



แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัยและนวัตกรรม ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)
งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)
จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2568
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แผนงานของหน่วยงาน

แผนงาน: ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการจัดการของเสียและเศษเหลือทางการเกษตร

ข้อมูลทั่วไป

รายละเอียดโครงการ

รหัสโครงการ	4777668
รหัสข้อเสนอการวิจัย	2568A11112100
ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	นวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงเพื่อการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรสำหรับพัฒนาชุมชนเกษตรแบบเศรษฐกิจหมุนเวียน
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ)	Innovation of modified biochar for agriculture residues management for agro- circular economy community development
งบประมาณเสนอขอ	1,175,000 บาท
งบประมาณรวมตลอดโครงการ	1,175,000 บาท
สถานะงาน	ผู้ประสานหน่วยงานกำลังตรวจสอบ (3)
ประเภทของการวิจัย	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ ได้ยื่นขอรับการพิจารณาเป็นโครงการเพื่อขับเคลื่อนการบรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ (โครงการสำคัญ) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปีงบประมาณที่ยื่นขอรับการจัดสรรงบประมาณ	ไม่ได้ยื่น
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ สอดคล้องหรือสนับสนุนแผนแม่บทย่อยใดมากที่สุด	23.1 แผนย่อย การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ด้านเศรษฐกิจ
ลักษณะโครงการ	ต่อเนื่อง ไม่มีข้อผูกพันสัญญา
ระยะเวลาโครงการ	3 ปี
ดำเนินงานปีที่	3 เริ่มรับงบประมาณปี 2566
โครงการปีก่อนหน้า	
รหัสโครงการ	
ปีงบประมาณ	
ชื่อโครงการ	
หน่วยงาน	

ผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

ปีงบประมาณ	ผลการดำเนินงานเทียบกับแผนที่ตั้งไว้ (%)	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร (บาท)	งบประมาณที่ใช้จริง (บาท)	สัดส่วนงบประมาณที่ใช้จริง (%)
2566	100	882,000.00	882,000.00	100

สรุปผลการดำเนินงานปีที่ผ่านมา

ชุดโครงการวิจัยนี้มีระยะเวลาในการศึกษา 3 ปี โดยในปีแรกจะเป็นการการนำนวัตกรรมไปใช้ในพื้นที่จริง (Innovation adoption) ซึ่งจะคัดเลือกชุมชนที่มีความพร้อมและมีผู้นำเข้มแข็ง เพื่อสร้างชุมชนนำร่องและศึกษาผลกระทบระยะยาว ในปีนี้จะมีการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ควบคู่ไปด้วย ในปีที่ 2 จะเป็นการขยายเครือข่ายเทคโนโลยี (Innovation expansion) ไปยังชุมชนใกล้เคียงและทดสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ และในปี 3 เป็นการสร้างเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเชิงธุรกิจตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ (supply chain network) เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนทรัพยากรอย่างยั่งยืน สำหรับงานวิจัยในปีที่ 1 ที่ได้รับการอนุมัติงบประมาณปี 2566 ทีมผู้วิจัยได้ประสานงานและจัดเวทีประชุมกลุ่มผู้นำชุมชนเพื่อหาพื้นที่นำร่องสำหรับการนำถ่านชีวภาพดัดแปลงไปประยุกต์ในพื้นที่การเกษตรเพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในระยะสั้นในการนำถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ประโยชน์ โดยได้ออกพื้นที่สำรวจชุมชนหมู่บ้านเกษตรใหม่พัฒนา ต.ป่าไผ่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ร่วมกับโครงการย่อยที่ 3 โดยได้ลงสำรวจและคัดเลือกพื้นที่ในการขยายผลนวัตกรรมจำนวน 4 พื้นที่และพื้นที่ในการถ่ายทอดและยอมรับนวัตกรรมต้นแบบถ่านชีวภาพดัดแปลงทั้งพื้นที่นาปลูกข้าวและพื้นที่ปลูกผักของผู้นำเกษตรกรในพื้นที่นำร่องในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ซึ่งโครงการย่อยที่ 3 ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ไม่ว่าจะเป็นเก็บข้อมูลสภาพด้านภูมิและสังคมของเกษตรกร การนำข้อมูลพื้นฐานมาวางแผนการอบรมเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่เกษตรกรเป็นการสร้างผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง (change Agent) และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรมต้นแบบถ่านชีวภาพดัดแปลง และได้ลงพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ในเรื่องของต้นทุนการผลิตของเกษตรกร และจัดเวทีชุมชน ในระยะเวลา 1 ปี โครงการย่อยที่ 1 ได้ผลิตถ่านชีวภาพดัดแปลงเพื่อลงทดสอบในพื้นที่และเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน และตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบในแปลงที่มีการใช้ถ่านชีวภาพและชุดควบคุม สำหรับโครงการย่อยที่ 2 ทีมผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาต้นแบบต่อยอดนวัตกรรมชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนา biochar composite สำหรับการประยุกต์ใช้ในแปลงเกษตรต่อไป ซึ่งผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในปีที่ 1 (2566) ได้แก่ 1) องค์ความรู้ใหม่ ด้านผลกระทบระยะสั้นในการประยุกต์ใช้นวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่เกษตร (โครงการที่ 1) เทคโนโลยีการผลิตนวัตกรรมถ่านชีวภาพผสมไฮโดรเจล (โครงการที่ 2) และการถ่ายทอดองค์ความรู้และการยอมรับของผู้ใช้งานต้นแบบนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่ชุมชน (โครงการที่ 3) 2) ระบบและกลไกเชิงสังคม โดยจะได้ผลการประเมินความพึงพอใจการถ่ายทอดองค์ความรู้และการยอมรับของผู้ใช้งานต้นแบบนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่ชุมชน (โครงการที่ 1 และ 3) 3) ต้นแบบภาคสนามจากชุมชนนำร่อง โดยจะเป็นชุมชนพื้นที่นำร่องที่มีการทดสอบนำนวัตกรรม ถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ประโยชน์ (โครงการ ที่ 1 และ 3) 4) การสร้างต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการต่อยอดในส่วนของนวัตกรรมถ่านชีวภาพผสมไฮโดรเจล (โครงการที่ 2) 5) การสร้างระบบและกลไกการหมุนเวียนของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ โดยการนำเศษฟางข้าวเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (โครงการที่ 1 2 และ 3) 6) ต้นฉบับการตีพิมพ์ การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ (โครงการ 1 และ 2) 7) นวัตกรรมทางสังคม ได้แก่ ฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงของชุมชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างน้อย 1 ฉากทัศน์ และฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนวัตกรรมจัดการของเสีย อย่างน้อย 1 ฉากทัศน์ (โครงการ 3) 8) การพัฒนากำลังคน ทั้งในส่วนของนักวิจัยระดับปริญญาโทด้านการจัดการของเสียในชุมชน และกลุ่มหัวก้าวหน้า(คนในชุมชน) 60% ของกลุ่มเป้าหมาย 9) ระบบและกลไกด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงและคุณภาพชีวิตดีขึ้น โดยมีอย่างน้อย 1 หมู่บ้าน ที่นำเทคโนโลยีไปใช้ ทำให้สามารถลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีคุณภาพดินที่ดีขึ้น สำหรับงานวิจัยในปีที่ 2 งบประมาณปี 2567 ทีม

ผู้วิจัยได้ขยายผลต่อยอดการใช้ประโยชน์ การยอมรับ และการถ่ายทอดนวัตกรรมผ่านชีวภาพดัดแปลง ไปยังชุมชนพื้นที่เกษตรนาร่องใหม่ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (โครงการย่อยที่ 3 และ1) เช่นเดียวกับปีที่ 1 รวมถึงการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในระยะกลางในการนำผ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ในพื้นที่เกษตรที่ต่อเนื่องเป็นที่ 2 โดยโครงการย่อยที่ 1 ได้ผลิตผ่านชีวภาพดัดแปลงเพื่อทดสอบในพื้นที่เดิมของปีที่ 1 และเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน และตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบกับแปลงที่มีการใช้ผ่านชีวภาพและชุดควบคุม สำหรับโครงการย่อยที่ 2 ได้วางแผนการพัฒนาต่อยอดผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้จากการดำเนินการในปีที่ 1สู่การใช้งานจริงในปีที่ 2 โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบระยะสั้นของการใช้วัสดุคอมพอสิตจากผ่านชีวภาพผสมไฮโดรเจล หรือ วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในพื้นที่ชุมชนนาร่อง 1 ชุมชน ทั้งด้านการเจริญเติบโตของพืช และคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์การยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ และมีการจัดทำเวทีชุมชนกับพื้นที่นาร่องเพื่อสรุป และประเมินความพึงพอใจ (ร่วมกับโครงการย่อยที่ 1 และ 3) เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในชุมชน เพื่อที่จะผลักดันให้เกิดการพัฒนาชุมชนเกษตรกรรมต้นแบบที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในปีที่ 2 (2567) ได้แก่ 1) องค์ความรู้ใหม่ ด้านผลกระทบระยะกลาง (2 ปี ในพื้นที่นาร่อง) ระยะสั้น (1 ปี ในพื้นที่ขยายผล) ในการประยุกต์ใช้นวัตกรรมผ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่เกษตร (โครงการที่ 1) 2) องค์ความรู้ใหม่ ประสิทธิภาพการใช้นวัตกรรมผ่านชีวภาพผสมไฮโดรเจล (โครงการที่ 2) และการถ่ายทอดองค์ความรู้และการยอมรับของผู้ใช้งานต้นแบบนวัตกรรมผ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่ชุมชน (โครงการที่ 3) 3) นวัตกรรมเชิงสังคม ในเรื่องของประเมินความพึงพอใจการถ่ายทอดองค์ความรู้และการยอมรับของผู้ใช้งานต้นแบบนวัตกรรมผ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่ชุมชน (โครงการที่ 1 และ 3) 4) ต้นแบบภาคสนามจากชุมชนนาร่อง โดยจะเป็นชุมชนพื้นที่นาร่องที่มีการทดสอบนำนวัตกรรม ผ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ประโยชน์ (โครงการ ที่ 1 และ 2) 5) การสร้างระบบและกลไกการหมุนเวียนของวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (โครงการที่ 1 2 และ 3) 6) ต้นฉบับการตีพิมพ์ การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ (โครงการ 3) 7) นวัตกรรมทางสังคม ได้แก่ ฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนวัตกรรมผ่านชีวภาพดัดแปลงของชุมชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างน้อย 1 ฉากทัศน์ (โครงการ 3) 8) การพัฒนากำลังคน ทั้งในส่วนของนักวิจัยระดับปริญญาโทด้านการจัดการของเสียในชุมชน และกลุ่มหัวก้าวหน้า(คนในชุมชน) 60% ของกลุ่มเป้าหมาย 9) ระบบและกลไกด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลงและคุณภาพชีวิตดีขึ้น โดยมีอย่างน้อย 1 หมู่บ้าน ที่นำเทคโนโลยีไปใช้ ทำให้สามารถลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีคุณภาพดินที่ดีขึ้น

โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงาน
อื่น

คำสำคัญ

คำสำคัญภาษาไทย

คำสำคัญ,นวัตกรรมต้นแบบผ่านชีวภาพดัดแปลง,วัสดุไฮโดรเจลคอมโพสิต,การถ่ายทอดเทคโนโลยี,การยอมรับ,ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ,เศรษฐกิจหมุนเวียน,ของเสียเป็นศูนย์,ฟางข้าว

คำสำคัญภาษาอังกฤษ

Keywords,modified biochar innovation,Hydrogel composite,Technology transfer,Acceptance,Economic worthiness,Circular economy,Zero waste,Rice straw

สาขาการวิจัย

สาขาการวิจัยหลัก OECD

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาการวิจัยย่อย OECD

เทคโนโลยีชีวภาพสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม
นางมุลลินทร์ ผลจันทร์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	หัวหน้าโครงการ	12.00
ผศ.ดร. ปิยะนุช เนียมทรัพย์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
ผศ.ดร. สุรศักดิ์ กุยมาลี หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
นางสาวเจนจิรา หม่องอัน หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
นางสาวเนตรพร ดั่งสง หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	9.00
ผศ.ดร. เรวดี วงศ์มณีรุ่ง หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
ดร. ปราณวีร์ สุขันต์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
ผศ.ดร. ธวัฒน์ สร้อยทอง หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
ผศ.ดร. สุพัตรา วงศ์แสนใหม่ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
นายรัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	9.00
นางสาวผานิตย์ นาขยัน หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
นายปรมินทร์ นาระทะ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	7.00
นางพัชรินทร์ สุภาพันท์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เศรษฐศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	7.00

ข้อมูลโครงการ

บทสรุปข้อเสนอโครงการ

จากปัญหาภาคการเกษตรในพื้นที่ภาคเหนือที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกษตรส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทานทำให้การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรยังไม่ทั่วถึง กรมวิธีการเพาะปลูกส่วนใหญ่ยังต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง

ในแง่ของการปรับปรุงคุณภาพดิน การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการใช้สารเคมีสำหรับการควบคุมศัตรูพืชทั้งโรคและแมลงที่ทำให้ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรลดลง ปัญหาการตกค้างของสารเคมีในดิน น้ำ ผลผลิตทางการเกษตร และห่วงโซ่อาหาร ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงด้านอาหารและรายได้ของเกษตรกร อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดการอนุรักษ์ดินที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในระยะยาวทำให้ต้องใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการส่งผลต้นทุนการผลิตของเกษตรกรที่สูงขึ้น นอกจากนี้การจัดการซากพืชและเศษวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวที่ยังขาดการจัดการอย่างเป็นระบบทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศที่เป็นประเด็นสำคัญของภาคเหนือทุกปี ชุดโครงการวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาภาคการเกษตรโดยเฉพาะปัญหาสิ่งแวดล้อมจากและปัญหาคุณภาพดินจากการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตซึ่งเป็นปัญหาและประเด็นท้าทายของภาคเหนือจากงานวิจัยก่อนหน้าโดยทีมวิจัยได้มีการวิจัยพัฒนาผ่านชีวภาพดัดแปลงด้วยจุลินทรีย์บางรูปเพื่อเป็นวัสดุคุณภาพดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (มูจลินทร์ และคณะ 2563 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช)) โดยพบว่าถ่านชีวภาพดัดแปลงที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนมีศักยภาพสูงในการพัฒนาต่อยอดในชุมชน โดยจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพพบว่ามีความสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น และยังพบว่าถ่านชีวภาพและเชื้อจุลินทรีย์เสริมฤทธิ์สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของข้าวและส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ดี จากผลการศึกษพบว่าถ่านชีวภาพดัดแปลงนั้นมีศักยภาพสูงมากในการพัฒนาภาคการเกษตรกรรมและยังมีมุมมองที่น่าสนใจที่เชื่อมโยงไปสู่การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรที่สูงขึ้น การปรับปรุงคุณภาพดินในระยะยาว การลดต้นทุนทางการเกษตร อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นสำหรับเกษตรกรและชุมชนในการนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องมีข้อมูลการทดสอบนำนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ในพื้นที่จริงเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวและนำไปสู่การสร้างชุมชนนาร่องและการพัฒนาต่อยอดไปสู่การสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียนจากการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาสร้างมูลค่า

ชุดโครงการวิจัยนี้ได้มีการบูรณาการระหว่างหลายศาสตร์เพื่อให้เกิดการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งอย่างเป็นระบบตลอดห่วงโซ่คุณค่าตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ เพื่อต่อยอดนวัตกรรมไปสู่ชุมชนโดยประยุกต์องค์ความรู้ของวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีวภาพ และวัสดุศาสตร์ผ่านโครงการย่อยที่ 1 ผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวของการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่เกษตรต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช เพื่อศึกษาผลกระทบการใช้เทคโนโลยีในระยะยาวที่มีต่อคุณภาพดิน พืช และสิ่งแวดล้อม เพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากภาคการเกษตรและซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะสร้างความมั่นใจให้กับเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีถ่านชีวภาพซึ่งถ่านชีวภาพเป็นวิธีการที่ยั่งยืนในการกักเก็บคาร์บอนในดินและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามผลผลิตของพืชยังขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของดิน อัตราการใช้ถ่านชีวภาพ และคุณภาพของวัตถุดิบและอุณหภูมิไฟโรไลซิสในการผลิตถ่านชีวภาพ นอกจากนี้การศึกษาส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่ในห้องปฏิบัติการหรือการทดลองภาคสนามในระดับสถาบัน การใช้ถ่านชีวภาพในดินเกษตรโดยเกษตรกรยังพบว่ามีอยู่น้อยเนื่องจากการขาดความมั่นใจในเทคโนโลยี รวมถึงการใช้ถ่านชีวภาพในการเกษตรเชิงพาณิชย์ยังคงมีน้อยและยังไม่มีความชัดเจนที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการผลิตและการประยุกต์ใช้ที่เป็นรูปธรรมและการศึกษาผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพในภาคสนามเพื่อให้เกิดการยอมรับมากขึ้น และ**โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การพัฒนาวัสดุคอมพอสิตจากถ่านชีวภาพดัดแปลงและไฮโดรเจลสำหรับการใช้งานด้านการเกษตร** เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่อยอดสำหรับการใช้ประโยชน์ของเสียและวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในการเพิ่มผลผลิต การลดต้นทุนทางการเกษตรและการเพิ่มช่องทางการทางธุรกิจ และเพื่อขยายผลการใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตจากในพื้นที่ชุมชนเกษตรนาร่อง (ปีที่2) เป็นพื้นที่ชุมชนเกษตรแบบกึ่งเมืองในปีที่ 3 เพื่อเพิ่มทางเลือกการใช้ประโยชน์ให้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนที่หลากหลาย สำหรับพื้นที่ชุมชนกึ่งเมืองเป็นการผสมผสานกันระหว่างความเป็นเมืองกับชนบท เนื่องด้วยพื้นที่ทำการเกษตรของชุมชนจะลดลงทุกปีจากการขยายตัวของประชากรในชุมชนที่เพิ่มขึ้นทั้งจากคนในชุมชนและนอกชุมชน ส่งผลต่อการประกอบอาชีพและพฤติกรรมการใช้ชีวิตของคนในชุมชนที่เปลี่ยนแปลงไป ตั้งแต่การทำเกษตรที่มุ่งเน้นการดำรงชีวิตในระดับกึ่งพาณิชย์ขนาดเล็ก ไปจนถึงธุรกิจพาณิชย์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ รวมถึงการเพาะปลูกในครัวเรือนสำหรับบริโภคและอาจนำไปขายเพื่อสร้างรายได้เพิ่ม และการปรับวิธีการปลูกเป็นแบบไม่ใช้ดินเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของพื้นที่และคุณภาพดินและน้ำ ดังนั้น โครงการย่อยที่ 2 จึงต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายผลการใช้ประโยชน์วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในชุมชนเกษตรแบบกึ่งเมืองโดยใช้วิธีการปลูกแบบไม่ใช้ดิน เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดปริมาณการใช้น้ำ ลดต้นทุนทางการเกษตร และการเพิ่มช่องทางธุรกิจ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชุดโครงการย่อยที่ 2 คาดว่าเป็นไปได้ที่จะนำไปต่อยอดในเชิงธุรกิจชุมชนผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรในชุมชน เพื่อสร้างความร่วมมือของชุมชนและท้องถิ่น การพัฒนาพื้นที่นาร่อง โดยใช้องค์ความรู้ทางวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพและเกษตรศาสตร์ (ร่วมกับโครงการย่อยที่ 1) รวมทั้งการประเมินการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และห่วงโซ่คุณค่าระหว่างชุมชนและเอกชน/รัฐวิสาหกิจ ผ่านองค์ความรู้ทางภูมิสังคมอย่างยั่งยืน (ร่วมกับโครงการย่อยที่ 3)

ในโครงการวิจัยย่อยที่ 3 การถ่ายทอดและการยอมรับเทคโนโลยี และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรมต้นแบบถ่านชีวภาพ

ดัดแปลงสำหรับชุมชนเกษตร โดยให้ความสำคัญกับการถ่ายทอดและการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบสู่ภาคการผลิตในครัวเรือน ชุมชนและต่อยอดเครือข่ายธุรกิจ โดยจะใช้กระบวนการระดมความคิดจากข้างในของชุมชนเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของชุมชนและเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ ในส่วนของการถ่ายทอดนวัตกรรมนั้น จะมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ผู้ปฏิบัติงานถ่ายทอดนวัตกรรมต้องทำอย่างมีระบบ มีขั้นตอนตามหลักการถ่ายทอดนวัตกรรมที่ดี เพื่อการบรรลุเป้าหมายของการยอมรับและนำเอาเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนและเกิดความยั่งยืน รวมถึงการพัฒนาไปสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชนและสร้างธุรกิจ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยต้องการสร้างชุมชนนำร่องในการผลักดันหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) เข้ามาใช้ในการจัดการซากวัสดุจากการเกษตรเพื่อนำกลับมาเป็นถ่านชีวภาพซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าและสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการจัดการการเกษตรของชุมชนเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและการสร้างสิ่งแวดล้อมให้สมดุล และสร้างองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยแล้งรุนแรงจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่คาดว่าจะยาวนาน 3-5 ปี ในช่วงปี 2566 ไปจนถึง 2571 ซึ่งแนวคิดนี้ยังสอดคล้องกับยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ด้านการจัดการองค์ความรู้เพื่อการวิจัย พัฒนาต่อยอด และบูรณาการ เพื่อยกระดับเศรษฐกิจที่มีการเกษตรเป็นฐาน และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนแม่บทประเด็นที่ 23 เรื่องการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยนโยบายแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ในการสนับสนุนให้มีการนำองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการเกษตรและอาหาร ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมแล้วยังจะสามารถนำมาใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพดิน เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมโรคผ่านการกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันประเภท induced systemic resistance (ISR) ซึ่งเป็นการลดต้นทุนทางการเกษตรไม่ว่าจะเป็นลดต้นทุนของปุ๋ยเคมีและการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มรายได้และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่ให้ดีขึ้น และยังเหมาะกับการนำไปพัฒนาพื้นที่ปลูกพืชอินทรีย์ที่มีปริมาณความต้องการที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ต้องการผลักดันให้เกิดการพัฒนาพื้นที่ชุมชนโดยรอบให้เป็นชุมชนนวัตกรรมทางการเกษตร อาหาร และสุขภาพ รวมทั้งเป็นเมืองต้นแบบเชิงนิเวศที่มีการจัดการชุมชนการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ได้พัฒนาเพื่อตอบรับกับยุทธศาสตร์ชาติและการพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2566 -2570) ด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำและด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ สอดคล้องกับกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 -2580) ด้านการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาเมืองเชิงนิเวศหรือเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและตอบโจทยนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ.2560 -2575) ในนโยบายที่ 2 เรื่องการสร้างการเจริญเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อความมั่นคงและยั่งยืน และนโยบายข้อที่ 3 ในการยกระดับมาตรฐานในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังตอบสนองยุทธศาสตร์งานวิจัยและนวัตกรรมของชาติ ข้อที่ 2 เรื่องการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม ในแผนการแก้ไขปัญหาท้าทายและยกระดับการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และการเกษตร อีกทั้งยังสอดคล้องกับกรอบนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. ในการยกระดับความสามารถการแข่งขัน และวางรากฐานทางเศรษฐกิจเพื่อการพึ่งพาตนเองในระดับประเทศในเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG) และชุดโครงการนี้ยังสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาการศึกษาของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2565-2569) ที่มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยเชิงนิเวศที่ต้องการผลักดันการพัฒนาชุมชนเกษตรอย่างยั่งยืนและการพลิกโฉมมหาวิทยาลัยไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทยการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรมของประเทศ ตลอดจนการตอบสนองยุทธศาสตร์การวิจัยของมหาวิทยาลัยใน ยุทธศาสตร์ที่ 1 ที่ต้องการงานวิจัยที่ตอบโจทยการพัฒนาเศรษฐกิจแบบหมุนเวียนที่มองศักยภาพการใช้ประโยชน์ทรัพยากรโดยการสร้างมูลค่าและยั่งยืน และยุทธศาสตร์ที่ 2 ที่มีการสร้างนวัตกรรมเพื่อการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความท้าทายอันเนื่องมาจากการเกษตรกรรม ทำให้คนในชุมชนมีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและมีการพัฒนาที่ยั่งยืน นับว่าชุดวิจัยนี้สามารถช่วยผลักดันและประยุกต์ใช้นวัตกรรมที่ตอบสนองโจทยท้าทายระดับประเทศและภูมิภาคในด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเกษตรและชุมชนเกษตรเพื่อยกระดับของคุณภาพชีวิตของเกษตรกร เศรษฐกิจใหม่ และชุมชนที่ยั่งยืน รวมทั้งเตรียมความพร้อมเพื่อปรับเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำในอนาคต

หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

หลายจังหวัดในเขตภาคเหนือนับว่าเป็นแหล่งเกษตรกรรมทั้งการปลูกข้าว พืชไร่ พืชสวน และ พืชผัก ที่สำคัญซึ่งของประเทศ) ในปัจจุบันและยังคงมีการขยายตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ตลาดอินทรีย์ที่ในปัจจุบันมีอัตราการผลิตและความต้องการที่สูงขึ้น จากตัวเลขในปี 2563 ข้าราชการปริมมีพื้นที่

การเพาะปลูก 2,913,328 ไร่ คิดเป็นผลผลิต 1,770,136 ตัน การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปี 2562 มีพื้นที่การเพาะปลูก 4,76,264 ไร่ คิดเป็นผลผลิต 3,124,566 ตัน การปลูกลำไย คิดเป็นพื้นที่ 1,281,691 ไร่ ผลผลิตจำนวน 815,975 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร) ในปัจจุบันได้มีการขยาย ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในปี 2564 ในไตรมาสที่ 3 พบว่าสินค้าเกษตรโดยเฉพาะข้าว ข้าวโพด มีอัตราการขยายตัว 2%

อย่างไรก็ตามจากรายงานในหลายภาคส่วนกลับพบว่ากรรมวิธีการเพาะปลูกหรือการเกษตรกรรมส่วนใหญ่ยังต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งในแง่ของการปรับปรุงคุณภาพดิน การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการใช้สารเคมีสำหรับการควบคุมศัตรูพืชทั้งโรคและแมลง จากข้อมูลภาคเหนือมีเนื้อที่การปลูกข้าวในปี 2562-2563 จำนวน 14,135,973 ไร่ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยถึง 488,976 ตัน ซึ่งยังไม่นับรวมผลกระทบจากปัญหาเรื่องน้ำและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงที่ทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตตกต่ำ ส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงด้านอาหารและรายได้ของเกษตรกร (แผนพัฒนาภาคเหนือ (พ.ศ. 2560-2565) และ คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลด้านการเกษตร ณ วันที่ 23 มิถุนายน 2564) เกษตรกรส่วนใหญ่พบว่ายังขาดการอนุรักษ์ดินที่ถูกวิธีและมีประสิทธิภาพในระยะยาว นอกจากนี้ยังขาดการจัดการซากพืชพืชทั้งพืชคลุมดินและเศษวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวที่มีในปริมาณมากอย่างเป็นระบบ โดยส่วนหนึ่งมีการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ บางส่วนมีการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับเตรียมการเพาะปลูกในรอบใหม่ เช่นการเผาตอซังข้าว การเผาต้นข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งการจัดการดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันซึ่งเป็นปัญหามลพิษทางอากาศอย่างรุนแรงทั้งในระดับท้องถิ่นและปัญหาระดับชาติ โดยเฉพาะตั้งแต่ปี 2562 เป็นต้นมาที่ปัญหามลพิษทางอากาศมีความรุนแรงและต่อเนื่องยาวนานทำให้เกิดผลกระทบต่อทั้งสุขภาพอนามัยของคน การท่องเที่ยวและภาพลักษณ์ของประเทศ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินเนื่องจากการทำลายอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหาร ตลอดจนจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของเกษตรกรที่สูงขึ้นเนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตให้ได้สูงตามที่ต้องการ

จากยุทธศาสตร์รายประเด็นเรื่องปัญหาจากการเกษตรซึ่งเป็นฐานการผลิตที่สำคัญของประเทศไทย พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับการขาดแคลนระบบน้ำที่มีการคาดการณ์ว่าประเทศไทยจะประสบกับปัญหาภัยแล้งรุนแรงจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่คาดว่าจะยาวนาน 3-5 ปี ในช่วงปี 2566 ไปจนถึง 2571 ปัญหาดินเสื่อมโทรมของพื้นที่ ปัญหาการเร่งอัตราการผลิตโดยไม่คำนึงถึงปัญหาดินเสื่อมโทรมในระยะยาว ปัญหาการขาดสมดุลของระบบนิเวศ หรือปัญหาการระบาดของโรคแมลง นอกจากนั้นยังขาดประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวและการกำจัดซากโดยตัวเลขจากฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทยที่ได้พัฒนาและจัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) พบว่า ประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากถึง 43 ล้านตันต่อปี ไม่ว่าจะเป็นปริมาณฟางข้าวและแกลบที่ผลิตขึ้นจากการปลูกข้าวในภาพรวมของประเทศถึง 19 ล้านตัน และ 8 ล้านตัน ตามลำดับ ในขณะที่มีปริมาณฟางข้าวและแกลบปริมาณเหลือและยังไม่มี การนำไปใช้ประโยชน์อยู่ถึง 10 ล้านตัน และ 1 แสนตัน ตามลำดับ หรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้แก่ ซัง และเปลือกข้าวโพด เหลือประมาณ 3,339,504 กิโลกรัมต่อปีจากพื้นที่ปลูกข้าวโพด 19,878 ไร่ ที่มีผลผลิตที่ได้ประมาณ 15,902,400 กิโลกรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการบริหารจัดการด้านการเพาะปลูกโดยเฉพาะการจัดการปรับปรุงทรัพยากรดินอย่างเหมาะสมเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้นยังเป็นสิ่งที่ประเทศไทยต้องการ นอกจากนั้นวิธีการจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืนโดยไม่เพิ่มภาระทางด้านรายจ่ายและต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ต้องพิจารณาสำหรับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรของไทยและการแข่งขันสู่เวทีตลาดโลก

จะเห็นได้ว่าจากปัญหาการเกษตรของประเทศและประเด็นที่เป็นปัญหาสำคัญของภาคเหนือมี 5 ประเด็นหลัก คือ การถือครองที่เพื่อการเกษตรดินลดลง ระบบเกษตรที่ไม่เอื้อต่อความมั่นคงทางอาหาร ระบบการศึกษาที่ไม่เท่าเทียมและไม่ตอบสนองท้องถิ่น ขาดการพัฒนาาระบบเศรษฐกิจชุมชนบนฐานภูมินิเวศวัฒนธรรมและทรัพยากรธรรมชาติ และค่า PM 2.5 ที่สูงอย่างต่อเนื่อง (รายงานการวิเคราะห์ความต้องการของชุมชนและสังคมเชิงพื้นที่ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในปี 2563) และเพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ตามแผนแม่บทงานวิจัย 15 ปี (พ.ศ.2565-2577) ที่มีเป้าหมายเพื่อให้มหาวิทยาลัยมีผลงานวิจัยมุ่งเน้นภาคการเกษตรที่ตอบโจทย์ประเทศไทย Thailand 4.0 และชุมชน โครงการวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับปัญหาการเกษตรเป็นหลักซึ่งเป็นปัญหาและประเด็นท้าทายเกี่ยวกับการผลิตภาคเกษตร นอกจากนี้ในส่วนของนโยบายและยุทธศาสตร์ขององค์กรส่วนท้องถิ่นในการจัดการซากวัสดุทางการเกษตรในแต่ละชุมชนนั้นเริ่มที่จะมีความสำคัญในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาหลังจากที่จังหวัดในเขตภาคเหนือเกิดวิกฤตการณ์หมอกควันอย่างรุนแรง ทางภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการสร้างมาตรการเชิงบูรณาการในการส่งเสริม-บังคับเพื่อลดการเผาอย่างเป็นรูปธรรมโดยเฉพาะการเผาขยะ การเผาใบไม้แห้งในครัวเรือนรวมถึงการเผาซากวัสดุทางการเกษตร เพื่อลดปัญหาหมอกควันและไฟป่า อย่างไรก็ตามข้อจำกัดหนึ่งที่ทำให้การจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรยังไม่ประสบความสำเร็จก็คือรูปแบบการจัดการที่สามารถประยุกต์ได้จริงในพื้นที่ ไขว่เวลาน้อย ไม่ยุ่งยาก มีความยั่งยืนและมีแรงจูงใจแรงของมูลค่าเพิ่มและการสร้างรายได้

จากงานวิจัยก่อนหน้าโดยทีมผู้วิจัย เรื่องการวิจัยพัฒนาถ่านชีวภาพตัดแปลงด้วยจุลินทรีย์บารู

เพื่อเป็นวัสดุคุณภาพดีและส่งเสริมการเจริญของพืช สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) (มูลนิธิ และคณะ 2563) โดยพบว่าถ่านชีวภาพดัดแปลงที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนมีศักยภาพสูงในการพัฒนาต่อยอดในชุมชน โดยจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพพบว่ามีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น และยังพบว่าถ่านชีวภาพและเชื้อจุลินทรีย์เสริมฤทธิ์สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของข้าวและส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ดี ซึ่งเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายและต้นทุนของเกษตรกรในการซื้อปุ๋ยและสารเคมี ไม่มีสารเคมีตกค้างที่เป็นอันตรายของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคอีกทั้งและยังเหมาะกับการนำไปพัฒนาและใช้งานในพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ที่มีปริมาณความต้องการที่สูงขึ้นในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวได้มีการทดสอบคุณสมบัติของถ่านชีวภาพดัดแปลงในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือน ซึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริงยังคงต้องการผลการศึกษาของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับดิน พืช และสิ่งแวดล้อมเกษตรในระยะยาวซึ่งยังพบการศึกษาในแง่มุมนี้อยู่น้อยมาก นอกจากนี้ประสิทธิภาพและกลไกการทำงานของถ่านชีวภาพยังเชื่อมโยงสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆตามโครงสร้างของดิน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี กลุ่มจุลินทรีย์ในดิน และบริบทของพื้นที่ ทำให้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์และตัวเลขเหล่านี้มีความจำเป็นอย่างมากต่อการผลักดันนวัตกรรมถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์และช่วยในการตัดสินใจในการพัฒนาขยายระดับท้องถิ่นในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอย่างยั่งยืนโดยเปลี่ยนเป็นทรัพยากรหมุนเวียนในภาคการเกษตรกรรมเพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากเหตุผลข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบนำนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ในพื้นที่จริงเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นสำหรับเกษตรกรและชุมชนในการนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้และนำไปสู่การสร้างชุมชนนำร่อง

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมและปัญหาภาคการเกษตรที่เป็นปัญหาเร่งด่วนของประเทศและภาคเหนือ

และมาตรการการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรที่ยังไม่ครอบคลุม คุณภาพของดินที่ลดลง ต้นทุนการเกษตรที่สูง คุณภาพชีวิตของเกษตรกรที่ยังต่ำ อีกทั้งศักยภาพของการหมุนเวียนการทำเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือทิ้งที่ยังคงเหลือในปริมาณสูงมาเพิ่มมูลค่าและนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งในภาพรวมของประเทศจะพบว่ามีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์หรือมีการจัดการที่ต่ำกว่า 50%) ตลอดจนความเป็นไปได้ของนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลง ชุดโครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่ต้องการจะพัฒนาระบบการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรของชุมชนบนหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) โดยการต่อยอดนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงด้วยการเสริมจุลินทรีย์ในกลุ่ม plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) ที่ได้มีการศึกษามาแล้ว ให้แก่ชุมชนนำร่องเพื่อศึกษาผลกระทบในระยะสั้นและระยะยาวในพื้นที่การเกษตรจริง และเพื่อให้เกิดระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนจึงได้ต่อยอดเครือข่ายของเทคโนโลยีฐานทรัพยากรโดยการพัฒนาวัฏจักรด้านวัสดุต่อยอดจากนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการยอมรับนวัตกรรมและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมถึงการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้เกิดแก้ปัญหาภาคการเกษตรอย่างเป็นระบบและเป็นรูปธรรมตลอดห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ที่จะส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดการเกิดของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และตอบโจทย์การพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อที่จะผลักดันให้เกิดการพัฒนาชุมชนเกษตรกรรมต้นแบบที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ได้พัฒนาเพื่อตอบรับกับยุทธศาสตร์ชาติและการพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนา

เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2566 -2570) ด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำและด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ สอดคล้องกับกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 -2580) ด้านการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาเมืองเชิงนิเวศหรือเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและตอบโจทย์นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ.2560 -2575) ในนโยบายที่ 2 เรื่องการสร้างการเจริญเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อความมั่นคงและยั่งยืน และนโยบายข้อที่ 3 ในการยกระดับมาตรการในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังตอบสนองยุทธศาสตร์งานวิจัยและนวัตกรรมของชาติ ข้อที่ 2 เรื่องการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม ในแผนการแก้ไขปัญหาท้าทายและยกระดับการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการเกษตร อีกทั้งยังสอดคล้องกับกรอบนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. ในการยกระดับความสามารถการแข่งขัน และวางรากฐานทางเศรษฐกิจเพื่อการพึ่งพาตนเองในระดับประเทศในเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG) และชุดโครงการนี้ยังสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาการศึกษาของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2565-2569) ที่มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยเชิงนิเวศที่ต้องการผลักดันการพัฒนาชุมชนเกษตรอย่างยั่งยืนและการพลิกโฉมมหาวิทยาลัยไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรมของประเทศ ตลอดจนการตอบสนองยุทธศาสตร์การวิจัยของมหาวิทยาลัยใน **ยุทธศาสตร์ที่ 1** ที่ต้องการงานวิจัยที่ตอบโจทย์การพัฒนาเศรษฐกิจแบบหมุนเวียนที่มอดศักยภาพการใช้ประโยชน์ทรัพยากรโดยการสร้างมูลค่าและยั่งยืน และ**ยุทธศาสตร์ที่ 2** ที่มีการสร้างนวัตกรรมเพื่อการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความท้าทายอันเนื่องมาจากการเกษตรกรรม ทำให้คนในชุมชนมีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและมีการพัฒนาที่ยั่งยืน นับว่าชุดวิจัยนี้สามารถช่วยผลักดันและประยุกต์ใช้นวัตกรรมที่ตอบสนองโจทย์ท้าทายระดับประเทศและภูมิภาคในด้านการ

แก้ไขปัญหาล้างแวล้อมจากการเกษตรและชุมชนเกษตรเพื่อยกระดับของคุณภาพชีวิตของเกษตรกร เศรษฐกิจใหม่ และชุมชนที่ยั่งยืน รวมทั้งเตรียมความพร้อมเพื่อปรับเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

วัตถุประสงค์

ชุดโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์โครงการวิจัย ครอบคลุมต้นน้ำ กลางน้ำ และ ปลายน้ำดังนี้วัตถุประสงค์หลัก

- 3.1 เพื่อศึกษาผลกระทบระยะสั้นและยาวในการนำต้นแบบผ่านชีวภาพตัดแปลงไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่การเกษตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของดินและการส่งเสริมการเจริญของพืช
- 3.2 เพื่อสร้างเครือข่ายชุมชนและขยายผลการนำต้นแบบผ่านชีวภาพตัดแปลงไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่การเกษตร หรือต่อยอดเชิงพาณิชย์
- 3.3 เพื่อพัฒนาต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากซากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของชุมชนบนหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน
- 3.4 เพื่อขยายผลการนำต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตไปประยุกต์ใช้ด้านการเกษตรและสร้างเครือข่ายชุมชนต้นแบบ
- 3.5 เพื่อศึกษาโซลูชันของนวัตกรรมผ่านชีวภาพและวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตเพื่อกำหนดตลาดเป้าหมายภาคทัศน์ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะนำไปสู่แผนกลยุทธ์การตลาด
- 3.6 เพื่อสร้างต้นแบบชุมชนในการหมุนเวียนซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรเพื่อพัฒนาย่านนวัตกรรมทางสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนเกษตร

กรอบการวิจัย/พัฒนา

ชุดโครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสำหรับการจัดการซากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับการพัฒนาต้นแบบชุมชนย่านนวัตกรรมทางเกษตรและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสานระหว่างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับทางสังคมศาสตร์ โดยมีการวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับเชิงคุณภาพ ตลอดห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยบูรณาการปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อมเข้าด้วยกัน ในการศึกษาปีที่ 1 จะใช้พื้นที่เครือข่ายวิจัย ใน จ. เชียงใหม่ และ จ. ลำพูน ซึ่งมีกลุ่มผู้นำเกษตรกรที่เข้มแข็งเป็นการเริ่มชุมชนนำร่องในการถ่ายทอดและทดลองใช้เทคโนโลยี จากนั้นจะขยายผลต่อชุมชนอื่นในปีที่ 2 และ ปีที่ 3 นอกจากนี้ในการศึกษาในปีที่ 2 ได้เพิ่มการศึกษาเชิงสังคมและบริบทของพื้นที่เพื่อหาศักยภาพของชุมชนในการต่อยอดและขยายผลนวัตกรรมให้มีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืน และในปีที่ 3 ได้มีการเพิ่มเติมแง่มุมของการศึกษาเชิงลึกในการศึกษาปัจจัยของผลกระทบระยะยาวที่เกี่ยวข้องกับการฟุ้งซ่านของถ่านชีวภาพต่อการปลดปล่อยและหมุนเวียนธาตุอาหารในดินที่ส่งผลต่อกลไกทางสรีระและการเจริญเติบโตของพืช การเก็บกักคาร์บอนเพื่อตอบโจทย์การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม ฐานข้อมูลศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งในพื้นที่เพิ่มเติม นอกจากนี้ มีการพัฒนาวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตต่อยอดจากนวัตกรรมถ่านชีวภาพเพื่อขยายผลการนำไปใช้งานในพื้นที่ชุมชนกึ่งเมือง รวมทั้งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยี การประเมินการยอมรับในเทคโนโลยีและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ชุมชนเกษตรเครือข่ายผันตัวจากผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพโดยวางกลุ่มลูกค้าเป้าหมายทั้งในชุมชนเกษตรและชุมชนกึ่งเมือง ความสำเร็จของโครงการคาดว่าจะสามารถลดและแก้ไขปัญหาล้างแวล้อมจากภาคการเกษตรที่เหมาะสมกับบริบทและสภาพเศรษฐกิจของพื้นที่ อีกทั้งยังผลักดันการสร้างธุรกิจเครือข่ายเศรษฐกิจหมุนเวียนตลอดห่วงโซ่อุปทานและการสร้างศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ส่งผลให้เกิดการขับเคลื่อนของชุมชนและเศรษฐกิจหมุนเวียนในชุมชนจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ ซึ่งชุดโครงการใน 3 ปี จะประกอบด้วย 3 โครงการย่อยได้แก่

โครงการย่อยที่ 1 เป็นการศึกษาผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวของการประยุกต์ใช้นวัตกรรม

ถ่านชีวภาพตัดแปลงในพื้นที่เกษตรต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช เพื่อศึกษาผลกระทบการใช้เทคโนโลยีในระยะยาวที่มีต่อคุณภาพดิน พืช และสิ่งแวดล้อม และในการขยายผลเชิงพื้นที่จะได้ต่อยอดในการใช้วัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นในพื้นที่เพื่อผลิตเป็นถ่านชีวภาพเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของทรัพยากรและความยั่งยืน ในปีที่ 1 และ 2 จะเน้นการศึกษาภาพรวมของผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในดินและการเจริญเติบโตของพืชส่วนในปีที่ 3 จะเน้นไปในการศึกษากลไกของถ่านชีวภาพตัดแปลงในการปลดปล่อยธาตุอาหารสำคัญและผลต่อสรีรวิทยาของพืชและการกักเก็บคาร์บอนในดิน

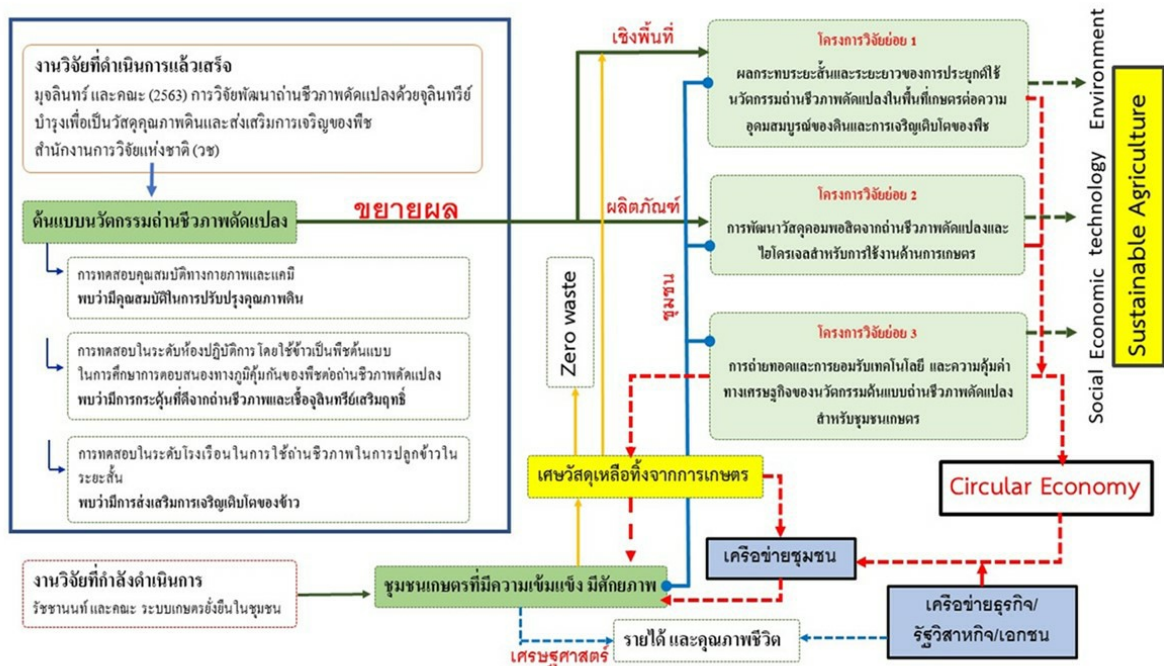
โครงการวิจัยย่อยที่ 2 เป็นการพัฒนาวัสดุคอมพอสิตจากถ่านชีวภาพตัดแปลงและไฮโดรเจล

สำหรับการใช้งานด้านการเกษตร เพื่อพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมต่อยอดสำหรับการใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนทางการเกษตร และแก้ไขปัญหาล้างแวล้อม

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 เป็นการถ่ายทอดและการยอมรับเทคโนโลยี และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

