล้วยและรำหยาบ ตามลำดับ (1,493.33, 894.00, 836.67 และ 755.00 ppm) ชุดกรองสามารถลดปริมาณก๊าซโดรเจนซัลไฟด์ได้ถึง 99.73-99.91% เมื่อประเมินการใช้ไฟฟ้าจากหมายเลขมิเตอร์ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม 2562 พบว่า ทุกรายได้ใช้แก๊สผลิตแสงสว่างให้กับครัวเรือนในเวลากลางคืน และชาร์จแบตเตอรี่สำหรับใช้กับแผงโซล่าเซลล์ ไฟฉาย รวมทั้งโทรศัพท์มือถือ มี 2 รายใช้กับโทรทัศน์ด้วย โดยเกษตรกรที่เลี้ยงสุกรจำนวนมากและมีบ่อขนาด 16 ลบ.ม. ใช้กระแสไฟฟ้าได้นานกว่า เท่ากับ 4.01, 3.14, 2.23, 1.84 ชั่วโมง ตามลำดับ และยังมีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าบ่อก๊าซขนาดกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 22.352, 17.521, 13.750 และ 8.670 กิโลวัตต์ต่อเดือน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถลดค่าไฟฟ้ารายเดือนได้มากกว่าผู้ที่มีขนาดบ่อเล็กหรือมีจำนวนสัตว์เลี้ยงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย (130.83, 111.34, 96.31 และ 76.63 บาทต่อเดือน ดังตารางที่ 12)

**ตารางที่ 12** ผลการใช้ไฟฟ้าของเกษตรกรในโครงการแต่ละราย

| รายการ | ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม.) | | | | P-value | SEM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | 12 | 8+8 | 16 | | |
| ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ppm) | | | | | | |
| ก่อนผ่านชุดกรอง | 755.00$^{d}$ | 894.00$^{b}$ | 836.67$^{c}$ | 1,493.33$^{a}$ | <0.01 | 90.17 |
| หลังผ่านชุดกรอง | 1.67 | 2.00 | 0.67 | 3.33 | 0.26 | 0.47 |
| ประสิทธิภาพชุดกรอง (%) | 99.78 | 99.73 | 99.91 | 99.78 | 0.70 | 0.04 |
| **ปริมาณการใช้ไฟฟ้า** | | | | | | |
| จำนวนชั่วโมงต่อวัน | 1.84$^{d}$ | 2.23$^{c}$ | 3.14$^{b}$ | 4.01$^{a}$ | <0.01 | 0.22 |
| ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kw/m) | 8.670$^{d}$ | 13.750$^{c}$ | 17.521$^{b}$ | 22.352$^{a}$ | <0.01 | 1.32 |
| ค่าไฟฟ้าที่ลดลงต่อเดือน (Baht)* | 76.63$^{d}$ | 96.31$^{c}$ | 111.34$^{b}$ | 130.83$^{a}$ | <0.01 | 5.34 |

$^{a-d}$ ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

* ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.77 บาท + ค่าบริการ 38 บาท + ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

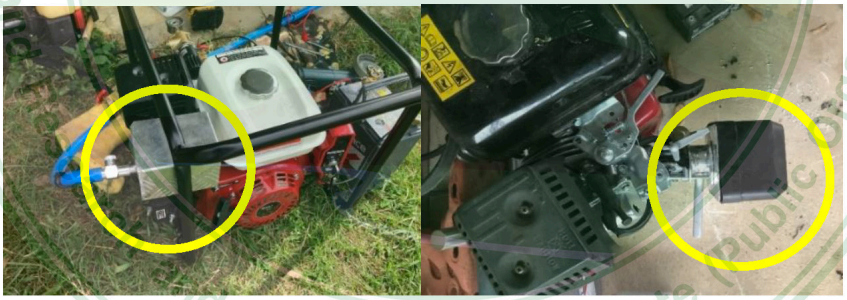
**4.2 การศึกษาระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับใช้กับเครื่องปั้มน้ำที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูง**

1) ชุดเครื่องยนต์ปั้มน้ำและอุปกรณ์ที่จัดเตรียมประกอบด้วย

- ปั้มน้ำขนาด 6.5 แรงม้า
- ชุด Mixer
- ชุดกรองก๊าซไข่เน่า ขนาด 15x60x60 เซนติเมตร
- ท่อสายยางฉีดพ่นน้ำ

ก ข ค

**ภาพที่ 7** ชุดเครื่องยนต์ปั้มน้ำ (ก) ชุดกรองก๊าซไข่เน่า (ข) ท่อสายยาง (ค)



ก ข

**ภาพที่ 8** แบบมิกเซอร์ (Mixer) แบบเดิม (ก) แบบใหม่ (ข)

2) พื้นที่ที่ร่วมศึกษาวิจัย

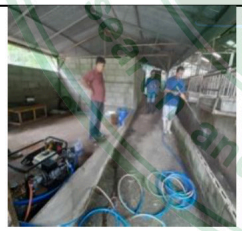
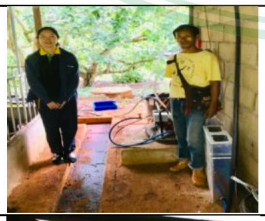
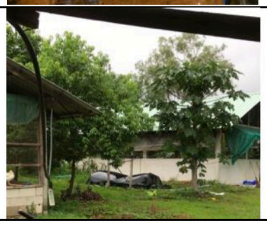
เนื่องจากข้อจำกัดในการหาฟาร์มในพื้นที่สูงต่างกันที่เลี้ยงสัตว์ชนิดเดียวกัน จำนวนใกล้เคียงกัน โดยใช้อาหารแบบเดียวกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาเรื่องความสูงของพื้นที่ ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ดังกล่าว โดยมีผู้ร่วมศึกษาวิจัยจำนวนทั้งหมด 4 ราย ได้แก่ (รายละเอียดตารางที่ 13)

