



รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิต
กระแสไฟฟ้า และปั้มน้ำบนพื้นที่สูง

Biogas System Development as a Renewable Energy Source for
Producing Electricity and Pumping Water on Highland Area

แผนงานวิจัย: เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลิตผลเกษตร

โดย

สุชน ตั้งทวีพัฒน์ และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

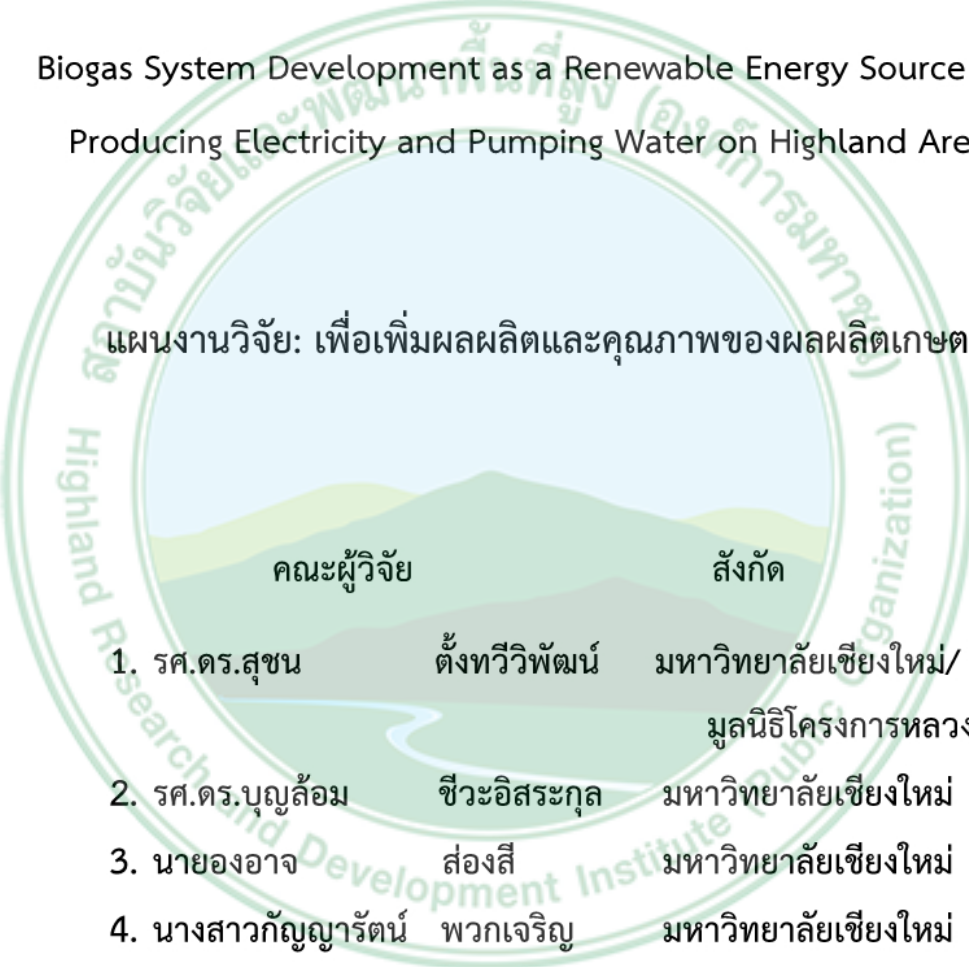
รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า
และปั้มน้ำบนพื้นที่สูง

Biogas System Development as a Renewable Energy Source for
Producing Electricity and Pumping Water on Highland Area

แผนงานวิจัย: เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตเกษตร

- 
- | | คณะผู้วิจัย | สังกัด |
|---------------------|----------------|---|
| 1. รศ.ดร.สุชน | ตั้งทวีวิวัฒน์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่/
มูลนิธิโครงการหลวง |
| 2. รศ.ดร.บุญล้อม | ชีวะอิสระกุล | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 3. นายองอาจ | ส่องสี | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 4. นางสาวกัญญารัตน์ | พวงเจริญ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 5. นางสาววิไลพร | ทัศนะรักษ์ | มูลนิธิโครงการหลวง |

คณะผู้วิจัย

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

ชื่อ-สกุล	นาย สุชน ตั้งทวีวัฒน์ Mr. Suchon Tangtaweewipat
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
ตำแหน่ง	รองศาสตราจารย์/ ประธานบัณฑิตศึกษา สาขาสัตวศาสตร์ อาสาสมัครมูลนิธิโครงการหลวง ปฏิบัติงานในคณะทำงานด้านงานส่งเสริม และพัฒนาปศุสัตว์
หน่วยงาน	ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
โทรศัพท์/โทรสาร	0-5394-4071 ถึง 74 ต่อ 111 / 0-5335-7601
E-mail	suchon.t@cmu.ac.th และ agani002@gmail.com

ชื่อและสถานที่ติดต่อของนักวิจัย หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

- | | |
|-----------------|--|
| ชื่อ-สกุล | นาย องอาจ ส่องสี
Mr. Ongart Songsi |
| คุณวุฒิ | ปริญญาโท |
| ตำแหน่ง | ข้าราชการบำนาญ |
| หน่วยงาน | ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| ที่อยู่ | 239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ |
| โทรศัพท์/โทรสาร | 0-5471-0259 |
| E-mail | ongart06@gmail.com |
- | | |
|-----------------|--|
| ชื่อ-สกุล | นาง บุญล่อม ชีวะอิสระกุล
Mrs. Boonlom Cheva-Isarakul |
| คุณวุฒิ | ปริญญาเอก |
| ตำแหน่ง | รองศาสตราจารย์ /ข้าราชการบำนาญ |
| หน่วยงาน | ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| ที่อยู่ | 239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ |
| โทรศัพท์/โทรสาร | 0-5394-4071-4 ต่อ 111, 0 5335 7601 |

E-mail agibchvs@chiangmai.ac.th

3. ชื่อ-สกุล นางสาวกัญญารัตน์ พวกเจริญ
Miss Kanyarat Puakchareon

คุณวุฒิ ปริญญาโท

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์เกษตร

หน่วยงาน ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่อยู่ 239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

โทรศัพท์/โทรสาร 0-5394-4070-74, 095-242-6478 / 0 5335 7601

E-mail yee520831067@gmail.com

4. ชื่อ-สกุล นางสาววิไลพร ทันทะรักษ์
Miss Wilaiporn Thantharak

คุณวุฒิ ปริญญาโท

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร

หน่วยงาน มูลนิธิโครงการหลวง

ที่อยู่ 65 ม.1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์/โทรสาร 0-5381-0765 ต่อ 356

E-mail pack_aggie@windowslive.com

บทสรุปผู้บริหาร

ปัญหาหลักที่ต้องศึกษาและความสำคัญ

การเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในพื้นที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง นับว่าเป็นวิถีชีวิตของเกษตรกรที่ปฏิบัติกันมาช้านาน ที่ผ่านมานานพัฒนาและส่งเสริมปศุสัตว์ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาชีพเสริมและเพิ่มรายได้ เช่น เลี้ยงสัตว์ปีก สุกร โค กระบือ นม แพะ นม เป็นต้น รวมทั้งได้ส่งเสริมให้เกษตรกรนำของเสียจากสัตว์ (มูล ปัสสาวะ และน้ำล้างคอก) มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพหรือไบโอแก๊ส (Biogas) เพื่อใช้หุงต้มในครัวเรือน ทดแทนการใช้แก๊ส LPG และทดแทนการใช้ฟืน ทำให้ประหยัดรายจ่ายและลดการตัดต้นไม้บนพื้นที่สูงได้อย่างดี

ปัจจุบันเกษตรกรบนพื้นที่สูงได้ทำบ่อแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์แบบบอลูน มช หรือ CMU balloon digester ขนาดความจุ 8 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแยกเป็นส่วนหมัก (ของเหลว) 5 ลูกบาศก์เมตร ส่วนเก็บแก๊ส 3 ลูกบาศก์เมตร โดยสภาพทั่วไปในแต่ละวันสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ประมาณ 2 ลูกบาศก์เมตร (35% ของวัสดุหมัก) มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีแก๊สชีวภาพเหลือใช้จากการหุงต้มในแต่ละวันซึ่งจะใช้เพียง 1 ลูกบาศก์เมตร ถูกปล่อยทิ้งออกไป เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุด คณะผู้วิจัยฯ จึงมีแนวความคิดที่จะนำแก๊สชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทดแทนการใช้แก๊สโซลีนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและการปั้มน้ำบนพื้นที่สูง โดยในปี พ.ศ.2561 นี้ จะทำการศึกษาลักษณะของอากาศและแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 6.5-7.5 แรงม้า (hp) รวมถึงหาขนาดชุดกรองแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือแก๊สไข่เน่าออกจากแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ เพื่อช่วยให้การทำงานของเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพอยู่ได้นาน และจัดทำเครื่องยนต์ต้นแบบ ทั้งแบบผลิตกระแสไฟฟ้าและการปั้มน้ำไปให้เกษตรกรทดลองใช้ในสภาพจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการนำพลังงานแก๊สชีวภาพไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาการนำพลังงานแก๊สชีวภาพไปประยุกต์ใช้กับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก

ประมวลผลการวิจัยแยกตามวัตถุประสงค์ :

1. การนำพลังงานก๊าซชีวภาพไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนของอากาศและก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 7.5 แรงม้า สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า และขนาด 6.5 แรงม้า สำหรับการปั้มน้ำ