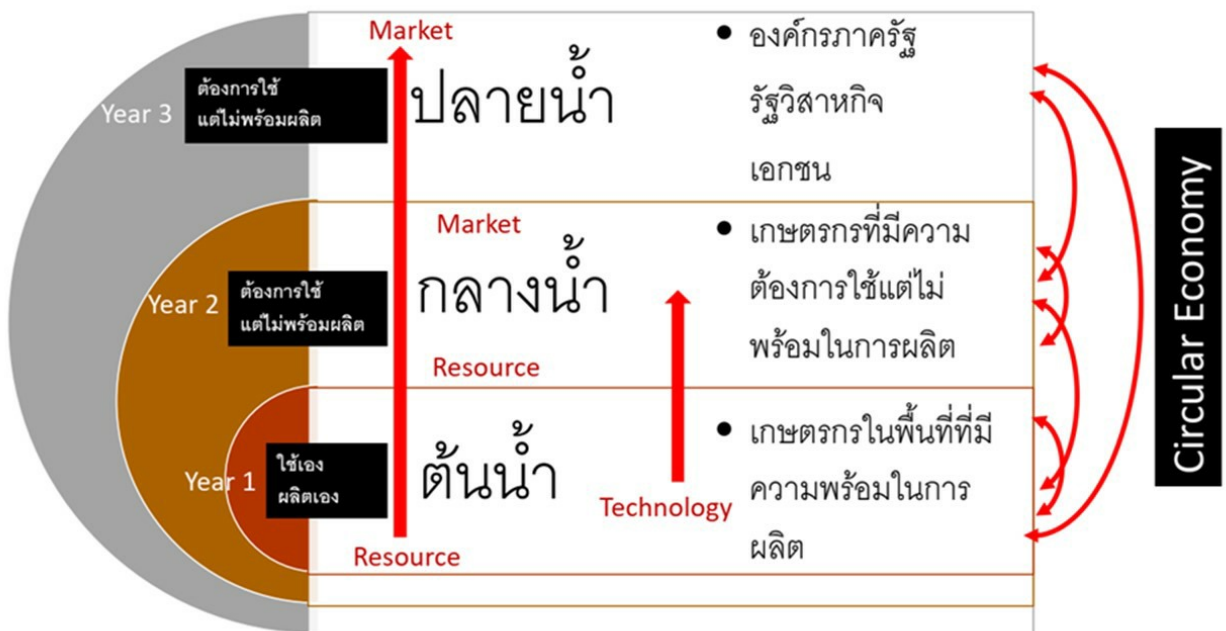
ของนวัตกรรมต้นแบบด้านชีวภาพดัดแปลงสำหรับชุมชน โดยจะมองการขับเคลื่อนของชุมชนและเศรษฐกิจหมุนเวียนในชุมชนและการขยายผลจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ ซึ่งในปีที่ 3 จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบทางธุรกิจและพัฒนาธุรกิจชุมชน

โดยมีกรอบการวิจัยของชุดโครงการแสดงดังภาพที่ 1 และความเชื่อมโยงตลอดห่วงโซ่อุปทานแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 กรอบ

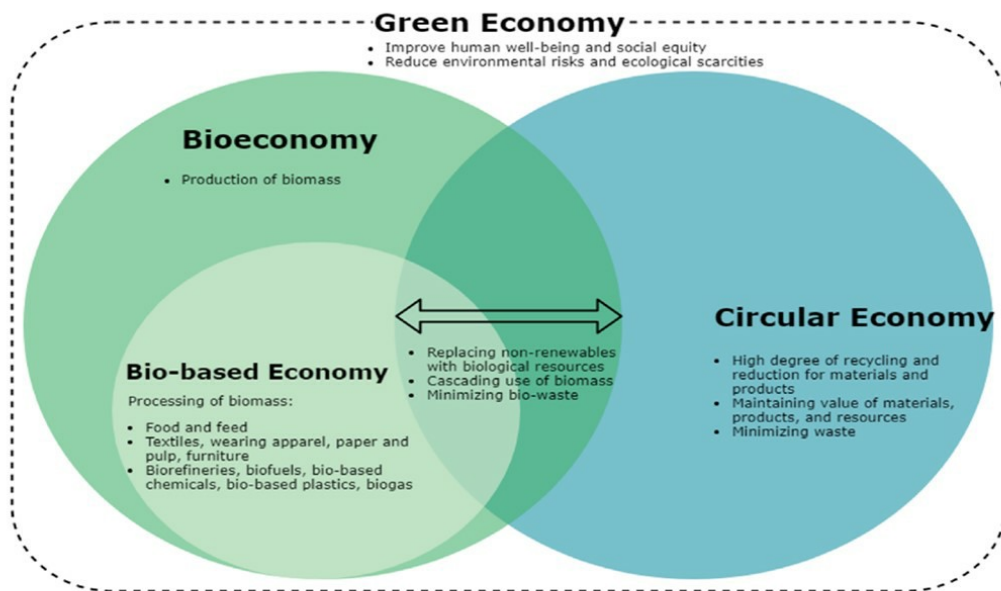
แนวคิดแผนชุดโครงการวิจัย



ภาพที่ 2 ครอบคลุมความเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานจากปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3

เชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานจากปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3

ชุดโครงการวิจัยนี้ต้องการที่จะพัฒนาระบบการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรผ่านกลไกทางเศรษฐศาสตร์และสังคมร่วมกับการพัฒนาเชิงเทคโนโลยี โดยขอบเขตการศึกษาของชุดโครงการนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญ คือ 1. การศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวในการนำนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงมาต่อยอดในพื้นที่เกษตรของชุมชน 2. การพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพดัดแปลงเพื่อการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน และ 3. การถ่ายทอดและการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบสู่ภาคการผลิตในครัวเรือน ชุมชนและต่อยอดเครือข่ายธุรกิจ ซึ่งจะได้มีการอธิบายรายละเอียดในแต่ละโครงการย่อยต่อไป โดยแนวคิดของแผนชุดโครงการวิจัยจะเป็นการนำแนวคิดของการจัดการของเสียแบบ green-economy ซึ่งรวมหลักการของ bio-economy และ circular-economy (ภาพที่ 3) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชน โดยจะนำของเสียกลับมาเป็นฐานทรัพยากรใหม่ที่ยังมีประโยชน์เพื่อนำกลับมาหมุนเวียนใช้ประโยชน์ในชุมชนของตนเองหรือชุมชนอื่น โดยอาจจะเป็นในรูปของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า หรือปรับสภาพให้เป็นวัตถุดิบใหม่สำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถลดปริมาณซากของเสียอินทรีย์ที่จะนำไปทิ้งหรือการจัดการที่ไม่ถูกสุขลักษณะที่จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเช่นการเผาซึ่งเป็นการจัดการของเสียอย่างยั่งยืนที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเครือข่ายการพัฒนาชุมชนเกษตรต้นแบบด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนทำให้เกิดรูปแบบของชุมชนเกษตรที่ยั่งยืนและครบวงจร (sustainable agriculture) ที่เป็นความร่วมมือของนักวิจัย ชุมชน องค์กรส่วนท้องถิ่น และเอกชน โดยจะได้แสดงแนวคิดและทฤษฎีอย่างละเอียดในแต่ละชุดโครงการย่อยต่อไป



ภาพที่ 3 หลักการ Green

economy

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการย่อยที่ 1: ผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวของการประยุกต์ใช้นวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงในพื้นที่เกษตรต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช

ถ่านชีวภาพ (Biochar)

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งอาจจะมีปริมาณคาร์บอนอาจสูงถึง 50% หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับชีวมวลที่นำมาผลิต ซึ่งสามารถเตรียมได้จากวัสดุอินทรีย์หลายชนิดเช่น วัสดุจากการเกษตรหรือสัลดังจากน้ำเสียชุมชน มีรูปพูนตามธรรมชาติสูง มีพื้นที่ผิวสูง เมื่อใส่ลงในดินจะช่วยการระบายอากาศ การซึมน้ำ การอุ้มน้ำ ดูดึงธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญของพืชและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน สามารถลดความเป็นกรดของดิน นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยให้สูงขึ้น ทำให้ประหยัดการใช้ปุ๋ย ลดต้นทุน เพิ่มรายได้ เพิ่มผลผลิต

ถ่านชีวภาพ หรือ ไบโอชาร์ (Biochar) คือ ถ่านชีวภาพผลิตจากการนำชีวมวล (Biomass) ชนิดต่างๆ หรือสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้จากธรรมชาติ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ เปลือกผลไม้ มูลสัตว์ หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด ไปผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศ หรือจำกัดอากาศให้เข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด เรียกว่ากระบวนการนี้ว่า “การแยกสลายด้วยความร้อน หรือกระบวนการไพโรไลซิส” ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยมาก ด้วยคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีคาร์บอน มีพื้นที่ผิวมาก มีประจุลบ มีรูพรุน และมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชจึงได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน และช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เพิ่มความต้านทานของพืชต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในพืชหลายชนิด รวมถึงลดระยะเวลาในการเพาะปลูกได้ นอกจากนี้ มีการใช้เป็นวัสดุปลูกร่วมกับวัสดุอื่นเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ใช้เป็นวัสดุเพาะกล้า และยังช่วยการลดการดูดซับสารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชและศัตรูพืช และโลหะหนักที่อยู่ในดินและน้ำ ของพืชที่ปลูก

มีรายงานวิจัยและการศึกษาที่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนในข้าว รวมทั้งเพิ่มผลผลิตข้าวได้ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะการเพิ่มค่า CEC และ pH ของดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกทำให้สามารถที่จะดูดซับโลหะหนักที่สะสมในดินได้ซึ่งเป็นการกำจัดโลหะหนักในดินและเป็นวิธีการฟื้นฟูดินได้อีกทางหนึ่ง (Hemwong et al., (2011); Hemwong et al.,(2012); Hemwong and Cadisch, (2012); เสาวคนธ์ และศศิธร, (2554); เสาวคนธ์, (2557) เสาวคนธ์ เหมวงษ์ (2559); ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ , (2556); โสภณภา และคณะ (2560); Wang and Wang (2019) ถึงแม้ว่าถ่านชีวภาพได้มีการศึกษาและประยุกต์ใช้งานมาหลายปีแล้ว แต่ก็ยังมีบางแง่มุมที่ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกไม่ว่าจะเป็นกลไกการทำงานของถ่านชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับการทำงานของจุลินทรีย์ในดินซึ่งมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของถ่านชีวภาพเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ รวมไปถึงกลไกของถ่านชีวภาพที่มีโครงสร้างแตกต่างกันตามวิธีผลิต การกระตุ้น การปรับสภาพและวัสดุที่แตกต่างกัน การผลิตถ่านชีวภาพโดยทั่วไปจะเป็นการประยุกต์ใช้ของเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ เช่น การนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน หรือการนำมาใช้ในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อม (Bioremediation) เป็นต้น โดยจะมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม คุณสมบัติและประสิทธิภาพของถ่านที่เหมาะสม

สำหรับถ่านชีวภาพนั้นขนาดและปริมาณของการกระจายขนาดของรูพรุนขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ จะเป็นตัวกำหนดถึงสมบัติการดูดซับของถ่าน กล่าวคือรูพรุนที่มีขนาดเล็กไม่สามารถที่จะดักจับสารที่มีขนาดใหญ่ (Large adsorbate) ส่วนรูพรุนขนาดใหญ่ก็ไม่สามารถจะเหนี่ยวรั้งสารขนาดเล็ก (Small adsorbate) โดยที่สารเหล่านี้ถูกใส่ประจุเป็นโมเลกุลที่มีขั้วหรือไม่ถูกใส่ประจุเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้ววัสดุที่มีมีองค์ประกอบเป็นลิกนินทำให้เกิดถ่านที่มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนขนาดเล็ก ขณะที่วัสดุที่มีมีองค์ประกอบที่เป็นเซลลูโลสที่สูงกว่าจะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก ขนาดรูพรุนของถ่านที่ได้จากการกระตุ้นทางเคมีจะมีปริมาตรรูพรุนลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาการกระตุ้นในขณะที่อุณหภูมิคงที่ ในทางตรงกันข้ามค่าปริมาตรรูพรุนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นเช่นกัน โดยปกติแล้วถ่านไม้ธรรมชาติ (Charcoal) ไบโอชาร์หรือถ่านชีวภาพ (Biochar) และ ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ได้มาจากการนำไม้ วัสดุการเกษตร หรือ วัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักไปเผาในสภาวะที่มีการควบคุมให้อุณหภูมิ และ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับ ประมาณ 400 – 900 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลผลิตคือถ่านที่มีรูพรุนขนาดเล็ก/กลาง/ใหญ่ จำนวนมากมายแตกต่างกันไป รายละเอียด เปรียบเทียบแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของถ่านไม้ ถ่านชีวภาพ และถ่านกัมมันต์

ชนิด	ถ่านไม้	ถ่านชีวภาพ	ถ่านกัมมันต์
วัสดุตั้งต้น	ไม้เนื้อแข็ง ซีเลื้อย	ไม้/เศษไม้ วัสดุการเกษตรที่เป็น อินทรีย์คาร์บอน	วัสดุทางการ เกษตรที่มีเปลือก แข็ง ปิโตรเลียม
การใช้งาน	เชื้อเพลิงสำหรับ การหุงต้ม	วัสดุปรับปรุงดิน การฟื้นฟูสภาพ แวดล้อม การกรอง	การกรอง การฟื้นฟูสภาพ แวดล้อม
Carbon footprint	Carbon neutral	Carbon negative	Carbon positive

จะเห็นได้ว่าถ่านชีวภาพสามารถผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีความหลากหลาย ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการเกษตรเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น ในแง่ของการปรับปรุงคุณภาพดินโดยการใส่ไบโอชาร์ช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งทำให้พืชมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสามารถดูดซึมสารอาหารจากดินได้มากขึ้น ทำให้พืชเจริญเติบโตและมีผลผลิตที่ดีขึ้น ในแง่ของการเก็บรักษาน้ำและปรับปรุงการระบายน้ำ โดยไบโอชาร์ช่วยเพิ่มความสามารถในการเก็บรักษาน้ำในดินและลดการระบายน้ำ ทำให้พืชมีน้ำที่เพียงพอในช่วงเวลาที่จำเป็น และช่วยลดความเสี่ยงจากปัญหาขาดน้ำในฤดูแล้ง ในแง่ของการเพิ่มสารอินทรีย์ในดินโดยที่ไบโอชาร์มีสารอินทรีย์ที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน ทำให้ดินมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ซึ่งช่วยย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืช นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีเนื่องจากไบโอชาร์ช่วยเก็บกักสารอาหารในดินและป้องกันการสูญเสียของปุ๋ย นับว่าเป็นการลดค่าใช้จ่ายและส่งเสริมการใช้วิธีการเกษตรที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตามการใช้ไบโอชาร์ในการเกษตรถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตและลดการใช้สารเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่การประยุกต์การใช้งานจริงควรคำนึงถึงปริมาณและวิธีการใช้เพื่อให้ได้ผลดีที่สุดและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตในการเกษตร

Silasalaisopisth et al. (2018) ได้ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากเปลือกถั่ววอินคาซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำมันเพื่อการพัฒนาเป็นโฆชนเภสัช โดยได้ศึกษาการปรับอุณหภูมิของเผาในช่วง 500-700 °C และใช้การเร่งปฏิกิริยาโดยใช้กรดฟอสฟอริกและใช้อัตราส่วน 1:1.5 ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่ 600 °C เหมาะสมที่สุดที่จะให้ผลผลิต 59.5% โดยมีประสิทธิภาพการดูดซับที่ 330 mg/g และ 1517 mg/g โดยใช้ methylene blue และ iodine ตามลำดับ

Kan et al. (2017) เตรียมถ่านจากกากใบชาที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก เผาในเตาเผาแบบแนวอนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่อัตราการไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าได้ถ่านที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 824 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนรวม 0.666 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

Bazan-Wozniak et al. (2017) เตรียมถ่านจากเปลือกถั่วพิชตาชิโอที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกในอัตราส่วนระหว่างชีวมวลต่อหน้าหนักกรดฟอสฟอริก 1:2 เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 36.9 ร้อยละของถ่าน (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5.9 พื้นที่ผิวจำเพาะ 868 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุนรวม 0.53 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และเลขไอโอดีนเท่ากับ 846

Kumar and Jena (2016) ศึกษาการเตรียมถ่านจากเปลือกถั่ว fox nut โดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกที่อัตราส่วนระหว่างชีวมวลต่อหน้าหนักกรดฟอสฟอริก 1:1.5 เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่อัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 2,636 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนทั้งหมด 1.53 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

Noguera et al., (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพต่อการเจริญของพืช โดยมีการศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างไส้เดือนดินกับถ่านชีวภาพในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน และส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวในโรงเรือนและมีการทดสอบในดิน 3 แบบได้แก่ ดินที่มีธาตุอาหารสูง ดินที่มีธาตุอาหารต่ำ และดินที่มีธาตุอาหารต่ำแต่มีการเติมปุ๋ย การศึกษาพบว่าการทำงานถ่านชีวภาพและไส้เดือนดินจะส่งผลกับการเจริญของข้าวหรือไม้ขึ้นกับชนิดของดิน โดยที่ถ่านชีวภาพและไส้เดือนดินจะทำงานได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ในขณะที่ในดินที่มีคุณภาพต่ำจะมีผลเป็นบวกเฉพาะไส้เดือนดิน ส่วนทั้งสองจะส่งผลด้านลบในดินที่ดินที่มีธาตุอาหารต่ำแต่มีการเติมปุ๋ย

Beesley et al (2010) ได้ศึกษาการแก้ไขดินปนเปื้อน PAHs ด้วยการเติมถ่านชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน โดยได้มีการตรวจวัดความเป็นพิษด้วยตัวชี้วัดทางธรรมชาติ หลังจากการทดสอบเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า รูพรุนของดินเพิ่มขึ้น 30 เท่า นอกจากนั้นสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลาย ค่าพีเอช ก็มีค่าที่สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณของ Zn และ Cd มีค่าลดลง โดยที่ถ่านชีวภาพสามารถลดปริมาณ Cd ได้สูงสุดถึง 10 เท่า ในขณะที่ PAHs มีค่าลดลง 50% เมื่อใช้ถ่านชีวภาพ

โสภณภนา นันตา และ คณะ (2560) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพต่อการปรับปรุงค่าความเป็นกรด-ด่าง และเพิ่มธาตุอาหารพืช ในระบบวนเกษตรไม้ผลวางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 8 การทดลอง ได้แก่ ดินอย่างเดียว (ควบคุม) ถ่านชีวภาพอัตรา 10 15 และ 20 กิโลกรัมต่อตัน ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อตัน ถ่านชีวภาพ 5+ปุ๋ยเคมี 5 กิโลกรัมต่อตัน ถ่านชีวภาพ 7.5+ปุ๋ยเคมี 7.5 กิโลกรัมต่อตัน และถ่านชีวภาพ 10+ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อตัน โดยทดสอบกับต้นทุเรียน และลองกอง ในพื้นที่สวนไม้ผล จำนวน 3 สวน ผลการวิจัย พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) เพิ่มขึ้นจาก ก่อนการทดลองและชุดควบคุม

Prodana et al (2019) ได้ศึกษาผลของขนาดและปริมาณการใช้งานของถ่านชีวภาพที่มีผลเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดินและในน้ำ โดยได้ศึกษาขนาดของถ่านชีวภาพ 3 ขนาด ได้แก่ <0.5 mm 1-2 mm และ < 4 mm และปริมาณการใช้งานที่ 1% และ 6% โดยศึกษาความพิษ

ที่มีต่อไส้เดือนดินชนิด *Eisenia andrei* โดยพบว่าถ่านที่มีขนาด <0.5 mm ส่งผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนดิน อีกทั้งยังได้มีการศึกษาความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยศึกษาความเป็นพิษที่มีต่อ *Daphnia magna* ซึ่งผลการศึกษาไม่พบผลของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

Chen et al (2018) ได้ดัดแปลงถ่านชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปล่อยธาตุอาหาร โดยดัดแปลงถ่านชีวภาพที่เคลือบด้วย waterborne copolymer PVA และ PVP เพื่อต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของการใช้ปุ๋ย โดยศึกษาถึงปริมาณและความเข้มข้นของโพลีเมอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพที่เคลือบปุ๋ยไว้ ซึ่งผลที่ได้พบว่าปุ๋ยยูเรียที่เก็บไว้ในถ่านชีวภาพที่เคลือบด้วยโพลีเมอร์สามารถลดอัตราการคุดน้ำทำให้อัตราการปล่อยยูเรียออกมาช้าลง โดยถ่านชีวภาพที่ทำจากข้าวให้ผลดีที่สุดโดยสามารถปล่อยยูเรียออกมา 65.28% ในวันที่ 22

จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญของพืช (Plant promoting microorganisms)

จุลินทรีย์ในดินมีความหลากหลายทั้งทางพันธุกรรมและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในดิน โดยเป็นปัจจัยที่สำคัญในการย่อยสลาย และหมุนเวียนแร่ธาตุ และยังมีส่วนช่วยในการส่งเสริม การเจริญเติบโตและป้องกันพืชอีกด้วย จุลินทรีย์ดิน มีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยสิท โปรโตซัว และสาหร่าย แต่ชนิดที่พบมากคือ แบคทีเรีย เนื่องจากเจริญได้อย่างรวดเร็วและมีความ สามารถใน การใช้คาร์บอนและไนโตรเจน เป็นแหล่งพลังงานได้ อย่างหลากหลาย (Govindasamy et al , 2008) โดยชนิดของแบคทีเรียและกิจกรรมของแบคทีเรียในดินที่อยู่บริเวณรากพืชจะมีความแตกต่างจากบริเวณดินภายนอกระบบรากเป็นอย่างมาก เพราะรากพืชหลั่งสาร (root exudate) หลาย ชนิดออกมาเพื่อเหนี่ยวนำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เข้ามาเจริญ ซึ่งภาวะนี้อาจก่อให้เกิดประโยชน์ โทษ และ/หรือ ภาวะเป็นกลาง (Adesemoye และ Klopper (2009) ; Lau และ Lennon (2011)) โดยทั่วไปแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมี 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ที่อยู่ร่วมกับรากพืช (symbiotic relationship) และ แบคทีเรียที่ดำรงชีวิตอิสระ (free-living) ซึ่งมักพบบริเวณใกล้ๆ รากพืช (rhizosphere) หรือในรากพืช

พืชีพาร์เป็นแบคทีเรียที่มีสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สายพันธุ์ส่วนใหญ่ที่พบได้แก่ *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Variovorax*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Azospirillum*, *Serratia* และ *Azotobacter* เป็นต้น โดยทั่วไปพืชีพาร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ extracellular PGPR (ePGPR) ที่พบบริเวณไรโซสเฟียร์และไรโซแพลน และ intracellular PGPR (iPGPR) พบในเซลล์รากพืชช่วย ในการเกิดปม (Gray และ Smith (2005)) กระบวนการกระตุ้นการเจริญ เติบโตของพืชผ่านพืชีพาร์นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ (1) การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยตรง ได้แก่ การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) การละลายฟอสฟอรัส (phosphorus solubilization) การสร้างซีเดอโรฟออร์ (siderophore production) การสร้างฮอริโมนพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลินและการลดความเข้มข้นของเอทิลีนในพืช (2) กลไกโดยอ้อม ได้แก่ การผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ที่ใช้ควบคุมโรคพืช ลดปริมาณของธาตุ เหล็ก บริเวณรากที่เป็นประโยชน์ต่อเชื้อโรคพืช การสร้างสารต่อต้านเชื้อรา (antifungal) การผลิตเอนไซม์ ทำลายผนังเซลล์ของเชื้อราโรคพืช การแย่งครอบครอง เชื้อก่อโรคพืชบริเวณราก และการเหนี่ยวนำการสร้าง ความต้านทาน (Ahemad and Khan (2011))

มีการศึกษาว่าแบคทีเรียบางกลุ่มเช่น *Bacillus species* หรือ *Pseudomonas species* เป็น plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) ที่สามารถอาศัยอยู่กับรากพืช ส่งเสริมให้เกิดการเจริญเติบโต และช่วยควบคุมโรคพืช PGPR ช่วยป้องกันพืชจากอันตรายที่เกิดจากโรคพืชโดยกลไกทางอ้อม เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotic) สารเมแทบอลิซึมที่ยับยั้งรา (antifungal metabolites) เอนไซม์ การแข่งขันกับโรคพืชและเหนี่ยวนำความต้านทานในพืช การสร้างสารปฏิชีวนะเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพมากสุดในการยับยั้งโรคพืช สารปฏิชีวนะที่แบคทีเรียสร้าง ได้แก่ phenazine-1-carboxylic acid, 2,4-diacetyl phloroglucinol, oomycin, pyoluteorin, pyrrolnitrin, kanosamine, zwittermycin-A, และ pantocin (Fernando et al. (2006) ซึ่ง PGPR จะช่วยในการควบคุมโรคพืชด้วยการกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันประเภท induced systemic resistance (ISR) ซึ่งถูกกระตุ้นโดยฮอริโมน jasmonic acid (JA) และ ethylene (ET) (Pieterse et al (1996)) ethylene เป็นฮอริโมนพืชที่อยู่ในรูปของก๊าซ สามารถพบได้ในพืชเกือบทุกชนิด มีการผลิตในปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต บทบาทที่สำคัญของเอทิลีนคือควบคุมกระบวนการออกของเมล็ด การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อ การเกิดราก การยึด ยาวของราก การพัฒนาของตาข้าง การออกดอก การหลุดร่วงของใบ ดอก ผล การสุก และการอยู่ร่วมกันระหว่างพืชกับจุลินทรีย์