- นายสังเวียน มันธิโน บ้านเลขที่ 66 หมู่ 1 ตำบลสะเมิงเหนือ อยู่ในพื้นที่ดำเนินงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 1,000 เมตร)

- นายเอกราช ไชยศิลป์ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด (ความสูงจากระดับน้ำทะเลฯ 800-1,000 เมตร)
- นางสาวสร้อยทิพย์ ไพศาล ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (ความสูงจากระดับน้ำทะเลฯ น้อยกว่า 800 เมตร)
- นายวิชิต สนลอย ฟาร์มสัตว์ปีกงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์แม่เหียะ (ความสูงจากระดับน้ำทะเลฯ น้อยกว่า 800 เมตร)

เกษตรกรและศูนย์โครงการหลวงทั้ง 4 รายข้างต้น ได้นำก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักฯ ที่มีขนาดแตกต่างกันไปใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันก๊าซโซลีน (gasoline หรือก๊าซโซฮอล; gasohol) เพื่อใช้กับเครื่องปั้มน้ำ โดยมีชนิดและจำนวนสัตว์แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 14

**ตารางที่ 13** รายชื่อและที่อยู่ของเกษตรกรและโครงการหลวงที่ร่วมศึกษาการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้กับเครื่องปั้มน้ำ

| ลำดับ | | ชื่อ/ที่อยู่ |
|---|---|---|
| 1 |   | นายสังเวียน มันธิโน<br>บ้านเลขที่ 66 หมู่ 1 ตำบลสะเมิงเหนือ<br>อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ |
| 2 |   | นายเอกราช ไชยศิลป์<br>สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด |
| 3 |  | นางสาวสร้อยทิพย์ ไพศาล<br>ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว |
| 4 |  | นายวิชิต สนลอย<br>ฟาร์มสัตว์ปีกงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์แม่เหียะ |

เกษตรกรและศูนย์โครงการหลวงทั้ง 4 รายข้างต้น ได้นำก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีขนาดแตกต่างกันมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันก๊าซโซลีนสำหรับใช้กับเครื่องปั้มน้ำ โดยมีชนิดสัตว์และขนาดบ่อก๊าซชีวภาพแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** ชนิดสัตว์และขนาดบ่อก๊าซชีวภาพของผู้เข้าร่วมโครงการ

| ชื่อ-นามสกุล | ระดับความสูงจากน้ำทะเล (ม) | ชนิดสัตว์ | จำนวนสัตว์ (ตัว) | ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม.) |
|---|---|---|---|---|
| นายสังเวียน มันธิโน | >1,000 | สุกรขุน | 25-35 | 12 |
| นายเอกราช ไชยศิลป์ | 800-1,000 | สุกรพ่อแม่พันธุ์ | 16 | 8 |
| นางสาวสร้อยทิพย์ฯ | <800 | สุกรพ่อแม่พันธุ์ | 10 | 8 |
| นายวิชิต สนลอย | <800 | ลูกไก่ช่วงอนุบาล | 1,350 | 8 |

3) ผลการติดตั้งเครื่องปั้มน้ำและการใช้งาน

จากการศึกษา ผลแสดงไว้ในตารางที่ 15 ปรากฏว่า ก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลลูกไก่และสุกรพ่อแม่พันธุ์ (บ่อก๊าซจากฟาร์มสัตว์ปีกงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์แม่เหียะและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว) มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงกว่ามูลสุกรขุนและสุกรแม่พันธุ์ (1,616.67, 1,533.33 และ 776.67 ppm) ซึ่งมีผลต่อการผุกร่อนของเครื่องยนต์และส่วนที่เป็นโลหะและมีการปลดปล่อยเอา $SO_2$ ออกมา (Muhammad et al., 2015) โดยชุดกรองสามารถลดปริมาณก๊าซนี้ได้ 99.87-100% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่ารายงานของ Muhammad et al. (2015) ที่ใช้ Zero-Valent Iron สามารถดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 95% และรายงานของ Kulkarni and Ghanegaonkar (2019) ที่ใช้การดูดซับทางเคมีแบบ 1 column ขนาด 1.2 ลิตร สามารถลดก๊าซไข่เน่าได้ 92.41%