หาสัดส่วนของก๊าซชีวภาพต่ออากาศจำนวน 9 สัดส่วน (1:1, 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1, 14:1 และ 16:1) โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร ของมูลนิธิโครงการหลวง พบว่า ค่าความเข้มข้นก๊าซมีเทน (CH_4) เท่ากับ 63% เมื่อทดสอบการจุดติดเครื่องยนต์ สัดส่วนละ 10 ซ้ำ ได้ค่าสัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมทำให้เครื่องยนต์จุดติดอยู่ระหว่าง 2:1 ถึง 4:1 และมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 12.6 ± 1.25 ถึง $21.0 \pm 2.06\%$ (ตารางที่ 1) จากนั้นนำผลข้อมูลนี้ไปทำชุดผสม (Mixer) ต่อไป ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของ Mihic (2004) เล็กน้อย ซึ่งระบุว่า การจุดระเบิด (จุดติด) ของเครื่องยนต์ต้องมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนในช่วง 5-15% อย่างไรก็ดี ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีสัดส่วนของอากาศน้อยกว่าการศึกษาของ Ayade and Latey (2016) ที่รายงานว่ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง (Air fuel ratio) หรือสัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้การสันดาปหรือการระเบิดในกระบอกสูบสมบูรณ์ที่สุด มีค่าเท่ากับ 14.5:1 นั่นคือ มีมวลอากาศ 14.5 กรัมต่อมวลน้ำมัน 1 กรัม ส่วนก๊าซชีวภาพมีค่าเท่ากับ 10:1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพ และความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (CH_4) ที่มีผลต่อการจุดติดของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ปรับมาใช้ก๊าซชีวภาพขนาด 6.5 และ 7.5 แรงม้า

สัดส่วนอากาศต่อก๊าซชีวภาพ	ความเข้มข้นของ ก๊าซมีเทน (%)	การจุดติดเครื่องยนต์										สรุป
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1:1	31.5±2.65	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2:1	21.0±2.06	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4:1	12.6±1.25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6:1	9.0±0.84	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8:1	7.0±1.02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:1	5.7±0.94	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:1	4.8±0.78	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:1	4.2±0.34	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:1	3.7±0.52	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

x = เครื่องยนต์จุดไม่ติด

/ = เครื่องยนต์จุดติด

การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพต่อชั่วโมงสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 7.5 แรงม้า รวมทั้งหาขนาดบ่อและปริมาณสัตว์เลี้ยงบนพื้นที่สูงที่เหมาะสม

ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพหรืออัตราการสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพเมื่อใช้กับเครื่องยนต์ขนาด 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดสูงสุด 3 กิโลวัตต์ พบว่า อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพจะแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของการผลิตกระแสไฟฟ้า กล่าวคือ เมื่อมีการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 0, 300, 600, 900, 1,200, 1,500 และ 1,800 วัตต์ เครื่องยนต์จะใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.25, 1.31, 1.36, 1.48, 1.57, 1.63 และ 1.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานขององอาจ (2555) ที่ระบุว่า เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาด 5.5 แรงม้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 3 กิโลวัตต์ จะใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.2-1.4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้เมื่อเพิ่มการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็น 2,100 วัตต์ หรือ 70% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องยนต์จะดับ (จุดไม่ติด) ทั้งนี้ ดังนั้นการใช้เครื่องยนต์ขนาด 7.5 แรงม้า และมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 1,800 วัตต์

ตารางที่ 2 อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ของเครื่องยนต์ 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์

การผลิตกระแสไฟฟ้า		ชั่วโมง				ค่าเฉลี่ย
(% ของเครื่องกำเนิด)	(วัตต์)	1	2	3	4	
0	0	1.380	1.120	1.180	1.320	1.250
10	300	1.267	1.336	1.318	1.310	1.308
20	600	1.361	1.404	1.353	1.336	1.364
30	900	1.481	1.490	1.473	1.455	1.475
40	1,200	1.558	1.575	1.550	1.592	1.569
50	1,500	1.652	1.635	1.627	1.610	1.631
60	1,800	1.661	1.644	1.635	1.620	1.640

^{1/} เครื่องยนต์จะดับ (จุดไม่ติด) เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 2,100 วัตต์ หรือที่ 70% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

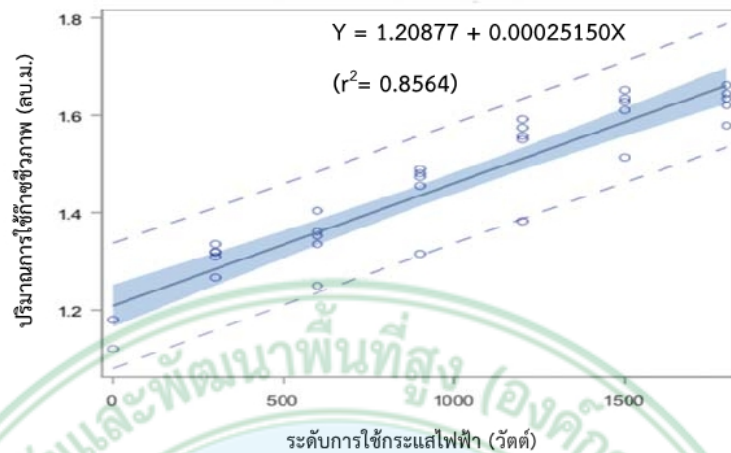
เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 2 ไปคำนวณโดยสมการถดถอย (Regression analysis) เพื่อประเมินอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพที่อัตราการผลิตกระแสไฟฟ้าระดับต่างๆ ได้สมการแบบเส้นตรง ดังนี้ (ภาพที่ 1)

$$Y = 1.20877 + 0.00025150X$$

เมื่อ Y = ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)

X = ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า (วัตต์)

$$r^2 = 0.86$$



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของระดับการใช้ไฟฟ้ากับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์
ก๊าซโซลีน 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์

หลังจากได้สมการ $Y = 1.20877 + 0.00025150X$ แล้ว นำไปคำนวณค่าอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ระดับ 100 วัตต์ หรือเทียบเท่ากับการใช้หลอดไฟให้แสงสว่างขนาดหลอดละ 20 วัตต์ จำนวน 5 หลอด ไปจนถึงระดับ 1,000 วัตต์หรือเท่ากับใช้หลอดไฟจำนวน 50 หลอด (หลอดละ 20 วัตต์) เมื่อเปิดใช้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะใช้ก๊าซชีวภาพตั้งแต่ 6.15 ลูกบาศก์เมตร ขึ้นไปจนถึง 7.30 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับการทำบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบบอลูนพลาสติกตามที่รายงานไว้โดย สุขนและคณะ (2561) ขนาด 15-18 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกษตรกรบนพื้นที่สูงต้องมีสัตว์เลี้ยงประเภทสุกร โคกระบือ หรือสัตว์ปีก จำนวนไม่น้อยกว่า 24, 18 และ 170 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้จำนวนสัตว์เลี้ยงดังกล่าว จะผันแปรตามสายพันธุ์ การให้อาหาร และวิธีการจัดการมูลสัตว์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงด้วย

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ และจำนวนสัตว์ที่เหมาะสมต่อการผลิต
ก๊าซชีวภาพ

ปริมาณการใช้ กระแสไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ		ขนาดบ่อ ก๊าซชีวภาพ ^{1/} (ลบ.ม.)	จำนวนสัตว์ที่เหมาะสม (ตัว)		
	(ลบ.ม./ชม)	(ลบ.ม./5 ชม)		สุกร	โค/กระบือ	สัตว์ปีก
100	1.23	6.15	15.4	20	15	150
200	1.26	6.30	15.8	21	16	155
300	1.28	6.40	16.0	21	16	155
400	1.31	6.55	16.4	22	16	160
500	1.33	6.65	16.6	22	16	160
600	1.36	6.80	17.0	23	17	165
700	1.38	6.90	17.3	23	17	165
800	1.41	7.05	17.6	23	18	170
900	1.44	7.20	18.0	24	18	170
1,000	1.46	7.30	18.3	24	18	170
1,100	1.49	7.45	18.6	25	19	180
1,200	1.51	7.55	18.9	25	19	180
1,300	1.54	7.70	19.3	25	19	180
1,400	1.56	7.80	19.5	27	20	190
1,500	1.59	7.95	19.9	27	20	190
1,600	1.61	8.05	20.1	27	20	190
1,700	1.64	8.20	20.5	28	20	200
1,800	1.66	8.30	20.8	28	20	200
2,100	1.74	8.70	21.8	29	22	210
2,400	1.81	9.05	22.6	30	22	220
3,000	1.96	9.80	24.5	35	25	300

^{1/} มีปริมาณการเก็บก๊าซชีวภาพประมาณ 40% ของความจุบ่อ (สุชนและคณะ, 2549)

การทดลองที่ 3 การศึกษาขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน
ขนาด 7.5 แรงม้า และระยะเวลาที่ใช้งาน

ใช้ชุดกรอง 3 ขนาด คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 50, 100 และ 150 ซม. (ปริมาตรบรรจุสารดูดซับประมาณ 8.8, 17.6 และ 26.5 ลิตร ตามลำดับ) นำไปติดตั้งก่อนให้เครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ พบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) ที่มีในก๊าซชีวภาพก่อนปล่อยเข้าสู่ชุดกรองทั้ง 3 ขนาด มีปริมาณเฉลี่ย $2,435 \pm 37.8$ ส่วนในล้านส่วน (ppm) แต่หลังจากผ่านชุดกรองแล้ว ปล่อยให้เครื่องยนต์ใช้เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง พบว่า ชุดกรองขนาดความสูง 50 ซม. หรือมีปริมาตรบรรจุเม็ดสารดูดซับ 8.8 ลิตร มีปริมาณก๊าซก๊าซไข่เน่าเฉลี่ย 8 ppm หรือเทียบเท่ากับดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 99.6% ส่วนขนาดความสูง 100 และ 150 ซม. ตรวจไม่พบก๊าซไข่เน่า (ดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 100%) แสดงให้เห็นว่า ชุดกรองไข่เน่าที่มีความจุประมาณ 8.8 ลิตร ก็เพียงพอต่อการกรองแล้ว

การทดลองที่ 4 การศึกษาการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (ปรับจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 7.5 แรงม้า) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 3 กิโลวัตต์

