



# การส่งเสริมพัฒนา การผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล (BIOMASS) เพื่อทดแทนการเผา



นางสาวศุภานัน เจริญชนิดภัก  
สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี  
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 707

Publication No. 707



การส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล  
(Biomass)  
เพื่อทดแทนการเผา

นางสาวศุภานัน เจริญชนิดภัก

สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี  
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

## คำนำ

เอกสารวิชาการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผา ในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมและสรุปองค์ความรู้เชิงปฏิบัติการในการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะใบอ้อยและวัชพืช ซึ่งมีถูกจัดการด้วยวิธีการเผาในที่โล่งจนก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศและฝุ่นละออง PM 2.5 ตลอดจนส่งผลกระทบต่อโครงสร้างความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดิน การริเริ่มนวัตกรรมถังหมักก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเปลี่ยนภาวทางสิ่งแวดล้อมให้กลายเป็นพลังงานสะอาดและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสำหรับเกษตรกร

เนื้อหาในเอกสารฉบับนี้ครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์สถานการณ์พื้นที่ การประยุกต์ใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ขั้นตอนการจัดทำนวัตกรรมเชิงเทคนิค และผลสัมฤทธิ์จากการดำเนินงานจริงในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนร่วมกับการสนับสนุนทางวิชาการที่เหมาะสม สามารถสร้างความเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนได้ ทั้งในมิติการลดรายจ่ายภาคครัวเรือนและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับตำบล

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี และสำนักงานการปฏิรูปที่ดินจังหวัดราชบุรี ที่ได้ให้การสนับสนุนและมอบโอกาสในการขับเคลื่อนงานวิชาการฉบับนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้นำชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่ตำบลหนองพันจันทร์ สำหรับความร่วมมือในการทดลองและถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นอย่างดี ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรในสังกัด เกษตรกร และผู้ที่สนใจเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดินให้ก้าวสู่การเป็นพื้นที่เกษตรกรรมสีเขียวอย่างยั่งยืนต่อไป

ศุภานัน เจริญชนิดัก

พฤษภาคม 2569

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ .....	ข
สารบัญภาพ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
บทคัดย่อ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดโมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) .....	4
2.2 ทฤษฎีการผลิตก๊าซชีวภาพและการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) .....	5
2.3 แนวคิดเรื่องมลพิษฝุ่นละออง PM 2.5 และผลกระทบจากการเผาในพื้นที่เกษตรกรรม.....	8
2.4 แนวคิดการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมและการบริหารจัดการความรู้เพื่อความยั่งยืน .....	10
2.5 แนวคิดเกี่ยวกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน และยุทธศาสตร์ชาติที่เกี่ยวข้อง .....	12
2.6 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง .....	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน .....	16
3.1 การศึกษาวิเคราะห์พื้นที่และข้อมูลฐาน (Pre-Implementation) .....	16
3.2 ขั้นตอนการประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ .....	16
3.3 ขั้นตอนการจัดทำถังเก็บก๊าซชีวภาพ .....	17
3.4 การใช้งานและการบริหารจัดการก๊าซชีวภาพ.....	19
3.5 กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการเรียนรู้ (Knowledge Transfer) .....	21
3.6 การติดตามและประเมินผลสัมฤทธิ์ (Post-Implementation) .....	23
3.7 สูตรการหมักก๊าซชีวภาพสำหรับถังหมักขนาด 120 ลิตร.....	24
3.8 นวัตกรรมก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Biogas Ball) .....	25

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน</b> .....	26
4.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์พื้นที่และดัชนีจุดความร้อนเชิงพื้นที่ .....	26
4.2 ผลสัมฤทธิ์ด้านการถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรมสู่ชุมชน .....	26
4.3 ประสิทธิภาพทางเทคนิคของนวัตกรรมก๊าซชีวภาพและระบบกักเก็บ .....	27
4.4 ผลกระทบและมูลค่าเพิ่มในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม .....	28
<b>บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b> .....	29
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	29
5.2 อภิปรายผล .....	29
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ .....	30
5.4 ข้อเสนอแนะ .....	30
<b>บรรณานุกรม</b> .....	32
<b>ภาคผนวก 1</b> .....	33
<b>ภาคผนวก 2</b> .....	38
<b>ภาคผนวก 3</b> .....	45

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แผนผังแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจ BCG (BCG Economy Model).....	4
ภาพที่ 2.2 แผนผังจำลองโครงสร้างและหลักการทำงานของถังหมักก๊าซชีวภาพยูเอเอสบี..... (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB).....	7
ภาพที่ 2.3 แผนผังความเชื่อมโยงหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ..... สู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SEP for SDGs).....	10
ภาพที่ 3.1 ถังหมักก๊าซชีวภาพจากชีวมวลไบอ้อย .....	17
ภาพที่ 3.2 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ.....	17
ภาพที่ 3.3 ชุดนวัตกรรมถังหมักและถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ..... ภายหลังกระบวนการประกอบเสร็จสมบูรณ์ในสภาพพร้อมใช้งาน.....	18
ภาพที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากไบอ้อย .....	20
ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมชีวมวลและการบรรจุวัตถุดิบ .....	20
ภาพที่ 3.6 การส่งเสริมและถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตก๊าซชีวภาพสู่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย .....	21
ภาพที่ 3.7 การจัดกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ..... และการสาธิตกระบวนการประกอบนวัตกรรมถังหมักก๊าซชีวภาพ.....	21
ภาพที่ 3.8 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ..... หลักสูตร แนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน.....	22
ภาพที่ 3.9 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ..... หลักสูตร การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า.....	23
ภาพที่ 3.10 การติดตามผลหลังการอบรม .....	23
ภาพที่ 4.1 การตรวจเยี่ยมและติดตามผลสัมฤทธิ์การใช้งานนวัตกรรมก๊าซชีวภาพในพื้นที่จริง.....	27

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 รายการวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการจัดทำชุดถังหมักและถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ.....	33
ตารางที่ 2 รายการวัสดุสำหรับการจัดทำก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Biogas Ball).....	36
ตารางที่ 3 รายการวัสดุและอุปกรณ์สำหรับระบบบรรจุก๊าซชีวภาพด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ .....	37

## บทคัดย่อ

การดำเนินงานวิชาการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผา ในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษา และพัฒนานวัตกรรมการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะใบอ้อยและวัชพืช เพื่อลดปัญหาการเผาในที่โล่งซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของวิกฤตมลพิษฝุ่นละออง PM 2.5 และเพื่อส่งเสริม การเข้าถึงพลังงานสะอาดในระดับครัวเรือนเกษตรกร ระเบียบวิธีดำเนินงานประกอบด้วยการวิเคราะห์ สถานการณ์จุดความร้อน (Hotspots) เชิงพื้นที่ การประเมินความต้องการเทคโนโลยีของเกษตรกร การออกแบบและจัดทำนวัตกรรมชุดถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร และการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 หลักสูตร คือ หลักสูตรแนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ และหลักสูตรการบริหารจัดการเศษวัสดุเพื่อเพิ่มมูลค่า พร้อมทั้งติดตามประเมินผลสัมฤทธิ์ ภายหลังจากใช้งานจริง

ผลการดำเนินงานพบว่า การดำเนินงานเชิงรุกในพื้นที่หมู่ที่ 2 ตำบลหนองพันจันทร์ สามารถ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเกษตรกรจากการเผาทำลายเศษวัสดุมาเป็นการจัดการเชิงพลังงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพ เกษตรกรมีทักษะในการประกอบและดูแลระบบถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งอาศัย กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ทำให้นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพสูง เพียงพอต่อการหุงต้มอาหารในชีวิตประจำวัน ในมิติเศรษฐกิจพบว่าเกษตรกรสามารถลดภาระรายจ่าย ค่าก๊าซหุงต้ม (LPG) และลดต้นทุนการซื้อปุ๋ยเคมีจากการใช้ผลพลอยได้ในรูปของน้ำหมักอินทรีย์ ในมิติ สิ่งแวดล้อมพบว่าสถิติจุดความร้อนในพื้นที่นำร่องลดลงอย่างชัดเจน ช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก งานวิชาการชิ้นนี้จึงเป็นโมเดลต้นแบบที่สำคัญในการขับเคลื่อน นโยบายพื้นที่สีเขียวในเขตปฏิรูปที่ดิน (ALRO Green Area) และการพัฒนาคุณภาพชีวิตเกษตรกรอย่างยั่งยืน

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยภายใต้บริบทของระบบเกษตรกรรมสมัยใหม่ยังคงเผชิญกับความท้าทายวิกฤตด้านการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดิน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่ง จากข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดระบบการจัดการวัสดุเหลือใช้อย่างมีประสิทธิภาพและครบวงจร นำไปสู่การเลือกใช้วิธีการเผาทำลายใบอ้อยและเศษวัสดุในพื้นที่เปิดโล่งเพื่อความสะดวกในกระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิตและการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก พฤติกรรมการเผาดังกล่าวได้ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบอย่างรุนแรงในวงกว้าง ทั้งมิติด้านสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และวิกฤตด้านสุขอนามัยจากการสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 2.5) ที่สูงเกินมาตรฐาน ตลอดจนการตรวจพบจุดความร้อน (Hotspots) จำนวนมากในพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์และความยั่งยืนของภาคเกษตรไทยในระดับสากล

ในมิติเชิงนิเวศน์เกษตร ความร้อนจากการเผาทำลายยังส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางปฐพีวิทยา โดยทำลายอินทรีย์วัตถุและกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินอย่างรุนแรง ส่งผลให้โครงสร้างดินเสื่อมโทรม แข็งตัว และสูญเสียขีดความสามารถในการกักเก็บน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช วงจรความเสื่อมโทรมดังกล่าวนำไปสู่สถานะที่เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตทางเคมีเพื่อรักษาระดับผลผลิต ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นในขณะที่รายได้สุทธิลดลง ประกอบกับความผันผวนของราคาพลังงานและก๊าซหุงต้ม (LPG) ในตลาดโลก ยิ่งซ้ำเติมภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินให้ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและการยกระดับคุณภาพชีวิตเกษตรกรตามภารกิจหลักของหน่วยงาน

ด้วยเหตุดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้กำหนดนโยบายขับเคลื่อนการพัฒนาภาคเกษตรกรรมภายใต้โมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) โดยมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านจากการจัดการเศษวัสดุด้วยการเผาทำลาย ไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่ม (Waste to Value) สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) โดยสำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี จึงได้ดำเนินการเชิงรุกในการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากชีวมวล (Biomass) ผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เพื่อเปลี่ยนใบอ้อยและเศษวัสดุทางการเกษตรให้เป็นพลังงานสะอาดสำหรับใช้ในครัวเรือน และได้รับผลพลอยได้เป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสำหรับฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของที่ดิน การดำเนินงานในพื้นที่ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี จึงมิใช่เพียงการแก้ปัญหาเชิงเทคนิคเท่านั้น แต่เป็นการสร้างต้นแบบเชิงระบบในการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมสีเขียว

(Green Area) ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี และแผนแม่บทด้านการเติบโตอย่างยั่งยืน เพื่อมุ่งสู่การเป็นเกษตรกรรมปลอดภัยอย่างเป็นรูปธรรม

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อรณรงค์และสร้างความตระหนักรู้เชิงรุก เกี่ยวกับผลกระทบจากการเผาทำลายพื้นที่เกษตรกรรมในเขตปฏิรูปที่ดิน ควบคู่ไปกับการศึกษารูปแบบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลที่สอดคล้องกับบริบททางสังคมและกายภาพของเกษตรกร เพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและแนวทางการปฏิบัติที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

1.2.2 เพื่อสร้างกลไกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเชิงประจักษ์ ผ่านการนำนวัตกรรมพลังงานทดแทนมาใช้ลดสถิติจุดความร้อน (Hotspot) และจำกัดขอบเขตพื้นที่เผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน ซึ่งเป็นมาตรการเชิงป้องกันในการลดต้นเหตุของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 2.5) ตามแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในการลดภาระรายจ่ายด้านพลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) และลดต้นทุนปัจจัยการผลิตทางการเกษตรในระดับครัวเรือน

1.2.3 เพื่อส่งเสริมการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มและเกิดประโยชน์สูงสุด ตามโมเดลเศรษฐกิจ BCG โดยมุ่งเน้นการยกระดับไบโอดีและชีวมวลให้เป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าเพิ่ม (Waste to Value) ผ่านกระบวนการสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมจัดการวัสดุเหลือใช้เพื่อยกระดับสู่การเป็นโมเดลพื้นที่สีเขียวต้นแบบ (Green Area Prototype) ในเขตปฏิรูปที่ดินอันเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาเกษตรกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการดำเนินงานวิชาการครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตการดำเนินงานเพื่อให้ครอบคลุมมิติการพัฒนาที่ดินเกษตรกรรมอย่างเป็นระบบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก ดังนี้