การใช้เครื่องยนต์ปั้มน้ำแรงดันสูงขนาด 6.5 แรงม้า ขนาดปั้ม ¾ นิ้ว เพื่อใช้ล้างคอกสัตว์ โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ที่เลี้ยงในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับความสูงมากกว่า 1,000 เมตร บ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 12 ลบ.ม. จากมูลสุกรขุน 25-35 ตัว ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า สามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดังกล่าวได้นานกว่าบ่อก๊าซจากมูลไก่และสุกรพ่อแม่พันธุ์ ขนาด 8 ลบ.ม. (ที่ระดับความสูงต่ำกว่า 800 เมตร) และที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร ซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสุกรพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้าผสมรำหยาบและพืชผักท้องถิ่น (68.50, 55.25 และ 22.50 นาทีต่อวัน ตามลำดับ) และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการใช้น้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ (58.29, 47.02 และ 19.15 บาทต่อวัน

ตามลำดับ) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (1.14, 1.18 และ 1.08 ลบ.ม./ชั่วโมง ตามลำดับ) และปริมาณน้ำที่ดูดได้ (1.47, 1.43 และ 1.47 ลบ.ม./ชั่วโมง ตามลำดับ) ซึ่งข้อมูลที่ได้ในการทดลองนี้เป็นผลร่วมของอย่างน้อย 4 ปัจจัย คือ ระดับความสูงของพื้นที่ ชนิดและจำนวนสัตว์ รวมถึงอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ด้วย โดยชนิดของสัตว์ จำนวนสัตว์ และอาหารมีผลต่อปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพมากกว่าระดับความสูงของพื้นที่ อย่างไรก็ดี ผลที่ได้จากการทดลองนี้ยืนยันได้ว่า เกษตรกรบนพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยมากกว่า 1,000 เมตรขึ้นไป สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และนำก๊าซดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้

**ตารางที่ 15** ผลร่วมของความสูงจากระดับน้ำทะเล ชนิดสัตว์ จำนวนสัตว์ และอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์ปั๊มน้ำที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิง

| รายการ | ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่ (ม) [1/] | | | p-value | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| | <800 เมตร | 800-1,000 | >1,000 | | |
| **ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์** (ppm) | | | | | |
| ก่อนผ่านชุดกรอง | 1,616.67[a] | 776.67[c] | 1,533.33[b] | <0.01 | 134.10 |
| หลังผ่านชุดกรอง | 2.67 | 0 | 2.00 | 0.11 | 0.56 |
| ประสิทธิภาพชุดกรอง (%) | 99.84 | 100.00 | 99.87 | 0.12 | 0.03 |
| **การใช้เครื่องปั๊มน้ำ** | | | | | |
| ระยะเวลาใช้ปั๊มน้ำ (นาที/วัน) | 55.25[b] | 22.50[c] | 68.50[a] | <0.01 | 5.98 |
| ค่าใช้จ่ายที่ลดลง (บาท/วัน) [2/] | 47.02[b] | 19.15[c] | 58.29[a] | <0.01 | 5.09 |

[a-c] ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

[1/] บ่อก๊าซชีวภาพในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 800 เมตร ใช้มูลลูกไก่จำนวน 1,350 ตัว และมูลสุกรพ่อแม่พันธุ์จำนวน 10 ตัวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า ส่วนที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร ใช้มูลสุกรพ่อแม่พันธุ์จำนวน 25 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปการค้าผสมรำหยาบและพืชผักท้องถิ่น และที่ระดับมากกว่า 1,000 เมตร ใช้มูลสุกรขุน 25-35 ตัวเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า

[2/] ขึ้นอยู่กับความต้องการของฟาร์ม

[3/] เครื่องยนต์ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล 95 จำนวน 1.86 ลิตรต่อชั่วโมง ราคาน้ำมัน 27.45 บาทต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อปีของการใช้ปั้มน้ำที่ใช้ก๊าซชีวภาพและก๊าซโซลีนเป็นเชื้อเพลิง โดยคิดจากค่าเสื่อมต่อปีจากการใช้งานวันละ 65.50 นาที จำนวน 365 วัน พบว่าการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 3,842 บาทต่อปี ซึ่งต่ำกว่าการใช้ก๊าซโซลีนถึง 6.1 เท่า (23,476.85 บาทต่อปี)

**ตารางที่ 16** ต้นทุนการใช้ปั้มน้ำสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพและก๊าซโซลีน (ปั้มน้ำทั่วไป) เป็นเชื้อเพลิง

| **รายการ** | **ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)** | |
|---|---|---|
| | **ก๊าซชีวภาพ** | **ก๊าซโซลีน** |
| - ค่าเสื่อมเครื่องยนต์ปั้มน้ำแรงดันขนาด 6.5 แรงม้า[1/] | 1,712 | 1,712 |
| - ค่าเสื่อมถังกรองก๊าซไข่เน่า[2/] | 150 | 0 |
| - ค่าเสื่อมเม็ดดูดซับก๊าซไข่เน่า[3/] | 500 | 0 |
| - บ่อแก๊สชีวภาพขนาด 12 ลบม.[1/] | 1,000 | 0 |
| - เชื้อเพลิงก๊าซโซฮอล 95 วันละ 68.50 นาที | 0 | 21,275.85 |
| - น้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนทุก 3 เดือน | 480 | 480 |
| ค่าใช้จ่ายรวม 1 ปี | 3,842 | 23,467.85 |