หลังจากได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว ได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 7.5 แรงม้า ให้มาใช้ก๊าซชีวภาพ โดยมีการติดตั้งชุดผสมอากาศและก๊าซชีวภาพ (mixer) และชุดกรองก๊าซไข่เน่า จากนั้นนำเครื่องยนต์ไปติดตั้งบ้านเกษตรกร จำนวน 3 ราย ได้แก่ 1) นายอาทร พิมานธรา ผู้เลี้ยงสุกรจำนวน 35 ตัว ณ บ้านปู่คำห้วยแห้ง หมู่ที่ 10 ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน 2) นายอินสม นิธิพานิชกุล ผู้ใหญ่บ้าน บ้านปู่คำห้วยแห้ง ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งอยู่ห่างจากบ้านรายแรกประมาณ 0.5 กิโลเมตร เลี้ยงสุกรจำนวน 25 ตัว 3) นายธีระ เวียงแก้วเมฆ บ้านเลขที่ 320 หมู่ 8 ตำบลแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก เกษตรกรรายนี้ได้เลี้ยงสุกรจำนวน 15 ตัว ทั้งสามรายข้างต้นอาศัยอยู่ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง เป็นพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เกษตรกรทั้ง 3 รายได้ติดตั้งบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 12, 8 และ 8 ลูกบาศก์เมตร หรือเทียบเท่ากับมีปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดวันละ 4.5, 3.0 และ 3.0 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ หลังจากได้ติดตั้งเครื่องยนต์ พร้อมกับติดตั้งหลอดไฟฟ้าแบบ LED ขนาด 9 วัตต์ จำนวน 10-15 หลอด ทั่วบริเวณบ้าน ห้องครัว และหน้าบ้านแล้ว สร้างความยินดีให้กับเกษตรกรและเพื่อนบ้านอย่างยิ่ง ข้อมูลจากการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ขนาด 7.5 แรงม้า และมีเครื่องกำเนิดผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์ พบว่า หลังจากใช้เครื่องยนต์ไปแล้ว 2-3 ชั่วโมง มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพประมาณ 1.0-2.0 ลูกบาศก์เมตร

การทดลองที่ 5 การประเมินผล

ทั้ง 3 รายที่โครงการได้ไปดำเนินการทดสอบ เป็นพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ พบว่า วิธีชีวิตของครอบครัวเกษตรกรจะนอนแต่หัวค่ำ ลูกหลานที่เป็นนักเรียนไม่สามารถดูหนังสือ หรือทบทวนกิจกรรมทางวิชาการ รวมถึงติดตามข่าวสารทางราชการ หรือรายการบันเทิง และสาระความรู้จากรายการวิทยุโทรทัศน์ได้ หลังจากติดตั้งเครื่องย่นที่สามารถใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากมูลสัตว์ได้แล้ว คุณภาพชีวิตประเด็นที่กล่าวมาข้างต้นดีขึ้น ส่วนค่าใช้จ่ายไม่มี แต่เกษตรกรจะต้องดูแลบ่อก๊าซชีวภาพและเครื่องย่นให้มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง เมื่อประเมินความพึงพอใจจากทั้ง 3 ราย พบว่า อยู่ในระดับพึงพอใจ “มากที่สุด” (มีค่าเท่ากับร้อยละ 99)

2. การใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก

การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนของอากาศและก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับเครื่องย่นที่ใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาด 6.5 แรงม้า

ผลการศึกษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ของส่วนที่ 1 การนำพลังงานก๊าซชีวภาพไปประยุกต์ใช้กับเครื่องย่นก๊าซโซลีนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพต่อชั่วโมงสำหรับเครื่องย่นที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 แรงม้า รวมทั้งหาขนาดบ่อและปริมาณสัตว์เลี้ยงบนพื้นที่สูงที่เหมาะสม

2.1) เครื่องปั้มน้ำแบบ 3 กระบอกสูบ และมีท่อดูดน้ำขนาด 1 นิ้ว

ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบ 3 กระบอกสูบ มีขนาดท่อดูดน้ำ 1 นิ้ว พบว่า อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพจะแปรผันตามรอบของเครื่องย่น กล่าวคือ เมื่อใช้ความเร็วรอบที่ 80, 90, 100, 110 และ 120% ของเครื่องย่น จะใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.08, 1.08, 1.19, 1.25 และ 1.44 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยจะสูบน้ำได้ 2.0-2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4) แต่เมื่อลดความเร็วรอบลงเหลือน้อยกว่า 80% หรือเพิ่มมากกว่า 120% พบว่า เครื่องย่นจะดับทันที เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4 ไปคำนวณโดยสมการถดถอย เพื่อประเมินอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพของปั้มน้ำระดับต่างๆ ได้สมการ (ภาพที่ 2) ดังนี้

$$Y = 3.16840 - 0.04770X + 0.00027458 X^2$$

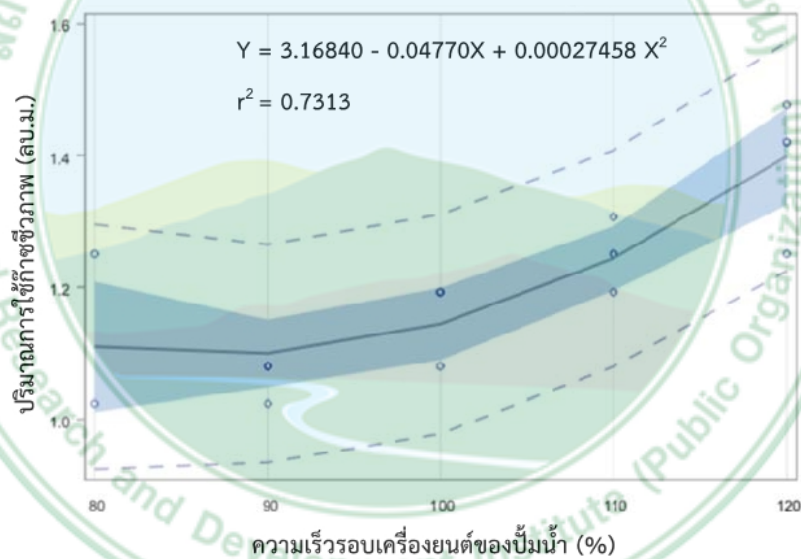
เมื่อ Y = ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)

X = ความเร็วรอบของเครื่องปั้มน้ำ (%)

$$r^2 = 0.73$$

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง) ของปั้มน้ำ 6.5 แรงม้าแบบ 3 สูบ ขนาดท่อ 1 นิ้ว

อัตรากำลังเครื่องยนต์ (รอบ/นาที) (%)	ชั่วโมง						ปริมาณน้ำเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
	1	2	3	4	เฉลี่ย		
2,880	80	1.023	1.023	1.250	1.023	1.080	2.025±0.232
3,240	90	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	2.077±0.136
3,600	100	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	2.267±0.061
3,960	110	1.307	1.250	1.250	1.250	1.264	2.418±0.085
4,320	120	1.420	1.420	1.477	1.420	1.435	2.475±0.103



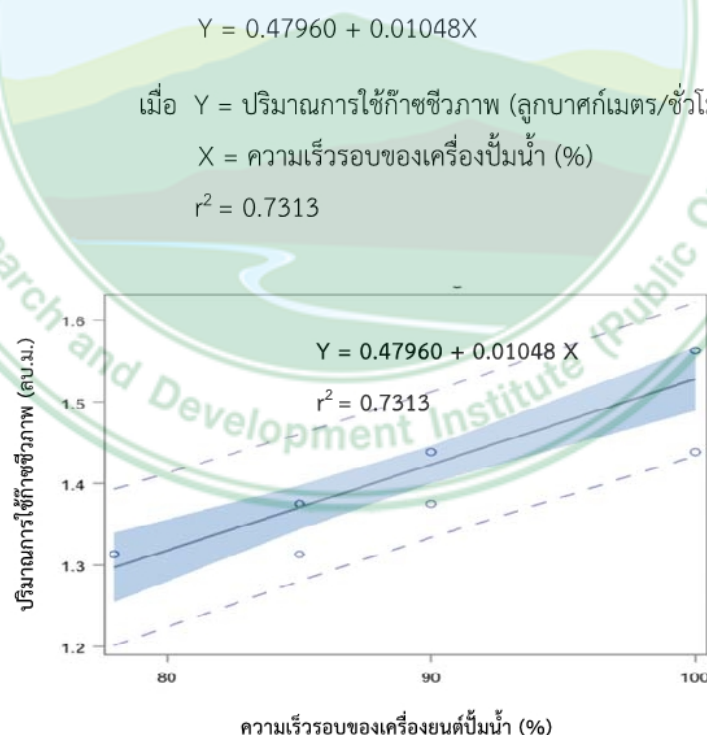
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของระดับการใช้เครื่องปั้มน้ำกับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบ 3 สูบ ขนาดท่อดูดน้ำ 1 นิ้ว เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า

ผลอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณสูงกว่ารายงานของอาจ (2555) เล็กน้อย (1.08-1.44 vs. 0.8-1.0 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้มีกำลังต่างกัน

หลังจากได้ผลการแล้ว นำไปประมาณอัตราการใช้น้ำ โดยกำหนดไว้ที่ 4-5 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับ 4,000-5,000 ลิตรต่อการใช้ของครัวเรือนในแต่ละวัน ซึ่งจะเท่ากับเปิดใช้เครื่องปั้มน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏว่า เครื่องปั้มน้ำจะใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 2.12 ถึง 2.29 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับการทำบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบบอลุนขนาด 6 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งต้องมีสัตว์เลี้ยงประเภทสุกร โค กระบือ หรือสัตว์ปีก จำนวนไม่น้อยกว่า 10, 8 และ 100 ตัว ตามลำดับ (สุชนและคณะ, 2561)

2.2) เครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง และมีขนาดท่อดูดน้ำขนาด 2 นิ้ว

ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาดท่อดูดน้ำ 2 นิ้ว พบว่า อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพจะแปรผันตามรอบของเครื่องยนต์ กล่าวคือ เมื่อใช้ความเร็วรอบที่ 80, 85, 90 และ 100% ของเครื่องยนต์ จะใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.31, 1.37, 1.44 และ 1.56 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยจะสูบน้ำได้ 23.3- 28.4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 5) แต่เมื่อลดความเร็วรอบมาที่ 70% หรือเพิ่มไปที่ 120% เครื่องยนต์จะดับทันที เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 5 ไปคำนวณโดยสมการถดถอย เพื่อประเมินอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพที่กำลังเครื่องยนต์ของปั้มน้ำระดับต่างๆ ได้ผลการ (ภาพที่ 3) ดังนี้



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของระดับการใช้เครื่องปั้มน้ำกับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาดท่อดูดน้ำ 2 นิ้ว เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ของปั้มน้ำแบบหอยโข่งขนาด 6.5 แรงม้า มีท่อขนาด 2 นิ้ว

อัตรากำลังเครื่องยนต์ (รอบ/นาที) (%)	ชั่วโมง					ปริมาณน้ำเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
	1	2	3	4	เฉลี่ย	
2,442	78	1.313	1.313	1.313	1.313	23.298± 1.393
2,661	85	1.375	1.375	1.375	1.375	24.904± 3.538
2,825	90	1.438	1.438	1.438	1.438	25.027 ±3.019
3,125	100	1.563	1.563	1.563	1.563	28.376± 4.222

หลังจากได้ผลการทดลองแล้ว นำไปประมาณอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ โดยกำหนดเปิดปั้มน้ำเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะสูบน้ำได้ 11.6-14.1 ลูกบาศก์เมตร หลังจากคำนวณแล้ว เครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่งนี้จะใช้ก๊าซชีวภาพ 0.66-0.78 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับการทำบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบบอลูนขนาดประมาณ 4 ลูกบาศก์เมตร หรือต้องมีสัตว์เลี้ยงประเภทสุกร โคกระบือ หรือสัตว์ปีก จำนวนไม่น้อยกว่า 7, 5 และ 80 ตัว ตามลำดับ (สุชนและคณะ, 2561)

จากข้อมูลผลการศึกษาและหลักการทำงานของปั้มน้ำทั้งสองประเภทข้างต้น การใช้ปั้มน้ำประเภทหอยโข่งมีข้อดีตรงที่สามารถสูบน้ำไปในแนวราบได้ปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งต่างกับปั้มน้ำแบบกระบอกสูบ โดยปั้มน้ำแบบกระบอกสูบจะมีแรงดันที่สามารถส่งน้ำขึ้นไปบนพื้นที่หรือไปใส่ในถังค์ที่อยู่สูงจากระดับที่ตั้งของปั้มน้ำได้สูงกว่าแบบแรกมาก

การทดลองที่ 3 การศึกษาขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลินขนาด 6.5 แรงม้า และระยะเวลาที่ใช้งาน

ใช้ชุดกรอง 3 ขนาด คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 50, 100 และ 150 ซม. (ปริมาตรบรรจุสารดูดซับประมาณ 8.8, 17.6 และ 26.5 ลิตร ตามลำดับ) นำไปติดตั้งก่อนให้เครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ พบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) ที่มีในก๊าซชีวภาพก่อนปล่อยเข้าสู่ชุดกรองทั้ง 3 ขนาด มีปริมาณเฉลี่ย 2,453.33±40.4 ppm แต่หลังจากผ่านชุดกรองแล้ว ปล่อยให้เครื่องยนต์ใช้เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง พบว่า ชุดกรองขนาดความสูง 50 ซม. หรือมีปริมาตรบรรจุเม็ดสารดูดซับ 8.8 ลิตร มีปริมาณก๊าซก๊าซไข่เน่าเฉลี่ย 12 ppm หรือเทียบเท่ากับดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 99.5% ส่วนขนาดความสูง 100 และ 150 ซม. ตรวจไม่พบก๊าซไข่เน่า (ดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 100%) แสดงให้เห็นว่า ชุดกรองไข่เน่าที่มีความจุประมาณ 8.8 ลิตร ก็เพียงพอต่อการกรองแล้ว

การทดลองที่ 4 การศึกษาการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (ปรับจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 แรงม้า) สำหรับใช้กับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก

หลังจากได้ข้อมูลครบถ้วนแล้ว ได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 แรงม้า ให้มาใช้ก๊าซก๊าซชีวภาพ โดยมีการติดตั้งชุดผสมอากาศและก๊าซชีวภาพ และชุดกรองก๊าซไอน้ำ จากนั้นนำเครื่องยนต์ไปติดตั้งที่ฟาร์มพ่อแม่พันธุ์สุกรจำนวน 20 และ 15 ตัว ของสถานีวิจัยแม่หลอด อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ตามลำดับ ส่วนรายที่ 3 ได้นำไปติดตั้งที่ฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงกระบือ ณ นายธเนศ ใจพันธ์ ซึ่งมีกระบือทั้งหมด 18 ตัว เกษตรกรรายนี้อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ตำบลทาเหนือ อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ โดยพื้นที่ทั้ง 3 แห่งนี้ได้ติดตั้งบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร หรือเทียบเท่ากับมีปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดวันละ 3 ลูกบาศก์เมตร เหมือนกันทุกแห่ง หลังจากได้ติดตั้งเครื่องยนต์ปั้มน้ำแบบแรงอัดสูง (แบบกระบอกสูบ) เพื่อฉีดน้ำล้างคอกสุกร หรือคอกกระบือ ณ สร้างความยินดีให้กับพนักงาน และเจ้าหน้าที่ของทั้งสองศูนย์ รวมถึงเกษตรกรผู้เลี้ยงกระบือน้อย่างยิ่ง ข้อมูลจากการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า พร้อมกับฉีดน้ำล้างคอก พบว่า หลังจากใช้เครื่องยนต์ไปแล้ว 30 นาที มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพประมาณ 0.5-1.0 ลูกบาศก์เมตร

การทดลองที่ 5 การประเมินผล

หลังจากได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องปั้มน้ำไปแล้ว 3 ราย พบว่า สามารถลดแรงงานในการล้างคอกได้อย่างเด่นชัด และทำให้คอกเลี้ยงสุกรพ่อแม่พันธุ์ และคอกกระบือนี้อากาศมีความสะอาดมากขึ้น คาดว่าในอนาคต สุขภาพของสุกรพ่อแม่พันธุ์ รวมถึงกระบือของทั้ง 3 แห่งนี้ จะไม่เจ็บป่วย สามารถให้ผลผลิต เช่น จำนวนและคุณภาพของลูกสุกรหรือลูกกระบือเพิ่มขึ้น เป็นต้น ส่วนค่าใช้จ่ายไม่มี เมื่อประเมินความพึงพอใจจากทั้ง 3 ราย พบว่า มีความพึงพอใจระดับ “มากที่สุด” (มีค่าร้อยละ 90)

สรุปการทดลอง

การใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดลองที่ 1

สัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมทำให้เครื่องยนต์จุดติด คือ 2:1 ถึง 4:1 และมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 12.6 ± 1.25 ถึง $21.0 \pm 2.06\%$

การทดลองที่ 2

อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 300 และ 1,800 วัตต์ เท่ากับ 1.31 และ 1.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

เมื่อประมาณการให้ครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูงใช้กระแสไฟฟ้าจำนวน 100- 1,000 วัตต์เป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน จะใช้ก๊าซชีวภาพจำนวน 6.15- 7.30 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับการทำบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบบอลูนขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งต้องมีสัตว์เลี้ยงประเภทสุกร โคกระบือ หรือสัตว์ปีก จำนวนไม่น้อยกว่า 24, 18 และ 170 ตัว ตามลำดับ

การทดลองที่ 3

ชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) ในกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 50 ซม. หรือเทียบเท่ากับมีปริมาตรบรรจุเม็ดดูดซับประมาณ 8.8 ลิตร สามารถดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 99.6% ส่วนขนาดความสูง 100 และ 150 ซม. ดูดซับก๊าซไข่เน่าได้ 100% ดังนั้นชุดกรองไข่เน่าที่มีความจุประมาณ 8.8 ลิตร ก็เพียงพอต่อการกรองแล้ว

การทดลองที่ 4

ได้นำต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1,800 วัตต์ ไปติดตั้งให้เกษตรกรที่บ้านปู่คำห้วยแห้ง หมู่ที่ 10 ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 2 ราย และเกษตรกรที่บ้านแม่สอง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก จำนวน 1 ราย ซึ่งทั้งสามพื้นที่ข้างต้นเป็นพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ สร้างความยินดีและพึงพอใจได้อย่างดียิ่ง

การทดลองที่ 5

คุณภาพชีวิตดีขึ้น ส่วนค่าใช้จ่าย ไม่มี มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจร้อยละ 99 เท่ากับมีความพึงพอใจระดับ “มากที่สุด”

การใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก

การทดลองที่ 1

สัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมทำให้เครื่องยนต์จุดติด คือ 2:1 ถึง 4:1 และมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 12.6 ± 1.25 ถึง $21.0 \pm 2.06\%$

การทดลองที่ 2

เครื่องยนต์ปั้มน้ำแบบ 3 กระบอกสูบ (ท่อสูบน้ำ 1 นิ้ว) และแบบหอยโข่ง (ท่อสูบน้ำ 2 นิ้ว) ที่ความเร็วรอบ 80-100% ของเครื่องยนต์เหมือนกัน มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ 1.08 -1.19 และ 1.31-1.56 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

