เอกสารอ้างอิง

http://www.biogang.net/biodiversity_view.php?menu=biodiversity&uid=๕๓๐๘๒&id=๑๙๐๙๕๖

http://www.biogas-cmu.com/index.php/๗๓-๒๐๑๔-๐๑-๑๗-๐๖-๕๙-๔๖

http://www๒.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

บุญส่ง แก้วจรัส. 2553 **การศึกษาประสิทธิภาพการทำปุ๋ยหมักฟางข้าวโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์และการปรับวัสดุหมัก**. วิทยานิพน์ ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 80 หน้า.

ปุ๋ย ออนไลน์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ. **สูตรการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว แบบไม่ต้องพลิก**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.puith.com/การทำปุ๋ยหมักฟางข้าว วันที่ 31 สิงหาคม 2561.

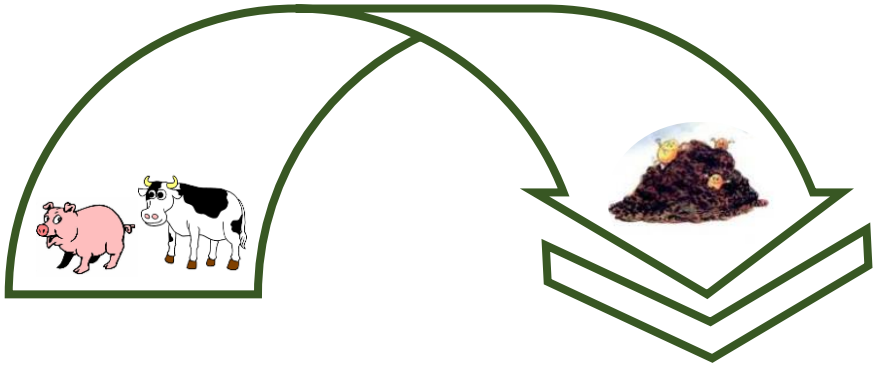
มติชนออนไลน์. **ก้อนเห็ดเก่าอย่าทิ้ง...นำมาทำปุ๋ยหมักได้**. วันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2558 (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://m.matichon.co.th/readnews.php?newsid=1429772566 วันที่ 28 มีนาคม 2561

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน. 216 หน้า

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2548. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอกในพื้นที่ทำการเกษตร. เอกสารวิชาการลำดับที่ 19/2548 ISNB 974-463-521-8. พิมพ์ครั้งที่ 1 ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 216 หน้า

ศูนย์เกษตรอินทรีย์นาโนออนไลน์. **ก้อนเห็ดทำปุ๋ยหมัก.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://www.phikanes.comปุ๋ยเอ็นฟังก์ชั่นกับเห็ด/ปุ๋ยก้อนเห็ด.html วันที่ 31 สิงหาคม 2561.

คู่มือการติดตั้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี



เรียบเรียงโดย

อรณัท ปฐพีจำรัสวงศ์ และคณะ

สำนักงานสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ตารางที่ ๔ ผลวิเคราะห์คุณสมบุติทางเคมีของปุ๋ยหมักจากเศษต้นข้าวโพด ฟางข้าว มูลวัว ส่วนผสมของน้ำบ่อล้นจากระบบบำบัดบ่อก๊าซชีวภาพจากมูลวัว และคะแนนถ่วงน้ำหมักคุณภาพปุ๋ยหมักตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน

ลำดับ	รายการวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน	คะแนนถ่วงน้ำหนัก (ก)	ดัชนีคุณภาพ (ข)	คะแนนที่ได้
1	ค่าการนำไฟฟ้า Electrical Conductivity (dS/m)	4	น้อยกว่า 6	2	10	20
2	อัตราส่วน C/N	7.61	น้อยกว่า 20 : 1	2	10	20
3	อินทรียวัตถุ (Organic matter: %)	31.89	มากกว่า 30	1.5	8	12
4	ความเป็นกรด-ด่าง	6.5	5.5-8.5	1.5	8	12
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N: %)	2.48	มากกว่า 1.0	1	10	10
6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5: %)	8.49	มากกว่า 0.5	0.5	10	5
7	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O: %)	3.96	มากกว่า 0.5	0.5	10	5
8	ปริมาณความชื้น (Moisture: %)	31	น้อยกว่า 35	0.5	10	5
9	สิ่งเจือปน %	0	ร้อยละ 0-10	0.5	10	5
10	โซเดียม	3.41	น้อยกว่า ร้อยละ 1			
คะแนนที่ได้						**94**