### 1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

มุ่งเน้นการวิเคราะห์กระบวนการเปลี่ยนผ่านจากการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรด้วยวิธีเผาทำลาย ไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มตามโมเดลเศรษฐกิจ BCG โดยมีรายละเอียดการศึกษาคครอบคลุมถึงนวัตกรรมการออกแบบและประยุกต์ใช้ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดครัวเรือนจากถังพลาสติกชนิด High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 200 ลิตร ตลอดจนการศึกษาเทคนิคทางชีวเคมีในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) และการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน เช่น การจัดการค่าความเป็นกรด-ด่าง และการปรับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio) ผ่านเทคนิคการหมักร่วมระหว่างไบโอดีและมูลสัตว์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการประเมินผลสัมฤทธิ์เชิงเศรษฐศาสตร์ในการลดรายจ่ายด้านพลังงานก๊าซหุงต้มและการลดต้นทุนปัจจัยการผลิตจากการใช้ผลพลอยได้ทดแทนปุ๋ยเคมี

### 1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

ดำเนินการในพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์สำคัญที่มีการเพาะปลูกอ้อยโรงงานหนาแน่นและประสบปัญหาการจัดการชีวมวลหลังการเก็บเกี่ยว โดยกำหนดให้เป็นพื้นที่เป้าหมายในการพัฒนาโมเดลพื้นที่สีเขียวต้นแบบของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินจังหวัดราชบุรี

### 1.3.3 ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินจังหวัดราชบุรีที่มีความสนใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจัดการเศษวัสดุทางการเกษตร โดยเน้นการพัฒนาทักษะแก่นักวิชาการและเกษตรกรแกนนำ รวมถึงอาสาสมัครปฏิรูปที่ดิน (อสปท.) ให้มีความเชี่ยวชาญในฐานะปราชญ์พลังงานชุมชน เพื่อทำหน้าที่เป็นวิทยากรพี่เลี้ยงในการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเกษตรกรสู่เกษตรกรอย่างยั่งยืน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การดำเนินโครงการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลในเขตปฏิรูปที่ดินครั้งนี้ มุ่งหวังให้เกิดผลประโยชน์ที่ครอบคลุมทั้งมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

### 1.4.1 มิติด้านรายได้และการลดรายจ่าย

เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนจากการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) และช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรจากการนำกากตะกอนและน้ำหมักอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักมาใช้เป็นปัจจัยการผลิตทดแทนปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นการสร้างความเข้มแข็งทางการเงินให้กับครัวเรือนเกษตรกรในระยะยาว

### 1.4.2 มิติด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ส่งผลสัมฤทธิ์โดยตรงต่อการลดอุบัติเหตุการเผาในที่โล่งและลดจำนวนจุดความร้อน (Hotspots) ในพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน ซึ่งเป็นมาตรการสำคัญในการบรรเทาปัญหาหมอกพิษฝุ่นละออง PM 2.5 และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ อีกทั้งยังช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของโครงสร้างดินและระบบนิเวศในไร่นาจากการยุติการเผาทำลายอินทรีย์วัตถุ

### 1.4.3 มิติด้านการจัดการความรู้และนโยบาย

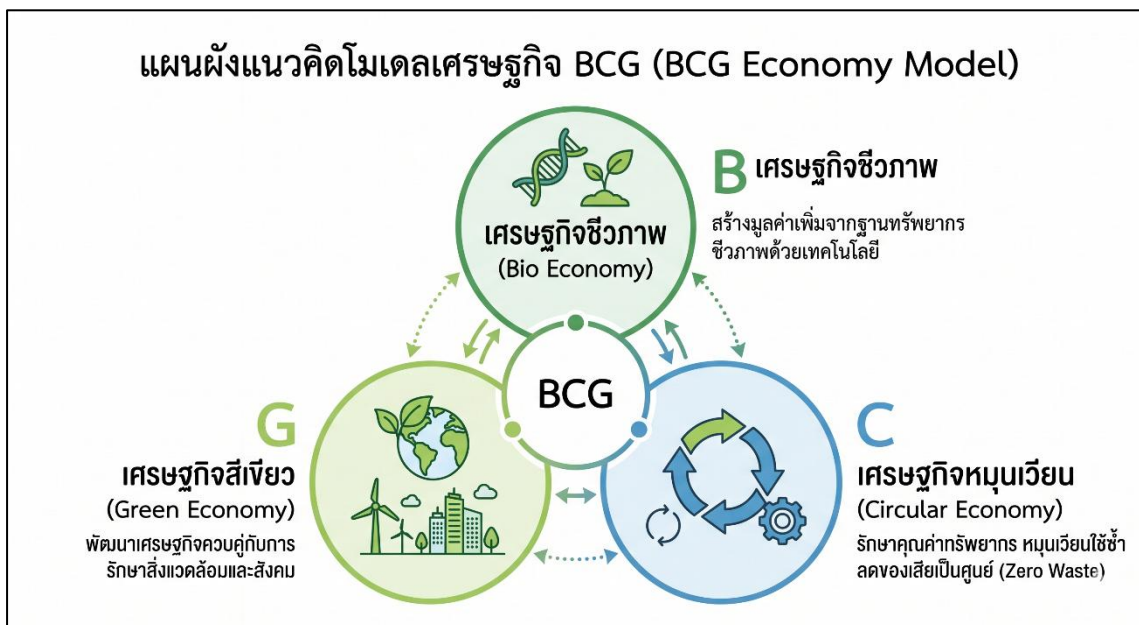
สร้างต้นแบบนวัตกรรมจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้งานได้จริงในระดับพื้นที่ (Best Practice) ซึ่งสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฐานข้อมูลทางวิชาการเพื่อประกอบการวางแผนและขยายผลเชิงนโยบายสู่การเป็นพื้นที่สีเขียวต้นแบบทั่วประเทศ อันเป็นการยกระดับภาพลักษณ์ภาคเกษตรกรรมไทยสู่การเป็นเกษตรสีเขียวที่ยั่งยืน

## บทที่ 2

### ทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดโมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy Model)

โมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจรูปแบบใหม่ที่รัฐบาลไทยกำหนดให้เป็นวาระแห่งชาติ เพื่อเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศให้เติบโตอย่างยั่งยืนและสมดุล โดยเน้นการเปลี่ยนผ่านจาก "การผลิตมากแต่รายได้น้อย" (More for Less) ไปสู่ "การผลิตน้อยแต่รายได้มาก" (Less for More) ผ่านการบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เข้ากับฐานความหลากหลายทางชีวภาพและทางวัฒนธรรมของไทย (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2564) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยมิติการพัฒนาที่เชื่อมโยงกัน 3 ด้าน ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แผนผังแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจ BCG (BCG Economy Model)

##### 2.1.1 แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy)

เศรษฐกิจชีวภาพเป็นระบบเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการนำทรัพยากรชีวภาพมาสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Creation) โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งในภาคเกษตรกรรมไทยนั้นมีฐานทรัพยากรที่มหาศาลแต่ยังขาดการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2564) ได้ให้คำนิยามว่าเศรษฐกิจชีวภาพคือการนำความก้าวหน้าทางชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพมาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคเกษตรและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง (High Value Products) โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับรายได้ของเกษตรกรและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ซึ่งในงานวิชาการชิ้นนี้ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดดังกล่าวผ่านการเปลี่ยนสถานะของไบโอดีและชีวมวลที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ให้กลายเป็น

แหล่งวัตถุดิบต้นน้ำเพื่อผลิตพลังงานสะอาด (Biogas) และปัจจัยการผลิตอินทรีย์ ซึ่งถือเป็นการสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจใหม่จากฐานทรัพยากรที่มีอยู่ในเขตปฏิรูปที่ดินอย่างยั่งยืน

### 2.1.2 แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรที่ให้ความสำคัญกับการรักษาคุณค่าของทรัพยากรให้คงอยู่ในระบบให้นานที่สุด และเน้นการลดปริมาณของเสียให้เหลือน้อยที่สุดหรือเป็นศูนย์ (Zero Waste) ซึ่งแตกต่างจากระบบเศรษฐกิจเส้นตรง (Linear Economy) ในอดีตที่เน้นการใช้และทิ้ง (Take-Make-Dispose)

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2564) ระบุว่าหลักการสำคัญของเศรษฐกิจหมุนเวียนคือการปิดวงจรทรัพยากร (Loop Closing) ผ่านกระบวนการ 3R ได้แก่ การลดการใช้ (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งในมิติของการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนั้น แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนจะมองว่า "ไม่มีสิ่งใดที่เป็นขยะ" แต่ทุกอย่างคือทรัพยากรที่ต้องนำกลับมาสร้างประโยชน์ใหม่ การหมักก๊าซชีวภาพจากใบอ้อยจึงเป็นการประยุกต์ใช้หลักการเปลี่ยนของเสียให้เป็นแหล่งรายได้ (Waste-to-Energy/Waste-to-Value) ที่ช่วยลดต้นทุนค่าพลังงานและปุ๋ยเคมีของเกษตรกร และช่วยลดความเสี่ยงจากการจัดการวัสดุที่ผิดวิธีซึ่งก่อให้เกิดมลพิษ

### 2.1.3 แนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)

เศรษฐกิจสีเขียวมุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของมนุษย์ โดยมีเป้าหมายหลักคือการลดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม การลดมลพิษ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society)

ธนาคารโลก (2563) และองค์การสหประชาชาติระบุว่าเศรษฐกิจสีเขียวคือแนวทางการพัฒนาที่ช่วยสร้างความกินดีอยู่ดีของมนุษย์และความเท่าเทียมในสังคม โดยที่ทรัพยากรธรรมชาติไม่ถูกทำลายอย่างรุนแรง สำหรับบริบทของประเทศไทยในปัจจุบัน ประเด็นเรื่องเศรษฐกิจสีเขียวมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับนโยบายการจัดการมลพิษฝุ่นละออง PM 2.5 และการควบคุมจุดความร้อน (Hotspots) ในภาคเกษตรกรรม เนื่องจากการยุติการเผาในที่โล่งเป็นปัจจัยชี้ขาดที่จะช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศดินและบรรเทาปัญหาวิกฤตสุขภาพของชุมชน การสร้างโมเดลพื้นที่สีเขียวต้นแบบ (Green Area Prototype) ในเขตปฏิรูปที่ดินจึงเป็นการยืนยันถึงความสำเร็จในการพัฒนาเกษตรกรรมที่สมดุลระหว่างผลกำไรทางเศรษฐกิจและความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติ

## 2.2 ทฤษฎีการผลิตก๊าซชีวภาพและการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

การผลิตก๊าซชีวภาพเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ให้กลายเป็นพลังงานสะอาดผ่านปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ซับซ้อน โดยมีรายละเอียดเชิงทฤษฎีที่สำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรกรรม ดังนี้

### 2.2.1 ความหมายและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ก๊าซที่ได้จะมีลักษณะเป็นก๊าซผสมซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ประมาณร้อยละ 50 ถึง 70 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ร้อยละ 30 ถึง 40 และก๊าซชนิดอื่น ๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) และไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ )

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2563) ระบุว่าคุณสมบัติการให้พลังงานความร้อนของก๊าซชีวภาพจะแปรผันตามปริมาณของก๊าซมีเทน โดยก๊าซชีวภาพที่มีความเข้มข้นของมีเทนร้อยละ 60 จะมีค่าความร้อนประมาณ 21,500 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ในการประกอบอาหารหรือใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำความเข้าใจองค์ประกอบของก๊าซจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบถังหมักเพื่อให้ได้ก๊าซที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยต่อการใช้งาน

### 2.2.2 กลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เป็นกระบวนการที่กลุ่มจุลินทรีย์หลายชนิดทำงานร่วมกันอย่างเป็นลำดับขั้นตอน (Sequential Process) โดยมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารประกอบทางเคมีผ่าน 4 ขั้นตอนหลัก (พูนสุข ประเสริฐธรรม, 2561) ดังนี้

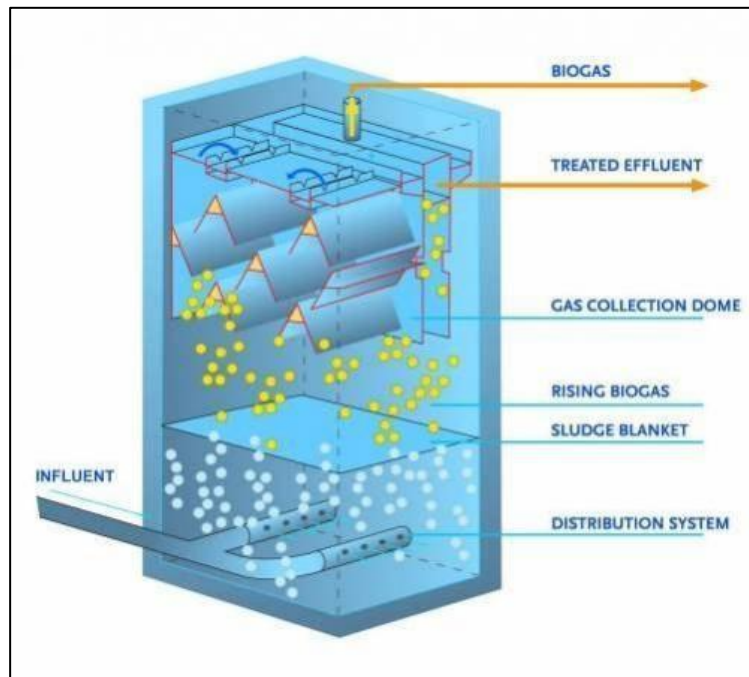
1. ขั้นตอนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่จุลินทรีย์จะหลั่งเอนไซม์ภายนอกเซลล์ออกมาย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น แป้ง โปรตีน ไขมัน รวมถึงเซลลูโลสในใบอ้อย ให้แตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลเชิงเดี่ยว กรดไขมัน และกรดอะมิโน สำหรับชีวมวลที่มีสารประกอบลิกนินสูงขั้นตอนนี้มักจะเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา (Rate-limiting step) เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้เวลาในการย่อยสลายนานกว่าสารอินทรีย์ประเภทอื่น