[1/]อายุใช้งาน 5 ปี [2/]อายุใช้งาน 10 ปี [3/]อายุใช้งาน 1 ปี

**4.3 การศึกษาระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับใช้กับเครื่องบดเมล็ดพืชอาหารสัตว์ที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูง**

1) เครื่องตีเมล็ดข้าวโพดและอุปกรณ์ที่จัดเตรียมประกอบด้วย

- เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงใช้ก๊าซชีวภาพ
- ชุด Mixer
- ชุดกรองก๊าซไข่เน่า ขนาด 15x60x60 เซนติเมตร
- ชุดรองรับและชุดค้อนตีเมล็ดข้าวโพด (hammer mill)


**ภาพที่ 9** ขนาดตะแกรงหัวบดขนาด 6, 8 และ 10 นิ้ว


**ภาพที่ 10** ขนาดค้อนทุบหัวบดขนาด 6, 8 และ 10 นิ้ว

**ภาพที่ 11** เครื่องบดเมล็ดข้าวโพดที่ที่ต่อพ่วงจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพ

2) พื้นที่ที่ร่วมศึกษาวิจัย

ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิง พร้อมกับต่อพ่วงเครื่องบดแบบค้อนตีเมล็ดข้าวโพด (Hammer mill) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางของค้อนตีขนาด 6, 8 และ 10 นิ้ว จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพการบดเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นไม่เกิน 13% ในเบื้องต้นนี้ ได้ทำสอบประสิทธิภาพของเครื่อง ณ ฟาร์มสัตว์ปีกงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์แม่เหียะ หลังจากนั้นจะนำไปติดตั้งในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก ต่อไป

3) ผลการศึกษาประสิทธิภาพชุดตีเมล็ดข้าวโพด

การศึกษาเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ซึ่งมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนผ่านชุดกรอง 1,610±26.46 ppm และหลังผ่านชุดกรองเหลือเท่ากับ 2.33±0.58 ppm โดยชุดกรองนี้สามารถกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ถึง 99.86% เมื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้ฉุดเครื่องบดเมล็ดข้าวโพด พบว่า เครื่องยนต์ไม่สามารถฉุดเครื่องบดหรือชุดค้อนตีเมล็ดข้าวโพดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่ใช้พูลเล่ย์ (pulley) หรือมู่เลย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 นิ้วได้ ต้องเพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้นเป็น 5 นิ้ว ตามวงรอบของชุดค้อนตีที่กว้างมากขึ้น ในขณะที่ชุดค้อนตีขนาด 6 และ 8 นิ้ว สามารถใช้พูลเล่ย์ขนาด 4 นิ้วได้ เมื่อความเร็วรอบของชุดค้อนตี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว มีค่าต่ำกว่าขนาด 6 และ 8 นิ้ว อย่างมีนัยสำคัญ (1,540.2 vs. 2,060.0 และ 2,024.8 rpm, ตามลำดับ; $P<0.01$) โดย

ชุดค้อนตีที่มีขนาด 8 นิ้ว สามารถบดเมล็ดข้าวโพดต่อชั่วโมงได้มากกว่าขนาด 6 และ 10 นิ้ว อย่างมีนัยสำคัญ (131.202 vs. 70.580 และ 56.664 กิโลกรัม, P<0.01) ในขณะที่ชุดค้อนตีขนาด 10 นิ้ว เครื่องยนต์ต้องใช้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด รองลงมาคือ 8 และ 6 นิ้ว ตามลำดับ (2.164 vs. 1.374 vs. 1.208 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง; P<0.01) แต่เมื่อคำนวณอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพต่อปริมาณข้าวโพดที่บดได้ พบว่า ชุดค้อนตีขนาด 8 นิ้ว ใช้น้อยกว่าขนาด 6 และ 10 นิ้ว อย่างมีนัยสำคัญ (10.473 vs. 17.163 และ 38.259 ลิตร/กิโลกรัมข้าวโพด ตามลำดับ; P<0.01)

ค่าใช้จ่ายสำหรับการบดเมล็ดข้าวโพด ในกรณีใช้เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้าตามการศึกษาครั้งนี้ การใช้ชุดค้อนตีที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 นิ้ว มีค่าใช้จ่าย 54.19 บาท/ข้าวโพด 100 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าขนาด 6 และ 10 นิ้ว อย่างมีนัยสำคัญ (54.19 vs. 101.11 และ 125.60 บาทต่อ 100 กิโลกรัมข้าวโพด; P<0.01; ดังตารางที่ 16)