ตารางที่ ๓ ผลวิเคราะห์คุณสมบุติทางเคมีปุ๋ยหมักจากก้อนเห็ดเก่า มูลวัว ส่วนผสมของน้ำบ่อล้นจากระบบบำบัดบ่อก๊าซชีวภาพจากมูลวัวและคะแนนถ่วงน้ำหมักคุณภาพปุ๋ยหมักตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน

ลำดับ	รายการวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน	คะแนนถ่วงน้ำหนัก (ก)	ดัชนีคุณภาพ (ข)	คะแนนที่ได้
1	ค่าการนำไฟฟ้า Electrical Conductivity (dS/m)	0.87	น้อยกว่า 6	2	10	20
2	อัตราส่วน C/N	14.97	น้อยกว่า 20 : 1	2	10	20
3	อินทรียวัตถุ (Organic matter: %)	20.68	มากกว่า 30	1.5	4	6
4	ความเป็นกรด ด่าง	8.50	5.5 8.5	1.5	8	12
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N: %)	1.07	มากกว่า 1.0	1	10	10
6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5: %)	0.63	มากกว่า 0.5	0.5	6	3
7	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O: %)	0.24	มากกว่า 0.5	0.5	6	3
8	ปริมาณความชื้น (Moisture: %)	51.48	น้อยกว่า 35	0.5	2	1
9	สิ่งเจือปน %			0.5	10	5
	คะแนนที่ได้					**80**

คำนำ

เทคโนโลยีด้านก๊าซชีวภาพในฟาร์มขนาดเล็กเป็นการนำองค์ความรู้จากการพัฒนางานวิจัยไปใช้ประโยชน์สู่ชุมชนและกลุ่มเป้าหมาย คือ เกษตรกรในพื้นที่ โดยเป็นการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมภายในฟาร์มและชุมชนโดยรอบ และลดปริมาณมูลสะสมที่เกิดขึ้นภายในฟาร์ม โดยนำเทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพลาสติกพีอีหรือถังหมักแบบพลาสติกพีอี มาใช้ในแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมภายในฟาร์ม ในปีงบประมาณ ๒๕จ สานักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม ได้สนับสนุนงบประมาณดำเนินงานโครงการ เรื่อง “โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพระดับชุมชนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพึ่งตนเองทางเศรษฐกิจและการส่งเสริมระบบเกษตรปลอดภัย กรณีศึกษา ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี” กิจกรรมโครงการได้มีการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพลาสติกพีอีให้กับชุมชนดังกล่าว ในการนี้คณะทำงานจึงได้จัดทำ“คู่มือการติดตั้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี” ขึ้น เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้กับเกษตรกร เจ้าหน้าที่ และผู้ที่สนใจ ได้ใช้เป็นแนวทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในพื้นที่ โดยได้รวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาตามหลักวิชาการ ซึ่งคู่มือเล่มนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาการเกิดก๊าซชีวภาพ การติดตั้งและดูแลรักษาระบบก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี การใช้ประโยชน์จากกากมูลหมักบ่อก๊าซมาผลิตเป็นปุ๋ย

หากคู่มือที่จัดทำขึ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะทำงานต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ และยินดีน้อมรับฟังข้อคิดเห็นและข้อติชมต่างๆ จากทุกท่าน เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขคู่มือให้ถูกต้องและเหมาะสม สาหรับจัดทาในโอกาสต่อไป

คณะทำงาน

สารบัญ

	หน้า
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ	๒
การเกิดก๊าซชีวภาพ	๒
คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ	๒
ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ	๓
ประโยชน์ของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ	๔
การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ	๕
วิธีการสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี	๕
ขั้นตอนการสร้างบ่อหมักก๊าซ	๖
การดูแลรักษาระบบก๊าซชีวภาพ	๑๒
บทสรุปของเทคโนโลยีที่นำมาถ่ายทอด	๑๓
การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี	๑๖
การผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองระบบกองเติมอากาศ	๑๖
เอกสารอ้างอิง	

ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของเศษต้นข้าวโพด ฟางข้าว มูลวัว และน้ำบ่อล้นจากระบบบำบัดบ่อก๊าซชีวภาพของฟาร์มวัว หมู่ 5 บ้านหนองแร้ง พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 4.0 dS/m, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) 7.61, ปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ 31.89, ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.5, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 2.47, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ร้อยละ 8.49, ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ร้อยละ 3.96, ปริมาณความชื้น ร้อยละ 31 และไม่มีสิ่งเจือปน (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก พบว่าผ่านมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน ที่คะแนนถ่วงน้ำหนัก 94 คะแนน