อย่างไรก็ตาม เอทิลีนในปริมาณสูงทำให้เกิดความเครียดและเป็นอันตรายต่อ การเจริญเติบโตของพืช สภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อม เช่น ความแห้งแล้ง อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ความเค็มและปริมาณธาตุโลหะหนัก สามารถกระตุ้น ให้เกิดการสังเคราะห์เอทิลีนได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้น ของการตอบสนองของพืชต่อความเครียด และส่งผลต่อแสดงออกทางสรีรวิทยาอื่นๆ ต่อไป ซึ่งกลไกการป้องกันตนเองของพืชสามารถวัดได้จากการแสดงออกของพืช เช่น ความหนาของ cell wall thickening หรือการผลิตสาร secondary metabolite เช่น สารเคมี ที่เป็นพิษต่อ pathogens เช่น พวก alkaloids, การผลิต reactive oxygen species (ROS) และ nitric oxide (NO) นอกจากนั้นการควบคุมโรคพืช

ด้วยการกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันประเภท induced systemic resistance (ISR) ยังสามารถถูกวัดได้การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องเช่น JA responsive defense genes โดยใช้ qRT-PCR ได้ ซึ่งเป็นยีนที่ถูกกระตุ้นการแสดงออกในขณะที่ ISR กำลังทำงาน Van Wees et al (1999) และ Verhagen et al (2004)

เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดได้มีการนำมาศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการทำงานของเอนไซม์ในดิน การปรับปรุงคุณภาพของดิน การชักนำฮอร์โมนการเจริญและการควบคุมโรคในพืช

ธนากร แสงสง่า (2557) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาวะเครียด โดยการใช้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในกลุ่มของไรโซแบคทีเรียช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือพีจีพีอาร์ (PGPR, plant growth promoting rhizobacteria) ซึ่งมีสมบัติในการส่งเสริมและ ป้องกันพืชผ่านกลไกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการผลิตฮอร์โมนพืช ละลายธาตุอาหาร ควบคุมการดูดซึม สารอาหาร และชักนำระบบความต้านทานในพืช นอกจากนี้พีจีพีอาร์ยังสามารถสร้างเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase เพื่อย่อยสลาย ACC ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิถีการสังเคราะห์เอทิลีน ทำให้ระดับเอทิลีนในพืชลดน้อยลง

Pieterse et al. (1996), งานวิจัยนี้ได้ศึกษากลไกการป้องกันตนเองในการเกิดโรคของพืช โดยใช้จุลินทรีย์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) ได้แก่ *P. fluorescens* WCS417r ซึ่งสามารถกระตุ้นชักนำให้พืชสร้าง induced systemic resistance (ISR) ซึ่ง ISR ที่เกิดจาก PGPR จะถูกกระตุ้นโดยฮอร์โมน jasmonic acid (JA) และ ethylene (ET) ซึ่งสามารถถูกวัดได้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันตนเองในการเกิดโรค

Van Wees et al., (1999) งานวิจัยนี้ได้เลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์จำพวก nonpathogenic rhizobacteria ในกลุ่ม *Pseudomonas* ที่สามารถผลิตสารชักนำกลไกการป้องกันตนเองของพืช (induced systemic resistance (ISR)) โดยศึกษาการแสดงออกของยีนที่ถูกกระตุ้นการแสดงออกในขณะที่ ISR กำลังทำงานเช่น JA responsive defense genes โดยใช้ qRT-PCR ได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการอธิบายกลไกการทำงานของจุลินทรีย์ที่ส่งผลต่อการป้องกันโรคพืช

Verhagen et al., (2004) การศึกษาเกี่ยวกับการชักนำกลไกการป้องกันตนเองของพืชด้วยจุลินทรีย์บริเวณรอบระบบรากด้วยการสำรวจการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องในกลุ่ม *Arabidopsis* genes โดยเฉพาะในกลุ่ม fluorescent *Pseudomonas* spp. โดยจุลินทรีย์จำพวกนี้จะชักนำฟังก์ชัน induced systemic resistance (ISR) ในการกระตุ้นโดยการทำงานของฮอร์โมน jasmonic acid (JA) และ ethylene (ET)

ปิยะนุช เนียมทรัพย์ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาแบคทีเรียในลำไส้ปลวกที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์ไโซลานเนสได้ โดยสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียลำไส้ปลวกได้ทั้งสิ้น 146 ไอโซเลต จากการจำแนกชนิดด้วยวิธีการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนส่วน 16S rRNA พบว่าแบคทีเรียทั้ง 146 ไอโซเลตสามารถจัดอยู่ใน 4 Phylum คือ Phylum Firmicutes (58.9%), Phylum Proteobacteria (34.9%), Phylum Actinobacteria (4.8%) และ Phylum Bacteroidetes (1.4%) หลังจากนำมาทดสอบความสามารถเบื้องต้นในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์ไโซลานเนส โดยวิธี congo red test พบว่ามีแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์ไโซลานเนสได้จำนวน 15 ไอโซเลตและ 3 ไอโซเลต ตามลำดับ โดยในจำนวนนี้มีอยู่ 1 ไอโซเลตที่สามารถผลิตเอนไซม์ได้ทั้งสองชนิด โดยคาดว่าจุลินทรีย์จากลำไส้ปลวกที่คัดแยกได้นี้ อาจจะมีสามารถผลิตสารชีวภัณฑ์อื่นๆ ได้อีก เพื่อนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ทั้งทางด้านการเกษตร อุตสาหกรรม หรือใช้ในการแก้ไขควบคุมมลภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้ในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การสร้างพลังงานทดแทนในการผลิตเอทานอล การย่อยสลายสารกำจัดศัตรูพืชที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน หรือการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

Anon et al (2015) ศึกษา endophytic bacteria จากไมยราบยักษ์และวิเคราะห์ indole-3-acetic acid (IAA) ที่ผลิตออกมา โดยผลการศึกษาค้นพบ endophytic bacteria จำนวน 36 isolates นอกจากนี้ยังพบว่า *Aeromonas jandaei* ที่แยกมาจากส่วนของลำต้นมี IAA มากที่สุด ที่ความเข้มข้น 8.6 µg/ml ใน Tryptic Soy Broth (TSB) ที่มี 200 µg/ml ของ L-tryptophan ในขณะที่ 35 isolates ที่เหลือสร้าง IAA ในช่วง 0.6 to 5.0 µg/ml.

ศรียาญญา และ คณะ (2561) ได้ศึกษาแบคทีเรียที่มีเอนไซม์เซลลูเลสที่แยกจากไลเคนชนิด *Parmotrema* sp จำนวน 95 isolates โดยพบว่ามีเพียง 17 isolates ในจีส Bacillus และ Paenibacillus ที่สามารถผลิตไโซลานเนสได้ ซึ่งมีค่าดัชนีการสลายไโซลานเนสอยู่ระหว่าง 1.31 -4.99

พิมพ์พรณ และคณะ (2560) ได้แยกแบคทีเรียจากไลเคนและทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส โดยสามารถแยกได้ 163 isolates และเมื่อทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์พบว่า มี 101 isolates ที่สามารถผลิตเอนไซม์ได้ โดยอยู่ในกลุ่มจีส Bacillus Paenibacillus Lysinibacillus Brevibacillus Staphylococcus ซึ่ง Bacillus amyloliquefaciens มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์สูงสุดที่ 77.32

mU/ml

นุชิตา และคณะ (2560) ศึกษาแบคทีเรียที่แยกได้จากไลเคนบนต้นยางพาราจำนวน 163 isolates มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายฟอสเฟต โดยพบว่าแบคทีเรียในกลุ่มจีส Acenitobacter Bacillus Brevibacillus Paenibacillus ซึ่ง Bacillus megaterium LC 106 และ LC56 มีความสามารถในการละลาย $Ca_3(PO_4)_2$ ได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 89.0 และ 88.1 $\mu g PO_4^{2-}/ml$

การศึกษาผลกระทบของถ่านชีวภาพในการดูดซับและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร

นอกจากการศึกษาในปีที่ 2 ที่พบว่า ถ่านชีวภาพสามารถเสริมฤทธิ์กับชีวภัณฑ์จุลินทรีย์เพื่อการบำรุงดินที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา นักวิจัย Ahmad et al. ทำการศึกษาในประเทศจีนโดยใช้ข้าวโพด (*Zea mays* L.) พบว่าการผสม rhizobia เข้ากับถ่านชีวภาพช่วยให้กิจกรรมของเอนไซม์ของดิน (soil enzymes) ชีวมวลของจุลินทรีย์ในดิน (microbial biomass carbon) และการเจริญเติบโตของข้าวโพดนั้นดีขึ้น (Ahmad et al., 2015) ในทางเดียวกัน Yu et al. (2019) ศึกษาการเสริมฤทธิ์ของเชื้อ *Pseudomonas stutzeri* XL-2 กับถ่านชีวภาพที่ดัดแปลงจากวอลนัท ในสภาวะทดลองใน sequencing batch reactor (SBR) พบว่าถ่านชีวภาพช่วยตรึงเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่กับที่ในถังปฏิกรณ์ และโดยรวมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียมในน้ำเสียได้ (Yu et al., 2019) อีกงานวิจัยที่น่าสนใจคือ Burrell et al. (2016) ทำการศึกษาผลกระทบระยะยาวของถ่านชีวภาพโดยทำการทดลองกับดินหยาบในเขตประเทศออสเตรีย (Austria) พบว่าถ่านชีวภาพที่ทำจากฟาง (straw biochar) ให้ผลลัพธ์ที่ดีมากในแง่ของคุณภาพดิน (Burrell, Zehetner, Rampazzo, Wimmer, & Soja, 2016; Kloss et al., 2014) อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากประเด็นข้างต้น การเจริญเติบโตของพืชการดูดซับและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่ถูกปล่อยไปในดินพืช กลไกการเปลี่ยนแปลงและการตอบสนองของวิวัฒนาการของพืชพบว่าในปัจจุบันที่มีความสำคัญที่จะสามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางชีวภาพได้โดยเฉพาะผลกระทบของการใช้ถ่านในระยะเวลาต่อการดูดซับและการปลดปล่อยของธาตุอาหารถือว่าเป็นแง่มุมที่น่าสนใจ

กระบวนการเจริญเติบโตของพืช ต้องการธาตุต่างๆ เข้าไปเป็นตัวกระตุ้น หรือเป็นส่วนประกอบของเซลล์ ธาตุเหล่านั้นส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบในดินที่ส่วนใหญ่พืชไม่สามารถดูดใช้ได้ทันทีจะต้องผ่านกระบวนการทางเคมีดินให้อยู่ในรูปประจุเสียก่อนพืชจึงจะสามารถนำไปใช้ได้ ธาตุอาหารในดินจะมีรูปแบบการเคลื่อนตัวจากบริเวณที่อยู่ห่างจากเขตรากพืช (Root zone) เข้าสู่บริเวณราก (Rhizosphere) และเคลื่อนผ่านผนังเซลล์เข้าสู่ท่อลำเลียงอย่างเป็นระบบและสัมพันธ์กับกระบวนการคายน้ำของพืช ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการดูดธาตุอาหารของพืช ได้แก่

1. รูปร่างของธาตุอาหารพืชในดิน โดยทั่วไปธาตุอาหารที่อยู่ในดินจะอยู่ในรูปที่เป็นสารประกอบหรือถูกตรึงไว้ในอนุภาคดิน รากพืชจะสามารถดูดใช้ธาตุต่างๆ ได้ก็ต่อเมื่อธาตุเหล่านั้นละลายออกมาในรูปที่เป็นประจุ เช่น ธาตุเหล็กอยู่ในรูป Fe^{2+} สังกะสีอยู่ในรูป Zn^{2+} โมลิบดีนัมอยู่ในรูป MoO_4^{2-} เป็นต้น

2. กลไกการดูดธาตุอาหาร การที่พืชจะได้รับสารอาหารจากดินจะมี 2 กระบวนการเกิดขึ้นคือ การลำเลียงธาตุอาหารภายนอก รากพืช และการลำเลียงธาตุอาหารภายในรากพืช ทั้งสองกระบวนการเป็นกลไกที่เกิดต่อเนื่องกันเพื่อนำธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์พืช

- 2.1 การลำเลียงธาตุอาหารภายนอกรากพืชเริ่มจากการที่รากพืชงอกลงไปสัมผัสกับเนื้อดิน (Root interception) ในครั้งแรกธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Available form) ที่อยู่บริเวณราก (Rhizosphere) จะถูกดูดใช้ไปก่อน ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่บริเวณรากต่ำลง บริเวณรากนั้นครอบคลุมส่วนของพื้นที่ผิวทั้งหมด ทั้งรากแขนง (Lateral root) และขนราก (Root hair) ซึ่งขนรากเป็นรากที่มีบทบาทในการดูดน้ำและธาตุอาหารมากที่สุด ส่วนธาตุอาหารที่อยู่ไกลจากรากออกไปจะมีการเคลื่อนย้ายเข้าสู่รากผ่านกระบวนการไหลของมวล (Mass flow) เมื่อกลุ่มธาตุอาหารเดินทางเข้าใกล้บริเวณรากธาตุอาหารจะเคลื่อนสู่ผิวรากด้วยกระบวนการแพร่ (Diffusion) โดยอาศัยหลักความเข้มข้นสูงแพร่สู่ความเข้มข้นต่ำ เมื่อธาตุอาหารที่บริเวณรากถูกดูดใช้ไปโดยพืช ความเข้มข้นของธาตุอาหารบริเวณนั้นจะต่ำลง ธาตุอาหารบริเวณที่อยู่ไกลจากรากออกไปซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าจึงแพร่ไปสู่บริเวณราก

- 2.2 การลำเลียงธาตุอาหารภายในรากพืชเกิดขึ้นเมื่อธาตุอาหารต่างๆ ผ่านเนื้อเยื่อรากเข้ามาภายในราก การลำเลียงธาตุอาหารและน้ำเข้าไปภายในเซลล์มี 2 ทาง คือ ผ่านทางเซลล์ที่มีชีวิต (Symplasmic pathway) โดยแร่ธาตุจะถูกดูดซึมเข้าไปในเซลล์และขับเคลื่อนไปสู่อีกเซลล์โดยใช้พลังงาน ซึ่งรวมไปถึงการขับเคลื่อนในท่ออาหารด้วย และอีกทางหนึ่งคือ ลำเลียงผ่านเซลล์ที่ไม่มีชีวิต (Apoplasmic pathway) น้ำและแร่ธาตุจะแพร่เข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยไม่ต้องใช้พลังงานแต่จะขับเคลื่อนด้วยแรงกายภาพ เช่น การแพร่ ความต่างศักย์ของน้ำ เป็นต้น การลำเลียงแบบนี้พบในการลำเลียงในท่อน้ำด้วยเช่นกัน

การดูดธาตุอาหารของพืชมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิ และแสงสว่าง ซึ่งมีผลกระทบต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมที่จะไปกระตุ้นการดูดธาตุอาหารของราก ความหนาแน่นและการกระจายตัวของรากซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ และการปรับตัวของพืชต่อการเข้าถึงธาตุอาหารในดิน ล้วนส่งผลต่อความสามารถของพืชต่อการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งสิ้น ส่วนปริมาณธาตุ

อาหารในดินเองมีผลต่อปริมาณการดูดธาตุอาหารของรากเช่นกัน หากมีธาตุอาหารในดินน้อยพืชก็ดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อย และปัจจัยที่สำคัญอีกประการก็คือ ความชื้นในดิน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการดูดธาตุอาหารของพืชเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และช่วยในการเคลื่อนที่เข้าไปสู่ราก (Marssher,1995)

การแบ่งสปีนส่วน

เมื่อธาตุอาหารถูกลำเลียงเข้าไปในต้นพืชเพื่อผ่านกระบวนการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ผ่านกระบวนการการแบ่งสปีนส่วน (Partitioning) สารสังเคราะห์ที่ลำเลียงมาจะถูกแบ่งสปีนส่วนไปยังส่วนต่างๆ ของพืช การแบ่งสปีนส่วนสารสังเคราะห์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตจะแตกต่างกัน โดยในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบนั้น ใบที่เจริญเต็มที่จะเป็นส่วนผลิตสำคัญที่สามารถส่งสารสังเคราะห์ออกไปได้ถึง 60 - 80% ของสารที่สังเคราะห์ขึ้น สารสังเคราะห์จะถูกส่งไปเลี้ยงใบอ่อนที่ยังไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้เองอย่างเต็มที่ เมื่อใบอ่อนเจริญเติบโตจนสามารถสังเคราะห์แสงเลี้ยงตัวเองได้แล้ว ก็จะส่งสารสังเคราะห์ไปเลี้ยงใบอ่อนที่อยู่ถัดไป ส่วนใบแก่ที่ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเลี้ยงตัวเองได้เพียงพอก็จะหยุดส่งสารสังเคราะห์ออกไปและจะไม่ได้รับสารสังเคราะห์จากใบอื่นมาเลี้ยง สำหรับกรณีของธาตุอาหารบางอย่างที่เคลื่อนย้ายได้ เช่น ไนโตรเจนหรือสารประกอบอินทรีย์บางอย่าง จะถูกส่งออกไปยังแหล่งอื่นได้ก่อนที่ใบนั้นจะตายหรือร่วงหล่นไป ส่วนในระยะเจริญพันธุ์นั้นพบว่าอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมล็ด ถือว่าเป็นส่วนรับ (Sink) ที่ใหญ่มากที่สุด (โดยเฉพาะธัญพืชต่างๆ ซึ่งรวมไปถึงข้าว) พืชที่ไม่ทอดยอด เช่น ข้าว จะหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและส่งสารสังเคราะห์ไปเลี้ยงส่วนเจริญพันธุ์แทน สำหรับเมล็ดนั้นจะได้รับสารสังเคราะห์จากใบธง ช่อรวง และต้น เป็นลำดับแรก หากใบธงเสียหายจะมีการลำเลียงสารสังเคราะห์จากใบอื่นๆ ขึ้นไปแทน ส่วนพืชที่ทอดยอดได้แก่พืชที่ยังสามารถมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้อีกหลังจากมีการออกดอกแล้ว เช่น พืชตระกูลถั่ว และพืชข้ามปี เป็นต้น ทำให้มีการส่งสารสังเคราะห์จากส่วนผลิต (source) ไปยังส่วนรับ (Sink) อีกหลายทาง ทั้งยอดอ่อน ใบอ่อน และเมล็ด ทำให้เมล็ดที่ได้จากชุดหลังนั้นมีความสมบูรณ์น้อยกว่าเมล็ดที่เกิดในชุดแรก (Yoshida, 1981)

การศึกษาผลกระทบระยะยาวของถ่านชีวภาพ

ผลกระทบในระยะยาวของการใช้ถ่านชีวภาพที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจะมีหลายประการไม่ว่าจะเป็นประสิทธิภาพดินหรือความอุดมสมบูรณ์ของดินเปลี่ยนแปลงไปหลังจากที่มีการใช้ถ่านชีวภาพซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชในระยะยาวได้ ถ่านชีวภาพสามารถเพิ่มความสามารถในการเก็บรักษาน้ำของดินซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำในระยะยาว ช่วยให้พืชมีน้ำที่เพียงพอตลอดฤดูและลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง ประกอบกับ การใช้ถ่านชีวภาพในการจัดการดินสามารถช่วยลดการสูญเสียสารประกอบเคมีในดินไปยังแหล่งน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำที่ไหลออกมาจากดินมีคุณภาพดีขึ้น นอกจากนี้การใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำธาตุอาหารไปสู่พืช ลดการสูญเสียธาตุอาหารลงในน้ำเสียและลดความเสี่ยงจากการสูญเสียปุ๋ย ทำให้สามารถลดต้นทุนทางการเกษตรได้ และเมื่อพิจารณาเรื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นประเด็นในระดับโลก การใช้ถ่านชีวภาพสามารถเพิ่มความสามารถของดิน การกักเก็บคาร์บอนซึ่งจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรลงได้ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาปริมาณการใช้ถ่านชีวภาพให้เหมาะสม เนื่องจากการใช้มากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดปัญหาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืชได้ การจัดการด้วยความระมัดระวังและการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ถ่านชีวภาพในสภาวะที่แตกต่างกันจะช่วยลดผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ในระยะยาวได้

ในการศึกษาผลกระทบของถ่านชีวภาพระยะยาว ผู้วิจัยส่วนมากทำการศึกษาในระยะเวลา 3 ปี Brtnicky et al. (2019) ทำการศึกษาในประเทศสาธารณรัฐเช็ก (Czech Republic) โดยวัดค่า ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมถึงประเมิน microbial biomass carbon และกรดไขมัน phospholipid ของจุลินทรีย์ ตั้งแต่ปีค.ศ. 2014-2017 ผู้วิจัยพบว่าการใช้ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่ม ชีวมวลและกรดไขมันของจุลินทรีย์ (Brtnicky et al., 2019) ในทิศทางเดียวกัน Dong et al. (2016) ศึกษาดินในประเทศจีนที่บำรุงด้วยถ่านชีวภาพความเข้มข้นต่างกัน โดยศึกษาการเกิดเม็ดดิน (soil aggregation) ปริมาณคาร์บอน และปริมาณไนโตรเจนในดิน พบว่าถ่านชีวภาพทำให้เกิดเม็ดดินจากอนุภาคขนาดใหญ่มากยิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนให้แก่ดิน (Dong, Guan, Li, Lin, & Zhao, 2016) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้ถูกจัดทำขึ้นในภูมิภาคเขตอบอุ่น (temperate zone) โดยมีอุณหภูมิที่ทำการศึกษายู่ในช่วง 10-18 องศาเซลเซียส (Ahmad et al., 2015; Brtnicky et al., 2019; Dong et al., 2016) ผู้วิจัยยังไม่พบว่ามีรายงานการศึกษาผลกระทบของถ่านชีวภาพในประเทศที่มีภูมิอากาศเขตร้อนในระยะยาว โดยเฉพาะการใช้ถ่านชีวภาพดัดแปลงที่ผสมเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและดิน ดังนั้นการนำเอาถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ในพื้นที่เกษตร/ชุมชนในประเทศไทย และศึกษาเชิงลึกถึงผลกระทบต่อดิน พืช และชุมชนอย่างเป็นระบบจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรดำเนินการ

การศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดินด้วยวิธีเมตาจีโนมิกส์ (metagenomics/ metagenome analysis)

เมตาจีโนมิกส์เป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาจีโนม (genomes) หรือสารพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่สนใจในการศึกษา ดังนั้น วิธีการเมตาจีโนมิกส์จึงครอบคลุมการศึกษาจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ (unculturable microbes) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีจุลินทรีย์จำนวนมากที่ไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการได้ เพราะมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่ไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการได้เนื่องจากในห้องปฏิบัติการนั้นไม่สามารถจำลองสภาวะที่เหมาะสมได้ทั้งหมด (Schloss & Handelsman, 2005) การใช้ประโยชน์จาก rDNA โดยเฉพาะจาก 16S rDNA ซึ่งเป็นยีนที่แพร่ไปเป็นส่วนหนึ่งของ small subunit 30S ribosome ในโพรแคริโอทนั้นมีมานานกว่าสามทศวรรษ (Lee, Hammond, Davis, & Gundersen, 1993; Muyzer, Teske, Wirsén, & Jannasch, 1995) นักวิทยาศาสตร์อาศัยหลักการ 16S rDNA sequencing นี้ในการบ่งชี้และจำแนกสายพันธุ์ของจุลินทรีย์กันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้ถูกพัฒนาให้มีความสะดวกมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้ pre-designed primers ที่มีวงจำเพาะทั่วไป การพัฒนาเครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจาก 16S rDNA sequencing ไม่ว่าจะเป็น MOTHUR (Schloss et al., 2009) หรือ QIIME (Caporaso et al., 2010; Kuczynski et al., 2011) ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์เป็นไปได้ง่ายและเห็นภาพชัดเจน (visualization aid) มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิงโครงการวิจัยย่อยที่ 1