เครื่องยนต์ปั้มน้ำแบบ 3 กระบอกสูบ เปิดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือเท่ากับสูบน้ำได้ 4-5 ลูกบาศก์เมตร และแบบหอยโข่ง เปิดเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะสูบน้ำได้ 11.6- 14.1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้ก๊าซชีวภาพไม่น้อยกว่า 2.12 และ 0.66 ลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับการทำบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบบอลูนขนาดไม่น้อยกว่า 6 และ 4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งต้องมีสัตว์เลี้ยงประเภทสุกร โคกระบือ หรือสัตว์ปีก จำนวนไม่น้อยกว่า 10, 8 หรือ 100 ตัว และ 7, 5 หรือ 80 ตัว ตามลำดับ

การทดลองที่ 3

ชุดกรองก๊าซไข่เน่าแบบกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 50 ซม. หรือเทียบเท่ากับปริมาตรบรรจุเม็ดดูดซับประมาณ 8.8 ลิตร เป็นขนาดที่มีความเหมาะสม

การทดลองที่ 4

ได้นำต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพที่สามารถปั้มน้ำแรงดันสูงสำหรับใช้ล้างคอกสุกรพ่อแม่พันธุ์ ไปติดตั้งให้กับฟาร์มสุกรจำนวน 2 แห่ง และล้างคอกกระบือนม จำนวน 1 แห่ง สร้างความยินดีและพึงพอใจได้อย่างดียิ่ง

การทดลองที่ 5

สามารถลดแรงงานในการล้างคอก และทำให้คอกเลี้ยงสุกร รวมถึงคอกกระบือนมมีความสะอาดมากขึ้น ในอนาคต คาดว่า สุกรพ่อแม่พันธุ์และกระบือนมของทั้ง 3 แห่งนี้ จะไม่เจ็บป่วย สามารถให้ผลผลิต เช่น จำนวนและคุณภาพของลูกสุกร รวมถึงลูกกระบือนมเพิ่มขึ้น ส่วนค่าใช้จ่ายไม่มี มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจร้อยละ 90

Executive summary

Background and main problem of the project

Animals' husbandry of the Royal Project Foundation highland farmers is their traditional lifestyle. From the past years, livestock development and promotion has encouraged farmers to raise livestock as a supplementary occupation and increase income. Their livestock includes poultry, pigs, dairy buffaloes, dairy goat, etc. Moreover, animal waste (feces, urine and waste water) has been used for biogas in order to produce household cooking gas that substitute LPG gas or firewood. This has saved highland farmers spending and reduces the number of tree cut greatly.

At present, highland farmers have made biogas from CMU balloon digester with capacity of 8 cubic meters, divided into 5 cubic meters of substrate (liquid) and 3 cubic meters of gas. Biogas can produce about 2 cubic meters per day (35% of fermented material). There is a lot of biogas from cooking on a daily basis, which uses only 1 cubic meter to be discharged. In order to maximize the benefits, the research team has the idea of using biogas as a fuel for the engine, replacing the use of gasoline for electricity generation and water pumps. In 2018, the research team has been working to determine the optimized proportion of air and biogas for engines of 6.5 to 7.5 horsepower (hp), and to find the suitable size hydrogen sulfide filter (absorber) for the engine, so that the engine can last longer. Furthermore, the team has developed the prototype engines, both electricity generator and water pump for the farmers to experiment and use in real conditions.

Objective

1. To study the application of biogas in gasoline engine to produce electricity
2. To study the application of biogas in small water pumps

Purpose of the research:

1. Application of biogas energy to gasoline engines to produce electricity

Experiment 1 A study of the suitable proportion of air and biogas for 7.5-hp gasoline engines to generate electricity and the suitable one for a 6.5-hp water pumps

When divided the proportion of biogas to air in 9 proportions (1:1, 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1, 14:1 and 16:1) using biogas from the 8 cubic meters Royal Project Foundation biogas system found that the methane concentration (CH_4) was 63%. When testing the engine initiation at 10 replications found the appropriate ratio of air to biogas between 2:1 and 4:1 and the concentration of Methane is in the range of 12.6 ± 1.25 to $21.0 \pm 2.06\%$ (Table 1). After that, the team used this result to produce a mixer. The result from this study is slightly higher than the study of Mihic (2004), which indicates that the ignition of the engine needed methane gas ratio in the range of 5% - 15%. However, this study show less air ratio than the study of Ayade and Latey (2016), which reports the optimal air fuel ratio or the ideal air to biogas ratio that makes the combustion or explosion of the cylinder completely perfect, at 14:5:1 or air mass 14.5 g to fuel mass 1 g when biogas is at 10:1.

Table 1 Ratio of air to biogas and the concentration of methane (CH₄) on the ignition of gasoline engines adapted for biogas of 6.5 and 7.5 hp.

Ratio of air to biogas	CH ₄ concentration (%)	The ignition of the engine										Concl.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1:1	31.5±2.65	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2:1	21.0±2.06	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4:1	12.6±1.25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6:1	9.0±0.84	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8:1	7.0±1.02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:1	5.7±0.94	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:1	4.8±0.78	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:1	4.2±0.34	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:1	3.7±0.52	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

x = Engine no ignition

/ = Engine ignition

Experiment 2 A study of biogas consumption per hour for 7.5-hp gasoline engines, as well as appropriate digester size and the number of animals on highlands

When using a 7.5-hp engine with a maximum power of 3 kW, the biogas utilization rate varied depends on the increase in electricity generated. For instance, when generating electricity in the levels of 0, 300, 600, 900, 1200, 1500 and 1800, the biogas consumption is 1.25, 1.31, 1.36, 1.48, 1.57, 1.63 and 1.64 cubic meters per hour, respectively (Table 2). This is similar to the report by Ongart (2012), which states that to produce 3 kW of electricity through a 5.5-liter gasoline engine, will use of biogas at the rate of 1.2-1.4 cubic meters per hour.

Table 2 Biogas rates (cubic meter per hour) of 7.5-hp engine with 3 kW generator.

Generator		Replication				Ave
(% generator)	(Watt)	1	2	3	4	
0	0	1.380	1.120	1.180	1.320	1.250
10	300	1.267	1.336	1.318	1.310	1.308
20	600	1.361	1.404	1.353	1.336	1.364
30	900	1.481	1.490	1.473	1.455	1.475
40	1,200	1.558	1.575	1.550	1.592	1.569
50	1,500	1.652	1.635	1.627	1.610	1.631
60	1,800	1.661	1.644	1.635	1.620	1.640

^{1/} The engine will stop when use more than 2,100 watt or 70% of generator

However, in this research, when increasing the power generation to 2,100 watts or 70% of the generator, the engine will stop immediately. Therefore, the 7.5-hp engine and the 3 kW generator can produce up to 1,800 watts.

The data from Table 2 is calculated by regression analysis to estimate the rate of biogas utilization at the different generation rates. The linear equations are as follows (Figure 1).

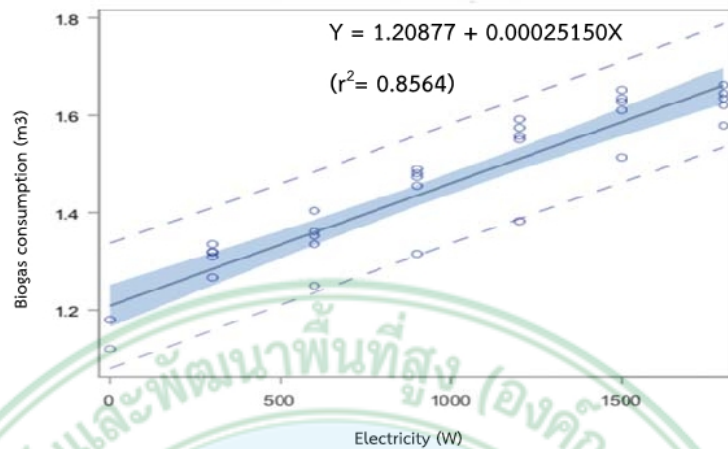


Figure 1 The relationship between the electricity consumption and the amount of biogas used in the engine 7.5-hp with 3 kW generator

$$Y = 1.20877 + 0.00025150X$$

When: Y = Biogas consumption (m³/hr)

X = Electricity produce (w)

$$r^2 = 0.86$$

From the equation $Y = 1.20877 + 0.00025150X$, biogas from 6.15 to 7.30 cubic meters or equivalent to the 15–18 cubic meters plastic balloon digester (with at least 24 pigs, 18 cattle or buffaloes and 170 poultry) as reported by Tangtaweewipat *et al.* (2018) is used to generate electricity at different levels ranging from 100 watts (5 bulbs – 20w each) to 1000 watts (50 bulbs – 20w each) when activated for 5 hours (Table 3). The amount of livestock needed also depends on the species, feeding and manure management methods of farmers in highland areas.

Table 3 Biogas consumption, size of digester and the number of animals suitable for the production of biogas

Electricity use (watt)	Biogas consumption		Digester size ^{1/} (m ³)	No. of animals (head)		
	(m ³ /h)	(m ³ /5 h)		Pig	Cattle	Poultry
100			15.4	20	15	150
200	1.26	6.30	15.8	21	16	155
300	1.28	6.40	16.0	21	16	155
400	1.31	6.55	16.4	22	16	160
500	1.33	6.65	16.6	22	16	160
600	1.36	6.80	17.0	23	17	165
700	1.38	6.90	17.3	23	17	165
800	1.41	7.05	17.6	23	18	170
900	1.44	7.20	18.0	24	18	170
1,000	1.46	7.30	18.3	24	18	170
1,100	1.49	7.45	18.6	25	19	180
1,200	1.51	7.55	18.9	25	19	180
1,300	1.54	7.70	19.3	25	19	180
1,400	1.56	7.80	19.5	27	20	190
1,500	1.59	7.95	19.9	27	20	190
1,600	1.61	8.05	20.1	27	20	190
1,700	1.64	8.20	20.5	28	20	200
1,800	1.66	8.30	20.8	28	20	200
2,100	1.74	8.70	21.8	29	22	210
2,400	1.81	9.05	22.6	30	22	220
3,000	1.96	9.80	24.5	35	25	300

Experiment 3 A study of the size of a hydrogen sulfide filter suitable for 7.5-hp engines and the duration of use

Three sizes of 15 cm diameter filters: and 50, 100 and 150 cm high (absorbent volume approximately 8.8, 17.6 and 26.5 liters, respectively) were installed for biogas engines. Initially the amount of hydrogen sulfide (H₂S), prior to the release in all three filters, had an average of 2,435±37.8 parts per million (ppm). When let the engine run

for 1-3 hours, it was found that the 50-cm high filter or the 8.8 liter adsorbent contained an average of 8 ppm H_2S , or 99.6% adsorption of H_2S , while 100 and 150-cm high were not detected (absorbs 100% hydrogen sulfide). This result shows that a filter with a capacity of about 8.8 liters is sufficient for filtration.