ปุ๋ยหมักสูตรนี้ ที่ใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือน วิธีการดูแลกองปุ๋ยนั้นทำได้ไม่ยาก ต้นทุนการผลิตที่ไม่สูง ด้วยเพราะสามารถหาวัตถุดิบในท้องถิ่นได้ และได้ปุ๋ยหมักคุณภาพดี อย่างไรก็ตาม ในการผลิตมิได้ย่อยเศษฟางให้ละเอียดมากนัก ด้วยเพราะเวลานำไปใส่ในนาข้าว เกษตรกรจะใช้รถไถปั่นให้เข้ากับดิน ดังนั้นหากจะผลิตเพื่อใช้กับการเพาะปลูกที่ต่างออกไป ควรสับฟางข้าวที่ใช้นั้นให้ละเอียดหรือทำให้เล็กลง จะทำให้ฟาข้าวย่อยสลายได้ง่ายขึ้น (https://www.puith.com/การทำปุ๋ยหมักฟางข้าว) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการศึกษาของบุญส่ง แก้วจรัส (2553) ได้ทดลองทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว พบว่าไม่จำเป็นต้องเติมหัวเชื้อใดๆ อีกทั้งยังให้ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเมื่อการหมักสมบูรณ์ได้ตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน คือ ความเป็นกรด-ด่าง ๖.๓๕ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ ๑๕.๐๗ ปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ ๑.๘๔ ร้อยละ ๑.๐๓ และร้อยละ ๒.๕๕ (ตามลำดับ) โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ ร้อยละ ๕๘.๔๔

ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก พบว่าผ่านมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน ที่คะแนนถ่วงน้ำหนัก 80 คะแนน แม้กระนั้นก็ตาม คุณสมบัติทางเคมีบางชนิดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย อาทิ

• ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด: จากสัดส่วนของก้อนเห็ด ต่อ มูลโค เท่ากับ 4 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ถ้าพิจารณาปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในก้อนเห็ด มีเพียงร้อยละ 0.40 ส่วนมูลโค เท่ากับ 1.22 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะมูลโคถูกย่อยสลายหมดไป คงเหลือธาตุอาหารเฉพาะในส่วนที่เป็นวัสดุจากก้อนเห็ดเก่าเท่านั้น (สอดคล้องกับค่าร้อยละของอินทรีย์วัตถุที่เหลือเพียง ร้อยละ 20.68)

• ปริมาณความชื้น: ด้วยเพราะก้อนเห็ดเก่ามีขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นองค์ประกอบหลัก และมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ค่อนข้างดี จากการนำก้อนเห็ดเก่ามาผลิตเป็นปุ๋ยหมักนั้น ค่อนข้างมีความเหมาะสมกับชุมชน ด้วยเพราะชุมชนมีการเพาะเลี้ยงเห็ดกันอย่างแพร่หลาย อาทิ เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดหูหนู และเห็ดชนิดอื่นๆ โดยผลิตเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน และผลิตเพื่อจำหน่ายในตลาดทั้งภายในและภายนอกชุมชน ถือได้ว่าการเพาะเห็ดเป็นอาชีพที่ดีอย่างหนึ่งของเกษตรกรและผู้ที่สนใจ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ตามมา คือ ก้อนเห็ดที่หมดอายุเป็นจำนวนมากที่ต้องนำไปทำลายทิ้ง และอาจส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมชุมชน (http://www.phikanes.comปุ๋ยเอ็นฟังก์ชั่นกับเห็ด/ปุ๋ยก้อนเห็ด.html) ทั้งนี้วัสดุที่นิยมนำมาทำก้อนเห็ด ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา และขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณอื่นๆ นอกจากนี้ ยังมีอาหารเสริมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี ดังนั้นการนำก้อนเห็ดเก่ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุหมัก จะทำให้ธาตุอาหารที่เหลือตกค้างในก้อนเห็ดเก่าไปเป็นธาตุอาหารบำรุงต้นพืช ในการเพาะปลูกของเกษตรกร หรือวัสดุปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดี มีส่วนช่วยในการลดการใช้ปุ๋ยชนิดอื่นๆ และค่าใช้จ่ายที่ต้องซื้อมา รวมทั้งทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณโรงเพาะเห็ดดีขึ้น และถ้ามีในปริมาณมาก สามารถผลิตจำหน่ายเป็นรายได้เพิ่มเติมจากการเพาะเห็ดได้อีกด้วย

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ

ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ หรือไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ในขณะที่เกิดการย่อยสลายนั้นจะเกิดก๊าซขึ้นกลุ่มหนึ่ง ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (Methane, CH_4) รองลงมาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซอื่นๆ ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่มีมากที่สุด มีคุณสมบัติไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและติดไฟได้ เบากว่าอากาศ แต่ที่มีกลิ่นเหม็นนั้นเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ“ก๊าซไข่เน่า” ซึ่งเมื่อจุดไฟแล้วมีกลิ่นเหม็นจะหมดไป