**ตารางที่ 17** ประสิทธิภาพของเครื่องบดเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 6.5 HP โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิง และใช้ชุดค้อนตี (Hammer mill) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน

| รายการ | ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชุดค้อนตี (นิ้ว) | | | p-value | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | 8 | 10 | | |
| **ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์** (ppm) | | | | | |
| ก่อนผ่านชุดกรอง | | 1610±26.46 | | - | - |
| หลังผ่านชุดกรอง | | 2.33±0.58 | | - | - |
| ประสิทธิภาพชุดกรอง (%) | | 99.86 | | - | - |
| **ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพูลเลย์** (นิ้ว) | | | | | |
| ที่เครื่องยนต์หรือชุดขับ | 2.5 | 2.5 | 2.5 | - | - |
| ที่ชุดค้อนตี | 4 | 4 | 5 | - | - |
| ความเร็วของชุดค้อนตี (RPM) | 2060.0[a] | 2024.8[a] | 1540.2[b] | <0.01 | 63.80 |
| **ประสิทธิภาพการบดเมล็ดข้าวโพด** | | | | | |
| ปริมาณข้าวโพดที่บดได้ (กก./ชม) | 70.580[b] | 131.202[a] | 56.664[c] | <0.01 | 8.68 |
| ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้ (ลบ.ม./ชม) | 1.208[c] | 1.374[b] | 2.164[a] | <0.01 | 0.11 |
| อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลิตร/กก. ข้าวโพด) | 17.163[b] | 10.473[c] | 38.259[a] | <0.01 | 3.20 |
| ค่าใช้จ่าย (บาท/100 กก. ข้าวโพด) * | 101.11[b] | 54.19[c] | 125.60[a] | <0.01 | 8.00 |

[a-c] ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

* เทียบกับก๊าซโซฮอล 95 ราคาลิตรละ 27.45 บาท เครื่องยนต์ใช้น้ำมัน 1.85 ลิตรต่อชั่วโมงบดข้าวโพดได้ 140 กก.

**4.4 การอบรมและประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์**

4.4.1 **เกษตรกรที่ใช้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ**

การอบรมให้ความรู้ได้จัดแยกตามพื้นที่การใช้งานเพื่อความสะดวกต่อเกษตรกร เนื่องด้วยอยู่ในพื้นที่ที่ห่างไกลกันโดยได้ให้ความรู้ด้านการใช้เครื่องยนต์การบำรุงรักษาการแก้ปัญหา รวมถึงความปลอดภัยการใช้ไฟฟ้าในวันที่ 18-19 ตุลาคม 2562 ดังภาพที่12 และจากการประเมินความพึงพอใจเกษตรกรผู้ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพผลิตกระแสไฟฟ้า จำนวน 5 ราย ในพื้นที่ ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก จำนวน 3 ราย 6 ครัวเรือน ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 2 ราย 4 ครอบครัว เกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ จำนวน 4 คน และเจ้าหน้าที่ผู้เข้าร่วมประชุมงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 5 คน รวมทั้งหมด 20 คน พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนน เท่ากับ 4.75-5.00 ในทุกกรณี โดยการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดให้คะแนนเฉลี่ย 4.98 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 18 เนื่องด้วยในพื้นที่ไม่มีไฟฟ้าใช้จากการที่มีไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงทำให้ครอบครัวมีความสุขมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้ไฟฟ้าได้กับอุปกรณ์หลายๆชนิดที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน เช่น ชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์ แบตเตอรีส่องแสงสว่าง หุงข้าว ตัดผม สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

**ภาพที่ 12** การให้ความรู้การใช้เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า

**ตารางที่ 18** ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพผลิตกระแสไฟฟ้า

| รายการ | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| 1. การติดตั้งเครื่องยนต์มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต | 5.00 ± 00[a] |
| 2. ระยะเวลาการใช้งานของเครื่องยนต์ (ผลิตกระแสไฟฟ้า/ปั๊มน้ำ/บดข้าวโพด) เพียงพอต่อการใช้งาน | 4.75 ± 0.44[b] |
| 3. ครอบครัวมีความสุข | 5.00 ± 00[a] |
| 4. ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น | 5.00 ± 00[a] |
| 5. มีสัมพันธภาพที่ดีกับครอบครัวและเพื่อนบ้าน | 5.00 ± 00[a] |
| 6. ได้รับความรู้ใหม่ | 5.00 ± 00[a] |
| 7. สามารถลดค่าใช้จ่ายของครอบครัว | 5.00 ± 00[a] |
| 8. สามารถเป็นต้นแบบให้กับคนในชุมชน | 5.00 ± 00[a] |
| 9. ประทับใจต่อการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ | 5.00 ± 00[a] |
| 10. ความพึงพอใจในภาพรวม | 5.00 ± 00[a] |
| เฉลี่ย | 4.98 ± 0.44 |

[a-b] ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

**คะแนน** ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

### 4.4.2 เกษตรกรที่ใช้ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพปั๊มน้ำ

วันที่ 23-24 กรกฎาคม 2562 ได้อบรมให้ความรู้กับ เจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและเกษตรผู้เลี้ยงควายนม อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน วันที่ 23 สิงหาคม 2562 เจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่หลอด และ วันที่ 21 ตุลาคม 2562 ได้อบรมให้ความรู้กับนายสังเวียน มันธิโน บ้านเลขที่ 66 หมู่ 1 ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ในเรื่องการใช้เครื่องปั๊มน้ำก๊าซชีวภาพ รวมถึงการบำรุงรักษา การแก้ปัญหาและความปลอดภัยในการใช้เครื่องเครื่องยนต์ ดังภาพที่ 13 และจากการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร เกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ และเจ้าหน้าที่ผู้เข้าร่วมประชุมงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง รวมทั้งหมด 20 คน พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนน เท่ากับ 4.65-5.00 ในทุกกรณี โดยการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดให้คะแนนเฉลี่ย 4.89 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 19