Experiment 4 A Study on the use of biogas engines (Adjusted from a 7.5-hp gasoline engine) to generate 3 kW of electricity

After sufficient data were collected, the research team has modified a 7.5-hp gasoline gas engine uses 7.5-hp to use biogas. The air and biogas mixer as well as the hydrogen sulfide filter were installed. After that the team installed the engine at 3 farmer houses; i.e. Mr. Arthorn Pimantara's farm house where 35 pigs were raised at Pu Kham Huai Hang, Moo 10, Mae Sam lap sub-district, Sop Mao district, Mae Hong Son province. 2) Mr. Insom Nithipanichkul, the village headman where 25 pigs were raised at Pu Kham Huai Hang, Moo 10. It is about 0.5 km far away from the first farmer's house. 3) Mr. Rija Veingmanmek who raised 15 pigs at 320 Moo 8, Mae Song, Tha Song Yang district, Tak province. These are the area where the Highland Research and Development Institute (HRDI: Public organization) have been promoting. These areas have no electricity. The research team has installed biogas plant of 12, 8 and 8 cubic meters or equivalent to a maximum biogas capacity of 4.5, 3.0 and 3.0 cubic meters per day in their farmer's houses, respectively. Then, the team installed 10-15 bulbs (9-watt LED bulb) in all areas of their houses. They and their neighbors have been very pleased. The data of biogas used in a 7.5-hp engine which has a 3 kW electricity generator found that after running the engine for 2-3 hours, the used biogas ratio is approximately 1-2 cubic meters. More detail is collecting and evaluating in the next year.

Experiment 5 Evaluation

Before the biogas installment, these three farmer families did not have electricity. Thus everyone went to bed early. There was no access to information from television or radio. Kids did not have light to study after sunset. After installing an engine

that can use biogas produced from animal waste, their quality of life were better without additional cost. However, farmers need to maintain their biogas digesters and engines for consistently good performance. The average overall satisfactions on the engines of these 3 farmers were as highest as 99%.

2. Application of biogas in small water pumps:

Experiment 1 A study of the proportion of air and biogas that suitable for 6.5-hp biogas engines

The study is the same as experiment 1 of Part 1. The biogas energy is applied to the gasoline engine to produce electricity.

Experiment 2 A study of the suitable amount of biogas consumption per hour for 6.5-hp gasoline engines, and the appropriate biogas size as well as number of animals

2.1 Three-cylinder water pump and 1 inch suction

The use of biogas of a 3-cylinder water pump has a 1-inch diameter water inlet. The biogas utilization rate varies with the engine cycle, i.e. with the speed at 80, 90, 100, 110 and 120% engine. The biogas was 1.08, 1.08, 1.19, 1.25 and 1.44 cubic meters per hour, respectively. It will pump 2.0-2.5 cubic meters per hour (Table 4). But when the speed drops to less than 80% or more than 120%, the engine will stop immediately. The data from Table 4 is calculated by the regression equation. To evaluate the biogas utilization rate of various water pumps, the equation (Figure 2) is as follows.

Table 4 Biogas consumption and amount of water form water pump 6.5-hp engine, 1 inch pipe.

Engine power		Replication					Amount of water (m ³ /h)
(rpm)	(%)	1	2	3	4	Ave	
2,880	80	1.023	1.023	1.250	1.023	1.080	2.025±0.232
3,240	90	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	2.077±0.136
3,600	100	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	2.267±0.061
3,960	110	1.307	1.250	1.250	1.250	1.264	2.418±0.085
4,320	120	1.420	1.420	1.477	1.420	1.435	2.475±0.103

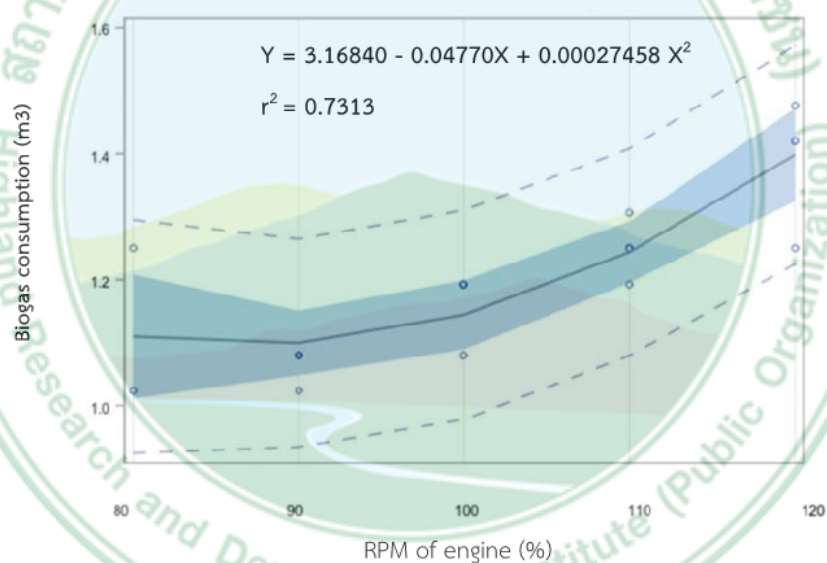


Figure 2 The relationship between the use of the pump and the amount of biogas used in the pump, 1 inch three-cylinder water pump engine, 6.5 horsepower

$$Y = 3.16840 - 0.04770X + 0.00027458 X^2$$

When: Y = Biogas consumption (m³/hr)

X = RPM of engine (%)

$$r^2 = 0.73$$

From the equation, estimate the water consumption is at 4-5 cubic meters or 4,000-5,000 liters per household use per day. The water pump will use biogas of 2.12 to 2.29 cubic meters or equivalent to 6 cubic meters of balloon gas, which requires pigs, cattle and poultry of no less than 10, 8 and 100, respectively.

2.2 Centrifugal water pump with 2-inches suction

Biogas consumption of centrifugal pumps, the 2-inch diameter pipe has a biogas rate that varies with the engine's cycle, i.e. at 80, 85, 90 and 100% of the engine speed. The biogas was 1.31, 1.37, 1.44 and 1.56 cubic meters per hour, respectively. By pumping 23.3 to 28.4 cubic meters per hour (Table 5), but when the speed is reduced to 70% or increase to 120%, the engine will go out immediately. The data from Table 5 is calculated by the regression equation. To evaluate the biogas utilization rate of the various types of water pumps, the equation (Figure 3) is as follows.

Table 5 Biogas consumption and amount of water form water pump 6.5-hp engine, 2-inch pipe.

Engine power		Replication					Amount of water (m ³ /h)
(rpm)	(%)	1	2	3	4	Ave	
2,442	78	1.313	1.313	1.313	1.313	1.313	23.298± 1.393
2,661	85	1.375	1.375	1.375	1.375	1.375	24.904± 3.538
2,825	90	1.438	1.438	1.438	1.438	1.438	25.027 ±3.019
3,125	100	1.563	1.563	1.563	1.563	1.563	28.376± 4.222

$$Y = 0.47960 + 0.01048X$$

When: Y = Biogas consumption (m³/hr)

X = RPM of engine (%)

$$r^2 = 0.73$$

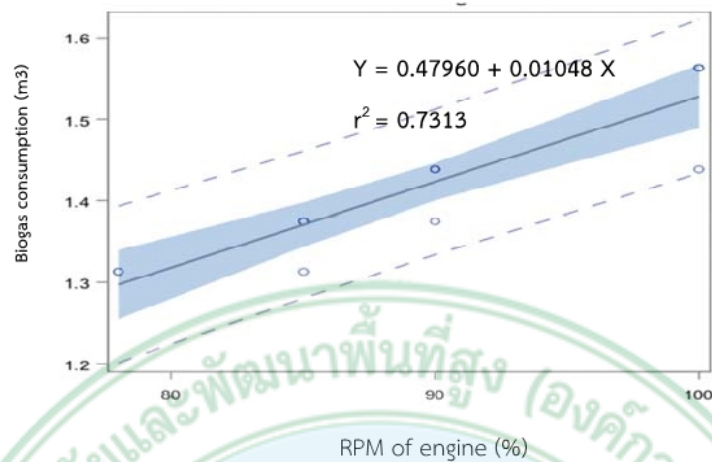


Figure 3 The relationship between the use of the pump and the amount of biogas used in the pump, centrifugal water pump size 2-inch engine, 6.5 horsepower

Based on data from the study and working principle of the two types of water pumps. The use of centrifugal water pump has the advantage of being able to pump water in a relatively high volume. Different from the cylinder pump, a pressurized pump will have the pressure to deliver water to the surface or to be placed in a tank that is higher than the pump head.

Experiment 3 A studies of the size of a hydrogen sulfide filter kit suitable for 6.5-hp gasoline engines and the duration of use

Three sizes of PVC tubes, 15 diameter and 50, 100 or 150 cm high were investigated. Hydrogen sulfide (H_2S) contained in the PVC tube. Biogas prior to the release of all three filter sizes averaged $2,453.3 \pm 40.4$ ppm, but after passing through the absorber. It was found that the 50 cm absorber or the 8.8 liter adsorbent contained an average of 12 ppm of H_2S or 99.5% adsorption. While of 100 and 150-cm high, did not detect H_2S . (Absorbs 100% of H_2S). A filter with a capacity of about 8.8 liters is sufficient for filtration.