ตารางที่ ๑ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ชนิด	ปริมาณ (%)
มีเทน	50 – 70
คาร์บอนไดออกไซด์	30 – 50
อื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไอน้ำ	เล็กน้อย

วัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ มูลสัตว์ทุกชนิด รวมทั้งของเสีย/น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ โรงฆ่าสัตว์ และจากขยะชุมชน หรือร้านค้า ภัตตาคาร เป็นต้น

คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ค่าความร้อนประมาณ ๒๑ เมกกะจูล/ลูกบาศก์เมตร (ที่ปริมาณมีเทน ๖๐ %) ความเร็วเปลวไฟ ๒๕ ซม./วินาที อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ ๖๕๐องศาเซลเซียส อุณหภูมิจุดติดไฟ (CH๔) ๖๐๐องศาเซลเซียส ค่าความจุความร้อน ๑.๖ กิโลจูล/ลบ.ม.- องศาเซลเซียส ความหนาแน่น (pressure,P) ๑.๑๕ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

๑. อุณหภูมิ (Temperature)

โดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียมีอยู่ ๓ ช่วง คือ

- กลุ่มแบคทีเรีย Phychrophillicจะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ (๕-๑๕องศาเซลเซียส)
- กลุ่มแบคทีเรีย Mesophillicจะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (๓๕-๓๗องศาเซลเซียส)
- กลุ่มแบคทีเรีย Thermophillicจะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง (๕๐-๕๕องศาเซลเซียส)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ และการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นในอัตราสูงมากในช่วงอุณหภูมิปาน กลางและอุณหภูมิสูง

๒. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง ๖.๕-๗.๕ถ้าต่ำกว่า ๕ จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเธนแต่แบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์สามารถทนต่อสภาพเป็นกรดได้ต่ำถึง ๔.๕ โดยไม่เป็นอันตราย

๓. อัลคาลินิตี้ (Alkalinity)

ค่าอัลคาลินิตี้ หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างถ้าค่าอัลคาลินิตี้ต่ำจะมีแนวโน้มเป็นกรดได้ง่ายค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อระบบหมักมีค่าประมาณ ๑,๐๐๐-๕,๐๐๐ มิลลิกรัม/ลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

๔. กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Acid)

กรดอินทรีย์ระเหยง่าย จะถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทนแต่ถ้าใช้ไม่ทันจะเกิดการสะสมของกรด ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ท้าให้เกิดอันตรายต่อแบคทีเรีย โดยทั่วไปปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในถังหมักไม่ควรเกิน ๒,๐๐๐ มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจทนได้ถึง ๕,๐๐๐ มิลลิกรัม/ลิตร

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี

จากการลงทุนระบบทั้งหมดได้แก่ ถุงก๊าซชีวภาพขนาด ๘ ลบ.ม. ระบบท่อก๊าซ พีวีซี class ๑๓.๕ ระบบหัวเตารุ่น KB๕ การปรับพื้นที่บ่อและก่อสร้างบ่อ ทั้งนี้มีราคาในการก่อสร้างระบบเฉลี่ย ๑๒,๐๐๐ บาท/ระบบ โดยทางคณะทำงานวิจัยสนับสนุนในส่วนของระบบถุงก๊าซชีวภาพและระบบท่อ ๘,๐๐๐ บาท/ระบบ ส่วนฟาร์มลงทุนในการปรับสถานที่ก่อสร้างกรอบบ่อทั้งนี้การลงทุนขึ้นกับสภาพพื้นที่ของฟาร์มนั้นๆ จากปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่ ๑.๙ ลบ.ม./วัน ที่ความเข้มข้นมีเทน ๕๓% คิดเป็นพลังงาน ๑๙.๐๓ เมกกะจูล/ลบ.ม.ก๊าซชีวภาพ หากเทียบเท่ากับค่าความร้อนของก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งมีค่าความร้อน ๕๐.๐ เมกกะจูล/กก. จะสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ ๐.๓๘ กก./ลม.ม.ก๊าซชีวภาพ หรือเทียบเท่าก๊าซหุงต้มที่ประหยัดได้ ๐.๗๒๓ กก./วัน คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าก๊าซหุงต้ม ๑๖.๘๔ บาท/วัน (ราคาก๊าซหุงต้ม ๒๓ บาท/กก.) ทั้งนี้มีระยะเวลาในการคืนทุนทั้งสิ้น ๗๑๓ วัน (คิดเฉพาะค่าก๊าซหุงต้ม) แต่อีกด้านหนึ่งที่ไม่ได้ประเมินคือผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของชุมชนที่ลดลงจากการลดการทิ้งของเสียสู่พื้นที่สาธารณะ

การผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองระบบกองเติมอากาศ

สำหรับการผลิตปุ๋ยหมักนั้น ใช้เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองระบบกองเติมอากาศ ของคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นต้นแบบการถ่ายทอดปุ๋ยหมักจากส่วนผสมของก้อนเชื้อเพาะเห็ดเก่า มูลวัว และน้ำบ่อล้นจากระบบบำบัดบ่อก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกร หมู่ ๙ บ้านหนองตับเต่า พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ ๐.๘๗ dS/m, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ๑๔.๙๗, ปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ ๒๐.๖๘, ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ ๘.๕๐, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ ๑.๐๗, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ร้อยละ ๐.๖๓, ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ร้อยละ ๐.๒๔, ปริมาณความชื้น ร้อยละ ๕๑.๔๘ และไม่มีสิ่งเจือปน (ตารางที่ ๓)

ตารางที่ ๒ ประสิทธิภาพระบบบำบัด ค่า COD removal และปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพทางทฤษฎี

ครั้งที่	ประสิทธิภาพของระบบ (%)	COD remove (kg COD /cu.m/day)	ปริมาณก๊าซที่ได้ทางทฤษฎี (ลบ.ม./วัน)
1	63.69	0.64	14.27
2	67.09	0.81	17.95
3	68.32	0.76	16.88
4	64.78	0.75	16.65
5	66.03	0.84	18.76
6	63.96	0.84	18.56
เฉลี่ย	**65.65**	0.77	17.18

จากข้อมูลในตารางที่ ๑ และ ๒ แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดดังกล่าวมีขนาดเล็กเกินไปในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากค่า COD น้ำเสียที่ออกจากระบบค่อนข้างสูง แต่ก็สามารถปรับปรุงระบบให้ระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้โดยพิจารณาค่า COD removal พบว่ายังค่าดังกล่าวยังคงต่ำ (โดยปกติระบบโดมคงที่ควรมค่า COD removal ประมาณ ๑-๑.๕ kgCOD/cu.m./day) หากสามารถปรับปรุงให้ค่า COD removal สูงขึ้น เช่นทำให้เกิดการกวนให้จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสียมากขึ้นก็จะทำให้ค่า COD removal สูงขึ้นส่งผลให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น ผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้นและน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่า COD ลดลง ดังนั้นการปรับการป้อนน้ำเสียให้บ่อยขึ้นแต่ปริมาณพอเหมาะเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำเสียในระบบจะทำให้จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสียได้ดีขึ้นก็อาจจะเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ หรืออาจปรับปรุงแบบเช่นระบบการจ่ายน้ำเสีย การกระจายน้ำเสียให้สัมผัสกับจุลินทรีย์ได้ทั่วถึงและดีขึ้นก็ได้

๕. สารอาหาร (Nutrients)

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมในระบบ เพื่อให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ และผลิตแก๊สชีวภาพได้ดีควรมีอัตราส่วน COD:N:P เท่ากับ๑๐๐:๒.๒:๐.๔ หรือ BOD:N:Pเท่ากับ ๑๐๐:๑.๑:๐.๒

๖. สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Substances)

การสะสมของสารบางชนิด เช่น กรดอินทรีย์ระเหยง่าย แอมโมเนียซัลไฟด์ และโลหะหนักบางตัว เช่น โซเดียม โปแตสเซี่ยม สามารถท้าให้การย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

๗. การกวน (Mixing)

การกวนผสมในถังหมักมีความสำคัญ เพราะจะท้าให้แบคทีเรียมีโอกาสพบอาหารได้ทั่วถึงและสารอาหารต่าง ๆ ที่แบคทีเรีย ขับออกจะเกิดการกระจายได้ดีขึ้น

ประโยชน์ของการทำบ่อก๊าซชีวภาพ

๑. ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้าได้ ทั้งนี้ก๊าซชีวภาพ จำนวน ๑ ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

๑.๑ ให้ความร้อน ๓,๐๐๐-๕,๐๐๐ กิโลแคลอรี่ ความร้อนจะทำให้น้ำ ๑๓๐ กิโลกรัมเดือดได้ ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส

๑.๒ ใช้กับตะเกียงขนาด ๖๐-๑๐๐ วัตต์ ลุกไหม้ได้ ๕-๖ ชั่วโมง

๑.๓ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ๑.๒๕ กิโลวัตต์

๑.๔ ใช้กับเครื่องยนต์ ๒ แรงม้า ได้นาน ๑ ชั่วโมง

๑.๕ ใช้กับครอบครัวขนาด ๔ คน สามารถหุงต้มได้ ๒-๓ มื้อ

๒. ด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยการนำมูลสัตว์ ปัสสาวะ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อลักษณะสุญญากาศ จะช่วยทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง ผลจากการหมักมูล