- [1] ถนอม คลอดเพ็ง. 2528. วิธีการของปลูฟิสิกส์วิเคราะห์. เชียงใหม่: ภาควิชาพฤกษศาสตร์และ อนุรักษ์ศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] ธนากร แสงสง่า. 2557. พีจีอาร์ : บทบาทในการส่งเสริมและป้องกันพืชภายใต้สภาวะเครียด วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(4), 553-570.
- [3] นุชธิดา เป็กธนู, ภัทธภรณ์ ภูริทัตตานันท์, ปิยะนุช เนียมทรัพย์, สุรีย์พร เจริญประเสริฐ, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560. การทดสอบกิจกรรมการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพหุสภคณาจารย์ ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏพหุสภคณาจารย์ พิษณุโลก, 23-24 มีนาคม 2560. หน้า 579-584.
- [4] ปิยะนุช เนียมทรัพย์ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง นลินวงศ์ชัตติยะ และพีรภานต์ บรรเจิดกิจ. 2560 การผลิตสารชีวภัณฑ์จากจุลินทรีย์ลำไส้ปลวกเพื่อการเกษตร พลังงานและสิ่งแวดล้อม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 91 หน้า.
- [5] เสาวคนธ์ เหมวงษ์ และ ศศิธร เชื้อกฤษณะ. 2554. การใช้ถ่านชีวภาพปรับปรุงดินเพื่อปลูกข้าวโพด ข้าวเหนียวหวาน. วารสารเกษตร 27(3): 259-266.
- [6] ปิยะนุช เนียมทรัพย์ ญัฐชา อินทา ปานไพลิน ศรีวิยศ นลิน วงศ์ชัตติยะ และศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560. การคัดเลือกแบคทีเรียในลำไส้ปลวกที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประจำปี 2560 (หน้า157-164).
- [7] พิมพ์พรณ วสุนันต์, กิตติภรณ์ พุ่มแดง, ปิยะนุช เนียมทรัพย์, สุรีย์พร เจริญประเสริฐ, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560. การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน *Parmotrema* sp.. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพหุสภคณาจารย์ ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏพหุสภคณาจารย์ พิษณุโลก, 23-24 มีนาคม 2560. หน้า 566-571.
- [8] ศรีกาญจนา คล้ายเรือง ศิริภรณ์ ชื่นบาล ปิยะนุช เนียมทรัพย์ ฐปน ชื่นบาล. 2561. ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561. อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่, 11-13 ธันวาคม 2561. หน้า 175-181.
- [9] ไสภภินา นันตา จันทรเพ็ญ ชุมแสง และ นงคราญ ภาณุจนประเสริฐ. 2560. ประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพต่อการปรับปรุงค่าความเป็นกรด-ด่างและเพิ่มธาตุอาหารพืช ในระบบวนเกษตรไม้ผล. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17
- [10] เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2557. ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ และกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16(1): 69-75
- [11] เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2559. ผลของถ่านกลบและหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและ รากของยางพาราที่ปลูกใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย มหาสารคาม 35(2) : 189-195.
- [12] เสาวคนธ์ เหมวงษ์ ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ ยุทธนา มูลสุวรรณ (2559) รายงานวิจัยเรื่อง การผลิตและการใช้ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้ในครัวเรือนและการผลิตพืช สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ปี 2559.
- [13] อานนท์ ฤกษ์งาม, กตัญชลี เดชอุบล, ปิยะนุช เนียมทรัพย์, นพมณี ไทบุญญานนท์, ปวีณา ภูมิสุธาผล, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560.

- การแยกเชื้อแบคทีเรียจากงาขี้ม่อนและการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก, 23-24 มีนาคม 2560. หน้า 131-138.
- [14] Afgan, E., Baker, D., Batut, B., Van Den Beek, M., Bouvier, D., ?ech, M., . . . Gruning, B. A. (2018). The Galaxy platform for accessible, reproducible and collaborative biomedical analyses: 2018 update. *Nucleic acids research*, 46(W1), W537-W544.
- [15] Ahmad, M. T., Asghar, H. N., Saleem, M., Khan, M. Y., & Zahir, Z. A. (2015). Synergistic effect of rhizobia and biochar on growth and physiology of maize. *Agronomy Journal*, 107(6), 2327-2334.
- [16] Anon Rerkngama Piyanch Niamsup Srikanjana Klayraung. 2015 Production of Indole Acetic Acid of Endophytic Aeromonas jandaei Isolated from Mimosa pigra. Proceedings in Burapha University International Conference 2015“Moving Forward to a Prosperous and Sustainable Community” (1098-1103).
- [17] American society for testing and materials. 2006. Standard test method for sorbent performance of adsorbents. ASTM International designation, F 726(06), 1-6.
- [18] Bazan-Wozniak, A., Nowicki, P. & Pietrzak, R. 2017. The influence of activation procedure on the physicochemical and sorption properties of activated carbons prepared from pistachio nutshells for removal of NO₂/H₂S gases and dyes. *Journal of Cleaner Production*, 152. 211-222.
- [19] Brtnicky, M., Dokulilova, T., Holatko, J., Pecina, V., Kintl, A., Latal, O., . . . Datta, R. (2019). Long-term effects of biochar-based organic amendments on soil microbial parameters. *Agronomy*, 9(11), 747.
- [20] Burgain, J., Linder, M. Gaian, C. & Scher, J. 2011. Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 467-483.
- [21] Burrell, L. D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B., & Soja, G. (2016). Long-term effects of biochar on soil physical properties. *Geoderma*, 282, 96-102.
- [22] Chandramouli, V., Kailasapathy, K. Peiris, P. & Jones, M. 2004. An improved method of microencapsulation and its evaluation to protect *Lactobacillus* spp. in simulated gastric conditions. *Journal of Microbiological Methods*, 56(1), 27-35.
- [23] Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., . . . Gordon, J. I. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature methods*, 7(5), 335-336.
- [24] Chen, M & Mustapha, A. 2012. Survival of freeze-dried microcapsules of α -galactosidase producing probiotics in a soy bar matrix. *Food Microbiology*, 30(1), 68-73.
- [25] Damjanovic, V. & Radulovic, D. 1967. Survival of *Lactobacillus bifidus* after Freeze drying. *Cryobiology*, 1(1), 30-32.
- [26] Dong, X., Guan, T., Li, G., Lin, Q., & Zhao, X. (2016). Long-term effects of biochar amount on the content and composition of organic matter in soil aggregates under field conditions. *Journal of soils and sediments*, 16(5), 1481-1497.
- [27] Dey, T. 2012. Everything you need to know about the basics of surface adsorption. Available <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=5&sid=9681f90b-0eb0-4062-af6a9843634b9b09%40sessionmgr4009&bdata=JnNpdGU9ZWRZLWxpdmU%3d#db=nlebk&AN=529781>. (10 July 2019)
- [28] Electroboom. 2016. Graphite and its awesome properties. [Online]. Available <http://www.electroboom.com/?p=835> (15 July 2015).
- [29] Hemwong, S., and G. Cadisch. 2012. Effect of biochar amendment on soil fertility and lowland rice yield in Nakhon Phanom Province. *Nakhon Phanom University Journal 8th Nation Agricultural system conference*: 45-48.
- [30] Heidebach, T. & Kulozik, P. F.U. 2010. Influence of casein based microencapsulation on freeze-drying and storage of probiotic cells. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 309-316.
- [31] Jianlong Wang, Shizong Wang 2019. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. *J. of cleaner production*, 227, (1002-1022).
- [32] Kan, Y., Yue, Q., Li, D., Wu, Y. & Gao, B. 2017. Preparation and characterization of activated carbons from waste tea

- by H₃PO₄ activation in different atmospheres for oxytetracycline removal. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 71(4)94-500.
- [33] Kloss, S., Zehetner, F., Wimmer, B., Buecker, J., Rempt, F., & Soja, G. (2014). Biochar application to temperate soils: effects on soil fertility and crop growth under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1), 3-15.
- [34] Krasaekoopt, W., Bhandari, B. & Deeth, H. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*, 13(1), 3-13.
- [35] Kuczynski, J., Stombaugh, J., Walters, W. A., González, A., Caporaso, J. G., & Knight, R. (2011). Using QIIME to analyze 16S rRNA gene sequences from microbial communities. *Current protocols in bioinformatics*, 36(1), 10.17. 11-10.17. 20.
- [36] Kumar, A. & Jena, H. M. 2016. Preparation and characterization of high surface area activated carbon from Fox nut (*Euryale ferox*) shell by chemical activation with H₃PO₄. *Results in Physics*, 6, (651-658).
- [37] Lee, I.-M., Hammond, R., Davis, R., & Gundersen, D. (1993). Universal amplification and analysis of pathogen 16S rDNA for classification and identification of mycoplasma-like organisms. *Phytopathology*, 83(8), 834-842.
- [38] Liu, C., Song, Y., Dong, X., Wang, X., Ma, X., Zhao, G., & Zang, S. (2021). Soil Enzyme Activities and Their Relationships With Soil C, N, and P in Peatlands From Different Types of Permafrost Regions, Northeast China. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 143.
- [39] López-García, A., Pineda-Quiroga, C., Atxaerandio, R., Pérez, A., Hernández, I., García-Rodríguez, A., & González-Recio, O. (2018). Comparison of Mothur and QIIME for the analysis of rumen microbiota composition based on 16S rRNA amplicon sequences. *Frontiers in microbiology*, 9, 3010.
- [40] Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd. Academic Press, New York.
- [41] Mattson, J. S. & Mark, H. B. 1971. Activated carbon : surface chemistry and adsorption from solution. New York: Marcel Dekker
- [42] Mongon, J., Chaiwong, N., Bouain, N., Prom-u-Thai, C., Secco, D., and Rouached, H. 2017. Phosphorus and iron deficiencies influences rice shoot growth in an oxygen dependent manner: insight from upland and lowland rice. *Int. J. Mol. Sci.* 18: 607
- [43] Muyzer, G., Teske, A., Wirsén, C. O., & Jannasch, H. W. (1995). Phylogenetic relationships of *Thiomicrospira* species and their identification in deep-sea hydrothermal vent samples by denaturing gradient gel electrophoresis of 16S rDNA fragments. *Archives of Microbiology*, 164(3), 165-172.
- [44] Nakamura, I. & Fujimoto, K. 1996. Development of new disposable catalyst for waste plastics treatment for high quality transportation fuel. *Catalysis Today*, 27(1), 175-179.
- [45] National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Invest. Washington D.C.: U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office.
- [46] Otero, M. C. Espeche M. C. & Nader-Macias M. E. 2007. Optimization of the freeze-drying media and survival throughout storage of freeze-dried *Lactobacillus gasseri* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* for veterinarian probiotic applications. *Process Biochemistry*, 4(10), 1406-1411.
- [47] Pieterse, C. M., Van Wees, S. C., Hoffland, E., Van Pelt, J. A., & Van Loon, L. C. 1996. Systemic resistance in *Arabidopsis* induced by biocontrol bacteria is independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis-related gene expression. *The Plant Cell*, 8(8), 1225-1237.
- [48] Rajam, R., Karthik, P. Parthasarathi, S. Joseph, G. S. & Anandharamakrishnan, C. 2012. Effect of whey protein-alginate wall systems on survival of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 891-898.
- [49] Rokka, S. & Rantamaki, P. 2010. Protecting probiotic bacteria by microencapsulation: challenges for industrial

applications. European Food Research and Technology, 231, 1–12.

[50] Silasalaisopisth P., Daothong S., Klayruang S. and Pholchan M.. (2018) A novel sachu inchi (Plukenetia volubilis L.) shell as a modified – porous activated carbon product. The 9th RMUTP international conference on science technology and innovation for sustainable development: challenges towards the digital society. 21-22 June 2018, The Sukosol Bangkok. Thailand.

[51] Solanki, H. K., Pawar, D. D. Shah, D. A. Prajapati, V. D. Jani, G. K. Mulla, A. M. & Thakar. P. M. 2013. Development of microencapsulation delivery system for long-term preservation of probiotics as biotherapeutics agent. BioMed Research International, 2013,1-21

[52] Soil Survey Staff. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual: Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office.

[53] Stormo, K. E. & Crawford, R. L. 1992. Preparation of Encapsulated Microbial Cells for environmental applications. Applied and Environmental Microbiology, 58(2), 727-730.

[54] Sujatacarbon. n.d. Introduction: activated carbon. [Online]. Available <http://sujatacarbons.com/activated-carbon.html> (27 June 2017).

[55] Van Wees, S. C., Luijendijk, M., Smoorenburg, I., Van Loon, L. C., & Pieterse, C. M. 1999. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (ISR) in Arabidopsis is not associated with a direct effect on expression of known defense-related genes but stimulates the expression of the jasmonate-inducible gene Atvsp upon challenge. Plant molecular biology, 41(4), 537-549.

[56] Verhagen, B. W., Glazebrook, J., Zhu, T., Chang, H. S., Van Loon, L. C., & Pieterse, C. M. 2004. The transcriptome of rhizobacteria-induced systemic resistance in Arabidopsis. Molecular Plant-Microbe Interactions, 17(8), 895-908.

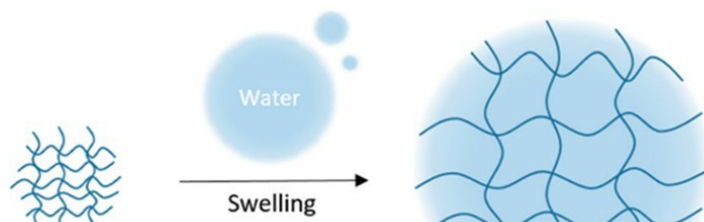
[57] Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International rice research institute, Los Banos, Philippines.

[58] Zayed, G. & Roos, YH. 2004. Influence of trehalose and moisture content on survival of *Lactobacillus salivarius* subjected to freeze-drying and storage. Process Biochemistry, 39(9), 1081-1086.

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การพัฒนาวัสดุคอมพอลิตจากถ่านชีวภาพดัดแปลงและไฮโดรเจลสำหรับการใช้งานด้าน

การเกษตรวัสดุไฮโดรเจล (Hydrogel)

ไฮโดรเจล (Hydrogels) [3-5] เป็นพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic polymer) ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบโครงร่างตาข่าย 3 มิติ (Cross-linking) สามารถดูดซับน้ำได้ปริมาณมากที่สุดถึง 1,000 เท่าของน้ำหนักแห้ง โดยยังคงความแข็งแรงและคงสภาพอยู่ได้ ซึ่งอาจรู้จักในอีกชื่อหนึ่งว่า พอลิเมอร์ดูดซับน้ำสูง (Superabsorbent polymers; SAPs) สมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลเกิดจากการมีหมู่ฟังก์ชันที่มีสภาพเป็นกรดหรือเบส (Acidic or Basic functional groups) อยู่ในโครงสร้าง เมื่อนำไฮโดรเจลไปแช่น้ำ หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นประจุลบหรือบวกขึ้น แรงผลักระหว่างประจุชนิดเดียวกัน (Electrostatic repulsion) ทำให้ไฮโดรเจลบวมตัวและเหนียวน้ำให้น้ำเข้าสู่โครงร่างตาข่าย เมื่อนำมาใช้ในงานที่อยู่ในสถานะที่ไม่มีน้ำ ไฮโดรเจลจะค่อยๆ ปลดปล่อยน้ำและหดตัวกลับคืนสู่สภาพเดิมและสามารถดูดซับน้ำซ้ำได้อีกดังภาพที่ 4 จากสมบัติการดูดซับและอุ้มน้ำได้ดังนี้ ทำให้มีการนำไฮโดรเจลไปประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น ด้านการแพทย์ ผลิตเป็นสารนำส่งยา วัสดุปิดปากแผล คอนแทคเลนส์ ด้านสุขอนามัย ผลิตเป็นสารดูดซับในผ้าอ้อมสำเร็จรูปและผ้าอนามัย ด้านสิ่งแวดล้อม ใช้เป็นวัสดุดูดซับโลหะหนัก และด้านการเกษตร ประยุกต์ใช้เป็นวัสดุอุ้มน้ำและแร่ธาตุเพื่อชะลอการถูกชะล้างลงในดินชั้นล่าง ใช้เป็นวัสดุเคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และใช้ในรูปของแผ่นฟิล์มสำหรับการเพาะปลูกแบบไม่ใช้ดิน เป็นต้น

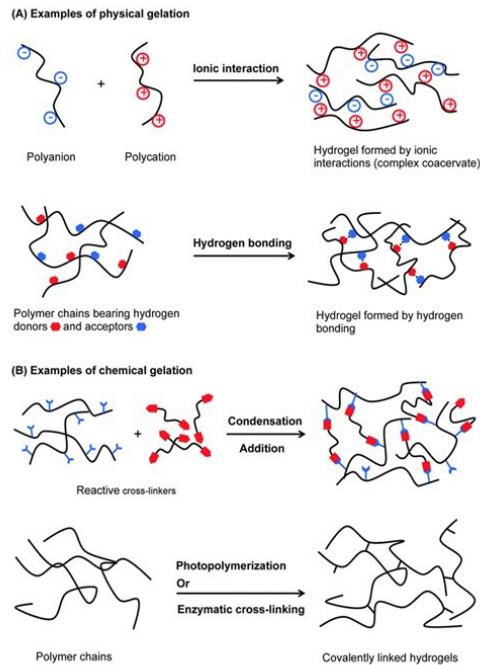




ภาพที่

4 พฤติกรรมการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล [8]

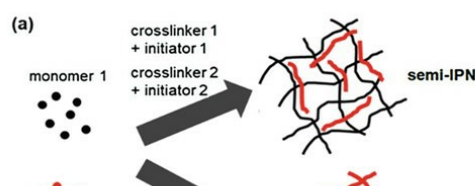
โครงสร้างโมเลกุลแบบโครงร่างตาข่าย 3 มิติ (Cross-linking) ของไฮโดรเจล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. การเชื่อมขวางทางเคมี (Chemical cross-linking) ด้วยพันธะโควาเลนต์ เช่น การใช้สารเชื่อมขวาง (Cross-linker) การฉายรังสี การใช้เทคนิคพลาสมา เป็นต้น และ 2. การเชื่อมขวางทางกายภาพ (Physical cross-linking) ด้วยพันธะทุติยภูมิ เช่น พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonding) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic interaction) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน (Ionic interaction) เป็นต้น ตัวอย่างโครงสร้างของไฮโดรเจลแสดงดังภาพที่ 5

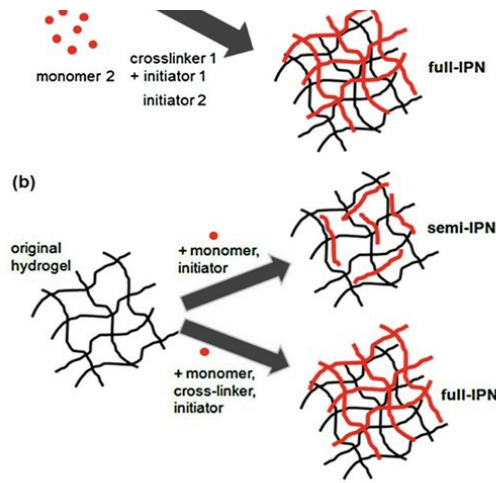


ภาพที่ 5 โครง

สร้างของไฮโดรเจลเมื่อใช้วิธีเชื่อมขวาง (A) ทางกายภาพ และ (B) ทางเคมี [9]

นอกจากนี้ สามารถปรับปรุงสมบัติของไฮโดรเจลได้จากการมีพอลิเมอร์ 2 ชนิดอยู่ในโครงร่างตาข่าย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. แบบ Full-IPN (Full-interpenetrating polymer network) เป็นไฮโดรเจลที่มีโครงร่างตาข่ายจากพอลิเมอร์ 2 ชนิดแทรกกันอยู่ ไม่สามารถแยกออกจากกัน ส่งผลให้โครงสร้างโดยรวมมีความแข็งแรงมากขึ้น และ 2. แบบ Semi-IPN (Semi-interpenetrating polymer network) เป็นไฮโดรเจลที่มีพอลิเมอร์โครงร่างตาข่ายกับพอลิเมอร์ที่ไม่มีโครงร่างตาข่ายสอดแทรกกันอยู่ แสดงดังภาพที่ 6 โดยไฮโดรเจลที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่ผลิตมาจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น พอลิอะคริลาไมด์ พอลิอะคริเลท





ภาพที่ 6 โครงสร้างของไฮโดร

เจลแบบ full-IPN และ semi-IPN [10]

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ต้องการเตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไฮโดรเจลและถ่านชีวภาพตัดแปลง จึงได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

Nnadi and Brave (2011) [14] ศึกษาการผลิตไฮโดรเจลจาก CMC ($M_w = 90,000$ และปริมาณการแทนที่ (Degrees of substitution) = 0.7) ผสมแบ่งที่ต่างกัน 4 ชนิด คือ แบ่งมันสำปะหลัง แบ่งข้าวโพด แบ่งมันฮ่องกง และแบ่งมันมือเสือ โดยเตรียมแบ่งสูงที่สุดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาผสมกับสารละลาย CMC 20 กรัมในน้ำ 2,000 มิลลิลิตร เติมอะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) ลงในสารละลายผสมเพื่อให้เกิดการเชื่อมขวางทางกายภาพก่อนเทลงบนแผ่นเทฟลอนและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้ไปตัดและบดให้เป็นผง และนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่า ไฮโดรเจลที่มี $Al_2(SO_4)_3$ ร้อยละ 2.3 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงสุดที่ร้อยละ 70 และเมื่อศึกษาอิทธิพลชนิดของแบ่งที่มีต่อการนำไฮโดรเจลไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตรพบว่า หัวไซเท้าที่ปลูกในดินผสมไฮโดรเจลจาก CMC/แบ่งมันฮ่องกง มีใบสีเขียวขนาดใหญ่และให้หัวไซเท้าที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 5.6 กรัม ในขณะที่สภาวะควบคุม (ดินที่ไม่ผสมไฮโดรเจล) หัวไซเท้าน้ำหนักเพียง 1.5 กรัม

Ruqin et al. (2015) [15] ทำการเตรียมวัสดุปลูกจากถ่านชีวภาพจากฟางข้าวสาเลีและไฮโดรเจลจากอะคริลาไมด์และโปแตสเซียมอะคริเลท โคอพอลิเมอร์โดยมีแบ่งประจุบวกทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมขวาง ที่ปริมาณถ่านชีวภาพ 0-160 mL/L และไฮโดรเจล 0.8 g/L จากนั้นผสมกับปุ๋ยมูลสัตว์ เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลต์และพีทมอส ที่อัตราส่วน 3:2:3:2 โดยปริมาตร ตามลำดับ และนำมาทดลองปลูกผักโขมในโรงเรือนกระจกที่อุณหภูมิ 24-35 °C จากผลการทดลองพบว่า ความพรุน ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้นอย่างมากตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของถ่านชีวภาพ นอกจากนี้ ในกรณีที่มีวัสดุปลูกไม่มีไฮโดรเจล พบว่าค่า pH และอัตราการงอกของเมล็ดผักโขมลดลงเมื่อปริมาณของถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น (76.9%-83.7%) ในขณะที่ วัสดุปลูกที่มีถ่านชีวภาพผสมไฮโดรเจล ทำให้อัตราการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 83.6%-85.8% เมื่อพิจารณาทั้งกรณีที่มีและไม่มีการเติมไฮโดรเจล พบว่าการเจริญเติบโตของผักโขมและการดูดซึมน้ำธาตุของรากเพิ่มขึ้นตามปริมาณถ่านชีวภาพที่มากขึ้น และมีค่ามากที่สุดที่ปริมาณถ่านชีวภาพ 100 mL/L และเมื่อกำหนดให้ปริมาณถ่านชีวภาพคงที่ที่ 100 mL/L พบว่า การเติมไฮโดรเจลไม่เพียงแต่ช่วยปรับปรุงสมบัติของถ่านชีวภาพที่ให้อย่างขึ้น ไฮโดรเจลยังช่วยลดค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของถ่านชีวภาพ ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตและการดูดซึมน้ำธาตุของผักโขมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