2. ขั้นตอนการสร้างกรดอินทรีย์ (Acidogenesis) สารโมเลกุลเล็กที่ได้จากขั้นตอนแรกจะถูกจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid formers) ย่อยสลายต่อจนกลายเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids: VFAs) แอลกอฮอล์ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนนี้หากสภาวะในถังหมักมีการเติมวัตถุดิบมากเกินไป อาจส่งผลให้มีการผลิตกรดที่รวดเร็วเกินความสามารถของจุลินทรีย์ในขั้นตอนนี้ไปจะจัดการได้ ทำให้ระบบเกิดสภาวะเป็นกรดและชะงักการทำงาน

3. ขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis) เป็นกระบวนการเปลี่ยนกรดไขมันสายยาวและแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติก (Acetic acid) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญสำหรับกลุ่มจุลินทรีย์ที่จะสร้างก๊าซมีเทน

4. ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่กลุ่มจุลินทรีย์เมทาโนเจน (Methanogens) จะเปลี่ยนกรดอะซิติก ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ให้กลายเป็นก๊าซมีเทน จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมสูง โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง

และสารพิษต่าง ๆ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดและกลุ่มสร้างมีเทนจึงเป็นหัวใจสำคัญของการเดินระบบถังหมักให้ต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.2 แผนผังจำลองโครงสร้างและหลักการทำงานของถังหมักก๊าซชีวภาพยูเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)

### 2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

ความสำเร็จในการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลในระดับครัวเรือน ขึ้นอยู่กับการควบคุมปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพให้เอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยมีข้อเท็จจริงเชิงวิชาการที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงดังนี้

#### 1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยเร่งปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะในสภาพอากาศเขตร้อนของประเทศไทย อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่ม Thermophilic (45 ถึง 60 องศาเซลเซียส) ทำให้กระบวนการทางเคมีชีวภาพเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าช่วงอุณหภูมิปกติ การวางระบบถังหมักในจุดที่ได้รับความร้อนจากแสงแดดจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซให้สูงขึ้นและต่อเนื่อง

#### 2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

สภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างก๊าซมีเทนควรอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 7.5 หากระบบมีความเป็นกรดสูงเกินไป (pH ต่ำกว่า 6.0) จากการเติมวัตถุดิบที่มากเกินไปเกินความสามารถในการย่อยสลาย จะทำให้จุลินทรีย์ชะงักการทำงาน การรักษาสมดุลของค่า pH จึงเป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์ของระบบหมัก

### 3. สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C ต่อ N Ratio)

จุลินทรีย์ต้องการคาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานและไนโตรเจนเพื่อสร้างเซลล์ สัดส่วนที่เหมาะสมคือประมาณ 20 ต่อ 1 ถึง 30 ต่อ 1 สำหรับไบโออยที่มีคาร์บอนสูง การหมักร่วม (Co-digestion) กับมูลสัตว์ที่มีไนโตรเจนสูงและจุลินทรีย์พร้อมใช้งาน จะช่วยเร่งการเริ่มต้นระบบให้ผลิตก๊าซได้ทันที

### 4. ระยะเวลาการตอบสนองและการผลิตก๊าซ (Response Time)

ในระบบถังหมักที่มีหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่สมบูรณ์และได้รับสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม กระบวนการย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ สามารถเกิดขึ้นได้ภายในระยะเวลาเพียง 24 ชั่วโมง (1 วัน) หลังจากป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ระบบ ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถมีก๊าซใช้งานได้อย่างต่อเนื่องในแต่ละวัน โดยไม่จำเป็นต้องรอรอบการย่อยสลายสมบูรณ์เป็นระยะเวลานาน

## 2.3 แนวคิดเรื่องมลพิษฝุ่นละออง PM 2.5 และผลกระทบจากการเผาในพื้นที่เกษตรกรรม

การเผาในที่โล่งจากภาคเกษตรกรรมเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในระดับวิกฤตของประเทศไทย โดยเฉพาะในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื้อเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศและสังคม โดยมีรายละเอียดแนวคิดเชิงวิชาการที่สำคัญดังนี้

### 2.3.1 แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบและสถานการณ์มลพิษฝุ่นละออง PM 2.5

ฝุ่นละออง PM 2.5 เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานานหลายสัปดาห์และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลนับร้อยกิโลเมตรตามทิศทางลม

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2565) และกรมควบคุมมลพิษ ได้ให้คำอธิบายเชิงวิชาการว่าฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาชีวมวล (Biomass Burning) มีความแตกต่างจากฝุ่นละอองในเขตเมือง เนื่องจากประกอบด้วยอนุภาคคาร์บอน (Black Carbon) และสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Combustion) สารเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นแกนกลางให้สารพิษชนิดอื่นมาเกาะตัว เช่น สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) สารกลุ่มไดออกซิน (Dioxins) และโลหะหนัก ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและสารรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ การเผาไบโออยในที่โล่งจึงเป็นการปลดปล่อยสารพิษเข้าสู่ชั้นบรรยากาศโดยตรง ส่งผลให้ดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) พุ่งสูงขึ้นเกินค่ามาตรฐานอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูเปิดที่บอ้อย ซึ่งเป็นช่วงที่สภาวะอากาศมักจะมี "ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน" (Inversion) ที่มวลอากาศเย็นกดทับอากาศร้อนไว้ด้านล่าง ทำให้มลพิษถูกกักตัวอยู่ระดับผิวพื้นและส่งผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่เกษตรกรรมอย่างรุนแรง

### 2.3.2 ผลกระทบของการเผาต่อโครงสร้างทางกายภาพและเคมีของดิน

ในมิติของปฐพีวิทยาและการจัดการที่ดินเกษตรกรรม การเผาทำลายเศษวัสดุส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของที่ดินและขีดความสามารถในการผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืน ซึ่งถือเป็นการทำลายทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของเกษตรกร

กรมพัฒนาที่ดิน (2565) และคณะนักวิจัยด้านเกษตรกรรมยั่งยืน ได้วิเคราะห์ผลกระทบเชิงประจักษ์จากการเผาในแปลงเกษตรพบว่า ความร้อนจากการเผาไหม้เหนือผิวดินที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

400 ถึง 700 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil Organic Matter) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมโครงสร้างดินและความชื้นถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว ธาตุอาหารสำคัญโดยเฉพาะไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) จะระเหยสูญเสียบนสู่บรรยากาศในรูปก๊าซมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณที่มีอยู่เดิม ในขณะที่ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) แม้จะยังคงเหลืออยู่ในรูปของเกลือ แต่ก็มักจะถูกชะล้างออกไปได้ง่ายจากการระบายน้ำหรือฝน นอกจากนี้ ความร้อนยังส่งผลให้โครงสร้างดินเกิดการอัดตัวแน่น แข็งตัว และสูญเสียมรูพรุน (Macropores) ทำให้ดินขาดความสามารถในการระบายน้ำและอากาศ ดินที่ผ่านการเผาซ้ำเป็นเวลานานจะเกิดสภาวะเสื่อมโทรมอย่างรุนแรง ทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นในทุกกรอบปีการผลิต เพื่อชดเชยธาตุอาหารและคุณภาพดินที่สูญเสียบ่อย่างถาวร

### 2.3.3 ผลกระทบของการเผาต่อความหลากหลายทางชีวภาพและจุลินทรีย์ในดิน

นอกเหนือจากผลกระทบทางกายภาพ ความร้อนจากการเผายังทำลายระบบนิเวศขนาดเล็กใต้ดินซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการผลิตธาตุอาหารพืชตามธรรมชาติ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม (2564) ระบุว่าในดินที่อุดมสมบูรณ์จะประกอบด้วยจุลินทรีย์นานาชนิด เช่น แบคทีเรีย รา และสัตว์ขนาดเล็กในดินที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ และช่วยในการหมุนเวียนธาตุอาหาร (Nutrient Cycling) ความร้อนจากการเผาไหม้จะฆ่าจุลินทรีย์เหล่านี้อย่างกวาดล้าง ส่งผลให้วงจรการย่อยสลายตามธรรมชาติหยุดชะงัก การหายไปของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ยังเปิดโอกาสให้เชื้อโรคพืชบางชนิดที่ทนความร้อนได้ดีสามารถแพร่ระบาดได้ง่ายขึ้นเนื่องจากไม่มีศัตรูทางธรรมชาติในดินคอยควบคุม การเผาจึงเปรียบเสมือนการทำลาย "พนักงานบำรุงดิน" ตามธรรมชาติ ส่งผลให้เกษตรกรต้องแบกรับภาระในการใช้สารปรับปรุงดินและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสัดส่วนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

### 2.3.4 ผลกระทบด้านสุขอนามัยชุมชนและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรสร้างภาระต้นทุนภายนอก (Externalities) ที่สังคมต้องแบกรับทั้งในมิติของคุณภาพชีวิตและต้นทุนค่าเสียโอกาสเชิงทรัพยากร

กรมอนามัย (2566) และคณะระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม ได้ชี้ให้เห็นว่าการได้รับสัมผัสมลพิษ PM 2.5 จากการเผาในระยะยาว มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงการเพิ่มความเสียหายของโรคมะเร็งปอดในประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีจุดความร้อนหนาแน่น ในมิติทางเศรษฐศาสตร์เกษตร การเผาใบอ้อยทิ้งในพื้นที่เป็นการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Opportunity Cost) มหาศาล เนื่องจากใบอ้อยมีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบพลังงานและปุ๋ยอินทรีย์ การเปลี่ยนพฤติกรรมจากการเผาสู่การผลิตก๊าซชีวภาพจึงมิใช่เพียงการแก้ปัญหามลพิษ แต่เป็นการสร้างรายได้และลดต้นทุนค่าพลังงาน (LPG) และปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นการยกระดับรายได้สุทธิของครัวเรือนเกษตรกรตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

### 2.3.5 แนวคิดการติดตามจุดความร้อน (Hotspots) และดัชนีชี้วัดความสำเร็จเชิงพื้นที่

การบริหารจัดการปัญหาการเผาในปัจจุบันอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือหลักในการเฝ้าระวังและกำหนดนโยบายเชิงรุก

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) (2566) ให้แนวคิดเกี่ยวกับ "จุดความร้อน" (Hotspots) ว่าเป็นดัชนีสะท้อนความร้อนที่ตรวจพบโดยเซนเซอร์บนดาวเทียม (เช่น VIIRS และ MODIS) ซึ่งสามารถแสดงพิกัดของการเผาได้แม่นยำรายวัน ข้อมูลจุดความร้อนนี้เป็นเครื่องมือสำคัญที่สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) ใช้ในการประเมินความหนาแน่นของการเผาในแต่ละตำบลและอำเภอ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่เป้าหมายในการส่งเสริมเทคโนโลยีทดแทนการเผา จำนวนจุดความร้อนที่ลดลงจึงเป็น "ดัชนีชี้วัดผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์" (Key Performance Indicator) ที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการดำเนินงานวิชาการและการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรในพื้นที่อย่างแท้จริง

### 2.4 แนวคิดการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมและการบริหารจัดการความรู้เพื่อความยั่งยืน

การขับเคลื่อนนวัตกรรมเทคโนโลยีพลังงานชีวภาพในพื้นที่ปฏิรูปที่ดินให้เกิดความต่อเนื่องและยั่งยืนนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของตัวเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องบูรณาการกระบวนการทางสังคมและการจัดการความรู้เพื่อสร้างการยอมรับและทักษะในการพึ่งพาตนเองของเกษตรกร โดยมีแนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญเป็นกรอบในการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 2.3 แผนผังความเชื่อมโยงหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SEP for SDGs)

#### 2.4.1 แนวคิดเชิงทฤษฎีด้านการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม (Participatory Development Concept)

คำว่า การมีส่วนร่วมมิได้จำกัดอยู่เพียงการเข้าร่วมกิจกรรมหรือการรับทราบข้อมูลข่าวสาร แต่เป็นกระบวนการเสริมสร้างพลังอำนาจ (Empowerment) ให้แก่ภาคประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น