**ภาพที่ 13** การอบรมให้ความรู้การใช้ปั๊มน้ำจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

**ตารางที่ 19** ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพปั๊มน้ำ

| รายการ | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| 1. การติดตั้งเครื่องยนต์มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต | 4.80 ± 0.41[ab] |
| 2. ระยะเวลาการใช้งานของเครื่องยนต์ (ผลิตกระแสไฟฟ้า/ปั๊มน้ำ/บดข้าวโพด) เพียงพอต่อการใช้งาน | 4.65 ± 0.49[b] |
| 3. ครอบครัวมีความสุข | 5.00 ± 0.00[a] |
| 4. ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น | 5.00 ± 0.00[a] |
| 5. มีสัมพันธภาพที่ดีกับครอบครัวและเพื่อนบ้าน | 5.00 ± 0.00[a] |
| 6. ได้รับความรู้ใหม่ | 4.85 ± 0.49[ab] |
| 7. สามารถลดค่าใช้จ่ายของครอบครัว | 4.65 ± 0.59[b] |
| 8. สามารถเป็นต้นแบบให้กับคนในชุมชน | 5.00 ± 0.00[a] |
| 9. ประทับใจต่อการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ | 5.00 ± 0.00[a] |
| 10. ความพึงพอใจในภาพรวม | 4.90 ± 0.31[a] |
| เฉลี่ย | 4.89 ± 0.23 |

[a-b] ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

**คะแนน** ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

**4.4.3 เกษตรกรที่ใช้เครื่องตีข้าวโพดจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง**

วันที่ 17 ตุลาคม 2562 ได้อบรมให้ความรู้กับนายประเสริฐ สุทธิพนาสวรรค์และเกษตรที่สนใจ บ้านหมู่ 3 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ในเรื่องการใช้เครื่องตีข้าวโพด จากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในการบดข้าวโพดสำหรับเป็นอาหารสุกรเพื่อลดต้นทุนการผลิตเนื่องด้วยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากราคาถูกประมาณ 6 บาทต่อกิโลกรัม รวมถึงการบำรุงรักษาและความปลอดภัยในการใช้เครื่องตีข้าวโพด ดังภาพที่ 14 และจากการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรและสมาชิกในครัวเรือน เกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ และเจ้าหน้าที่ผู้เข้าร่วมประชุมงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง รวมทั้งหมด 20 คน พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากถึงมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนน เท่ากับ 3.90-5.00 โดยการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดให้คะแนนเฉลี่ย 4.79 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 20

**ภาพที่ 14** การอบรมให้ความรู้การใช้เครื่องตีข้าวโพดจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

**ตารางที่ 20** ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่ใช้เครื่องตีข้าวโพดจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

| รายการ | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| 1. การติดตั้งเครื่องยนต์มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต | 4.35 ± 0.67[c] |
| 2. ระยะเวลาการใช้งานของเครื่องยนต์ (ผลิตกระแสไฟฟ้า/ปั๊มน้ำ/บดข้าวโพด) เพียงพอต่อการใช้งาน | 4.65 ± 0.49[b] |
| 3. ครอบครัวมีความสุข | 5 ± 0.00[a] |
| 4. ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น | 5 ± 0.00[a] |
| 5. มีสัมพันธภาพที่ดีกับครอบครัวและเพื่อนบ้าน | 5 ± 0.00[a] |
| 6. ได้รับความรู้ใหม่ | 5 ± 0.00[a] |
| 7. สามารถลดค่าใช้จ่ายของครอบครัว | 3.90 ± 0.45[d] |
| 8. สามารถเป็นต้นแบบให้กับคนในชุมชน | 5 ± 0.00[a] |
| 9. ประทับใจต่อการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ | 5 ± 0.00[a] |
| 10. ความพึงพอใจในภาพรวม | 5 ± 0.00[a] |
| เฉลี่ย | 4.79 ± 0.16 |

[a-d] ตัวอักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

**คะแนน** ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

## 4.5 การเผยแพร่ผลงาน

นำเสนอผลงานเรื่องการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าบนพื้นที่สูง ในการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 8 “นวัตกรรมการผลิตปศุสัตว์อย่างยั่งยืนสู่ประเทศไทย 4.0” วันที่ 12-15 มิถุนายน 2562 ณ โรงแรมดวงจิตต์ รีสอร์ท แอนด์ สปา อำเภอกระทู้ จังหวัดภูเกต ตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร ปีที่ 47 ฉบับพิเศษ2 2562