๓. ด้านการเกษตร

การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพสามารถนำไปเป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ หรือปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

การปรับปรุงคุณภาพก๊าซ (Gas purification) ก่อนนำไปใช้งาน มีข้อควรพิจารณาดังนี้

๑. การดักน้ำในท่อส่งก๊าซ

ปกติก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มักมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัว เมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ความชื้น (ไอน้ำ) ในก๊าซกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนอุดตันทางเดินของก๊าซ ทางแก้ไขควรติดตั้งชุดดักไอน้ำเพื่อกำจัดหรือลดปริมาณน้ำในท่อส่งก๊าซ

๒. การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพนี้ จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็น เช่น ในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก คือ กรณีมีปริมาณน้อยกว่า ๔๕% อย่างไรก็ดี ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสัตว์นั้นไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ ดังนั้นการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่จำเป็น

๓. การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้น มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำ เพราะจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ จึงเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย

วิธีการสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี

การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี ขนาดที่เหมาะสมกับครัวเรือนอยู่ที่ ๘ ลูกบาศก์เมตรแยกเป็นส่วนของเหลว ๔ ลูกบาศก์เมตร ส่วนเก็บก๊าซชีวภาพ ๔ ลูกบาศก์เมตรโดยสามารถผลิตก๊าซชีวภาพต่อวันได้ประมาณ ๓๕ % ของของเหลวหรือเท่ากับ ๒ ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเพียงพอต่อการนำก๊าซไปใช้ในการหุงต้มในครัวเรือนได้ (ใช้ก๊าซ ๐.๑๕ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

ตารางที่ ๑ การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียเข้า-ออกระบบบำบัดแบบถุงพีอีขนาด ๘ ลบ.ม. และประสิทธิภาพของระบบบำบัด

ครั้งที่	อัตราการป้อนน้ำทิ้ง (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ระบบผลิตได้(ลบ.ม./วัน)	อินทรีย์สาร								สัดส่วนมีเทน (%)
			COD (mg/l)		TS (mg/l)		SS(mg/l)		VSS(mg/l)		
			เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	
1	0.1	1.5	12,450	4,520	9,870	3,550	3,960	1,680	3,790	1,680	54
2	0.1	1.8	14,860	4,890	11,350	4,180	4,460	1,890	4,270	1,890	53
3	0.1	1.7	13,730	4,350	10,620	3,980	4,520	1,750	3,910	1,680	53
4	0.1	2.0	14,280	5,030	11,780	4,370	4,730	1,960	4,470	1,850	54
5	0.1	2.2	15,700	5,360	12,640	4,930	5,380	2,480	5,230	2,260	53
6	0.1	2.2	16,100	5,810	12,440	4,780	5,680	2,380	5,690	2,570	53
เฉลี่ย	0.1	1.9	14,520	4,993	11,450	4,298	4,788	2,023	4,560	1,988	53

จากตารางที่ ๑ พบว่าคุณสมบัติของน้ำเสียเข้าระบบมีค่า Total Solid ค่อนข้างต่ำด้วยเหตุผลที่เกษตรกรได้นำมูลสัตว์ผสมน้ำเติมเข้าไปในระบบโดยตรง ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนกากลงสู่ก้นบ่อของระบบได้ ดังนั้นในการดำเนินการจึงต้องมีการระบายกากออกจากบ่อดังกล่าวบ้าง โดยทั่วไปควรจะต้องระบายกากออกจากระบบประมาณ ๓-๔ เดือน/ครั้ง อนึ่งจากผลของการบำบัดน้ำเสียของระบบในตารางที่ ๑ เมื่อพิจารณาค่า VSS/SS พบว่ามีค่าค่อนข้างสูงแสดงว่ากลุ่มของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอยประเภทกลุ่มสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ แต่เมื่อน้ำเสียผ่านระบบบำบัดพบว่าค่า VSS ยังคงมีค่าค่อนข้างสูงพอสมควรแสดงว่าระยะเวลาในการย่อยสลายในระบบไม่เพียงพอ เมื่อนำผลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพการบำบัดของเสียและค่า COD removal ของระบบบำบัดรวมทั้งการเกิดก๊าซชีวภาพทางทฤษฎีซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ๒ พบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ ๖๕.๖๕% ค่า COD removal เฉลี่ยอยู่ที่ ๐.๗๗ kg COD/cu.m/day โดยมีระยะเวลากักเก็บน้ำ ๔๐ วัน