ปารีชาติ วลัยเสถียร และคณะ (2543) ได้วิเคราะห์แนวคิดการมีส่วนร่วมในฐานะที่เป็นทั้งวิธีการ (Means) และเป้าหมาย (Ends) ในเวลาเดียวกัน โดยในมิติของวิธีการนั้น การมีส่วนร่วมจะช่วยให้การดำเนินโครงการมีประสิทธิภาพและตรงตามบริบทของพื้นที่ ส่วนในมิติของเป้าหมายคือการสร้างขีดความสามารถของเกษตรกรในการจัดการและควบคุมทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีพอย่างเป็นอิสระ ความสำเร็จของการมีส่วนร่วมจึงไม่ได้วัดจากจำนวนผู้เข้าร่วมประชุม แต่ชี้วัดจากระดับความรู้สึกเป็นเจ้าของ (Ownership) ของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีถึงหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งความรู้สึกนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเกษตรกรได้รับโอกาสในการตัดสินใจและร่วมแก้ไขปัญหาตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของโครงการ

#### 2.4.2 ลำดับขั้นและกระบวนการมีส่วนร่วมในงานพัฒนาเกษตรกรรม (Stages of Participation)

การวิเคราะห์ระดับของการมีส่วนร่วมมีความสำคัญต่อการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์ในพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน โดยนักวิชาการได้จำแนกขั้นตอนการมีส่วนร่วมไว้อย่างเป็นระบบ (เกรียงไกร ฐระพันธ์, 2560) ดังนี้

การมีส่วนร่วมในการศึกษาปัญหาและสาเหตุ (Participation in decision-making) เป็นการร่วมกันวิเคราะห์สภาพปัญหาการจัดการไบอ้อยและจุดความร้อนในพื้นที่ เพื่อให้เกษตรกรตระหนักถึงผลกระทบและร่วมกำหนดเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาร่วมกับนักวิชาการ

การมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจเลือกนวัตกรรม เป็นขั้นตอนที่เกษตรกรและนักวิชาการร่วมกันพิจารณาความเหมาะสมของเทคโนโลยี เช่น ขนาดของถังหมัก ตำแหน่งการติดตั้งและการจัดสรรวัตถุดิบ (ไบอ้อยและมูลสัตว์) ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตและต้นทุนที่มีอยู่จริง

การมีส่วนร่วมในการดำเนินการและระดมทรัพยากร (Participation in implementation) เป็นการนำทักษะและทรัพยากรในท้องถิ่นมาใช้ในการติดตั้งและเดินระบบ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและสร้างความเข้าใจเชิงช่างให้แก่เกษตรกร

การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์และประเมินผล (Participation in evaluation) เป็นขั้นตอนสำคัญในการสรุปผลสัมฤทธิ์เชิงเศรษฐศาสตร์ เช่น ปริมาณก๊าซที่ลดภาระรายจ่ายได้จริง และปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมัก ซึ่งจะส่งผลต่อแรงจูงใจในการใช้งานในระยะยาว

#### 2.4.3 แนวคิดการจัดการความรู้และภูมิปัญญาเพื่อการพึ่งพาตนเอง (Knowledge Management: KM)

การจัดการความรู้ในชุมชนเกษตรกรรมมิใช่เพียงการเก็บรวบรวมข้อมูล แต่เป็นการถอดองค์ความรู้ที่ฝังลึกอยู่ในตัวบุคคล (Tacit Knowledge) ออกมาเป็นความรู้ที่ชัดเจน (Explicit Knowledge) เพื่อให้เกิดการถ่ายทอดอย่างยั่งยืน

พูนสุข ประเสริฐสรณ์ (2561) และนักวิชาการด้านการส่งเสริมการเกษตร ได้เน้นย้ำว่า กระบวนการจัดการความรู้ในงานพลังงานชุมชนต้องอาศัยการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Learning by Doing) หัวใจสำคัญคือการสร้างพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Learning Space) เพื่อให้เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการใช้งานถึงหมักก๊าซชีวภาพได้แลกเปลี่ยนเทคนิคการจัดการ เช่น วิธีการเตรียมวัตถุดิบให้ย่อยสลายง่าย การปรับสภาวะกรด-ด่างในถัง หรือการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เบื้องต้น การจัดเก็บองค์ความรู้เหล่านี้ในรูปแบบของคู่มือปฏิบัติงานที่เข้าใจง่ายหรือสื่อวีดิทัศน์สั้น จะช่วยให้การบริหารจัดการเทคโนโลยีมีความต่อเนื่องแม้จะมีการเปลี่ยนผ่านรุ่นของเกษตรกร

#### 2.4.4 บทบาทของปราชญ์เกษตรและเครือข่ายการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน (Social Capital and Networks)

ในสังคมเกษตรกรรม ทูทางสังคม (Social Capital) และความสัมพันธ์เชิงเครือข่าย มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมมากกว่าคำสั่งหรือการรณรงค์จากภาครัฐเพียงอย่างเดียว

ศุภรักษ์ เชาว์รังสรรค์ (2561) และนักวิจัยด้านระบาดวิทยาทางสังคม ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับผู้นำการเปลี่ยนแปลง (Change Agent) หรือ "ปราชญ์พลังงาน" ว่าเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของเทคโนโลยี (Diffusion of Innovation) การพัฒนาอาสาสมัครปฏิรูปที่ดิน (อสปก.) หรือเกษตรกรแกนนำให้มีความเชี่ยวชาญในลักษณะ "ครูพาท่า" จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้แก่เกษตรกรรายอื่น ๆ ในชุมชน การเรียนรู้ในรูปแบบเกษตรกรสู่เกษตรกร (Farmer to Farmer) มีประสิทธิภาพสูงในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เนื่องจากเป็นการสื่อสารด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย และอ้างอิงจากผลสำเร็จที่เป็นรูปธรรมในสภาพแวดล้อมเดียวกัน การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้จึงเป็นยุทธศาสตร์ที่เปลี่ยนพื้นที่ปฏิรูปที่ดินจากพื้นที่ประสบปัญหาการเผาให้กลายเป็น "สังคมแห่งการเรียนรู้สีเขียว" อย่างแท้จริง

### 2.5 แนวคิดเกี่ยวกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน และยุทธศาสตร์ชาติที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิชาการเชิงพัฒนานวัตกรรมในเขตปฏิรูปที่ดิน จำเป็นต้องมีความสอดคล้องและบูรณาการเข้ากับทิศทางการพัฒนาในระดับสากลและระดับประเทศ เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยสามารถตอบสนองต่อตัวชี้วัดเชิงยุทธศาสตร์และสร้างผลกระทบเชิงบวกในวงกว้างได้อย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดแนวคิดหลักดังนี้

#### 2.5.1 แนวคิดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

องค์การสหประชาชาติ (United Nations) ได้กำหนดวาระการพัฒนาระดับโลกปี 2030 (2030 Agenda for Sustainable Development) ซึ่งเป็นกรอบการพัฒนาโลกที่เน้นความสมดุลใน 3 มิติ คือ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลในพื้นที่ปฏิรูปที่ดินมีความสอดคล้องกับเป้าหมายหลัก (Sustainable Development Goals, 2566) ดังนี้

เป้าหมายที่ 7 พลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้ (Affordable and Clean Energy) มุ่งเน้นการเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนในการผสมผสานพลังงานโลก การส่งเสริมถึงหมักก๊าซชีวภาพขนาดครัวเรือนถือเป็นการสร้าง "ประชาธิปไตยทางพลังงาน" (Energy Democracy) ที่ช่วยให้เกษตรกร

สามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานจากฐานทรัพยากรในท้องถิ่น ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และก๊าซหุงต้ม (LPG) จากภายนอก

เป้าหมายที่ 12 การผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน (Responsible Consumption and Production) เน้นการบริหารจัดการและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนใบอ้อย จากวัสดุที่ต้องเผาทำลายให้กลายเป็นแหล่งพลังงานและปุ๋ยอินทรีย์ เป็นการนำหลักการหมุนเวียน ทรัพยากรมาใช้เพื่อลดปริมาณของเสียให้เป็นศูนย์ (Zero Waste)

เป้าหมายที่ 13 การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Action) การยุติ การเผาในไร่อ้อยช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก สู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นมาตรการสำคัญในการบรรเทาสภาวะโลกร้อน (Global Warming) และการปรับตัว ของชุมชนเกษตรกรรมต่อวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อม

### 2.5.2 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ

ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 – 2580) กำหนดวิสัยทัศน์ให้ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน โดยมีเป้าหมายในการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับงานวิชาการชิ้นนี้ในประเด็นสำคัญ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้น การปรับปรุงระบบการจัดการมลพิษที่มีผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน โดยเฉพาะการจัดการปัญหา ฝุ่นละออง PM 2.5 จากภาคเกษตรกรรม ซึ่งเป็นประเด็นที่รัฐบาลยกระดับให้เป็นวาระแห่งชาติ การสร้างทางเลือกในการจัดการชีวมวลผ่านเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจึงเป็นเครื่องมือเชิงยุทธศาสตร์ ในการลดจุดความร้อน (Hotspots) อย่างยั่งยืน

แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นการเติบโตอย่างยั่งยืน เน้นการสร้างเศรษฐกิจ หมุนเวียนที่เพิ่มมูลค่าจากของเสีย (Waste to Value) และการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ อย่างสมดุล การดำเนินงานของคุณเอื้อในฐานะนักวิชาการปฏิรูปที่ดินจึงเป็นการแปลงยุทธศาสตร์ชาติ ไปสู่การปฏิบัติในระดับพื้นที่ (Area-based) เพื่อสร้างความมั่นคงด้านทรัพยากรดินและอากาศสะอาด ให้แก่เกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน

### 2.5.3 นโยบายและแผนปฏิบัติการของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) มีพันธกิจหลักในการพัฒนาเกษตรกร และชุมชนในเขตปฏิรูปที่ดินให้มีความเข้มแข็งและยั่งยืน โดยภายใต้แผนปฏิบัติการ 5 ปี (พ.ศ. 2566 – 2570) ได้กำหนดแนวทางที่เกี่ยวข้องดังนี้

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (2565) ได้วางนโยบายการขับเคลื่อน "พื้นที่สีเขียว ในเขตปฏิรูปที่ดิน" (ALRO Green Area) เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ในภาคเกษตรกรรม การส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากใบอ้อยมิใช่เพียงการแก้ปัญหาความเดือดร้อน รายวันของเกษตรกร แต่เป็นการยกระดับพื้นที่ปฏิรูปที่ดินจังหวัดราชบุรีให้กลายเป็นชุมชนเกษตรกรรม ยั่งยืนต้นแบบ (Sustainable Agricultural Community) ที่สามารถบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้ได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิตจากค่าปุ๋ยเคมีและค่าพลังงาน และสร้างความสมดุลของระบบนิเวศดินตามภารกิจหลักของ ส.ป.ก. ในการคุ้มครองและพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อประโยชน์สูงสุดของเกษตรกร

## 2.6 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวทางการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผา จำเป็นต้องอ้างอิงฐานข้อมูลจากงานวิจัยเชิงประจักษ์ เพื่อยืนยันถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิคและความคุ้มค่าในการดำเนินการ โดยผู้จัดทำได้รวบรวมและสังเคราะห์ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องในประเด็นสำคัญ ดังนี้

### 2.6.1 งานวิจัยเกี่ยวกับลักษณะสมบัติและศักยภาพของใบอ้อยในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ใบอ้อยเป็นชีวมวลที่มีความซับซ้อนเชิงโครงสร้าง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ งานวิจัยในระดับประเทศหลายฉบับได้ให้ข้อสรุปเชิงวิชาการที่สำคัญ

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2562) ได้ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของใบอ้อยพบว่า ประกอบด้วยสารประกอบลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช โดยมีปริมาณเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่สูง ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีสำหรับการผลิตก๊าซมีเทน อย่างไรก็ตาม สารประกอบเหล่านี้ถูกพันธนาการด้วยลิกนิน (Lignin) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ย่อยสลายยากในสภาวะการหมักแบบไร้อากาศปกติ งานวิจัยของ อานนท์ พรหมพนาพงศ์ (2563) จึงเสนอแนะว่ากระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Feedstock Preparation) มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการบดหรือย่อยใบอ้อยให้มีขนาดเล็กกว่า 1-2 เซนติเมตร จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (Surface Area) ให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายได้ง่ายขึ้น และลดระยะเวลาในการไฮโดรไลซิส ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนชีวมวลเป็นก๊าซชีวภาพสูงขึ้นกว่าร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับการใช้ใบอ้อยขนาดใหญ่

### 2.6.2 งานวิจัยเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับเทคนิคการหมักร่วม (Co-digestion)

เพื่อเพิ่มผลผลิตก๊าซ ความท้าทายหลักของการใช้ใบอ้อยเป็นวัตถุดิบเดี่ยวคือสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio) ที่สูงเกินไป งานวิจัยจึงมุ่งเน้นการแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยเทคนิคการหมักร่วม สมพงษ์ จันทรผ่อง และคณะ (2564) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพระหว่างการหมักใบอ้อยเพียงอย่างเดียวกับการหมักร่วมกับมูลสัตว์ (โค หรือ สุกร) พบว่าการหมักร่วมช่วยสร้างสภาวะที่เรียกว่า "ผลกระทบรวมเชิงบวก" (Synergistic Effect) โดยมูลสัตว์จะช่วยเติมเต็มธาตุไนโตรเจนและจุลธาตุ (Trace Elements) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจน ในขณะที่ใบอ้อยจะทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานคาร์บอน ผลการวิจัยระบุว่าการใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (สัดส่วน C:N ระหว่าง 20:1 ถึง 30:1) จะช่วยลดสภาวะการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA) ที่มักเกิดจากการหมักพืชเพียงอย่างเดียว และช่วยเพิ่มเสถียรภาพของค่า pH ในถังหมัก ทำให้สามารถผลิตก๊าซได้อย่างต่อเนื่องและลดความเสี่ยงจากการ "ระบบล้ม" ในถังหมักขนาดเล็กระดับครัวเรือน