Experiment 4 Study on the use of biogas engines (Adjustable from 6.5-hp gasoline engines) for use with small pumps

After the information complete. Modified engine uses 6.5-hp lean gas to use biogas. The combination of air and biogas and a set of hydrogen sulfide filter. Then the engine was installed at 20 and 15 pig breeding farms at Mae Lord Research Station, Mae Taeng District, Chiang Mai Province, and the Nong Khiao Royal Project Development center, Muang Na sub-district, Chiang Dao district, Chiang Mai province, respectively. For the 3rd area to be installed, was set up at Mr. Thanet Jaipan's farm, in Mae Tha Nuea Royal Project Development Center, Mae Tha sub-district, Mae On district, Chiang Mai province. He raised 18 dairy buffaloes.

These three areas were equipped with a biogas plant of 8 cubic meters or equivalent to a maximum biogas capacity of 3 cubic meters per day, after installing a compressed-air pump (cylinder type) to spray water for floor cleaning. Congratulations to the staff, farmer and the staff of these three centers very strongly. The information on the use of biogas of a 6.5-hp engine with an aerosol flush was found to have a biogas utilization rate of about 0.5 to 1.0 cubic meters after using the engine for 30 minutes.

Experiment 5 Evaluation

In the three installments, it was found that the workers could reduce labor to clear the stall. The breeding swine and dairy buffalo were cleaned. Expected in the future, the health of both breeding swine and dairy buffalo will not be sick. They can produce such as the number and quality of piglets or buffaloes increased with no extra cost. The average overall satisfactions on the engines of these 3 farmers were as highest as 90%.

Conclusion:

Application of biogas energy to gasoline engines to produce electricity:

Experiment 1

The optimum ratio of air to biogas was 2: 1 to 4: 1, and methane concentrations were in the range of 12.6 ± 1.25 to $21.0 \pm 2.06\%$ for engine ignition.

Experiment 2

Biogas utilization rates to generate electricity for engines of 300 and 1,800 watts were 1.31 and 1.64 cubic meters per hour, respectively.

When estimating that households in highland areas use electricity of 100-1,000 watts for 5 hours per day, biogas will be used at 6.15- 7.30 cubic meters or equivalent to at least sixteen cubic meters of biogas digester, which require animals of pigs, cattle and poultry of at least 24, 18 and 170 heads, respectively.

Experiment 3

Hydrogen sulfide filtration device in the cylinder with a diameter of 15 cm, high 50 cm or equivalent to a volume of absorbent pellets of about 8.8 liters can absorb hydrogen sulfide 99.6%, and ones with the height of 100 and 150 cm can absorb 100% hydrogen sulfide. Therefore a filter with 8.8 liters capacity is sufficient for hydrogen sulfide filtration.

Experiment 4

The prototypes of a biogas engine that can generate electricity up to 1,800 watts were installed at 2 farmers' houses at Pu Kham Huai Hang village. Moo 10, Mae Sam lap sub-district, Sop Mao district, Mae Hong Son province, and one farmer's house at Mae Song sub-district, Tha Song Yang district, Tak province. This is an area without electricity. Farmers were very thankful and satisfied.

Experiment 5

Show improvement on life quality without extra cost. The satisfaction on using engine was as highest as 99%.

Application of biogas to small water pumps:

Experiment 1

The optimum ratio of air to biogas for engine ignition was 2: 1 to 4: 1, and methane concentrations were in the range of 12.6 ± 1.25 to $21.0 \pm 2.06\%$.

Experiment 2

Three-cylinder water pump (1-inch pump) and centrifugal pump, both with 80-100% speed of the engine have the biogas utilization rate of 1.08-1.19 and 1.31-1.56 cubic meters per hour, respectively.

Three-cylinder water pump that is running for 2 hours or equal to 4-5 cubic meters, and the centrifugal pump that is running for 30 minutes, which pumps 11.6 to 14.1 cubic meters of water, will use biogas no less than 2.12 and 0.66 cubic meters. This performance is equivalent to a balloon digester, which is not less than 6 and 4 cubic meters in size. Moreover, at least 10 pigs, 8 cattle/buffaloes and 100 poultry and 7 pigs, 5 cattle/buffaloes and 80 poultry were used, respectively.

Experiment 3

A cylinder filter with a diameter of 15 cm and 50 cm high or equivalent to a volume of approximately 8.8 liters of absorbent pellets is a suitable size.

Experiment 4

The prototype of a biogas engine high pressure water pump was installed for floor cleaning in 2 swine breeder and 1 dairy buffalo farms. These three farms were very satisfied with the result.

Experiment 5

It can reduce labor's working time to clean the stall. The stall will be cleaner. In the future, it is expected that breeding pigs from both farms and dairy buffalo will not be sick. The numbers and quality of piglets or buffaloes will increase without additional cost. The satisfaction on using engine was as highest as 90%.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำก๊าซชีวภาพมาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานทดแทนกับเครื่องยนต์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้บิ๊มน้ำขนาดเล็กบนพื้นที่สูง ได้แบ่งออกเป็น 5 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 หาอัตราส่วนของอากาศกับก๊าซชีวภาพ โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 8 ลูกบาศก์เมตรของมูลนิธิโครงการหลวง นำมาผ่านชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก่อนปล่อยเข้าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 และ 7.5 แรงม้า ผลปรากฏว่า สัดส่วนของอากาศและก๊าซชีวภาพที่ทำให้เครื่องยนต์จุดติด คือ 2:1 ถึง 4:1 หรือเทียบเท่ากับมีค่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในช่วง 12.6 ± 1.25 ถึง $21.0 \pm 2.06\%$ การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ ของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาด 7.5 และ 6.5 แรงม้า สำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้บิ๊มน้ำตามลำดับ โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,500 ลูกบาศก์เมตร ของภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลปรากฏว่า เมื่อใช้เครื่องยนต์ผลิต กระแสไฟฟ้าจำนวน 100 และ 3,000 วัตต์ มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.03 และ 1.96 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่เครื่องยนต์บิ๊มน้ำแบบ 3 กระบอกสูบที่มีท่อสูบน้ำขนาด 1 นิ้ว เมื่อใช้อัตราความเร็วรอบ 80-100% ของเครื่องยนต์ มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ 1.06-1.11 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องบิ๊มน้ำแบบหอยโข่งที่มีท่อสูบน้ำขนาด 2 นิ้ว เมื่อใช้อัตราการกำลัง ความเร็วรอบ 70-100% ของเครื่องยนต์ มีอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.21-1.53 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง จากข้อมูลข้างต้นสามารถประมาณการจำนวนสัตว์เลี้ยง และขนาดบ่อผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูงได้ ซึ่งจะเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และการบิ๊มน้ำตามจำนวนที่ใช้จริงในแต่ละครัวเรือนหรือในแต่ละพื้นที่ได้ การทดลองที่ 3 หาขนาดของชุดกรอง ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่าออกจากก๊าซชีวภาพที่ทำเป็นเม็ดดูดซับตามวิธีการของสุชนและ คณะ (2554) พบว่า ขนาดของชุดกรองที่บรรจุในท่อพีวีซีมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม และมีความสูง 50 ซม หรือเท่ากับมีปริมาตรบรรจุเม็ดดูดซับจำนวน 8,840 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นขนาดที่มีความ เหมาะสม เนื่องจากสามารถรองก๊าซไข่เน่าได้ 99.5-99.6% การทดลองที่ 4 ทำการดัดแปลง เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนมาใช้ก๊าซชีวภาพ ทั้งแบบผลิตกระแสไฟฟ้าและแบบบิ๊มน้ำ จากนั้นนำไป ติดตั้งที่บ้านเกษตรกรในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ และติดตั้งในฟาร์มสุกรและกระบือนมเพื่อใช้ฉีดล้างคอก สุกรและกระบือ พบว่า สามารถใช้งานได้อย่างดี ส่วนการทดลองที่ 5 เป็นการประเมินผลการใช้เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพของเกษตรกรบนพื้นที่สูง พบว่า เกษตรกรและผู้ใช้มีพึงพอใจในระดับ “มากที่สุด” โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม สามารถลดแรงงานได้ และช่วยให้วิถีชีวิตบนพื้นที่สูงดีขึ้น จาก ปกติที่ไม่มีไฟฟ้าใช้

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ พลังงานทดแทน เครื่องยนต์ขนาดเล็ก กระแสไฟฟ้า บิ๊มน้ำพื้นที่สูง

Abstract

This study aimed to apply biogas with engine motor for producing electricity and to drive a small water pump on highland. Five experiments (Exp.) were conducted. Exp. 1 investigated the optimum ratio of air and biogas. The gas which was produced from 8 m³ biogas unit in Royal Project Foundation was passed through hydrogen sulfide (H₂S) filter before using with 6.5 and 7.5 hp. gasoline engine pump. The result revealed that the optimum ratio of air to biogas for engine ignition was 2:1 to 4:1. It was equal to the concentration of methane gas at 12.6±1.25 to 21.0±2.06%. Exp. 2 investigated the volume of biogas needed to drive 7.5 and 6.5 hp. gasoline engines for producing electricity and for water pumping, respectively. The biogas plant, 1,500 m³ in swine farm, Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University was used in the experiment. The result revealed that the volume of biogas needed to produce 100 and 3,000 watt of electricity was 1.03 and 1.96 m³/hr. respectively. The triple piston axial (3-cylinder) high pressure water pump with 1 inch diameter pipe needed 1.06-1.11 m³/ hr. of biogas when the speed of the engine was 80-100%. The centrifugal pump with 2 inch diameter pipe needed 1.21-1.53 m³/ hr. of biogas when the speed of the engine was 70-100%. These data are useful for estimating the appropriated number of animals and the size of biogas unit to fit the need of electricity and to pump water for each highland farm. Exp. 3 find out the suitable size of H₂S absorber according to Tangtaweewipat et al. (2011) method. The result revealed that the H₂S absorber with 15 cm diameter and 50 cm high tube or 8,840 cm³ is the optimum size, because it can reduce 99.5-99.6% of H₂S concentration from biogas. Exp. 4 developed gasoline engine using biogas as a fuel to produce electricity and pump water. These developed engines were set up at the farmer houses in no electricity area and at breeder swine and dairy buffalo farms for floor cleaning. The result found that these developed engines can work properly. Exp. 5 evaluated the highland farmers' satisfaction towards the developed engines. It revealed that farmers were highly satisfied because they did not need to pay additional cost while their working hours were reduced.