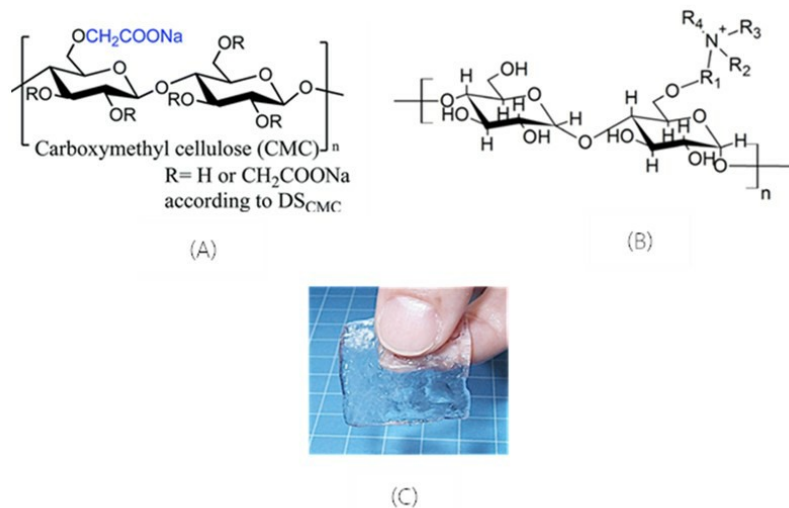
Fekete et al. (2017) [16] ได้เตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ไฮโดรเจลโดยโครงร่างตาข่าย 3 มิติเกิดจากการฉายรังสีแกมมา จากนั้นทำการศึกษาอิทธิพลของการเติมแบ่ง (Starch) ซึ่งถือว่าเป็นหนึ่งในวัตถุดิบจากธรรมชาติประเภทพอลิแซคคาไรด์ที่มีปริมาณมากและราคาถูก ที่มีต่อสมบัติของ CMC/Starch ไฮโดรเจล จากผลการทดลองพบว่า การเติมแบ่งช่วยปรับปรุงการสร้งโครงร่างตาข่ายหรือการเกิดเจลของ CMC ได้ดีขึ้น ในขณะที่ส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำลดลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแบ่งที่มากเกินไปส่งผลเสียต่อการเกิดเจล นอกจากนี้ พบว่า CMC/Starch ไฮโดรเจลที่มีแบ่งอยู่ 30% ที่สังเคราะห์จากสารละลายเข้มข้น 15 %โดยน้ำหนัก และใช้รังสีแกมมา 20 kGy มีค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction) ประมาณ 55% และให้ค่าการดูดซับน้ำสูงสุดที่ประมาณ 350 เท่าของน้ำหนักแห้ง จากผลการทดสอบสัณฐานวิทยา ปรากฏการกระจายตัวของเม็ดแบ่งอย่างสม่ำเสมออยู่ใน CMC matrix นอกจากนี้พบว่าการบวมตัวของ CMC/Starch ไฮโดรเจล มีความไวต่อค่าความแรงของไอออน (Ionic strength) น้อยกว่า CMC ไฮโดรเจล กล่าวคือ ภายใต้อิทธิพลที่สารละลายมีปริมาณไอออนสูง CMC/Starch ไฮโดรเจลยังคงบวมตัวได้ดีกว่า อีกทั้งการเติมแบ่งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

Liu et al. (2018) [17] เตรียมเส้นใยไฮโดรเจลจาก CMC ด้วยวิธีการปั่นแบบเปียก (Wet spinning) โดยทำละลาย CMC ที่มีปริมาณการแทนที่ (DS) เท่ากับ 0.47, 0.59, 0.77 และ 0.94 ในน้ำให้มีความเข้มข้น 3, 3.5, 4 และ 4.5% โดยน้ำหนัก พร้อมกวนด้วยอัตราเร็วคงที่ ปั่นแยก CMC ส่วนที่ไม่ละลายออกก่อนนำไปฉีดผ่านหัวฉีดที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งจุ่มอยู่ในอ่างสารละลายตกตะกอนที่มี $Al_2(SO_4)_3$ เป็นสารเร่งตกตะกอน โดยใช้เวลา 2-8 วินาที ในอ่างตกตะกอน นำเส้นใยที่ได้ไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำและตากให้แห้ง จากการทดสอบโครงสร้างทางเคมีพบว่า โครงร่างตาข่าย 3 มิติของไฮโดรเจลเกิดการเชื่อมขวางทางกายภาพระหว่างไอออนลบของ CMC ($-CH_2COO^-$) กับไอออนบวกของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรเจล คือการใช้ CMC ที่มีค่า DS = 0.94 ความเข้มข้นสารละลาย CMC 4% โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นของสารละลาย $Al_2(SO_4)_3$ 0.4% โดยน้ำหนัก และใช้เวลาในอ่างตกตะกอน 4 วินาที ทำให้ได้เส้นใยที่มีผิวเรียบสม่ำเสมอ นอกจากนี้พบว่า เส้นใยไฮโดรเจลมีความต้านทานแรงดึง 65 cN/tex และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดเท่ากับ 45 ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอในการประยุกต์ใช้เป็นแผ่นปิดแผลได้

Kanafi et al. (2019) [18] เตรียมไฮโดรเจลจาก CMC และพอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG) โดยอาศัยการเชื่อมขวางทางเคมีด้วยกรดซิตริก จากการศึกษาพฤติกรรมการบวมตัวของ CMC/PEG ไฮโดรเจล พบว่า ที่อัตราส่วน CMC:PEO เท่ากับ 3:1 ปริมาณกรดซิตริก 10% จากนั้นอบเพื่อสร้างโครงร่างตาข่าย 3 มิติที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 450 นาที ให้ค่าอัตราการบวมตัวของไฮโดรเจลที่สูงที่สุด นอกจากนี้พบว่าการเติม PEG ส่งผลให้อัตราการบวมตัวและความเสถียรทางความร้อนของฟิล์ม CMC/PEG ไฮโดรเจลมีค่าสูงกว่า CMC ไฮโดรเจล สัดส่วนเจลมีค่า 44.17% และมีความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู 82.69% เมื่อทำการทดลองปลดปล่อยเมทิลีนบลูจากไฮโดรเจลพบว่า การปลดปล่อยเมทิลีนบลูขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงค่า pH นั่นคือ การปลดปล่อยเมทิลีนบลูจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาวะกรด กล่าวได้ว่า CMC/PEO ไฮโดรเจลที่เตรียมจากงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมการปลดปล่อยและนำส่งยาได้ต่อไป

Elsaheed et al. (2021) [19] ได้ทำการเตรียมถ่านชีวภาพ (Biochar, BC) จากเปลือกส้มที่กราฟท์ลงบนคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส-acrylic acid (AA)/acrylamide (AM)/acrylamide-co-2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid (AMPS) terpolymer ได้เป็นไฮโดรเจลคอมพอสิตชนิด full-IPN (IPNCB composite) ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Soil water retention capacity) โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างวิธีเตรียมแบบดั้งเดิมและแบบการใช้คลื่นไมโครเวฟ จากผลการทดลองพบว่า IPNCB ไฮโดรเจลคอมพอสิตที่ดีที่สุดจากวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟมีปริมาณการกราฟท์ (Degree of grafting) ที่มีค่าสูงและใช้เวลาน้อยกว่าการเตรียมด้วยวิธีดั้งเดิม และเมื่อผสม IPNCB ไฮโดรเจลคอมพอสิตกับดินที่อัตราส่วน 1:100 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แล้วนำมาทดสอบสมบัติพบว่า ดินผสม IPNCB ไฮโดรเจลคอมพอสิตที่มี BC 2% มีค่าการบวมตัว ณ สมดุลสูงสุดที่ 1900 เท่าของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ไฮโดรเจลที่ไม่มี BC มีค่าการบวมตัว 1200 เท่า นอกจากนี้ การเติม BC 2% ลงในโครงสร้างแบบร่างแห 3 มิติของไฮโดรเจล ช่วยปรับปรุงความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water holding capacity, WHC) ให้มีค่าสูงสุดที่ 57.6% เมื่อเทียบกับในไฮโดรเจลที่ไม่มี BC มีค่าเพียง 26% และจากผลการทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water retention, WR) พบว่าไฮโดรเจลที่ไม่มี BC สูญเสียน้ำหมดอย่างรวดเร็วภายใน 12 วัน ในขณะที่ การเติม BC ที่ 1% และ 2% พบว่าสูญเสียน้ำหมดภายใน 24 และ 30 วันตามลำดับ จากผลการทดสอบการย่อยสลาย พบว่าไฮโดรเจลคอมพอสิตสามารถย่อยสลายได้เร็วและช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความสูง ความยาวราก และอัตราการงอกที่มีค่าสูงขึ้น และสามารถลดปริมาณการให้น้ำลงได้ กล่าวได้ว่า ไฮโดรเจลคอมพอสิตเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานด้านการเกษตรอย่างยั่งยืน

จากงานวิจัยข้างต้น จะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose; CMC) จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยอาศัยการดัดแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชมาทำให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิลโดยอาศัยปฏิกิริยาการคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) แสดงดังภาพที่ 7 งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุดิบประเภทฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีมากและหาได้ง่ายในชุมชน มาสังเคราะห์เป็น CMC ไฮโดรเจลโดยใช้สารเชื่อมขวางทางเคมี และ/หรือ สารเชื่อมขวางทางกายภาพ นอกจากนี้ สามารถปรับปรุงสมบัติของไฮโดรเจลโดยใช้สารเติมแต่ง เช่น แป้งดัดแปลง (Modified starch; MS) ทำให้โครงสร้างของไฮโดรเจลประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิดในลักษณะ semi-IPN ซึ่งประกอบด้วยโครงร่างตาข่าย 3 มิติทางเคมีและทางกายภาพ (แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ของ CMC และแป้งดัดแปลง เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก) ส่งผลให้ไฮโดรเจลมีสัดส่วนเจลและมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น อีกทั้งแป้งดัดแปลงที่มีประจุบวกยังช่วยเพิ่มเข้ากันได้ระหว่าง CMC และถ่านชีวภาพดัดแปลงซึ่งต่างก็มีประจุลบอยู่ในโครงสร้าง โดยยังคงคุณสมบัติเด่นทั้งในแง่ของวัสดุดิบที่มาจากธรรมชาติและมีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพทำให้ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งช่วยลดทุนการผลิตได้อีกด้วย นอกจากนี้ จะเห็นว่าการเติมถ่านชีวภาพผสมกับไฮโดรเจลต่างช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดปริมาณการให้น้ำลงได้ จากแนวคิดดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงคาดหวังว่าวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตที่เตรียมขึ้นในโครงการวิจัยนี้ จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 7 ภาพที่โครงสร้างทางเคมี

ของ (A) CMC , (B) Modified starch และ (C) Hydrogel

เอกสารอ้างอิงโครงการย่อยที่ 2

[1] แผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2563 – 2565. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://move.kmutt.ac.th/wp-content/uploads/2021/04/1533012166.pdf>

สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564.

[2] มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, แผนพัฒนาภาคเหนือ, 2563. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.plan.cmru.ac.th/file_update/new_plan/budget2565/PlanNorth63.pdf

สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564.

[3] C. Chang, B. Duan, J. Cai, and L. Zhang, Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery, *European Polymer Journal*, 46 (2010), 92-100.

[4] V. Coma, I. Sebti, P. Pardon, F.H. Pichavant, and A. Deschamps, Film properties from crosslinking of cellulosic derivatives with a polyfunctional carboxylic acid, *Carbohydrate Polymers*, 51 (2003), 265-271.

[5] N. Doungsong, (2018). Synthesis and characterization of poly(acrylic acid) based microgels for formulation applications. Doctoral dissertation, University of Bristol, Bristol, UK.

[6] ทฤทท์ กิริติเสวี, ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และอภิรัตน์ เล่าห์บุตร, ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ (An overview of composite materials).

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.lib.ku.ac.th/KU/2554/kejv022n070a008.pdf> สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564.

[7] สินติพีร? เอมมณี, วัสดุคอมโพสิตหรือวัสดุผสม (Composite Materials). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://move.kmutt.ac.th/wp-content/uploads/2021/04/1533012166.pdf>

สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564.

[8] L.V. Gheluwe, I. Chourpa, C. Gaigne, and E. Munnier, Polymer-based smart drug delivery systems for skin application and demonstration of stimuli-responsiveness, *Polymers*, 13 (2021), 1285.

[9] N.D. Sanandiya and A. K. Siddhanta, Cellulose-based spreadable new thixo gels: synthesis and their characterization, *RSC Advances*, 6 (2016), 92953–92961.

[10] M.J. Majcher and T. Hoare, (2019). Functional biopolymers, *Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series*.

Springer, Cham.

[11] ปิยพร ร่มแสง, มัตติกา ไชยลังกา, รังสรรค์ กุณชนะ, วิชชากร กันทรัญญ์, อนุวัฒน์ โรจน์สินทรัพย์, และ นพพล เล็กสวัสดิ์, CMC biopolymer, สาขาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[12] V. Coma, I. Sebt, P. Pardon, F.H. Pichavant, and A. Deschamps, Film properties from crosslinking of cellulosic derivatives with a polyfunctional carboxylic acid, Carbohydrate Polymers, 51 (2003), 265-271.

[13] ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย, การผลิตถ่านชีวภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://erp.mju.ac.th/articleDetail.aspx?qid=1072> สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564.

[14] F. Nnadi and C. Brave, Environmentally friendly superabsorbent polymers for water conservation in agricultural lands. Journal of Soil Science and Environmental Management, 2(7) (2011), 206-211.

[15] F. Ruqin, L. Jia, Y. Shaohua, Z. Yunlai, and Z. Zhenhua, Effects of biochar and super absorbent polymer on substrate properties and water spinach growth, Pedosphere, 25(5) (2015), 737-748.

[16] T. Fekete, J. Borsa, E. Takács, and L. Wojnárovits, Synthesis of carboxymethylcellulose/starch superabsorbent hydrogels by gamma-irradiation, Chemistry Central Journal, 11(46) (2017), 1-20.

[17] J. Liu, C. Zhang, D. Miao, S. Sui, F. Deng, C. Dong, L. Zhang, and P. Zhu, Preparation and characterization of carboxymethyl cellulose hydrogel fibers, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 13 (2018), 6-13.

[18] N. M. Kanafi, N. A. Rahman, and N. H. Rosdi, Citric acid cross-linking of highly porous carboxymethyl cellulose/poly (ethylene oxide) composite hydrogel films for controlled release applications, Materials Today: Proceedings, 7 (2019), 721-731.

[19] S. M. Elsaheed, E. G. Zaki, T. M. Ibrahim, N. I. Talha, H. A. Saad, A. A. Gobouri, A. Elkelish, and S. Mohamed el-kousy, Biochar grafted on CMC-terpolymer by green microwave route for sustainable agriculture, Agriculture, 11 (2021), 350.

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 การถ่ายทอดและการยอมรับเทคโนโลยี และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรม

ต้นแบบถ่านชีวภาพตัดแปลงสำหรับชุมชนเกษตร

ความหมายของนวัตกรรม

การนำแนวความคิดใหม่หรือการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่แล้วมาใช้ในรูปแบบ ใหม่ เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ หรือก็คือ “การทำให้สิ่งที่แตกต่างจากคนอื่น โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (Change) ที่เกิดขึ้นรอบตัวเราให้กลายมาเป็นโอกาส (Opportunity) และถ่ายทอดไปสู่แนวความคิดใหม่ที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคม” วิธีการปฏิบัติใหม่ๆ ที่แปลกไปจากเดิมโดยอาจจะได้มาจากการคิดค้นพบวิธีการใหม่ๆ ขึ้นมาหรือมีการปรับปรุงของเก่าให้เหมาะสมและสิ่งทั้งหลายเหล่านี้ได้รับการทดลอง พัฒนาจนเป็นที่เชื่อถือได้แล้วว่าได้ผลดีในทางปฏิบัติ ทำให้ระบบก้าวไปสู่จุดหมายปลายทางได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น

แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมงานวิจัยสู่ชุมชน (เสาวนีย์และอุณเรือน, 2560)

การสร้างการยอมรับในองค์ความรู้ของงานวิจัยให้กับชุมชนเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพราะงานวิจัยต่างๆ เป็นสิ่งที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อแสดงว่าสามารถก่อประโยชน์ได้จริง ดังนั้นต้องปฏิบัติให้เห็นจริงด้วยการให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ปฏิบัติ และทดลองจนเห็นผลเชิงประจักษ์ ซึ่งแนวทางในการสร้างการยอมรับนวัตกรรมนั้น Rogers (1983) ได้อธิบายกระบวนการแพร่กระจายของนวัตกรรมและเทคโนโลยี ตามทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Diffusion of Innovation Theory; DOI Theory) ที่นำไปสู่การสร้างการยอมรับนวัตกรรม ว่าประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ ตัวนวัตกรรม(Innovation) ที่จะนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชน ช่องทางการสื่อสารที่เหมาะสมหรือช่องทางการนำองค์ความรู้และนวัตกรรมไปสู่ชุมชน (Community channel) โครงสร้างทางสังคม วิธีประชาและความเป็นผู้นำ (Social System) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาและทำความเข้าใจในกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรม และช่วงเวลาและระยะเวลาที่เหมาะสม (Time) ในการถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรม ทั้งนี้จากทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดแนวทางในการสร้างการยอมรับนวัตกรรมให้แก่กลุ่มเป้าหมายต่างๆ ได้ คือ

- 1) การสร้างผู้นำการเปลี่ยนแปลง (Change Agent) เพื่อเป็นข้อต่อให้เกิดการส่งผ่านองค์ความรู้และนวัตกรรมจากงานวิจัยสู่ชุมชน กล่าวคือการส่งผ่านจากกลุ่มนักนวัตกรรม (Innovators) สู่ชุมชนด้วยการสร้าง Change Agent อันได้แก่ กลุ่มนักคิด ผู้นำในสังคม
- 2) การพัฒนาระบบพี่เลี้ยง (Mentoring) เพื่อให้เป็นผู้ช่วยแนะนำ ให้คำปรึกษาหารือ และช่วยสนับสนุนการใช้นวัตกรรม
- 3) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ โดยการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้และการสาธิต เพื่อขยาย/เพิ่มจำนวนผู้ยอมรับนวัตกรรมให้รับรู้และเข้าใจ

นวัตกรรมได้อย่างลึกซึ้งและรวดเร็วมากขึ้น ทั้งระดับการฟัง การเห็น และการลงมือปฏิบัติจริง

4) การใช้กลยุทธ์การสื่อสาร การยอมรับนวัตกรรมในรูปแบบตัวบุคคล (face to face) ผ่านเทคนิค การจัดเวที knowledge sharing เพื่อให้สมาชิกที่ได้ทดลองใช้นวัตกรรมแล้ว ได้มีโอกาสบอกเล่าประสบการณ์สู่ชุมชน เพื่อการขยายผลต่อไป

5) การกำหนดเนื้อหาสาระของสื่อวัตกรรม ที่สามารถบ่งชี้ให้เห็นความโดดเด่นของนวัตกรรมใน 5 มิติ เพื่อเป็นการสร้างความรู้และโน้มน้าวให้เกิดการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรม ดังต่อไปนี้

5.1) มิติด้านคุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม ได้แก่ การนำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม หรือ แบบอื่นที่ผู้รับนวัตกรรมมีความคุ้นเคยอยู่ โดยเฉพาะในแง่ของต้นทุน กำไร ที่เกิดขึ้นจากการนำ นวัตกรรมนั้นไปใช้

5.2) มิติด้านความสอดคล้องเชื่อมโยง ความไปด้วยกันได้ระหว่างนวัตกรรมกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของพื้นที่ เพื่อให้เห็นถึงการสนับสนุนต่อการใช้นวัตกรรมจากลักษณะทางสังคมและ วัฒนธรรม

5.3) มิติด้านความง่ายและไม่ซับซ้อนของการนำ นวัตกรรมไปใช้ หมายถึงการชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติในการนำนวัตกรรมและองค์ความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน

5.4) มิติด้านความสามารถในการนำไปทดลองใช้ได้ โดยมีความคุ้มค่าในแง่เศรษฐศาสตร์ และหากมีการ เลิกใช้นวัตกรรมดังกล่าวในอนาคต จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบใด ๆ

5.5) มิติด้านความสามารถในการสังเกตผลที่เกิดขึ้นได้ โดยเน้นการแนะนำ ให้ผู้รับนวัตกรรมสังเกตถึงผลที่จะเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมจากการนำนวัตกรรมนั้นไปใช้

6) การจัดการเผยแพร่วัตกรรม เพื่อวิเคราะห์ผลการนำนวัตกรรมและองค์ความรู้จากงานวิจัยไปใช้ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรค ผลที่ได้รับ และแนวทางการขยายผลสู่กลุ่มเป้าหมายที่มากขึ้น

แนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ทาริกา สระทองคำและคณะ (2565) ได้กล่าวถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นการพัฒนา ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ หรือบริการให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยมีรูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริการ หรือ บรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีคุณสมบัติใหม่ หรือลักษณะเฉพาะที่แตกต่างออกไป สามารถสร้างประโยชน์ใหม่ๆ ให้กับลูกค้าได้ ส่งผลให้ผู้บริโภคหรือลูกค้าเพื่อให้เกิดความพึงพอใจ ในปัจจุบันผู้ประกอบการ/กลุ่ม วิชาศึกษาชุมชนมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงมากขึ้น และมีเทคโนโลยีใหม่เข้ามาทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ประกอบการ/กลุ่มวิชาศึกษาชุมชนผลิตผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดใหม่ แต่การปรับปรุง หรือผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นนั้นต้องมีความแปลกใหม่ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ ซึ่งมีการจำแนกผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product) ได้ 3 ลักษณะ คือ (McCathy & Pereault, Jr., 1991) 1) ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมใหม่ (Innovative Product) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยัง ไม่มีผู้ใดนำเสนอในตลาดมาก่อน มีการวิจัยและพัฒนา คิดสร้างสรรค์ และไม่มีในตลาด 2) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงใหม่โดยการปรับเปลี่ยน ตัดแปลง (Replacement Product of Modify Product) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่พัฒนา เปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุง คุณสมบัติในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ทำให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด ทำให้สามารถ ตอบสนองความต้องการ และสร้างความพึงพอใจต่อผู้บริโภคได้มากขึ้น และ 3) ผลิตภัณฑ์ลอกเลียนแบบหรือการลอกเลียนแบบผลิตภัณฑ์ (Imitative or Me-too-Product) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ใหม่ของธุรกิจ ซึ่งเลียนแบบผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งที่มีอยู่ แล้วในท้องตลาด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทำให้ธุรกิจมีโอกาสในการทำกำไรสูง การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องดำเนินการควบคู่กันไป โดยเป็นการพยายามสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ หาวิธีแก้ไขหรือคำตอบใหม่ นำเทคโนโลยีและนวัตกรรม เข้ามาช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อีกทั้งต้องมีการเลือกใช้วัสดุและหลักในการออกแบบ เข้าใจการวิเคราะห์ ปัญหา โดยการออกแบบเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ต้องเริ่มจากการเรียนรู้ (Learning) การสะสมข้อมูล (Accumulating Data) เกี่ยวกับการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ การศึกษาองค์ประกอบของกลุ่มวิชาศึกษาชุมชน การระดมสมอง (Brainstorming) การร่วมกันของกลุ่มวิชาศึกษาชุมชนในการคิด วิเคราะห์ และออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ สอดคล้องกับแนวคิดของกลุ่มวิชาศึกษาชุมชน และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ และต้องมีการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อที่สามารถปรับปรุง แก้ไข และทำให้ผลิตภัณฑ์ ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นกระบวนการค้นคว้า การคิดวิเคราะห์ การออกแบบ เพื่อให้ นำมาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความใหม่ ตอบสนองความต้องการของลูกค้า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ทำให้เกิดความได้เปรียบทางการแข่งขันของธุรกิจ และเพิ่มโอกาสในการประสบความสำเร็จให้แก่ ธุรกิจ โดยผลิตภัณฑ์ใหม่อาจจะเป็นนวัตกรรม การเลียนแบบ การปรับปรุง และการเข้าสู่ตลาดใหม่ ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ (พลวัต พงษ์มณี, 2558)