### 2.6.3 งานวิจัยด้านผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และผลประโยชน์พลอยได้ทางการเกษตร

ความคุ้มค่าของนวัตกรรมถ้ำหมักก๊าซชีวภาพในพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน สามารถพิจารณาได้จากมิติ การลดรายจ่ายและการเพิ่มมูลค่าทรัพยากร

วรจิตต์ เศรษฐพรณ (2562) ได้ประเมินผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์จากการใช้ก๊าซชีวภาพ ในชุมชนเกษตรกรรม พบว่าถ้ำหมักขนาด 200 ลิตร หรือถ้ำหมักขนาดเล็กระดับครัวเรือน สามารถ ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้เฉลี่ย 12-15 กิโลกรัมต่อปีต่อครัวเรือน ซึ่งเมื่อคำนวณร่วมกับ ผลพลอยได้คือ "น้ำหมักชีวภาพ" (Bio-slurry) ที่ได้จากถ้ำหมัก ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก (N-P-K) และฮอร์โมนพืชในรูปที่ละลายน้ำได้ดี พบว่าสามารถลดต้นทุนการซื้อปุ๋ยเคมีได้มากกว่าร้อยละ 30 งานวิจัยของ พงษ์ศักดิ์ รุ่งรอดงามเจริญ (2563) ยังชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยจากกากตะกอนก๊าซชีวภาพ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความร่วนซุยและกักเก็บความชื้นได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการสร้าง "ผลตอบแทน ระยะยาว" จากการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินเกษตรกรรม

### 2.6.4 งานวิจัยเชิงนโยบายและมิติสิ่งแวดล้อมเรื่องการลดมลพิษ PM 2.5

การจัดการชีวมวลในที่ดิน ส.ป.ก. มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับความสำเร็จของนโยบาย อากาศสะอาดระดับประเทศ

งานวิจัยของ พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ และคณะ (2565) เรื่องแนวทางการจัดการขยะและ มลพิษทางอากาศในชุมชนเกษตรกรรม ระบุว่า การสร้างนวัตกรรมที่เกษตรกรเข้าถึงได้และได้รับ ผลประโยชน์เชิงประจักษ์ (เช่น ได้ก๊าซใช้ฟรี) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปรับเปลี่ยน พฤติกรรมจากการเผาไหม้ในที่โล่ง ข้อมูลทางดาวเทียมยืนยันว่าในพื้นที่ที่มีการส่งเสริมการจัดการ ชีวมวลเป็นก๊าซชีวภาพหรือปุ๋ยหมัก มีจำนวนจุดความร้อน (Hotspots) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ พื้นที่ส่งเสริมด้วยวิธีการประชาสัมพันธ์เพียงอย่างเดียว การศึกษานี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่า การแปรรูป ใบบ่อยเป็นพลังงานสะอาดมิใช่เพียงมาตรการทางพลังงาน แต่เป็นกลยุทธ์สำคัญในการป้องกันวิกฤต ฝุ่นละออง PM 2.5 และการสะสมก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศอย่างยั่งยืน

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิชาการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผา ผู้จัดทำได้กำหนดระเบียบวิธีและขั้นตอนการดำเนินงานที่ครอบคลุมทั้งมิติการสำรวจเชิงพื้นที่ มิติทางเทคนิควิศวกรรมพลังงาน และมิติทางสังคมในการถ่ายทอดความรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การศึกษาวิเคราะห์พื้นที่และข้อมูลฐาน (Pre-Implementation)

การศึกษาวិเคราะห์พื้นที่ที่เผาไหม้และจุดความร้อน (Hotspots) ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถิติ จุดความร้อนจากระบบภูมิสารสนเทศ ร่วมกับการวิเคราะห์แผนชุมชนในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี เพื่อกำหนดพื้นที่เป้าหมายที่มีวิกฤตการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรสูง

การประเมินความต้องการและทัศนคติของเกษตรกร ดำเนินการประชาสัมพันธ์และสำรวจความต้องการของเกษตรกรในพื้นที่ เกี่ยวกับการนำเศษซากวัชพืชและใบอ้อยมาใช้ประโยชน์แทนการเผา เพื่อคัดเลือกเกษตรกรแกนนำที่สมัครใจและมีความพร้อมเชิงทรัพยากร (มีชีวมวลและมูลสัตว์)

#### 3.2 ขั้นตอนการประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ

กระบวนการจัดเตรียมถังหมักเพื่อใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานเชิงเทคนิคดังนี้

##### 3.2.1 การติดตั้งระบบท่อส่งก๊าซ (ช่องที่ 1)

ดำเนินการเจาะรูบริเวณฝาถังในตำแหน่งช่องที่ 1 เพื่อใช้เป็นทางเดินสำหรับท่อส่งก๊าซไปยังถังกักเก็บ โดยทำการติดตั้งข้อต่อเกลียวในขนาด 1.5 นิ้ว และข้ออ 90 องศา ขนาด 4 หุน โดยเน้นการประกบวัสดุให้แน่นหนาทั้งด้านบนและด้านล่างของฝาถังเพื่อความแข็งแรงเชิงโครงสร้าง

##### 3.2.2 การติดตั้งชุดวาล์วและทางเดินก๊าซ

ดำเนินการเชื่อมต่อบอลวาล์วขนาด 4 หุน เข้ากับท่อขนาด 4 หุน ความยาวประมาณ 3 นิ้ว และประกอบเข้ากับข้อต่อเกลียวในขนาด 4 หุน สำหรับใช้เป็นจุดติดตั้งชุดทางปลาไหลและสายส่งก๊าซเพื่อลำเลียงก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปยังถังกักเก็บต่อไป

##### 3.2.3 การติดตั้งช่องสำหรับไม้กวนวัชพืช (ช่องที่ 2)

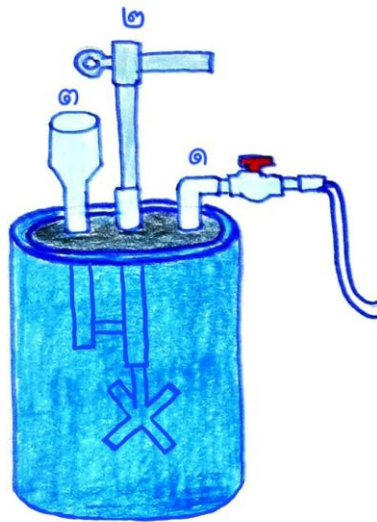
สำหรับช่องที่ 2 ซึ่งเป็นช่องสำหรับติดตั้งไม้กวนวัชพืช ให้ดำเนินการเจาะรูที่ฝาถังและติดตั้งข้อต่อเกลียวนอกขนาด 1.5 นิ้ว โดยทำการยึดเข้ากับข้อต่อเกลียวในขนาดเดียวกันที่บริเวณด้านล่างของฝาถังเพื่อความมั่นคงของอุปกรณ์

##### 3.2.4 การติดตั้งช่องเติมวัตถุดิบ (ช่องที่ 3)

ในส่วนของช่องที่ 3 ซึ่งใช้สำหรับเป็นช่องทางบรรจุเศษอาหารหรือน้ำเข้าสู่ระบบ ให้ดำเนินการเจาะรูตามลักษณะเดียวกับช่องที่ 2 และทำการติดตั้งข้อต่อขนาด 3 นิ้ว ลด 1.5 นิ้ว เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเติมวัตถุดิบเข้าสู่ถังหมัก

### 3.2.5 การสร้างสภาวะไร้อากาศและการอุดรอยรั่ว

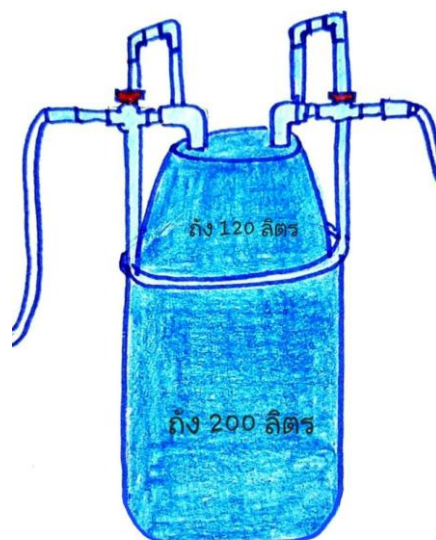
ภายหลังจากการประกอบส่วนประกอบทางเทคนิคทั้งหมดเสร็จสิ้น ให้ดำเนินการปิดผนึกช่องว่างระหว่างรอยต่อของถังและท่อเพื่อป้องกันมิให้อากาศภายนอกรั่วไหลเข้าสู่ระบบ และรักษาเสถียรภาพของสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) ในระหว่างกระบวนการหมักย่อยสลาย โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการประสานวัสดุด้วยความร้อนผสมกับผงซักฟอกตามแนวรอยต่อต่างๆ และทิ้งไว้จนกว่าวัสดุประสานจะแห้งสนิทจึงจะสามารถนำระบบไปใช้งานได้ตามลำดับ



ภาพที่ 3.1 ถังหมักก๊าซชีวภาพจากชีวมวลใบอ้อย

### 3.3 ขั้นตอนการจัดทำถังเก็บก๊าซชีวภาพ

กระบวนการสร้างชุดกักเก็บก๊าซชีวภาพซึ่งทำหน้าที่สำรองพลังงานไว้ใช้งาน มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานเชิงเทคนิคดังนี้



ภาพที่ 3.2 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ

### 3.3.1 การจัดเตรียมถังกักเก็บส่วนบน (Floating Drum)

สำหรับการจัดเตรียมถังกักเก็บส่วนบนให้เลือกใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 120 ลิตร โดยดำเนินการจัดทำในลักษณะเดียวกันทั้งสองช่อง ในส่วนของด้านบนให้เจาะรูเพื่อติดตั้งข้องอ 90 องศา ขนาด 4 หุน สำหรับเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน และบริเวณด้านล่างให้เจาะรูเพื่อรองรับการติดตั้งข้อต่อเกลียว ในขนาด 1.5 นิ้ว

### 3.3.2 การติดตั้งระบบวาล์วและท่อทางเดินก๊าซ

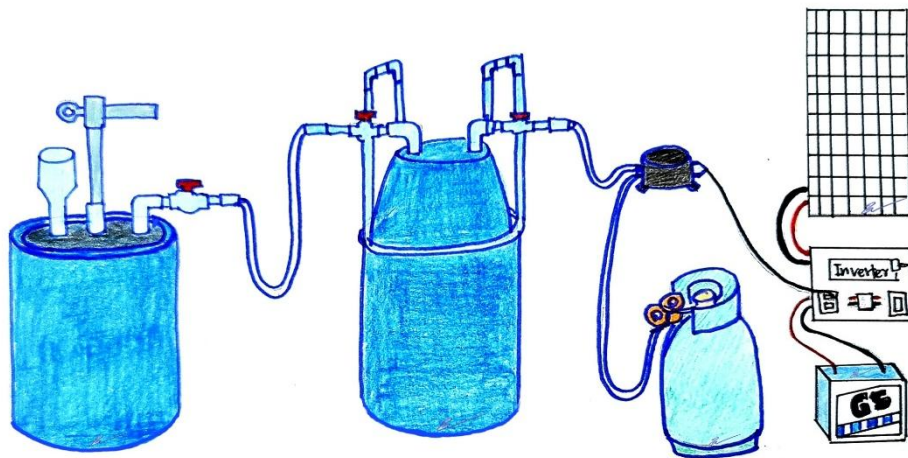
ดำเนินการติดตั้งบอลลวาล์วขนาด 4 หุน จำนวน 2 ชุด บริเวณด้านซ้ายและด้านขวา พร้อมเชื่อมต่อท่อพีวีซีขนาด 4 หุน ความยาวประมาณ 6 นิ้ว โดยจัดวางตำแหน่งให้มีความยาวพื้แนวโค้งงอเล็กน้อย ออกมาด้านนอก จากนั้นให้ติดตั้งข้อต่อเกลียวในขนาด 4 หุน และชุดทางปลาไหลในลักษณะเดียวกัน ทั้งสองข้าง โดยกำหนดให้ด้านที่หนึ่งเชื่อมต่อสายส่งก๊าซเข้ากับถังหมัก และด้านที่สองเชื่อมต่อสายส่งก๊าซเข้ากับถังบรรจุก๊าซหุงต้ม (LPG)

### 3.3.3 การจัดทำชุดประคองโครงกันลอย

ในการจัดทำชุดประคองโครงกันลอยให้นำท่อพีวีซีขนาด 4 หุน มาดำเนินการตัดให้มีความโค้งรับกับสัดส่วนของถังใบบรรจุน้ำด้านล่าง เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวประคองมิให้ชุดถังเก็บก๊าซส่วนบน เคลื่อนที่หลุดออกจากตำแหน่ง โดยใช้ข้อต่อสามทางขนาด 4 หุน จำนวน 4 ตัว เพื่อยึดล็อคตำแหน่ง อุปกรณ์มิให้เกิดการขยับตัว