Key words: Biogas, Alternative energy, Small engine, Electricity, Water pump, Highland

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คณะผู้วิจัย	ก
บทสรุปผู้บริหาร	ค
Executive summary	ด
บทคัดย่อ	ร
Abstract	ล
สารบัญ	ว
สารบัญตาราง	ส
สารบัญภาพ	อ
บทที่ 1 บทนำ	1
ปัญหาหลักที่ต้องศึกษาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ข้อมูลการผลิตก๊าซชีวภาพ	4
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า	4
ชุดผสมระหว่างอากาศกับก๊าซชีวภาพ	8
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	
การศึกษาความพร้อมของพื้นที่ที่ใช้ศึกษาวิจัย	10
การนำพลังงานก๊าซชีวภาพมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	10
การนำพลังงานก๊าซชีวภาพมาประยุกต์ใช้กับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก	17
การจัดทำร่างคู่มือการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและสำหรับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก	21

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
พื้นที่ดำเนินการวิจัย/เก็บข้อมูล	21
ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย/เก็บข้อมูล	22
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	23
4.1 การศึกษาความพร้อมของพื้นที่ที่ใช้ศึกษาวิจัย	23
4.2 การศึกษาวิจัย	36
4.2.1. การศึกษาการนำพลังงานก๊าซชีวภาพมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	36
การทดลองที่ 1: การศึกษาสัดส่วนของอากาศและก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับ เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 6.5 และ 7.5 แรงม้า	36
การทดลองที่ 2: การศึกษาปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพต่อชั่วโมงสำหรับเครื่องยนต์ ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 7.5 แรงม้า รวมทั้งหาขนาดบ่อและปริมาณ สัตว์เลี้ยงบนพื้นที่สูงที่เหมาะสม	38
การทดลองที่ 3: การศึกษาขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เหมาะสมกับ เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 7.5 แรงม้า และระยะเวลาที่ใช้ งาน	42
การทดลองที่ 4: การศึกษาการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (ปรับจากเครื่องยนต์ที่ใช้ ก๊าซโซลีน ขนาด 7.5 แรงม้า) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 3 กิโลวัตต์	43
การทดลองที่ 5: การประเมินผล	44
4.2.2 การนำพลังงานก๊าซชีวภาพไปประยุกต์ใช้กับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก	46
การทดลองที่ 1: การศึกษาสัดส่วนของอากาศและก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับ เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 6.5 แรงม้า	46
การทดลองที่ 2: การศึกษาปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพต่อชั่วโมงสำหรับเครื่องยนต์ ที่ใช้ก๊าซโซลีน	46

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การทดลองที่ 3: การศึกษาขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 6.5 แรงม้า และระยะเวลาที่ใช้งาน	50
การทดลองที่ 4: การศึกษาการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (ปรับจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 แรงม้า) สำหรับใช้กับเครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก	52
การทดลองที่ 5: การประเมินผล	53
บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย	56
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	62
เอกสารอ้างอิง	63
ตารางสรุปแผนงานวิจัยกับผลงานวิจัย	66
การเผยแพร่เทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	69
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ	70
ภาคผนวก ข การผลิตเม็ดดูดซับและชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	79
ภาคผนวก ค ภาพกิจกรรม	84
ภาคผนวก ง การเผยแพร่เทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	98

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	สัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพ และความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (CH_4) ที่มีผลต่อการจุด ติดของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ปรับมาใช้ก๊าซชีวภาพขนาด 6.5 และ 7.5 แรงม้า	ง
ตารางที่ 2	อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ของเครื่องยนต์ 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์	จ
ตารางที่ 3	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ และจำนวนสัตว์ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	ช
ตารางที่ 4	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง) ของบ่มน้ำ 6.5 แรงม้า แบบ 3 สูบ ขนาดท่อ 1 นิ้ว	ญ
ตารางที่ 5	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ของบ่มน้ำแบบหอยโข่งขนาด 6.5 แรงม้า มีท่อขนาด 2 นิ้ว	ฉ
ตารางที่ 6	ปริมาณมูลสดของสัตว์ที่เลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยในชุมชน	5
ตารางที่ 7	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ที่เลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยในชุมชน (คำนวณโดยคณะผู้วิจัย)	5
ตารางที่ 8	ผลของชนิดสารตัวกลางต่อการดูดซับ H_2S ในก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ต่างชนิดกัน	7
ตารางที่ 9	ผลของความยาวชุดดูดซับที่ทำด้วยทรายผสมปูนซีเมนต์เทาในการลด H_2S ใช้ชีวภาพจากมูลสัตว์ต่างชนิดกัน	7
ตารางที่ 10	ข้อมูลของสภาพพื้นที่รวมถึงข้อมูลการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ทดสอบ 4 แห่ง	23
ตารางที่ 11	จำนวนไก่ที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์ฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึง 2561	25
ตารางที่ 12	จำนวนไก่ที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสถานีฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึง 2559	27
ตารางที่ 13	จำนวนสุกรที่เลี้ยง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสถานีฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง 2558	27

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 14	จำนวนกระป๋องที่เลี้ยง	34
ตารางที่ 15	จำนวนแพะนมที่เลี้ยง	34
ตารางที่ 16	สัดส่วนของอากาศต่อก๊าซชีวภาพ และความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (CH ₄) ที่มีผลต่อ การจุดติดของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาด 6.5 และ 7.5 แรงม้า	37
ตารางที่ 17	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนอากาศและก๊าซชีวภาพต่อความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ 6.5 และ 7.5 แรงม้า	38
ตารางที่ 18	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์	40
ตารางที่ 19	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ และจำนวนสัตว์ที่ เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	41
ตารางที่ 20	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก่อนและหลังผ่านชุดกรองก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ จำนวน 3 ขนาด โดยใช้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 7.5 แรงม้า	43
ตารางที่ 21	ประสิทธิภาพการทำงานของชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ระยะเวลาของเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพขนาด 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์	44
ตารางที่ 22	ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า	45
ตารางที่ 23	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบ 3 สูบ ขนาดท่อดูดน้ำ 1 นิ้ว เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า	47
ตารางที่ 24	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ และจำนวนสัตว์ที่ เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	48
ตารางที่ 25	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาดท่อดูด น้ำ 2 นิ้ว เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 26	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ขนาดบ่อก๊าซชีวภาพ และจำนวนสัตว์ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพเมื่อใช้ปั้มน้ำแบบหอยโข่งมีขนาดท่อ 2 นิ้ว	50
ตารางที่ 27	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก่อนและหลังผ่านชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จำนวน 3 ขนาด โดยใช้เครื่องผลิตปั้มน้ำ ขนาด 6.5 แรงม้า	51
ตารางที่ 28	ประสิทธิภาพการทำงานของชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และเครื่องปั้มน้ำใช้ก๊าซชีวภาพ แรงดันสูงแบบ 3 สูบ เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า	52
ตารางที่ 29	ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องยนต์ปั้มน้ำ	54



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 1	การกำจัด H_2S และ CO_2 และแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ	7
ภาพที่ 2	ชุดดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 และ 8 นิ้ว	8
ภาพที่ 3	ขบวนการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์	9
ภาพที่ 4	บ่อหมักก๊าซชีวภาพ 8 ลบ.ม. บ่อก๊าซชีวภาพขนาด 1,500 ลบ.ม. และถังกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	10
ภาพที่ 5	ถังผสมอากาศและก๊าซชีวภาพ และเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า	12
ภาพที่ 6	ทางเข้าของก๊าซชีวภาพและอากาศ (ชุด Mixer เบื้องต้น)	12
ภาพที่ 7	เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ Digital Tachometer รุ่น DT2236B และ การใช้เครื่องวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์	12
ภาพที่ 8	เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า และหลอดไฟขนาด 100 วัตต์	13
ภาพที่ 9	ขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และการใช้ชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กับ เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 7.5 แรงม้า	15
ภาพที่ 10	เมื่อดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	15
ภาพที่ 11	หลอดวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ชุดหลอดวัดปริมาณ ก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เครื่องวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และการวัดปริมาณ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	16
ภาพที่ 12	เครื่องปั้มน้ำขนาดเล็ก (3 สูบ ขนาดท่อ 1 นิ้ว)	18
ภาพที่ 13	เครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาดท่อ 2 นิ้ว	18
ภาพที่ 14	ขนาดชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และการใช้ชุดกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ขนาด 6.5 แรงม้า	19
ภาพที่ 15	เมื่อดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	20
ภาพที่ 16	หลอดวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และชุดหลอดวัดปริมาณ ก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 17	การเลี้ยงสัตว์ (สุกร) ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	25
ภาพที่ 18	การเลี้ยงสัตว์ (สุกร) ณ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	28
ภาพที่ 19	บ่อก๊าซชีวภาพของเกษตรกร ต.ทาเหนือ อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่	35
ภาพที่ 20	ความสัมพันธ์ของระดับการใช้ไฟฟ้ากับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ ก๊าซโซลีน 7.5 แรงม้า ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์	39
ภาพที่ 21	ความสัมพันธ์ของระดับการใช้เครื่องปั้มน้ำกับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของ เครื่องปั้มน้ำแบบ 3 สูบ ขนาดท่อดูดน้ำ 1 นิ้ว เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า	47
ภาพที่ 22	ความสัมพันธ์ของระดับการใช้เครื่องปั้มน้ำกับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพของ เครื่องปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาดท่อดูดน้ำ 2 นิ้ว เครื่องยนต์ขนาด 6.5 แรงม้า	49