ขั้นตอนที่ 1 การหาแนวคิด (Idea Gathering) เป็นการสร้างความคิด/แนวคิดใหม่ๆ เพื่อการค้นคว้า วิเคราะห์ และรวบรวมแนวคิด สามารถทำได้โดยการระดมสมอง การสังเคราะห์ แนวคิดใหม่ การแสวงหาแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หรือการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค เพื่อนำข้อมูล/แนวคิดที่ได้มาถ่วงน้ำหนักให้ได้แนวคิดที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของวิชาศึกษาชุมชนที่ตั้งไว้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางธุรกิจ (Build Business Case) เมื่อได้ ความคิด/แนวคิดใหม่จากการศึกษา ค้นคว้า ต้องมีการคัดเลือกความคิด เพื่อคัดเลือกแนวคิดที่มีความน่าสนใจ และสอดคล้องกับการดำเนินกิจการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมากที่สุด นำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางธุรกิจ วิเคราะห์สถานการณ์ทางการตลาด กำหนดกลุ่มเป้าหมาย เพื่อเป็นแนวทาง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และความเป็นไปได้ทางธุรกิจ

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Development) จากการศึกษา วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบการนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ สร้างและออกแบบ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สอดคล้องกับสภาพการแข่งขันในปัจจุบัน สร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติใหม่ หรือลักษณะเฉพาะที่แตกต่างออกไป ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า หรือเป็นที่น่าพึงพอใจ ต่อความต้องการของตลาด อีกทั้งผู้ประกอบการ/กลุ่มวิสาหกิจจำเป็นต้องมีการขึ้นทะเบียนทรัพย์สิน ทางปัญญาเพื่อป้องกันปัญหาการลอกเลียนแบบผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบตลาด (Pre-Production and Test) หลังจากได้ผลิตภัณฑ์ ต้นแบบนำไปทดสอบตลาดในกลุ่มตลาดเป้าหมายที่สามารถใช้เป็นตัวแทนกลุ่มตลาดทั้งหมดได้ เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค หากมีข้อปรับปรุง สามารถนำไปปรับปรุง แก้ไขได้ก่อนที่ออกสู่ตลาดจริง

ขั้นตอนที่ 5 การผลิตและจัดจำหน่าย (Production and Distribution) ผู้ประกอบการ/กลุ่ม วิสาหกิจชุมชนมีการวางแผนจัดการ จัดสรรทรัพยากรด้านต่างๆ และการสื่อสารทางการตลาด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด สร้างรายได้ และเข้าถึงผู้บริโภคได้มากที่สุดและรวดเร็วที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 การติดตามและประเมินผล (Post Company) เมื่อมีการนำผลิตภัณฑ์ ออกสู่ตลาดแล้ว ควรมีการติดตามและประเมินผล เพื่อเป็นตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นอย่างไร คุณภาพเป็นไปตามที่กำหนดไว้ สามารถนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนาต่อไป อีกทั้งสามารถนำข้อมูลเป็นการสร้างความสัมพันธ์อันดีต่อผู้บริโภค

รูปแบบและแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

การมีส่วนร่วมของสมาชิก หมายถึง การเปิดโอกาสให้สมาชิกมีการพบปะกัน พุดคุยกัน มีส่วนร่วมในกิจกรรมไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม อาจมีการพบปะรายเดือน รายไตรมาส หรือราย 6 เดือน โดยสมาชิก ประกอบด้วย ประธาน กรรมการ สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้แทนชุมชน เครือข่าย หรือกลุ่มผู้บริโภค เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิด ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข อีกทั้งควรมี การวางแผนการดำเนินการล่วงหน้า สร้างเครือข่ายเพื่อขยายฐานการตลาด และมีการติดตามประเมินผล ทั้งด้านระยะเวลาในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน และด้านความโปร่งใสของการบริหารงาน ซึ่งในการติดตาม ประเมินผลควรมีตัวชี้วัดที่ชัดเจน และจัดทำรายงานสรุปผลการติดตามประเมินผล เพื่อให้สมาชิกของกลุ่ม รับทราบและร่วมการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไขในการดำเนินธุรกิจ

การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ กระบวนการรักษาการผลิตให้มีคุณภาพแบบเดิม มีความสม่ำเสมอ การควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ ซึ่งในการกำหนดมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ไม่ใช่เพียงแค่ควบคุมการผลิต แต่ต้องมีการอบรมให้ความรู้ เพิ่มทักษะ กับกลุ่มสมาชิกให้มีการ พัฒนาความรู้ ความเชี่ยวชาญ และสามารถนำมาประยุกต์ ควบคุมการผลิตให้มีคุณภาพให้เป็นไป ตามมาตรฐาน และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดมากมาย เกิดการแข่งขัน ทำให้ต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องอาศัย ความแตกต่าง ความโดดเด่น และมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่สามารถแข่งขันในตลาดที่รุนแรงได้ อีกทั้ง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องมีการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้น ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และอยู่ในตลาดได้นานยิ่งขึ้น

การพัฒนาศูนย์เรียนรู้ชุมชน

ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน หมายถึง “สถานที่” ที่เป็นศูนย์กลางการจัดการเรียนรู้ เป็นอีกรูปแบบ หนึ่งของแหล่งเรียนรู้ในชุมชน ปัจจุบันนิยมจัดตั้งขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต เสริมสร้าง โอกาสในการเรียนรู้ถ่ายทอด แลกเปลี่ยน ประสบการณ์ของประชาชนในชุมชน เป็นจุดถ่ายทอด ความรู้ไปยังผู้ที่สนใจภายนอกชุมชน และเป็นแหล่งบริการชุมชนในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ สอดคล้องกับความต้องการของประชาชน เน้นถ่ายทอดความรู้และเรื่องราวเกี่ยวกับวิถีชีวิตและ กิจกรรมการพัฒนาของชุมชน

องค์ประกอบของแหล่งเรียนรู้ในชุมชน แหล่งการเรียนรู้ในชุมชน ควรจะประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1) แหล่งที่มาของความรู้และเนื้อหาความรู้ แหล่งที่มาของความรู้ หมายถึง ที่มา หรือ ตัวแทนของความรู้ที่สามารถอ้างอิงถึงความมีอยู่ขององค์ความรู้ชุมชน ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวบุคคล วัตถุสิ่งของ สถานที่ ประเพณี ฯลฯ แหล่งที่มาของความรู้สามารถเชื่อมสลาย ผูกพัน หรือล้มตายได้นอกจากนี้บางแหล่งที่มาของความรู้ยังไม่สามารถให้เรื่องราวได้อย่างชัดเจนหากไม่มี คนมาบอกเล่าหรือไม่มีเอกสารมาให้ อ่าน ดังนั้น จึงต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้ ออกมา เป็นภาพถ่าย เอกสาร หรือเนื้อหาความรู้ เพื่อเป็นหลักประกันความยั่งยืน ยาวนานและสามารถสืบ ทอดขยายผลได้ เนื้อหาความรู้คือ ข้อมูล หรือเรื่องราว หรือสิ่งที่จัดเก็บได้จากแหล่งที่มาของความรู้ที่ ถูก นำมาเรียบเรียงให้เป็นระบบ เป็นหมวดหมู่ สามารถทำความเข้าใจได้และพร้อมต่อการนำไปใช้ ประโยชน์เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ประสบการณ์ ทั้งความรู้ฝัง

ลึกลงในคน (Tacit Knowledge) ซึ่งเป็น ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์หรือสัญชาตญาณของแต่ละบุคคล เช่น ทักษะในการทำงาน ความคิดที่คนคิดและทั้งความรู้ที่ชัดเจน (Explicit Knowledge) ซึ่งสามารถถ่ายทอดได้โดยผ่านวิธี ต่าง ๆ เช่น การบันทึก ข้อมูลหรือเรื่องราวต่าง ๆ การเก็บข้อมูลจากแหล่งความรู้ขึ้นอยู่กับลักษณะของที่มา เช่น ถ้าเป็นสถานที่อาจเก็บ ภาพถ่าย พร้อมประวัติความเป็นมา ความสำคัญของแหล่งความรู้ หรือถ้าเป็นตัวบุคคล ก็อาจเก็บ ประวัติย่อ บทสัมภาษณ์ คุณงามความดี บันทึกประสบการณ์หรือความรู้ที่มีแต่ถ้าหากอยู่ในรูปแบบ ของประเพณี อาจบันทึกถึงความเป็นมา พิธีกรรมหรือขั้นตอนการปฏิบัติ เป็นต้น

2) วิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้หมายถึง ขั้นตอน วิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ การเผยแพร่ หรือการนำเนื้อหาความรู้จากแหล่งที่มาของความรู้มาถ่ายทอดให้กับผู้ที่สนใจ เช่น การ จัดทำหลักสูตร การจัดทำแปลงสาธิต ฯลฯ 3

3) อุปกรณ์สำหรับการเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ หมายถึง อุปกรณ์สาธิต สื่อรูปแบบต่าง ๆ ที่ ทำให้การเรียนรู้ มีประสิทธิภาพมากกว่าการได้ฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว เช่น แผ่นพับ ภาพประกอบ โมเดลจำลอง ภาพสไลด์หนังสือ สาระคดีสั้น ฯลฯ

4) สถานที่เรียนรู้ส่วนใหญ่ใช้บริเวณแหล่งที่มาของความรู้เป็นสถานที่จัดการเรียนรู้เพราะ จะสามารถเรียนรู้ได้จากสถานที่จริง ไม่ว่าจะเป็นที่บ้านของผู้รู้ แปลงเกษตร ฟาร์ม ไร่ ป่า ฯลฯ โดย มีการปรับสภาพแวดล้อมของแหล่งเรียนรู้ให้เป็นห้องเรียนธรรมชาติไม่จำเป็นต้องเรียนในห้องเรียน ที่เป็นทางการ แต่ถ้าหากแหล่งเรียนรู้ไม่สะดวกต่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ก็อาจใช้สถานที่อื่นที่ ใกล้เคียงหรือเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ไม่เป็นสถานที่คนพลุกพล่านมาก เพราะจะทำให้ทั้งผู้จัดการ เรียนรู้และผู้เรียนรู้สึกเสียสมาธิได้ง่าย

5) การประเมินและติดตามผลการเรียนรู้เป็นการวัดผลว่าการจัดการเรียนรู้นั้นได้ผลดีมาก น้อยเท่าใดเพื่อจะได้นำมาพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในคราวต่อไป โดยควรวัดผลทั้งจากตัวผู้เรียนที่ได้ประเมินความรู้ของตนเอง และประเมินกระบวนการสอนของผู้จัดการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบ ของการวัดผลนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

6) ผู้จัดการเรียนรู้ หรือผู้ที่ดำเนินการจัดกระบวนการเรียนรู้ในที่นี้จะเน้นให้ชุมชนเป็นผู้มี บทบาทสำคัญในการดำเนินงานทุกขั้นตอน ตั้งแต่การวางแผน การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มา ของความรู้ ไปจนถึงการประเมินและติดตามผลการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนจะต้องเป็นกำลัง หลักในการถ่ายทอดความรู้ให้ผู้ที่สนใจ (ขั้นจัดกระบวนการเรียนรู้) เพื่อให้ความรู้จากแหล่งเรียนรู้ ชุมชนแผ่ขยายในวงกว้างในลักษณะชุมชนสู่ชุมชน โดยไม่ต้องพึ่งพิงภาครัฐ ดังนั้นผู้จัดการเรียนรู้จึง ควรจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดีมีทักษะในการสื่อสาร เข้าใจถึงวิธีการจัด กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม และรู้จักธรรมชาติของผู้เรียน เพื่อให้สามารถออกแบบกระบวนการ เรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและถ่ายทอดความรู้ได้อย่างชัดเจนมากที่สุด

7) ผู้เรียน หมายถึง สมาชิกในชุมชน และผู้สนใจทั่วไปที่ต้องการเรียนรู้

แนวคิดทฤษฎีการประชาสัมพันธ์ องค์กรสีเขียว การตลาดสีเขียว และตลาดองค์กร

การประชาสัมพันธ์ (Public Relation) หมายถึงกิจกรรมสื่อสารการตลาดที่มุ่งให้เกิดความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชนและสาธารณชน สามารถทำได้โดยจัดทำ หรือร่วมสนับสนุนกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ หรือการแก้ไขข้อมูล เรื่องราว และเหตุการณ์ที่ชุมชนเข้าใจผิดเกี่ยวกับองค์กร (คอตเลอร์และคณะ, 2017) องค์กรภาคธุรกิจชั้นนำมักจัดทำกิจกรรมเกี่ยวกับการคิดแยกขยะ และการนำขยะมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนสาธารณะชน รวมทั้งสร้างภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรต่อสาธารณชน

องค์กรสีเขียว กรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อม (2554) ได้ส่งเสริมให้ทุกองค์กรธุรกิจใส่ใจการดำเนินธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการจัดลำดับการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมสีเขียวใน 5 ระดับได้แก่

การตลาดสีเขียว หมายถึงการพัฒนาและการทำการตลาดผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ช่วยส่งเสริมให้สภาวะแวดล้อมธรรมชาติดีขึ้น (สมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย, 2564)

ตลาดองค์กร คอตเลอร์และคณะ (2017) กล่าวว่า การตัดสินใจรับกระบวนการเร่งย่อยสลายพลาสติกย่อยสลายได้ของหน่วยงานธุรกิจเป็นไปตามกระบวนการตัดสินใจซื้อ (buying process) ของตลาดธุรกิจองค์กร (business market) ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนคือ

1) การตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น (Problem recognition) เกิดขึ้นเมื่อบุคคลหรือกลุ่มบุคคลในองค์กรตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และต้องการสินค้าบริการ

2) การระบุรายละเอียดความต้องการโดยทั่วไป (General need description) องค์กรกำหนดลักษณะทั่วไปของสินค้าบริการที่ต้องการ

3) การกำหนดรายละเอียดสินค้าบริการ (Product specification) เป็นกระบวนการที่องค์กรธุรกิจกำหนดรายละเอียดสินค้าบริการที่ต้องการ อาจมีการวิเคราะห์คุณลักษณะ คุณค่าของสินค้าบริการ อาจจัดทำบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เช่น วิศวกร เป็นต้น

4) การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับผู้ขาย (Supplier search) องค์กรพยายามค้นหาผู้ขาย/ผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุด อาจค้นหาข้อมูลจากข้อมูลรายนามบริษัท (directory) ทั่วไป หรือจากข้อมูลรายนามเฉพาะด้าน เช่น สมาคมอาชีพต่างๆ

5) การเชิญชวนให้ผู้ขายส่งข้อเสนอการขาย/ใบเสนอราคา (Proposal solicitation) เป็นขั้นตอนที่องค์กรผู้ซื้อติดต่อแบบ

เป็นทางการไปยังผู้ขาย ส่งรายละเอียดผลิตภัณฑ์/การบริการ (Specification) และรูปแบบการเสนอขาย

6) การคัดเลือกผู้ขาย (Supplier selection) ภายหลังจากผู้เสนอขายได้ส่งข้อเสนอการขอย้ายองค์กร องค์กรจะทำการคัดเลือกผู้ขายที่ให้ข้อเสนอที่ดีที่สุด ในกรณีสินค้า/บริการไม่ซับซ้อน ราคาไม่สูงอาจพิจารณาโดยฝ่ายจัดซื้อ แต่หากซับซ้อนและราคาสูงอาจมีหลายฝ่ายเข้าร่วมคัดเลือก เช่นฝ่ายจัดซื้อ หน่วยงานผู้ใช้ และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

7) กำหนดรายละเอียดของกระบวนการสั่งซื้อตามปกติ (Order-routine specification) คือกระบวนการสั่งซื้อที่ปฏิบัติทั่วไปในการสั่งซื้อสินค้าขององค์กร

8) ทบทวนกระบวนการดำเนินงาน (Performance review) องค์กรจะทบทวนการจัดซื้อที่จัดทำแล้วเสร็จ หรืออาจหลังการใช้สินค้าบริการจากผู้ขายแต่ละรายมีข้อเด่นข้อด้อยอย่างไร

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น ทาริกา สระทองคำ (2565) ได้ศึกษารูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ตอบสนองความต้องการลูกค้าในยุคอนาคต พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในปัจจุบันศักยภาพของชุมชนมีความเข้มแข็ง เป็นผลมาจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมที่ผ่านมา ได้เน้นการพัฒนาชุมชนมีการรวมกลุ่มเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายเพื่อทำกิจกรรมทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อแก้ปัญหาและสนองตอบความต้องการของชุมชน และมีการจัดตั้งเป็นกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชน เป็นกิจการของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการ รวมถึงกระบวนการจัดการการผลิตและ ทรัพยากร โดยนำวัตถุดิบ ทรัพยากรทุกประเภท ภูมิปัญญาของชุมชนมาร่วมสร้างสรรค์ผลผลิต ซึ่งรูปแบบ และแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ต้องเกิดจากการมีส่วนร่วมของสมาชิก ส่งเสริมให้สมาชิก ได้มีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาศักยภาพ การดำเนินงานของกลุ่ม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึง การแสดง ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่งเสริมให้สมาชิกได้รับการอบรมเพื่อเพิ่ม ทักษะในการผลิตก่อให้เกิดความชำนาญในการผลิต มีการกำหนดมาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์ รวมถึงการควบคุม การซื้อปัจจัยที่ใช้ในการผลิตและวัตถุดิบในการผลิตที่ได้มาตรฐาน และในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ควรให้ความสำคัญ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความโดดเด่นและมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์จากกลุ่มอื่น มีอัตลักษณ์เฉพาะ กลุ่มแตกต่างจากกลุ่มอื่น อีกทั้งปัจจุบันลูกค้ายังไม่รู้จักกลุ่มหรือสินค้าของกลุ่ม จึงจำเป็นต้องมีการประชาสัมพันธ์ ให้ข้อมูลแก่ลูกค้าให้รับรู้ถึงผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

สุนิตย เหมนิลและ ณัฐศิริ พงศาวิไล (2563) ได้ศึกษาวิจัย จากตั้งเดิมสู่แนวใหม่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างยั่งยืน กรณีกลุ่มน้ำดอนประมง จังหวัดอุดรธานี พบว่า สภาพการดำเนินการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนประมงดอนแก้ว มีการแปรรูปและจำหน่ายปลาแดดเดียวซึ่งได้เผชิญกับปัญหาได้แก่การตากปลาสดให้กลายเป็นปลาแดดเดียวในที่โล่งแจ้งโดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่ถูกสุขอนามัย มีกลิ่นเหม็นอับ เน่าเสียเร็ว ขาดตราสินค้า ไม่มีการจัดทำแผนการตลาด หลังการดำเนินการวิจัยเพื่อ พัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนมีผลเป็นรูปธรรมและเกิดการเปลี่ยนแปลง 4 ประการ ดังนี้ 1) การสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถทำงานร่วมกับแก๊สปิโตรเลียมเหลวได้ เป็นระบบปิดสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเนื้อปลาได้ 2) กระบวนการถนอมอาหาร ถูกสุขอนามัย และสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้น 3) การสร้างตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ที่เป็น เอกลักษณ์และได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภค และ 4) การจัดทำแผนการตลาด และการขายสินค้าออนไลน์ ทำให้มีแผนการตลาดที่เหมาะสมต่อกิจการและมี ช่องทางการขายสินค้าที่เพิ่มมากขึ้นโดยทั้ง 4 ประการข้างต้น ล้วนหนุนเสริมซึ่งกันและกัน เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีศักยภาพในการแข่งขันมากยิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและการศูนย์เรียนรู้ชุมชน งานของบุษราภรณ์ พงษ์ปัญญา (2560) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาชุมชนท้องถิ่น พบว่า ศูนย์การเรียนรู้เป็นอีกหนึ่งกลไกในการขับเคลื่อนชุมชนสร้างรากฐานให้แข็งแกร่งชุมชนสามารถจัดการและพึ่งตนเองได้เน้นการใช้ทรัพยากรภูมิปัญญาในชุมชนในการวางรากฐานการพัฒนาประเทศที่แข็งแกร่งในทางปฏิบัติการนำนโยบายที่เป็นรูปแบบกิจกรรมแนวทางเพื่อเป็นการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติที่แท้จริงแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในการขับเคลื่อนชุมชนนั้นจะต้องมีกระบวนการพัฒนาในระดับปฏิบัติการนั้นต้องเน้นช่องว่าง (Consciousness Gap) ซึ่งในการตระหนักช่องว่างดังกล่าวนี้ต้องอาศัยความต้องการไม่สร้างความรู้สึกละเลยแยก (De-Alienation) ในการขับเคลื่อนกิจกรรมเพื่อจะให้บุคคลตัดสินใจเข้ามามีส่วนร่วมจำเป็นต้องให้เกียรติหรือสร้างความรู้สึกร่วมกันมีความสำคัญต่อกิจกรรมการขับเคลื่อนการมีส่วนร่วม (Participation) การมีส่วนร่วมตัดสินใจหรือการมีส่วนร่วมแบบต่อเนื่อง (Continuous Participation) การมีส่วนร่วมในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการขับเคลื่อนทั้งนี้สามารถพึ่งตนเอง (Self-Reliance) ทั้งการพึ่งตนเองทางวัตถุการพึ่งตนเองทางจิตใจและการพึ่งตนเองทางสติปัญญาและสังคมค่านึงถึงส่วนรวมร่วมกัน (Collective) ผลประโยชน์สาธารณะตลอดจนการมีจิตอาสากระบวนการพัฒนาในระดับปฏิบัติการทบทวนผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชุมชนและวิถีชีวิตของคนในชุมชนศูนย์การเรียนรู้เปรียบเทียบกับเป็นศูนย์รวมของชุมชนความเชื่อมโยงระหว่างนโยบายและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำนโยบายไปปฏิบัติ (Feasibility Study หรือ Feasibility Analysis) การกำหนดนโยบายของรัฐจึงจำเป็นต้องสร้างองค์ความรู้ที่ง่ายต่อการปฏิบัติเพื่อผลสำเร็จของการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติได้อย่างแท้จริง

ปัญญา จันทโคตร และกุลธิดา ท้วมสุข (2558) ได้ศึกษา ปัจจัยที่สนับสนุนความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชนใน

ประเทศไทย พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชนในประเทศไทยมีทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก โดยปัจจัยทั้งสองมีผลต่อความสำเร็จในระดับมาก สูงสุดเป็นปัจจัยภายใน และรองลงมาเป็นปัจจัยภายนอก เมื่อพิจารณารายละเอียดของแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยภายในศูนย์เรียนรู้ชุมชนที่มีผลต่อความสำเร็จเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยได้แก่ปัจจัยด้านอาคารสถานที่ โครงสร้างและการบริหาร บุคลากร กิจกรรมและบริการ ทรัพยากรสารสนเทศและความรู้ สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ งบประมาณ ส่วนปัจจัยภายนอกที่สนับสนุนความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชน เรียงตามลำดับดังนี้ ปัจจัยด้านผู้นำชุมชน คนในชุมชน และหน่วยงานภายนอก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตลาดสีเขียว เช่น จุฬากาญจน์ มุ่งพุทธรักษา และ วิภาวี ฤกษ์มณี (2557) ได้ศึกษา การประยุกต์ใช้แนวคิดการตลาดสีเขียวกรณีศึกษา: กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมชนิดบ้านอุ้มผางเหนือ พบว่า สภาพการดำเนินงาน มี 9 ขั้นตอนด้วยกัน โดยเริ่มจากการจัดตั้งกลุ่ม การบริหารจัดการกลุ่ม การวางแผนการผลิต การจัดการการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การตลาด การประชาสัมพันธ์ การเงิน ไปจนถึงการทำบัญชี หนึ่งในการประยุกต์ใช้แนวคิดการตลาดสีเขียวในกระบวนการการผลิตของกลุ่มนั้น พบว่า การเข้าร่วมโครงการการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีการตรวจวัดและประเมินผลภายใต้หลักเกณฑ์ทั้ง 13 ข้อ ซึ่งกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้พัฒนาหลักเกณฑ์ดังกล่าวจากหลักการจัดการสิ่งแวดล้อมหรือเทคโนโลยีสะอาด โดยพบว่ากลุ่มได้ผ่านการประเมินในระดับดีมาก สำหรับการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคนั้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายหมักโคลนและรางวัลมาตรฐานจากโครงการฯคือจุดแข็งและข้อได้เปรียบคู่แข่งในตลาด ในขณะที่ศักยภาพและทัศนคติของสมาชิกกลุ่มคือจุดอ่อนที่ต้องแก้ไข ส่วนปัจจัยภายนอกนั้น นโยบายและการจัดหาดูแลของหน่วยงานรัฐบาลและเอกชน นับเป็นโอกาสที่เอื้อประโยชน์ต่อกลุ่มอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการเมืองและการโยกย้ายสับเปลี่ยนตำแหน่งเจ้าหน้าที่ที่เกิดขึ้นบ่อยคืออุปสรรคในการดำเนินงานของกลุ่ม