### 3.3.4 การประกอบโครงกันลอยและการยึดโครงสร้าง

ชุดโครงกันลอยให้เลือกใช้ท่อพีวีซีขนาด 4 หุน ความยาวเส้นละประมาณ 100 เซนติเมตร จำนวน ข้างละ 2 เส้น รวมทั้งสิ้น 4 เส้น เชื่อมต่อเข้ากับข้องอ 90 องศา ขนาด 4 หุน จำนวนข้างละ 2 ตัว รวมทั้งสิ้น 4 ตัว ขั้นตอนสุดท้ายให้ดำเนินการเจาะรูบริเวณถังใบบรรจุน้ำด้านล่างเพื่อใช้ลวดพินยึดเข้ากับชุดประคองโครงกันลอย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการล็อคตำแหน่งเพื่อป้องกันมิให้ชุดประคองและถัง กักเก็บเกิดการพลัดตกหรือหลุดออกจากระบบ



ภาพที่ 3.3 ชุดนวัตกรรมถังหมักและถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ  
ภายหลังกระบวนการประกอบเสร็จสมบูรณ์ในสภาพพร้อมใช้งาน

### 3.4 การใช้งานและการบริหารจัดการก๊าซชีวภาพ

#### 3.4.1. การกักเก็บก๊าซชีวภาพในถังบรรจุสำรอง

ในกรณีที่ไม่ได้มีการเชื่อมต่อสายส่งก๊าซเข้ากับเตาหุงต้มโดยตรง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการเชื่อมต่อสายก๊าซเพื่อบรรจุลงในถังก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ทันทีเมื่อระบบเริ่มกระบวนการผลิตก๊าซ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถจัดเก็บก๊าซชีวภาพไว้ใช้ประโยชน์ในภายหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 3.4.2 ระบบการบรรจุก๊าซด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

กระบวนการบรรจุก๊าซลงในถังอาศัยพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ในการกักเก็บประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยระบบต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับการจ่ายพลังงานให้กับคอมเพรสเซอร์ตู้เย็น อุปกรณ์ดังกล่าวทำหน้าที่ดูดก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากไบโอยูนิทสู่อ่างบรรจุเพื่อความสะดวกและคล่องตัวในการนำไปใช้งาน

#### 3.4.3 ประสิทธิภาพและมาตรฐานความดันในการอัดก๊าซ

การบรรจุก๊าซชีวภาพลงในถังหุงต้มด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยให้สามารถใช้งานพลังงานได้อย่างสะดวกและต่อเนื่อง โดยระบบสามารถอัดก๊าซที่ได้จากกระบวนการหมักลงในถังก๊าซหุงต้มที่ค่าความดันเฉลี่ยประมาณ 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) หรือเทียบเท่า 8.273 บาร์

#### 3.4.4 ระบบการควบคุมประจุไฟฟ้าและการถนอมอายุอุปกรณ์

การทำงานของระบบบรรจุก๊าซเริ่มจากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์มาจัดเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ โดยมีเครื่องควบคุมการชาร์จ (Solar Charger) เป็นอุปกรณ์หลักในการบริหารจัดการประจุไฟฟ้า อุปกรณ์นี้มีหน้าที่ควบคุมการประจุไฟเมื่อแรงดันในแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำและตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อประจุเต็ม ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้น

#### 3.4.5 กลไกการทำงานอัตโนมัติของระบบบรรจุก๊าซ

ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพพลังงานแสงอาทิตย์มีการติดตั้งสวิตช์ควบคุมการเปิดและปิดวงจรไว้ที่ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติ โดยผ่านกระบวนการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตู้เย็นซึ่งจะดูดก๊าซจากถังกักเก็บแล้วส่งต่อไปบรรจุลงในถังก๊าซหุงต้มตามวงจรการทำงานที่กำหนดไว้

#### 3.4.6 การทดสอบความสมบูรณ์ของระบบก่อนการใช้งานจริง

ดำเนินการทดสอบระบบความดัน (Pressure Test) โดยการอัดอากาศเข้าสู่ระบบเพื่อตรวจสอบรอยรั่วตามข้อต่อและวาล์วต่าง ๆ รวมถึงการตรวจสอบระบบการไหลของน้ำหมักเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ทุกส่วนสามารถทำงานสอดประสานกันได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะการใช้งานจริงในพื้นที่เกษตรกรรม



ภาพที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบอ้อย

### 3.4.7 ขั้นตอนการเตรียมชีวมวลและการบรรจุวัตถุดิบ

ดำเนินการเตรียมใบอ้อยและเศษซากวัชพืชโดยการสับย่อยให้มีขนาดเล็กประมาณ 1 ถึง 2 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ จากนั้นดำเนินการผสมใบอ้อยร่วมกับมูลสัตว์ และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์ทางวิชาการ แล้วจึงบรรจุเข้าสู่ถังหมักเพื่อเริ่มต้นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมชีวมวลและการบรรจุวัตถุดิบ

### 3.4.8 การเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์และการควบคุมสภาวะเริ่มต้น

ดำเนินการเติมจุลินทรีย์จากมูลสัตว์สดหรือสารเร่งเพื่อกระตุ้นปฏิกิริยาการเกิดก๊าซมีเทนในช่วงเริ่มต้น พร้อมทั้งปิดระบบวาล์วเพื่อสร้างสภาวะไร้อากาศและติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบจนกว่าจะสามารถผลิตก๊าซที่จุดติดไฟได้อย่างสม่ำเสมอ

### 3.5 กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการเรียนรู้ (Knowledge Transfer)

ผู้จัดทำดำเนินการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 หลักสูตร เพื่อสร้างทักษะให้แก่เกษตรกร ดังนี้



ภาพที่ 3.6 การส่งเสริมและถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตก๊าซชีวภาพสู่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย



ภาพที่ 3.7 การจัดกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และการสาธิตกระบวนการประกอบนวัตกรรมถังหมักก๊าซชีวภาพ

### 3.5.1 หลักสูตร แนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน (26 ธันวาคม 2565 ณ ศาลา หมู่บ้าน หมู่ที่ 2)

- 1) การบรรยายให้ความรู้เรื่องผลกระทบเชิงนิเวศและสุขภาพจากการเผาเศษวัสดุ
- 2) การสาธิตการใช้สารถ้อยสลายเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อลดระยะเวลาการเตรียมที่ดิน
- 3) การฝึกปฏิบัติการผลิตสารถ้อยสลายเพื่อใช้ทดแทนการเผาอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3.8 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ  
หลักสูตร แนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน

### 3.5.2 หลักสูตร การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า (16 มีนาคม 2566 ณ ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 2)

- 1) การเรียนรู้ทฤษฎีการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบอ้อยและชีวมวลในชุมชน
- 2) การฝึกปฏิบัติการผลิต Biogas Ball เพื่อช่วยกระตุ้นการย่อยสลายในถังหมัก
- 3) การสาธิตและฝึกปฏิบัติการทำเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ (Gas Bag/Container) เพื่อความสะดวกในการใช้งานในครัวเรือน



ภาพที่ 3.9 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตร การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า

### 3.6 การติดตามและประเมินผลสัมฤทธิ์ (Post-Implementation)

ดำเนินการลงพื้นที่ติดตามผลหลังการอบรมอย่างต่อเนื่อง เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่

3.6.1 บันทึกปริมาณการเกิดก๊าซและคุณภาพของเปลวไฟจากการใช้ไบโอดีเซลเป็นวัตถุดิบหลัก

3.6.2 จัดเก็บข้อมูลปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้งานของเกษตรกร

3.6.3 การประเมินความคุ้มค่าเบื้องต้นจากการลดปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) และการนำกากตะกอนไปใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดิน



ภาพที่ 3.10 การติดตามผลหลังการอบรม

### 3.7 สูตรการหมักก๊าซชีวภาพสำหรับถังหมักขนาด 120 ลิตร

การหมักก๊าซชีวภาพจากชีวมวลสามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบตามวัตถุดิบและความเหมาะสมของพื้นที่ โดยผลพลอยได้ที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำซึ่งใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช และส่วนที่เป็นกากสำหรับนำไปหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ โดยสูตรการหมักแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบหลักดังนี้

#### 3.7.1 สูตรที่ 1 สูตรมาตรฐานจากการฝึกอบรม

เป็นสูตรเบื้องต้นที่ใช้ในการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่เกษตรกร ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้

- ใบอ้อยแห้งปริมาณ 10 กิโลกรัม
- น้ำสะอาดปริมาณ 100 ลิตร
- กากน้ำตาลปริมาณ 2 ลิตร
- สารเร่งซูปเปอร์ พต.2 จำนวน 2 ซอง

#### 3.7.2 สูตรที่ 2 สูตรปรับปรุงประสิทธิภาพหลังการฝึกอบรม

เป็นสูตรที่ปรับลดปริมาณวัตถุดิบเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดถังและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซ มีรายละเอียดดังนี้

- ใบอ้อยแห้งปริมาณ 3 กิโลกรัม
- น้ำสะอาดปริมาณ 80 ลิตร
- กากน้ำตาลปริมาณ 2 ลิตร
- สารเร่งซูปเปอร์ พต.2 หรือนวัตกรรมก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Biogas Ball) จำนวน 2 ลูก

#### ขั้นตอนการดำเนินการ

การเตรียมการเริ่มจากการสับใบอ้อยแห้งให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยสลาย จากนั้นนำใบอ้อยใส่ลงในถังหมักและเติมน้ำสะอาดปริมาณ 80 ลิตร โดยมีข้อกำหนดว่าปริมาณน้ำรวมวัตถุดิบไม่ควรเกิน 3 ใน 4 ของขนาดถังหมัก ขั้นตอนต่อมาให้เติมกากน้ำตาลและสารเร่งจุลินทรีย์ลงไปผสมให้เข้ากัน เมื่อปิดฝาสนิทและทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ระบบจะเริ่มผลิตก๊าซที่พร้อมใช้งาน ทั้งนี้ในระหว่างกระบวนการควรดำเนินการคนวัตถุดิบทุกชั่วโมงเพื่อให้จุลินทรีย์กระจายตัวอย่างทั่วถึง และสามารถบรรจุก๊าซลงในถังกักเก็บเพื่อความสะดวกในการใช้งานต่อไป

#### 3.7.3 สูตรที่ 3 สูตรประยุกต์ใช้ร่วมกับใบไม้แห้งและเศษอาหาร

เป็นสูตรที่เน้นการใช้ใบไม้แห้งสับละเอียดเป็นวัตถุดิบหลักทดแทนใบอ้อย มีรายละเอียดดังนี้

- ใบไม้แห้งสับละเอียดปริมาณ 1 กิโลกรัม โดยหลีกเลี่ยงใบไม้ชนิดที่มีปุยยางเนื่องจากจะยับยั้งการเกิดก๊าซ
- สารเร่งซูปเปอร์ พต.2 จำนวน 2 ซอง
- กากน้ำตาลปริมาณ 5 ลิตร
- น้ำสะอาดปริมาณ 3 ใน 4 ของถังหมัก

### ขั้นตอนการดำเนินการ

เมื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันและหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ระบบจะเริ่มผลิตก๊าซ ซึ่งอุณหภูมิในพื้นที่จะมีผลต่อความรวดเร็วในการหมัก ก๊าซที่ได้สามารถนำมาใช้ประกอบอาหารประเภท ผักหรือทอดในระดับครัวเรือนได้ โดยปกติระบบจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงในการผลิตก๊าซขึ้นใหม่ ทดแทนส่วนที่ใช้ไป ซึ่งสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องประมาณ 2 ถึง 3 ครั้งต่อรอบ สำหรับการดูแลระบบ ให้เติมเศษอาหาร เช่น เศษข้าวหรือเศษผัก วันละ 1 ถ้วยและดำเนินการคว่ำวัตถุดิบทุกครั้ง โดยทั่วไป สูตรนี้จะมีอายุการใช้งานประมาณ 2 ถึง 3 เดือนก่อนดำเนินการเปลี่ยนวัตถุดิบชุดใหม่

#### 3.7.4 สูตรที่ 4 สูตรการหมักจากมูลสัตว์และเศษอาหาร

เป็นแนวทางการผลิตก๊าซชีวภาพที่ไม่มีส่วนผสมของกากไบออย ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ การผลิตก๊าซที่ดีกว่า มีรายละเอียดดังนี้

- วัตถุดิบประกอบด้วย
- มูลวัวปริมาณ 1 ลิตร
- น้ำสะอาดปริมาณ 1 ลิตร
- เศษอาหารปริมาณ 1 ถ้วย

### ขั้นตอนการดำเนินการ

เริ่มจากการผสมมูลวัวและน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ให้เข้ากันและหมักทิ้งไว้ประมาณ 5-6 วัน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการผลิตก๊าซ เมื่อระบบเริ่มผลิตก๊าซแล้วให้เริ่มเติมเศษอาหารวันละ 1 ถ้วยเพื่อเป็น แหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์ โดยควรหลีกเลี่ยงเศษอาหารหรือผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อสภาวะความเป็นกรดต่างทำให้ก๊าซไม่เกิด ทั้งนี้อาจพิจารณาติดตั้งข้อต่อบริเวณส่วนกลาง ของถังเพื่อความสะดวกในการระบายน้ำและกากทิ้งตามรอบการใช้งาน