นำเสนอผลผลการดำเนินงาน “โครงการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและปั๊มน้ำบนพื้นที่สูง” ในการประชุมงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง วันที่ 8 พฤศจิกายน 2562 ณ ห้องประชุมอาคาร 2 ชั้น 3 สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) มีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 29 คน ซึ่งเป็นนักวิชาการ นักวิจัย และเจ้าหน้าทีโครงการ จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ในส่วนงานปศุสัตว์ (ภาพที่ 15) จัดทำจุดสาธิตการใช้เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าและปั๊มน้ำจากก๊าซชีวภาพ ณ ฟาร์มสัตว์ปีกโครงการหลวงแม่เหียะ ดังภาพที่ 16

**ภาพที่ 15** การประชุมงานวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง ณ ห้องประชุมอาคาร 2 ชั้น 3 สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
วันที่ 8 พฤศจิกายน 2562

**ภาพที่ 16** จุดสาธิตเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าและปั๊มน้ำฟาร์มสัตว์ปีกโครงการหลวงแม่เหียะ

# บทที่ 5

## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาขนาดบ่อก๊าซชีวภาพบนพื้นที่สูงเพื่อนำก๊าซที่ผลิตได้มาใช้เป็นพลังงานทดแทนกับเครื่องยนต์ ขนาด 7.5 แรงม้า ฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ระดับความสูงของพื้นที่ติดตั้งบ่อก๊าซชีวภาพเพื่อนำก๊าซที่ผลิตได้มาใช้เป็นพลังงานทดแทนกับเครื่องยนต์ ขนาด 6.5 แรงม้า ติดตั้งปั๊มน้ำแรงดันสูงชนิด 3 สูบเพลาชน และขนาดของเครื่องบดข้าวโพดแบบ hammer mill ที่ฉุดด้วยเครื่องยนต์ ขนาด 6.5 แรงม้า สรุปได้ดังนี้

1. **พัฒนาระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า และเครื่องปั๊มน้ำเหมาะสมบนพื้นที่สูง**

บ่อก๊าซชีวภาพบนพื้นที่สูง ขนาดความจุ 12-16 ลบ.ม. และจำนวนสุกรขุน 9-35 ตัว เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพที่สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้วันละ 2-4 ชั่วโมง หลังคาเรือนละ 81-126 วัตต์ โดยใช้หลอดไฟฟ้า LED จำนวน 9-14 หลอด/ครัวเรือน ซึ่งใช้ได้ไม่น้อยกว่า 10 ครัวเรือน ช่วยลดค่าใช้จ่าย (ค่าไฟฟ้า) ได้ 90-130 บาทต่อเดือน นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่ใช้กระแสไฟไม่มาก เช่น ทีวี พัดลม การชาร์จแบตเตอรี่ เป็นต้น นอกเหนือจากการนำก๊าซชีวภาพไปใช้หุงต้มทดแทนก๊าซ LPG หรือทดแทนการใช้ฟืนที่เป็นกิจกรรมประจำวันอยู่แล้ว

เครื่องยนต์ปั๊มน้ำแรงดัน 3 กระบอกสูบเพลาชน สามารถใช้ล้างทำความสะอาดคอกสัตว์ได้วันละ 30-60 นาทีต่อวัน สามารถใช้ได้กับบ่อก๊าซชีวภาพขนาดความจุ 8 ลบม. และมีจำนวนสุกรไม่น้อยกว่า 10 ตัว ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการใช้ของเกษตรกรทุกราย

2. **ประสิทธิภาพชุดบดข้าวโพดด้วยเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพในครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูง**

เครื่องบดข้าวโพดแบบ hammer mill ที่มีประสิทธิภาพดี เหมาะสมกับการใช้เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้าที่ดัดแปลงใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ควรเลือกใช้ชุดค้อนตีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว เพลาหรือพูลเลย์ (Pulley) ตัวขับหรือเครื่องยนต์ขนาด 2.5 นิ้ว พูลเลย์ชุดค้อนตีขนาด 4 นิ้ว ซึ่งจะมีความเร็วรอบชุดค้อนตีไม่น้อยกว่า 2,000 รอบต่อนาที สามารถบดเมล็ดข้าวโพดได้ 131.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้ 1.37 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถ้าใช้น้ำมันจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบดเมล็ดข้าวโพด 0.54 บาทต่อกิโลกรัมข้าวโพด (ปัจจุบันก๊าซโซฮอล 95 ราคาลิตรละ 27.45 บาท ทดสอบเครื่องยนต์ใช้น้ำมัน 1.85 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถบดข้าวโพดได้ 140 กก.)

ภายหลังการใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า การปั้มน้ำ และการบดข้าวโพด เกษตรกรและสมาชิกในครัวเรือนมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งมีคะแนนการประเมินอยู่ในช่วง 4.79 ถึง 4.98

## เอกสารอ้างอิง


จุฑาทิพย์ เฉลิมพล สุกิจ กันจินะ สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์. 2561. การประเมินผลสำเร็จงานพัฒนาและส่งเสริมด้านปศุสัตว์ของมูลนิธิโครงการหลวง. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง และสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561, 137 หน้า.

ปริพัฒน์ จึงชัยชนะ สุภวัตน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ. 2555. ประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วย Biogas จากขยะกรณีศึกษาตลาดไท. วิจัยพลังงาน, 9 (1): 73-83.