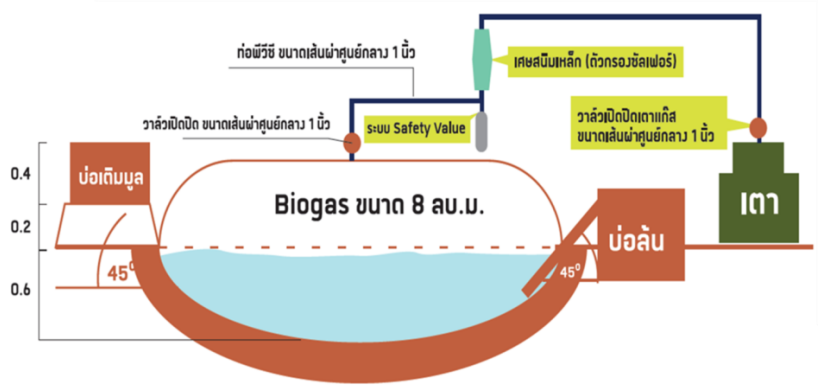
บทสรุปของเทคโนโลยีที่นำมาถ่ายทอด

เป็นการนำเอาความรู้ทางวิชาการด้านการผลิตก๊าซชีวภาพและการผลิตปุ๋ยหมัก บูรณาการนักวิชาการต่างสาขาเพื่อจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมให้กับชุมชน โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี และการประยุกต์ใช้ความรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการบริบทของการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีอี คณะทำงานมีมีแนวคิดในการลดปัญหาความขัดแย้งดังกล่าว โดยเริ่มจากต้นเหตุแห่งปัญหา คือ มูลสัตว์ แนวทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การนำมาเข้าระบบบำบัด หรืออีกนัยหนึ่งของการเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ และยังประโยชน์แก่กลุ่มเกษตรกรหลายด้าน โดยเฉพาะมิติด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลทางตรง กล่าวคือ สามารถลดปริมาณมูลสัตว์ (เหตุแห่งปัญหา) ในขณะที่ผลพลอยได้จากระบบบำบัด คือ ก๊าซชีวภาพ และมูลสัตว์ที่ผ่านระบบบำบัดออกมา หรือที่เรียกว่า กากมูลหมัก ในสภาพที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์กึ่งของเหลวสามารถใช้ในการเพาะปลูกพืชได้

จากการเก็บข้อมูลการใช้ก๊าซหุงต้มในครัวเรือนมีปริมาณการใช้ ๗.๕ กิโลกรัมต่อเดือนต่อฟาร์ม และผลจากการเก็บข้อมูลการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบฯ ทุก ๑๐ วันหลังจากการติดตั้งระบบแล้ว ๓๐ วัน พบว่าระบบนี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยวันละ ๑.๙ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถชดเชยก๊าซหุงต้มได้ประมาณ ๑ กิโลกรัมต่อวัน ดังตารางที่ ๑

ขั้นตอนการสร้างบ่อหมักก๊าซ มีดังนี้

๑. ศึกษาระบบการทำงานของบ่อก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ ๑ การผลิตก๊าซชีวภาพจากถุงพีวีซี

๒. ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่

พื้นที่ที่จะทำการสร้างบ่อหมักก๊าซ ควรมีความกว้าง ๑๗๐ เซนติเมตร ยาว ๔๐๐ เซนติเมตร และมีความลึก ๘๐ เซนติเมตร หัวบ่อและก้นบ่อปรับให้มีลักษณะรองรับรูปทรงของถุงพีวีซี พร้อมทั้งขุดร่องไว้ตรงกลางสำหรับวางท่อเข้า-ออก ของมูลสัตว์ (ภาพที่ ๒)

ภาพที่ ๒ ลักษณะบ่อสำหรับรองรับถุงพีอี

๓. การประกอบถุงหมักพีอี มีขั้นตอนดังนี้

๓.๑ นำพลาสติกพีอี หนา ๑.๕ มิลลิเมตรกว้าง ๑.๘ เมตร ยาว ๖ เมตร จำนวน ๓ แผ่น ทากาวอีแว๊ปแล้วเย็บด้วยความร้อนต่อกันเป็นถุง (ภาพที่ ๓)

ภาพที่ ๓ ถุงพลาสติกพีวีซี

๓.๒ เจาะถุงก๊าซตรงกลางเพื่อเป็นจุดส่งก๊าซ ขนาด ๑ นิ้ว และนำข้องอ ๙๐ องศาเกลียวใน ขนาด ๑ นิ้ว และข้อต่อตรงเกลียวนอกขนาด ๑ นิ้ว ประกอบเข้ากับถุงก๊าซ (ภาพที่ ๔)