#### 3.8 นวัตกรรมก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Biogas Ball)

เป็นการเตรียมก้อนเชื้อเข้มข้นเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในถังหมัก มีรายละเอียดดังนี้

- ไบออยแห้งสับละเอียดปริมาณ 8 กิโลกรัม
- มูลสัตว์ปริมาณ 8 กิโลกรัม
- กากน้ำตาลปริมาณ 8 กิโลกรัม
- เศษอาหารปริมาณ 24 กิโลกรัม
- น้ำสะอาดปริมาณ 80 ลิตร

### ขั้นตอนการผลิต

เริ่มต้นด้วยการนำไบออยแห้งมาสับให้ละเอียดและผสมเข้ากับมูลสัตว์ กากน้ำตาล และเศษอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุในภาชนะปิดสนิททิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงเพื่อให้จุลินทรีย์ เริ่มขยายตัว ขั้นตอนต่อมาให้นำส่วนผสมมาปั้นเป็นก้อนและนำไปตากแดดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงเพื่อให้ ก้อนเชื้อมีความคงตัว เมื่อแห้งสนิทแล้วควรจัดเก็บไว้ในสภาพที่แห้งที่อุณหภูมิห้องเพื่อเตรียมไว้สำหรับ การใช้งานในลำดับต่อไป

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิชาการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผาในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ได้รับผลลัพธ์เชิงประจักษ์ที่บรรลุตามวัตถุประสงค์และตัวชี้วัดของโครงการ โดยสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาและความสำเร็จที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน ดังนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์พื้นที่และดัชนีจุดความร้อนเชิงพื้นที่

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดจุดความร้อน (Hotspots) ร่วมกับการสำรวจสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดินตำบลหนองพันจันทร์ พบว่าปัญหาการเผาในที่โล่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับวงจรการผลิตอ้อยโรงงาน โดยพบความหนาแน่นของจุดความร้อนในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวและเตรียมพื้นที่เพาะปลูกใหม่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายน

ข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจพื้นที่หมู่ที่ 2 พบว่ามีเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรตกค้างในแปลงในปริมาณสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกษตรกรเลือกวิธีการเผาทำลายเพื่อลดต้นทุนแรงงานการวิเคราะห์ในส่วนนี้ทำให้นักวิชาการสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายที่มีความพร้อมเชิงทรัพยากร เพื่อนำนวัตกรรมถังหมักก๊าซชีวภาพเข้าไปเปลี่ยนสถานะของเศษวัสดุให้กลายเป็นพลังงานสะอาด ซึ่งนอกจากจะช่วยลดจำนวนจุดความร้อนเชิงสถิติในพื้นที่ดำเนินการได้ตามเป้าหมายแล้ว ยังเป็นการปกป้องโครงสร้างทางกายภาพของดินจากการถูกทำลายด้วยความร้อนสะสมอีกด้วย

#### 4.2 ผลสัมฤทธิ์ด้านการถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรมสู่ชุมชน

กระบวนการสร้างการเรียนรู้ผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 หลักสูตร ได้สร้างความเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพและทัศนคติของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้

##### 4.2.1 ผลการฝึกอบรมหลักสูตร แนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน

ดำเนินการเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2565 ณ ศาลาหมู่บ้านหมู่ที่ 2 ผลการดำเนินงานชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรมีความตระหนักถึงผลกระทบเชิงลบของการเผาที่มีต่อสุขภาพดินและคุณภาพอากาศเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เกษตรกรสามารถเรียนรู้ทฤษฎีการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุและฝึกปฏิบัติการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเพื่อทดแทนการเผาได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้เกิดความต้องการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการที่ดินในรูปแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

##### 4.2.2 ผลการฝึกอบรมหลักสูตร การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า

ดำเนินการเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2566 ณ ที่ทำการผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 2 เน้นการนำไปอ้อยมาผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือน ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญคือเกษตรกรได้รับทักษะในการบริหารจัดการถังหมักขนาด 200 ลิตร ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การประยุกต์ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไร้อากาศ รวมถึงการฝึกปฏิบัติการทำเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ (Gas Bag) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น

ในการขนย้ายพลังงานสะอาดไปใช้งานในจุดต่าง ๆ ของบ้านเรือน กระบวนการนี้ช่วยยกระดับขีดความสามารถของเกษตรกรในการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานและมองเห็นคุณค่าจากเศษซากวัชพืช

#### 4.3 ประสิทธิภาพทางเทคนิคของนวัตกรรมก๊าซชีวภาพและระบบกักเก็บ

ภายหลังจากการติดตั้งและส่งเสริมการใช้งานจริงในครัวเรือนนาร่อง ผลการติดตามประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของนวัตกรรมชุดผลิตก๊าซชีวภาพมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้



ภาพที่ 4.1 การตรวจเยี่ยมและติดตามผลสัมฤทธิ์การใช้งานนวัตกรรมก๊าซชีวภาพในพื้นที่จริง

##### 4.3.1 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซและความเสถียรของเปลวไฟ

ระบบถังหมักที่ติดตั้งร่วมกับกระบวนการเตรียมวัตถุดิบใบอ้อยย่อยละเอียดและการใช้จุลินทรีย์เร่งปฏิกิริยา พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพจนถึงระดับที่จุดติดไฟได้จริงภายใต้สภาวะอากาศของพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยก๊าซที่ผลิตได้มีค่าความร้อนคงที่และให้เปลวไฟสีน้ำเงินใสซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพความบริสุทธิ์ของก๊าซมีเทนที่สูง ระบบสามารถผลิตก๊าซได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอเพียงพอต่อการหุงต้มอาหารในชีวิตประจำวันของเกษตรกร ช่วยยืนยันว่านวัตกรรมถังหมักขนาดเล็กมีความเหมาะสมกับบริบทการใช้งานในพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดิน

##### 4.3.2 ผลสัมฤทธิ์ของเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพและการใช้งาน

เครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพในการกักเก็บและบริหารจัดการพลังงานสะอาดในระดับครัวเรือน โดยมีการปรับปรุงขนาดอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสม (Scaling) กับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จริงจากถังหมัก ทำให้ระบบมีความสามารถในการรองรับก๊าซในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้แรงดันก๊าซมีความเสถียรและสม่ำเสมอขณะใช้งานหุงต้ม นอกจากนี้ นวัตกรรมเครื่องบรรจุก๊าซและถุงบรรจุก๊าซ (Gas Bag) ยังช่วยแก้ข้อจำกัดเรื่องระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งถังหมักกับอาคารที่พักอาศัย ทำให้เกษตรกรสามารถเคลื่อนย้ายก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

ในครัวเรือนได้อย่างสะดวกสบายและมีความคล่องตัวสูง เป็นการตอบโจทย์วิถีชีวิตและสร้างความพึงพอใจในการใช้งานพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

#### **4.4 ผลกระทบและมูลค่าเพิ่มในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม**

การดำเนินงานวิชาการชิ้นนี้ได้ส่งผลกระทบเชิงบวกที่ครอบคลุมมิติการพัฒนาที่ยั่งยืนในพื้นที่ดำเนินงาน ดังนี้

##### **4.4.1 มิติเศรษฐกิจและการลดรายจ่ายภาคครัวเรือน**

เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการซื้อก๊าซหุงต้ม (LPG) ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลพลอยได้ที่เป็นของเหลวและกากตะกอนหลังจากการหมักไบโอดีเซล ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง เกษตรกรได้นำกลับไปใช้ในแปลงอ้อยและพืชสวนครัวรอบที่อยู่อาศัย ช่วยลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีและสารปรับปรุงดิน พร้อมทั้งช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

##### **4.4.2 มิติสังคมและการเสริมสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้สีเขียว**

เกิดการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างเกษตรกรในพื้นที่หมู่ที่ 2 ในลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน ความสำเร็จเชิงประจักษ์จากการผลิตก๊าซใช้เองได้จริงในครัวเรือนช่วยเปลี่ยนทัศนคติของชุมชนให้เห็นความสำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อมร่วมกัน และเกิดกลุ่มเกษตรกรแกนนำที่มีความเชี่ยวชาญในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่สมาชิกรายอื่น ๆ ในเขตปฏิรูปที่ดิน

##### **4.4.3 มิติสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมยั่งยืน**

ปฏิบัติการเผาไบโอดีเซลในแปลงเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของจุดความร้อนในระดับตำบลและช่วยบรรเทาวิกฤตฝุ่นละออง PM 2.5 การจัดการที่ดินโดยปราศจากการใช้ไฟช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศดินและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับนโยบายการจัดการพื้นที่สีเขียวในเขตปฏิรูปที่ดินและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรอย่างยั่งยืน

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิชาการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลเพื่อทดแทนการเผา ในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงาน การอภิปรายผล ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ เพื่อการพัฒนาพื้นที่อย่างยั่งยืนได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานวิชาการในพื้นที่เป้าหมายหมู่ที่ 2 ตำบลหนองพันจันทร์ สามารถสรุปสาระสำคัญได้เป็น 3 ประเด็นหลักดังนี้

##### 5.1.1 ผลสัมฤทธิ์เชิงพื้นที่และสิ่งแวดล้อม

การศึกษาวิเคราะห์พิกัดจุดความร้อนร่วมกับการส่งเสริมการจัดการชีวมวลไบโอดีเซลทดแทนการเผา ส่งผลให้อุบัติการณ์การเผาในแปลงเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นการสนับสนุนนโยบายการลดมลพิษทางอากาศ (PM 2.5) และช่วยรักษาอินทรีย์วัตถุในโครงสร้างดินเขตปฏิรูปที่ดินให้คงความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว

##### 5.1.2 ผลสัมฤทธิ์ด้านการถ่ายทอดองค์ความรู้และทักษะ

เกษตรกรในพื้นที่ได้รับความรู้เชิงปฏิบัติการผ่านหลักสูตรการเฝ้าระวังการเผาไหม้และการบริหารจัดการเศษวัสดุเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเกษตรกรมีความเข้าใจในหลักการย่อยสลายแบบไร้อากาศ และมีทักษะในการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์เพื่อเร่งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากไบโอดีเซลละเอียดร่วมกับมูลสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

##### 5.1.3 ผลสัมฤทธิ์ด้านนวัตกรรมและพลังงานทดแทน

ชุดนวัตกรรมถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร และเครื่องบรรจุก๊าซที่พัฒนาขึ้น สามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพให้เปลวไฟสม่ำเสมอเพียงพอต่อการหุงต้มอาหารในครัวเรือน การปรับขนาดนวัตกรรมให้เหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริงช่วยลดข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ติดตั้งและสร้างความพึงพอใจให้แก่เกษตรกรในการใช้งานพลังงานสะอาด

#### 5.2 อภิปรายผล

จากการดำเนินงานมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจในเชิงลึกดังนี้

##### 5.2.1 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเกษตรกรผ่านแรงจูงใจทางเศรษฐกิจ

การที่เกษตรกรยอมรับนวัตกรรมและลดการเผาไบโอดีเซลเกิดจากการเห็นผลประโยชน์เชิงประจักษ์ในการลดรายจ่ายค่าก๊าซหุงต้ม (LPG) และการได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำคุณภาพสูงจากระบบถังหมัก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่เปลี่ยนเศษวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นทรัพยากรที่มีมูลค่า

### 5.2.2 ความเหมาะสมทางเทคนิคและการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

การเลือกใช้ชีวมวลไบโอดีซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ปริมาณมากในพื้นที่ ส.ป.ก. จังหวัดราชบุรี ร่วมกับการใช้นวัตกรรมขนาดเล็กที่ซ่อมบำรุงง่าย เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate Technology) ทำให้เกิดความยั่งยืนในการใช้งานจริง แตกต่างจากระบบขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง

### 5.2.3 การสร้างความเข้มแข็งของเครือข่ายปราชญ์พลังงาน

ความสำเร็จของโครงการไม่ได้จำกัดเพียงแค่วันนวัตกรรม แต่รวมถึงการสร้างกลุ่มเกษตรกรแกนนำในพื้นที่หมู่ที่ ๒ ที่มีความเชี่ยวชาญในการถ่ายทอดเทคโนโลยี กระบวนการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อนนี้เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดความยั่งยืนในการแผ่รังวงการเผาไหม้และส่งเสริมเกษตรกรสีเขียวในพื้นที่ ส.ป.ก.