สุคีพ ไชยมณี อังคณา ภรณ์พงษ์ด้วง ประสงค์ แซ่เฒ่า สำอาง จิราภรณ์อนงค์ และเสน่ห์ พงษ์กาสอ. 2557. การพัฒนาระบบการผลิตพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมบนพื้นที่สูง: กรณีศึกษาก๊าซชีวภาพ. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557, หน้า 764-767, มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ องอาจ ส่องสี บุญล้อม ชีวะอิสระกุล ฐิติมา ทรงคุณ และอภิชาติ ศรีภัย. 2552. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับเกษตรกรรายย่อย. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 221 หน้า.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ องอาจ ส่องสี บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และอภิชาต ศรีภัย. 2554. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ในชุมชน. รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติเครือข่ายภาคเหนือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 56 หน้า.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ จันทร์จิรา ก้อนแก้ว และองอาจ ส่องสี. 2555. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นสำหรับใช้ในครัวเรือน. พิมพ์ครั้งที่ 7. บริษัท ทรีโอ แอดเวอร์ไทซิง แอนด์ มีเดีย จำกัด, 25 หน้า.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ องอาจ ส่องสี บุญล้อม ชีวะอิสระกุล กัญญารัตน์ พวกเจริญ และวิไลพร ทัณฑะรักษ์. 2561. การพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าและปั๊มน้ำบนพื้นที่สูง. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 63 หน้า.

วิชัย ศุภสาธิตกุล. 2529. อิฐเบาไดอะตอมไมท์. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาอุสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

องอาจ ส่องสี. 2555. การผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรสำหรับเกษตรกรรายย่อย. รายงานคลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาน่าน จ.น่าน เสนอต่อกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 77 หน้า.

Abdel-Galil, A., M. A. Elnono, M. M. Mostafa, M. F. Mohamed. 2008. Biogas utilization for powering water irrigation pump. Misr J. Ag. Eng., 25(4): 1438-1453.

Ayade, M. and A.A. Latey. 2016. Performance and emission characteristics of biogas petrol dual fuel in Si Engine, Int. J. of Mechanical Engineering and Technol., 7(2):45-54.

Bui, V.G., Le, M.T., Truong, L.B.T. and Tran, H.L. 2008. Biogas-gasoline hybrid engine. J. Science and Technology -The University of Danang, 3(16): 40-48.

Driehaus, W., M. Jekel and U. Hildebrandt. 1998. Granular ferric hydroxide a new absorbent for the removal of arsenic from natural water. J. Water Suppl: Res and Technol. –Aqua, 47:30-35.

Gomez Montoya, J.P., A.A. Amell Arrieta and J.F. Zapata Lopez. 2015. Spark ignition engine performance and emission in a high compression engine using biogas and methane mixers without knock occurrence. Thermal science, 19(6): P 1919-1930.

Irvan, B. Trisakti, T. Husaini, A. Sitio and T.B. Sitorus. 2017. Performance evaluation on Otto engine generator using gasoline and biogas from palm oil mill effluent. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 206 012028. doi:10.1088/1757-899X/206/1/012028.

Kristoferson, L. A., and V., Bokalders. 1991. Renewable Energy Technologies- their application in developing countries. Practical Action Publishing.

Kulkarni M.B.and P.M. Ghanegaonkar. 2019. Hydrogen sulfide removal from biogas using chemical absorption technique in packed column reactors. Global J. Environ. Sci. Manage. 5(1): 155-166.

Landahl, G. 2003. Biogas as vehicle fuel a European overview. Stockholm. Trendsetter Report No. 2003:3.

Mihic, S. 2004. Biogas fuel for internal combustion engines.Annuals of the faculty of engineering hunedoara.Tome II, Fasicole 3. P 179-190.

Muhammad R., Al. Mamun and S. Torii. 2015. Removal of Hydrogen Sulfide (H2S) from Biogas Using Zero-Valent Iron. Journal of Clean Energy Technologies, 3 (6);428-432

Persson, M. 2007. Biogas Upgrading and Utilization as Vehicle Fuel.Swedish Gas Center, Malmo.

Souza, S. N. M., A. M. Lenz, I. Werncke, C. E. C. Nogueira, J. Antone, J. Souza. 2016. Gas emission and efficiency of an engine-generator set running on biogas. J. Eng.Agric., 36(4): 613-621.

Surata, I.W., T.G.T. Nindhiab, I.K.A. Atmikac, D.N. Ketut, P. Negarad and I.W.E. Permana Putra. 2014. Simple conversion method from gasoline to biogas fueled: Small engine to powered electric generator. Energy Procedia, 52:626–632.

Thirunavukkarasu, O.S., T. Viraraghavan and K.S. Subramanian. 2003. Arsenic removal from drinking water using granular ferric hydroxide. J. Water Supply: Res. and Technol. Aqua, 29 No. 2

Yandi and S.D. Panjaitan. 2015. Comparative study of electric generator drives engine performance by various types of fuel. Int. Conf. on Information Technol. and Electrical Engineering (ICTEE). IEEE Explore, 2 December 2013. p 326-331

Zicari, S.M. 2003. Removal of Hydrogen Sulfide from Biogas using Cow-Manure Compost. M. Sc Thesis. Cornell University. USA, 132 p.