ภาพที่ ๔ จุดส่งก๊าซ

๕.๒ การใช้แก๊ส เมื่อเติมมูลสัตว์ได้ประมาณ ๒๐-๓๐ วัน จึงเริ่มทดลองจุดไฟ

ภาพที่ ๑๓ จุดไฟที่หัวเตาแก๊สชีวภาพ

๖. การดูแลรักษาและข้อเสนอแนะอื่นๆ

๖.๑ ควรติดตั้งในที่โล่งแจ้งไม่มีกิ่งไม้ที่อาจหล่นมาใส่ถุงแก๊สทำให้รั่วได้

๖.๒ ควรมั่นตรวจเช็ครอยรั่วซึมสม่ำเสมอ

๖.๓ ดูแลระดับน้ำในชุดระบบนิรภัยให้อยู่เหนือปลายท่อ๑-๒ซม.เสมอ

๖.๔ ห้ามเทน้ำผงซักฟอก สบู่ น้ำล้างจานลงในบ่อแก๊ส

๔.๕ วางท่อแก๊สและประกอบกับชุดอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพมีเทน และหัวเตาให้เรียบร้อย (ภาพที่ ๑๑)

ภาพที่ ๑๑ การวางท่อแก๊สกับหัวเตา

๕. การเติมมูลสัตว์และการใช้แก๊ส

๕.๑ นำถุงทรายมาปิดปากท่อก่อนแล้วนำมูลสัตว์สดมาเทลงในบ่อเติมผสมกับน้ำในอัตราส่วน ๑ ต่อ ๑ แล้วละเลงมูลให้มีลักษณะเหลวแล้ว จึงยกถุงทรายที่ปิดปากท่อออกให้มูลลงไปในถุงก๊าซให้หมด (ควรเติมทุกวันหรือวันเว้นวันก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้แก๊สในแต่ละวัน)

ภาพที่ ๑๒ การเติมมูลสัตว์

๓.๓ นำท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๔ นิ้ว ยาว ๑.๒ เมตร จำนวน ๒ ท่อนประกอบกับถุงทั้ง ๒ ด้าน ให้ปลายท่อยื่นเข้าด้านในถุง ๘๐ เซนติเมตร แล้วมัดด้วยยางในรถจักรยานยนต์ให้แน่น (ภาพที่ ๕)

ภาพที่ ๕ ปลายท่อที่ผูกกับปากถุงเรียบร้อยแล้ว

๓.๔ ชุดระบบนิรภัย ใช้ขวดน้ำดื่มขนาด ๐.๖ ลิตร เจาะรูตรงกลางขวดสำหรับเติมน้ำและใช้ท่อพีวีซีขนาด ๖ หุน หรือ ¾ นิ้ว ยาว ๓๐ เซนติเมตรต่อกับบอลวาวล์ให้ปลายท่ออยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ๑-๒ เซนติเมตร (ภาพที่ ๖)

ภาพที่ ๖ ชุดระบบนิรภัย (แบบขวดน้ำประยุกต์).

๔. การติดตั้งบ่อก๊าซและระบบเตา

๔.๑ ทำการขึ้นรูปถุงก๊าซโดยการเป่าอากาศเข้าไปด้านในถุง ให้ถุงพองตัวมากที่สุด จากนั้นนำถุงพลาสติกมาปิดท่อไว้ให้อากาศอยู่ด้านใน รอสัก ๕ – ๑๐ นาที ถ้าถุงพีวีซียังคงพองตัวเหมือนเดิมแสดงว่าถุงพีวีซีไม่มีรอยรั่ว แต่หากมีรอยรั่วให้ใช้น้ำสบู่หารอยรั่ว (ภาพที่ ๗)

ภาพที่ ๗ เป่าอากาศและทดสอบรั่วถุงพีอี

๔.๒ ยกถุงพลาสติกพีวีซีที่พองตัวใส่ลงบ่อที่ขุดไว้ (ภาพที่ ๘)

ภาพที่ ๘ นำพลาสติกลงบ่อ

๔.๓ จัดท่อเติมและท่อล้น โดยให้ปลายท่อเติมอยู่สูงกว่าท่อล้น ๑๐-๑๕ เซนติเมตร ให้ปลายท่อเอียงทำมุม ๔๕ องศา จากนั้นตอกยึดแล้วตรึงให้แน่นด้วยไม้หรือโบกปูนทับให้แน่น (ภาพที่ ๙)

ภาพที่ ๙ จัดท่อเติมและท่อล้น

๔.๔ เติมน้ำลงในถุงหมักให้ท่วมปลายท่อด้านล่างทั้งสองข้างเพื่อป้องกันลมออกจากถุง (ภาพที่ ๑๐)

ภาพที่ ๑๐ บ่อก๊าซที่ติดตั้งเรียบร้อย พร้อมใช้งาน