## 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

จากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานจริง พบปัญหาและอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของโครงการ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลักดังนี้

### 5.3.1 ช่องว่างด้านทักษะการแก้ปัญหาเชิงเทคนิค

แม้เกษตรกรจะผ่านการอบรมและสามารถเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพเบื้องต้นได้ แต่เนื่องจากระบบย่อยสลายแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่มีความอ่อนไหว เมื่อเกิดปัญหาขัดข้องระหว่างการหมัก เช่น เกิดความเป็นกรดสูง ก๊าซไม่เกิด หรือมีกลิ่นเหม็น เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความชำนาญในการวิเคราะห์สาเหตุและแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ด้วยตนเอง ทำให้เทคโนโลยีหยุดชะงักหากไม่มีเจ้าหน้าที่เข้าไปดูแลอย่างใกล้ชิด

### 5.3.2 ความไม่ต่อเนื่องของวัตถุดิบหลัก

ไบโอดีเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีปริมาณมากเฉพาะในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดอุปสรรคในการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ระบบหมักอย่างต่อเนื่องในช่วงนอกฤดูการ ซึ่งการปล่อยให้ถังหมักว่างเปล่าหรือขาดสารอาหารหล่อเลี้ยงจุลินทรีย์ จะส่งผลให้ระบบผลิตก๊าซไม่ต่อเนื่องและลดความคุ้มค่าในการใช้งานของเกษตรกรในระยะยาว

### 5.3.3 แรงเสียดทานจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

อุปสรรคสำคัญเชิงพฤติกรรมคือเกษตรกรคุ้นชินกับความสะดวกสบายดั้งเดิมเมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนที่ต้องลงแรงเพิ่มขึ้น เช่น การรวบรวมไบโอดี การสับย่อย และการดูแลระบบกับความง่ายของการซื้อก๊าซหุงต้ม (LPG) หรือการจุดไฟเผาทำลายซากพืชทิ้ง จึงเกิดแรงต้านในการยอมรับเทคโนโลยีหากไม่มีแรงจูงใจเชิงบวกที่มากพอมาสนับสนุน

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาและอุปสรรคที่พบ เพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ นำไปสู่การขยายผลและการพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดินอย่างยั่งยืน ผู้จัดทำจึงมีข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการและเชิงนโยบายดังนี้

#### 5.4.1 การสร้างระบบที่เลี้ยงชุมชนและยกระดับสู่ศูนย์เรียนรู้

ควรมีการจัดทำคู่มือการแก้ปัญหาเบื้องต้นที่เข้าใจง่ายสำหรับประชาชน และวางแนวทางให้เกษตรกรต้นแบบที่ประสบความสำเร็จ พัฒนาศักยภาพและยกระดับพื้นที่ของตนเองไปสู่การเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านพลังงานทดแทนชุมชนอย่างเป็นทางการ โดยผลักดันให้อาสาสมัครปฏิรูปที่ดิน (อสปท.) หรือผู้นำชุมชน ทำหน้าที่เป็นปราชญ์พลังงานหรือช่างชุมชน เพื่อเป็นที่เลี้ยงคอยให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาทางเทคนิคให้แก่เกษตรกรรายอื่นในพื้นที่ได้ทันที โดยอาศัยกลไกการถ่ายทอดความรู้จากเกษตรกรสู่เกษตรกรเพื่อสร้างความยั่งยืนด้วยตัวชุมชนเอง

#### 5.4.2 การพัฒนาแบบจำลองการจัดการวัตถุดิบตลอดปี

ควรส่งเสริมและต่อยอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการวัตถุดิบแบบผสมผสาน โดยไม่พึ่งพาเพียงใบอ้อยอย่างเดียว แต่สนับสนุนให้เกิดการนำวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีตลอดปี เช่น ขยะเศษอาหารในครัวเรือน วัชพืช หรือมูลสัตว์ มาหมักร่วมในช่วงนอกฤดูเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ให้เกษตรกรใช้งานได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี

#### 5.4.3 การผลักดันนโยบายพื้นที่สีเขียวต้นแบบและเชื่อมโยงกลไกสร้างแรงจูงใจ








เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดด้านความสะดวกสบายและจูงใจให้เกษตรกรเลิกการเผาอย่างเด็ดขาด ส.ป.ท. ควรมีนโยบายส่งเสริมและประกาศให้พื้นที่ที่ประสบความสำเร็จในการจัดการใบอ้อยนี้เป็น "พื้นที่สีเขียวต้นแบบ (Green Area Prototype)" เพื่อใช้เป็นแหล่งศึกษาดูงานและจัดทำเป็นโมเดลมาตรฐานในการขยายผลไปยังเขตปฏิรูปที่ดินจังหวัดอื่น ๆ นอกจากนี้ควรบูรณาการระดับนโยบายเพื่อนำผลสำเร็จจากการลดการเผา ไปเชื่อมโยงกับกลไกสร้างแรงจูงใจ เช่น การให้สิทธิพิเศษในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน "สินเชื่อสีเขียว" (Green Credit) หรือการเตรียมความพร้อมชุมชนเข้าสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ภาคสมัครใจ เพื่อเปลี่ยนความเหนื่อยยากในการจัดการใบอ้อย ให้กลายเป็นผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่สูงขึ้นและคุ้มค่าสำหรับเกษตรกรอย่างแท้จริง

## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2564. แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ การแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง. กรุงเทพฯ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมป่าไม้. ม.ป.ป. ตารางค่าความร้อนจากถ่านไม้ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก [www.forest.go.th](http://www.forest.go.th)
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2565. คู่มือการใช้งานสารเร่งซูเปอร์ พด. 2 เพื่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. กรุงเทพฯ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. คู่มือการผลิตและการใช้งานเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร. กรุงเทพฯ กระทรวงพลังงาน.
- โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. ถ่าน การผลิตที่ถุกวิธีและประโยชน์. กรุงเทพฯ สวทช.
- พุดมินต์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2544. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. กรุงเทพฯ กรมป่าไม้.
- ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2553. คู่มือการใช้งานเตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง). เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2562. รายงานสรุปการวิจัยศักยภาพพลังงานจากชีวมวลใบอ้อย. เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2549. คู่มือเตาเผาถ่าน 200 ลิตร. กรุงเทพฯ สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม.
- สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. 2565. แผนปฏิรูปราชการระยะ 5 ปี พ.ศ. 2566 – 2570 ของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. 2566. คู่มือการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบอ้อย (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2561. ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 – 2580. กรุงเทพฯ สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ.
- องค์การสหประชาชาติ. ม.ป.ป. เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน Sustainable Development Goals [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://thailand.un.org/th/sdgs>
- อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ป่าไม้ขนาดย่อม คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2529. รายงานการศึกษาเทคโนโลยีการจัดการชีวมวล. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

## ภาคผนวก 1

ตารางที่ 1 รายการวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการจัดทำชุดถังหมักและถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ภาพประกอบ
1	ถังพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 120 ลิตร	2	ใบ	
2	ถังพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 60 ลิตร	1	ใบ	
3	ท่อ PVC 1.5 นิ้ว (เส้น 4 เมตร)	1	เส้น	
4	ท่อ PVC 0.5 นิ้ว (4 หุน) (เส้น 4 เมตร)	2	เส้น	
5	ข้อต่อสามทาง 4 หุน	8	ตัว	
6	ข้อต่อ 90 องศา 4 หุน	8	ตัว	
7	ข้อต่อ 90 องศา 1.5 นิ้ว	1	ตัว	
8	ข้อต่อตรง 1.5 นิ้ว	1	ตัว	



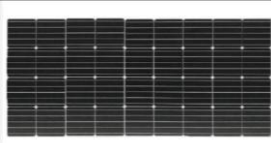




ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ภาพประกอบ
9	ข้อต่อลด 3 นิ้ว ออก 1.5 นิ้ว	1	ตัว	
10	หางปลาไหล แปะเกลียวข้าง 1.5 นิ้ว	3	อัน	
11	ข้อต่อเกลียวใน 1.5 นิ้ว	2	ตัว	
12	ข้อต่อเกลียวนอก 1.5 นิ้ว	2	ตัว	
13	ข้อต่อเกลียวใน 4 หุน	6	ตัว	
14	ข้อต่อเกลียวนอก 90 องศา 4 หุน	3	ตัว	
15	วาล์ว 1.5 นิ้ว	1	ตัว	
16	วาล์ว 4 หุน	3	ตัว	
17	เกจวัดความดันก๊าซ	1	อัน	

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ภาพประกอบ
18	เข็มขัดรัดท่อ	8	ตัว	
19	เทปพันเกลียว	3	อัน	
20	ผงซักฟอก	1	กิโลกรัม	
21	กาวร้อน	10	หลอด	
22	กาวทาท่อ PVC ขนาด 250 กรัม	1	กระป๋อง	

ตารางที่ 2 รายการวัสดุสำหรับการจัดทำก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Biogas Ball)

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ภาพประกอบ
1	ถังพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 120 ลิตร	1	ใบ	
2	กากน้ำตาล 7 กิโล	1	กิโลกรัม	
3	มูลสัตว์แบบเปียก (มูลวัว) 10 กิโล	2	กระสอบ	

ตารางที่ 3 รายการวัสดุและอุปกรณ์สำหรับระบบบรรจุก๊าซชีวภาพด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ภาพประกอบ
1	คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ สำหรับตู้เย็น AC	1	เครื่อง	
2	แบตเตอรี่ 12 โวลต์	1	ลูก	
3	แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 170 วัตต์	1	ชุด	
4	ชุดอินเวอร์เตอร์ 3,500 วัตต์	1	ชุด	
5	สายต่อแผงโซลาร์เซลล์	1	ชุด	
6	สายแบตเตอรี่	1	ชุด	
7	สายไฟ	5	เมตร	

## ภาคผนวก 2

### ภาพกิจกรรมการฝึกอบรม หลักสูตรที่ 1 แนวทางการเฝ้าระวังการเผาไหม้ในเขตปฏิรูปที่ดิน



ภาพกิจกรรมการฝึกอบรม หลักสูตรที่ 2 การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า



### ภาพกิจกรรมการติดตามผลการดำเนินงานครั้งที่ 1

การติดตามปัจจัยที่มีผลต่อเสถียรภาพระบบหมัก เนื่องจากกระบวนการผลิตก๊าซจากไบโอดีปมีความไวต่อสภาวะแวดล้อม ทั้งด้านความสมดุลของวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ และอุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลาย ซึ่งอาจทำให้ปริมาณก๊าซคลาดเคลื่อนไปจากเป้าหมายที่กำหนดไว้



## ภาพกิจกรรมการติดตามผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 2

การติดตามผลเชิงรุกเพื่อแก้ไขปัญหาทางเทคนิคในระบบอัดก๊าซ โดยมีการปรับปรุงระบบไฟฟ้า และบำรุงรักษาคอมเพรสเซอร์ให้พร้อมใช้งาน พร้อมทั้งถ่ายทอดทักษะความปลอดภัยเชิงปฏิบัติ แก่เกษตรกร เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการบริหารจัดการนวัตกรรมได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ



### ภาพกิจกรรมการติดตามผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 3

การยกระดับประสิทธิภาพการผลิตก๊าซผ่านการขยายขนาดชุดกักเก็บและพัฒนาระบบถังหมัก ช่วยลดข้อจำกัดด้านความต่อเนื่องของพลังงาน และสอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริงของเกษตรกร



#### ภาพกิจกรรมการติดตามผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 4

การติดตามผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานนวัตกรรมร่วมกับหัวเตาหุงต้มในชีวิตประจำวัน โดยการแก้ไขปัญหาทางเทคนิคด้านสมดุลอากาศเพื่อให้มีการจุดติดไฟที่เสถียรและสม่ำเสมอ ส่งผลให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์มาตรฐานในครัวเรือนได้อย่างสมบูรณ์



### ภาพกิจกรรมการติดตามผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 5










การติดตามและตรวจเยี่ยมความก้าวหน้าโดยผู้ตรวจราชการ ซึ่งมีการสาธิตการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในการประกอบอาหารจริง เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของระบบที่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน และส่งเสริมการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินอย่างยั่งยืน



### ภาคผนวก 3

#### QR Code วิดีโอสื่อองค์ความรู้และเทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพ

เพื่อให้เกษตรกรและผู้สนใจสามารถเข้าถึงขั้นตอนการดำเนินงานและเทคนิคเชิงปฏิบัติได้อย่างรวดเร็ว จึงรวบรวมสื่อวิดีโอองค์ความรู้แยกตามประเด็นสำคัญไว้ดังนี้

รายการสื่อวิดีโอองค์ความรู้	QR Code
1. การส่งเสริมพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล (Biomass) เพื่อทดแทนการเผา	
2. การฝึกอบรมการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากไบโอดี	
3. การปรับปรุงสูตรการหมักหลังการอบรมการผลิตก๊าซชีวภาพจากไบโอดี	
4. ปัญหาหลังการปรับปรุงสูตรการหมักหลังอบรมการผลิตก๊าซชีวภาพจากไบโอดี	
5. การปรับปรุงระบบอัดก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซ LPG	
6. การปรับปรุงถังหมักก๊าซชีวภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น	
7. การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาแก๊ส	
8. ผู้ตรวจราชการกรมตรวจเยี่ยมการผลิตก๊าซชีวภาพจากไบโอดี	
9. คู่มือและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากการส่งเสริมการพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล (Biomass) เพื่อทดแทนการเผา	



การส่งเสริมพัฒนา  
การผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล  
(Biomass)  
เพื่อทดแทนการเผา