แนวคิดการยอมรับนวัตกรรม (Adoption of Innovation)

การยอมรับนวัตกรรม หมายถึง กระบวนการซึ่งบุคคลเป้าหมายเปิดรับ พิจารณา และท้ายที่สุดมีการปฏิเสธ (Reject) หรือยอมรับ/ปฏิบัติ (Practice/adopt) ตามนวัตกรรมใดนวัตกรรมหนึ่ง โดยมีกระบวนการที่เรียกว่าเป็น การตัดสินใจในนวัตกรรม (Innovation-Decision Process) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 5 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นความรู้ (Knowledge Stage) ผู้รับนวัตกรรมได้รับความรู้ หรือเสาะหาความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้นๆ
2. ขั้นโน้มน้าว (Persuasion Stage) ผู้รับนวัตกรรมให้ความสนใจ มีทัศนคติที่ดีต่อนวัตกรรมมากขึ้น เกิดความโน้มเอียงที่จะเห็นดีเห็นงามต่อนวัตกรรมนั้นๆมากขึ้น
3. ขั้นการตัดสินใจ (Decision-making Stage) ผู้รับนวัตกรรม พิจารณาถึงข้อดีข้อเสียก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติตามนวัตกรรมนั้น
4. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation Stage) ผู้รับนวัตกรรมลงมือปฏิบัติตามนวัตกรรม
5. ขั้นยืนยันการปฏิบัติ (Confirmation Stage) ผู้รับนวัตกรรมปฏิบัติซ้ำตามนวัตกรรมนั้น หลังจากได้เริ่มปฏิบัติครั้งแรกไปแล้ว

ในส่วนของผู้รับนวัตกรรมหรือผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นก็มีลักษณะ หรือปัจจัยส่วนที่เกี่ยวข้องหลายประการที่ส่งผลต่อระดับของการยอมรับนวัตกรรมด้วย และปัจจัยต่างๆเหล่านั้นก็มีความแตกต่างกันไปในผู้รับแต่ละรายด้วย ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของ อัตราการยอมรับนวัตกรรมที่ช้าหรือเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งจากอัตราการยอมรับของผู้รับนวัตกรรมที่ไม่เท่ากันนี้ ทำให้สามารถแยกผู้รับนวัตกรรมออกเป็นกลุ่มตามอัตราของการยอมรับนวัตกรรมได้ ดังนี้ (Rogers and Shoemaker, 1962)

แนวคิดการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทน

การวิเคราะห์มูลค่าของกระแสเงินสดเข้าออก โดยคำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา หรือการหามูลค่าปัจจุบัน (Present value) วิธีนี้ในการประเมินค่าของโครงการจะทำได้โดยการเปรียบเทียบผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการ เนื่องจากโครงการส่วนใหญ่จะมีอายุมากกว่า 1 ปี ซึ่งผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการจะเกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆ กันตลอดอายุของโครงการ เมื่อผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการเกิดขึ้นต่างเวลาและต่างจำนวนกันเช่นนี้ จึงยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรง ดังนั้นจึงต้องนำต้นทุนที่เสียไปและผลประโยชน์ที่ได้รับมาจัดให้เป็นมูลค่าปัจจุบันเสียก่อน (รัตน สหายคณิต, 2546)

การหามูลค่าปัจจุบัน (Present value) เป็นกระบวนการที่คิดมูลค่าผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายหรือผลต่างระหว่างผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการในระยะเวลาต่างๆ ในอนาคตถูกนำมาปรับให้อยู่ในเวลาเดียวกันในปัจจุบันหรือในระยะเวลาเดียวกันที่เป็นศูนย์มูลค่าในอนาคตที่ปรับเป็นมูลค่าในปัจจุบันแล้วเรียกว่า มูลค่าปัจจุบัน (Present value) ด้วยตัวคิดลด (discount factor) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1/(1+i)$ ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันของโครงการมีสูตร ดังนี้

$$PV = F/(1+i)^t$$

โดยกำหนดให้

- PV คือ มูลค่าปัจจุบัน (present value) ของเงินทั้งหมด
F คือ มูลค่าอนาคต (future value) ของเงินทั้งหมด
i คือ อัตราคิดลด (discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ย
t คือ ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...n
n คือ อายุของโครงการ

เมื่อหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่เสียไปและผลตอบแทน หรือผลตอบแทนสุทธิของโครงการแล้ว สามารถนำมาพิจารณาถึงความคุ้มค่า ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้หามูลค่าปัจจุบันของโครงการเพื่อวัดความคุ้มค่า คือ

- ถ้าค่าของ NPV ที่ได้เอามาหามีค่ามากกว่าศูนย์ หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าการลงทุนมีความคุ้มค่า
- ถ้าค่าของ NPV ที่ได้เอามาหามีค่าน้อยกว่าศูนย์ หรือมีค่าเป็นลบ แสดงว่าการลงทุนไม่คุ้มค่า

เกณฑ์ดังกล่าวนำมาช่วยในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการ โดยใช้สูตร คือ

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^n B_t - \sum_{t=0}^n C_t \right) / (1+i)^t$$

โดยกำหนดให้

- NPV คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุของโครงการ
Bt คือ มูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t
Ct คือ มูลค่าต้นทุนในปีที่ t
i คือ อัตราคิดลด (discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืม
t คือ ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...n
n คือ อายุของโครงการ

1. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ คือ ผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการ หรือ หมายถึงอัตราดอกเบี้ยในการคิดลด ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราดอกเบี้ยกับขนาดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ถ้าอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการคิดลดแล้วทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกอัตราดอกเบี้ยระดับใหม่ที่สูงกว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าลดลงและลดลงต่อไปทราบเท่าที่อัตราดอกเบี้ยยังคงเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ในที่สุดจะมีอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์พอดี ซึ่งก็คือ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ

$$\left(\sum_{t=1}^n B_t \right) / (1+i)^t = \left(\sum_{t=0}^n C_t \right) / (1+i)^t$$

โดยกำหนดให้

- i คือ IRR อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน
Bt คือ มูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t
Ct คือ มูลค่าต้นทุนในปีที่ t
i คือ อัตราคิดลด (discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืม
t คือ ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...n
n คือ อายุของโครงการ

หรือสามารถแสดงวิธีการคำนวณ IRR จากสูตร

$$IRR = DR_L + (DR_U - DR^t)(NPV_L / (NPV_L - NPV_U))$$

กำหนดให้

DRL คือ อัตราคิดลดระดับล่าง

DRU คือ อัตราคิดลดระดับบน

NPVL คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ระดับอัตราคิดลดระดับล่าง

NPVU คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ระดับอัตราคิดลดระดับบน

เกณฑ์การพิจารณา

- 1) ถ้า IRR สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมของโครงการที่กำหนดไว้ แสดงว่า โครงการคุ้มค่าแก่การลงทุน
- 2) ถ้า IRR ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมของโครงการที่กำหนดไว้ แสดงว่า โครงการไม่คุ้มค่า

1. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR)

เกณฑ์นี้แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ ค่าใช้จ่ายในที่นี้คือ ค่าใช้จ่ายทางด้านการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา หมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ไม่มีการแบ่งแยกว่าเป็นค่าใช้จ่ายประเภทใด ซึ่งเป็นการวัดทางด้านต้นทุนของโครงการ สำหรับรายได้ของโครงการ คือ ผลประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อมีโครงการนั้นเกิดขึ้น การวัดรายได้ต่อต้นทุนของโครงการลงทุนของหน่วยธุรกิจ ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดรายได้ต่อต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยตรงกับหน่วยธุรกิจ เป็นการวัดผลทางด้านเศรษฐกิจโดยมิได้มีการเอาผลที่จะมีทางสังคมเข้าไปเกี่ยวข้อง การตีค่าของรายได้และต้นทุนนั้นจะใช้ราคาตลาดเพียงอย่างเดียวไม่ได้ต้องใช้ราคาเงามาวิเคราะห์ด้วย

$$BCR = \left(\sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^t \right) - \left(\sum_{t=0}^n C_t / (1+i)^t \right)$$

โดยกำหนดให้

- BCR คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน
- Bt คือ มูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t
- Ct คือ มูลค่าต้นทุนในปีที่ t
- i คือ อัตราคิดลด (discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืม
- t คือ ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...n
- n คือ อายุของโครงการ

เกณฑ์การพิจารณา

- 1) ถ้า BCR > 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการจะมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป
- 2) ถ้า BCR < 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการจะมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป

กนกกร และ อลงกรณ์ (2561) ได้สรุปกระบวนการถ่ายทอดความรู้จากมหาวิทยาลัยสู่ชุมชน กรณีศึกษาโครงการอนุรักษ์บริหารพระเจ้าพันองค์ วัดปงสนุก จังหวัดลำปาง ว่า กระบวนการถ่ายทอดความรู้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของบทบาทต่างๆ ที่สลับปรับเปลี่ยนกันของผู้สร้างและผู้รับความรู้ โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองฝ่ายนี้เกิดขึ้นจะมีผลวัดในหลายรูปแบบ ได้แก่ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การแปลงให้เป็นความรู้ชุดแจ้ง การรวมความรู้ และการแปลงความรู้สู่ภายใน ซึ่งส่งผลต่อการนำความรู้ ไปปรับใช้ในบริบทของตนเอง ในการถ่ายทอดความรู้ให้ประสบความสำเร็จ ทั้งมหาวิทยาลัยและชุมชนต้องมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน และมีวิธีคิดแบบเปิดใจ

พรชนก พลาบุลย์ (2562) ศึกษาการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยี และพฤติกรรมผู้บริโภคที่ส่งผลต่อความตั้งใจของประชาชนในการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่าน ระบบพร้อมเพย์ (PROMPTPAY) ของรัฐบาลไทย โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดที่กับกลุ่มตัวอย่าง 370 คน และวิเคราะห์ ความถดถอยเชิงพหุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุ 20-25 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพข้าราชการ รายได้ต่อเดือน 15,000 – 25,000 บาท ส่วนใหญ่รู้จักบริการพร้อมเพย์จาก TV ในการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยีจะขึ้นอยู่กับความรู้สึกง่ายต่อการใช้งาน แรงจูงใจด้านอารมณ์ อิทธิพลของสังคม การรับรู้ถึงประโยชน์ สิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งาน ส่งผลต่อความตั้งใจของประชาชนในการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบพร้อมเพย์ของรัฐบาล ไทย ร้อยละ 69 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จรีพร กาญจนการุณ และวาสนา วงศ์ฉายา (2553) ได้ศึกษาการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรของชุมชนบ้านยองแหละ อำเภอมวกก่อ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ชุมชนยอมรับต้องสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง โดยในชุมชนยองแหละนั้นจะเกี่ยวข้องกับการปลูกข้าวโดยตรง ได้แก่ ท่อพีวีซี ที่ใช้แทนไม้ไผ่เพื่อส่งน้ำเข้านา ซึ่งมีความสอดคล้องกับบริบทชุมชนทั้งสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ ชุมชน ส่วนการใช้รถไถเพื่อปรับสภาพพื้นนาแทนสัตว์ แม้วัวไม่สอดคล้องกับบริบทชุมชนแต่นำเข้ามาใช้ในชุมชนเป็นเวลานาน ชุมชนจึงเกิดการเรียนรู้ เห็นประโยชน์ เกิดการยอมรับกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ ที่ไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิต ค่านิยม วัฒนธรรมของชุมชน เช่น เต้าชิว

มวล โรงเรือนปลูกผัก น้ำหมักชีวภาพ และได้ให้ข้อเสนอแนะการถ่ายทอดเทคโนโลยีและทำให้ชุมชนยอมรับ ควรต้องเป็นนวัตกรรมเทคโนโลยีที่ส่งเสริมกิจกรรมที่เป็นงานหลักของชุมชนเป็นสำคัญ จำเป็นต้องเสริมสร้างความตระหนักรู้ เสริมให้ความรู้ สร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับนวัตกรรมเทคโนโลยีนั้น จัดกระบวนการถ่ายทอดที่ทำให้ชาวบ้านได้มีส่วนร่วม ร่วม มีโอกาสทดลองใช้ประโยชน์ นอกจากนั้นควรจัดให้มีการประสานงาน ความร่วมมือกันในการดำเนินงาน ระหว่างองค์กรหรือหน่วยงาน ต่าง ๆ ที่เข้ามาพัฒนาชุมชน โดยการนำเข้านวัตกรรมเทคโนโลยี และจัดการถ่ายทอด เทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรในชุมชน และควรมีการจัดดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

สำหรับการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการต่างๆ ได้นำไปศึกษาในโครงการลงทุนทางการเกษตร และนอกการเกษตร โดยการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนทางการเกษตร เริ่มต้นจากการศึกษาการผลิตไม้ดอกเมืองหนาวในพื้นที่โครงการหลวงของภูซาง ภูซาง (2551) พบว่าการผลิตดอกพรีเซีย มีความเหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด กล่าวคือมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 42,1080.34 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 121.43 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มีค่าเท่ากับ 2.49 และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.63 ปี รองลงมาคือ การผลิตวานิลที่ศรีนครหลวง และการผลิตไฮเดรนเยีย ซึ่งมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 398,682.36 บาท และ 62,344.15 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน มีค่าเท่ากับร้อยละ 235.12 และ 35.67 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มีค่าเท่ากับ 2.33 และ 1.35 และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.22 ปี และ 3.69 ปี ตามลำดับ รวมทั้งงานของนรงค์พร โพธิพงษ์ (2549) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนฟาร์มกล้วยไม้สกุลหวาย ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการจัดตั้งฟาร์มกล้วยไม้สกุลหวายมีการลงทุนทั้งสิ้น 4,800,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4 ปี 10 เดือน 14 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,403,663 บาท อัตราคิดลดร้อยละ 12 ให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เป็นร้อยละ 19.69 แสดงให้เห็นว่าการจัดตั้งฟาร์มกล้วยไม้สกุลหวายมีความคุ้มค่าการลงทุน โดยใช้เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ นอกจากนี้งานวิจัยที่มีการใช้เครื่องมือสำหรับศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และเกณฑ์การพิจารณาว่าโครงการลงทุนมีความคุ้มค่ามากน้อยเพียงไร มีทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องภาคเกษตรและนอกภาคเกษตรได้แก่ การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการแยกขยะเพื่อนำไปกำจัดโดย วิธีการหมักทำปุ๋ยของประสาน อธิพิทรกุล (2542) โดยโครงการมีการนำต้นทุนและผลประโยชน์มาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วยเกณฑ์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของจันทร์ สุขเพียงฟู (2547) ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการจัดตั้งโรงงานคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิล กรณีศึกษาเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยนำต้นทุนและผลประโยชน์มาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วยเกณฑ์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ เช่นเดียวกับงานวิจัยของสมใจ พิมล (2544) ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียนและลองกองในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามแม่น้ำปัตตานีตอนบน และชัยพร ทรวงแสง (2545) ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งเพื่อการส่งออก: กรณีศึกษาการตั้งโรงงานในจังหวัดราชบุรี พบว่ามีความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยใช้เกณฑ์มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก อัตราผลตอบแทนต่อทุนมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าดอกเบี้ยเงินกู้

น้ามนต์ น้อยมา (2550) ศึกษาการวิเคราะห์การลงทุนเลี้ยงนกแอ่นของผู้ประกอบการในอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี การวิเคราะห์ทางการเงิน พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกทุกโครงการ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการมากกว่าอัตราคิดลด การคำนวณระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10 ปี การศึกษาปัจจัยเสี่ยงภายนอกและภายในของการลงทุน พบแนวโน้มของการเกิดความเสี่ยงด้านนี้ ด้านธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเสี่ยงจากการไม่เข้าอยู่อาศัยของนกแอ่น อาคารเลี้ยงนกแอ่นเป็นสิ่งกีดขวางสายตา ทำให้ภูมิทัศน์ของพื้นที่เปลี่ยนแปลง การไม่มีระบบกำจัดควบคุมของเสีย ด้านสังคม ได้แก่ การก่อให้เกิดมลภาวะทางเสียง ความวิตกกังวลกับโรคภัยที่มากับสัตว์ปีกของประชาชน และความเสี่ยงจากการจัดหาเงินลงทุน การเลือกขนาดของการลงทุน และการเลือกทำเลที่ตั้ง การลงทุนเลี้ยงนกแอ่นมีความคุ้มค่าในการลงทุน เช่นเดียวกับการศึกษาการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนธุรกิจร้านอาหารเจ ในอำเภอม่วง จังหวัดเชียงใหม่ (กนกทิพย์ ปิยะศิริพันธ์, 2551) ผลการศึกษาด้านการเงิน พบว่า มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยโครงการมีการลงทุนทั้งสิ้น 380,000 บาท มาจากเงินลงทุนของเจ้าของทั้งหมด อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ 63.74% มีกระแสเงินสดสุทธิรวม 1,447,030 บาท มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกเท่ากับ 790,291 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 1 ปี 198 วัน วิธีการศึกษาดังกล่าวได้นำมาใช้ในการศึกษาของศักรพัทธ์ ฤทธิจรรยา (2553) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการการผลิตก๊าซชีวภาพ จากฟาร์มเลี้ยงสุกร ภายใต้ข้อสมมติว่าโครงการมีอายุเวลา 15 ปี ระบบก๊าซชีวภาพแบบบ่อหมักพลาสติกคลุมบ่อซั๊กกากได้ ขนาด 400 ลูกบาศก์เมตร รองรับสุกรขุนจำนวน 1,200 ตัว คงที่ตลอดโครงการ การวิเคราะห์โครงการใช้อัตราส่วนร้อยละ 8 ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าปัจจุบันของผลได้สุทธิ (NPV) เท่ากับ 483,933.21 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 11 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราคิดลด และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของโครงการ (B/C ratio) เท่ากับ 1.8 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 ระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 7 เดือน

นอกจากนี้การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนสามารถวิเคราะห์ออกมาในลักษณะของต้นทุนและผลตอบแทน ซึ่งได้แก่การศึกษาของอรุณา ศรีลาวงศ์ (2551) ได้ทำการศึกษา เรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกยางพารา :กรณีศึกษา อำเภวาริชภูมิ จังหวัด

สกลนคร พบว่าระยะเวลาในการคืนทุน (Payback Period) จากการปลูกยางพาราเท่ากับ 10 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ ณ อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำ 8%, 10% และ 22% เป็นบวก อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return) เท่ากับ 25% ระยะเวลาคืนทุนนานถึง 10 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเป็นบวกและให้อัตราผลตอบแทนที่น่าพึงพอใจคือ 25% แสดงให้เห็นว่ามีความคุ้มค่าจากการปลูกยางพารา วิธีการวิเคราะห์ลักษณะดังกล่าวได้นำไปศึกษาการทำสวนปาล์ม ตำบลทุ่ง อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ชนิดา คลองสุชล, 2551) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก คือ เท่ากับ 470,162.05 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.45 และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 4.43% ดังนั้นการลงทุนปลูกปาล์มน้ำมันให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากเมื่อพิจารณา NPV แล้วมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ผลตอบแทนเมื่อคิดมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่าสูงกว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย ส่วนอัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมีค่ามากกว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) มีค่า 4.43% กล่าวคือ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมีค่าสูงกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 1 อย่างไรก็ตามการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ต้องอาศัยพื้นที่ดินขนาดใหญ่ การลงทุนสูง ซึ่งทำให้เกษตรกรต้องมีการวางแผนการตัดสินใจในการเลือกการลงทุนระหว่างพืชทั้งสองชนิด จึงมีการศึกษาของวิษณุ เพียรทอง (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในจังหวัดกระบี่ โดยการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุน ผลตอบแทนและกระแสทางการเงิน เปรียบเทียบระหว่างการปลูกยางพาราและการปลูกปาล์มน้ำมัน รวมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนทางการเงินของโครงการลงทุนปลูกยางพารากับปาล์มน้ำมัน ในจังหวัดกระบี่ เกณฑ์การวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินและตัดสินใจเลือกระหว่างลงทุนปลูกยางพารากับปาล์มน้ำมัน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการและอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) โดยใช้อัตราคิดลดเพื่อสะท้อนค่าเสียโอกาสของเงินทุน ร้อยละ 6.75 ซึ่งเป็นอัตราเงินกู้ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 สวนยางพาราขนาดใหญ่กับสวนปาล์มน้ำมัน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ทั้งยางพาราและปาล์มน้ำมัน ต่างก็ให้ผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ผลตอบแทนของยางพาราก็ยังน้อยกว่าของปาล์มน้ำมัน เนื่องจากสวนยางพาราขนาดใหญ่ ใช้แรงงานจ้างกรีด เก็บ และทำยางแผ่น ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงถึงแม้ตอนสิ้นสุดโครงการ ยางพาราสามารถตัดต้นไม่ยางได้เป็นผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นก็ตาม โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการลงทุน เท่ากับ 68,537.29 บาทต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าค่า NPV ของการลงทุนปลูกปาล์มน้ำมัน ที่มีค่าเท่ากับ 105,878.05 บาทต่อไร่ ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ในกรณียืนยันว่า ปาล์มน้ำมัน ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนที่ดีกว่ายางพารา กรณีที่ 2 สวนยางพาราขนาดเล็กกับสวนปาล์มน้ำมัน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ถ้าเกษตรกรใช้แรงงานในครัวเรือนกรีด เก็บ และทำยางแผ่นเอง จะทำให้กระแสเงินสดไหลออกลดลง และได้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเพิ่มเป็น 121,976.76 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าปาล์มน้ำมัน ดังนั้นกรณีสวนยางพาราขนาดเล็ก ถ้าเกษตรกรใช้แรงงานในครัวเรือนกรีด เก็บ และทำยางแผ่นเองก็จะให้ผลตอบแทนดีกว่าปาล์มน้ำมัน

เอกสารอ้างอิงโครงการวิจัยย่อยที่ 3

- [1] กนกกร จีนา และอลงกรณ์ คูตระกูล. 2561. กระบวนการถ่ายทอดความรู้จากมหาวิทยาลัยสู่ชุมชน: กรณีศึกษาโครงการอนุรักษ์วิหารพระเจ้าพันองค์ วัดปงสนุก จังหวัดลำปาง. วารสารรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์. 9(1):59-80.
- [2] กนกทิพย์ ปิยะศิริพันธ์. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนธุรกิจร้านอาหารเจ ในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : เชียงใหม่.
- [3] กรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อม. (2554). โครงการอุตสาหกรรมสีเขียว สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมสีเขียว. เข้าถึงได้จาก <http://actionforclimate.deqp.go.th/?p=6459>. เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 .
- [4] กรุงเทพธุรกิจ. 2563. ประเทศไทย 2563: สถานการณ์ขยะในไทย. อาทิตย์ ที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564. ออนไลน์ <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/863554> [retrive 28 กุมภาพันธ์ 2564].
- [5] กฤษณา ภูรังสี. 2551. การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนการผลิตไม้ดอกเมืองหนาวบางชนิดในพื้นที่โครงการหลวง. การค้นคว้าแบบอิสระเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [6] จันทรา สุขเฟื่องฟู. 2547. ความสำเร็จทางเศรษฐกิจในการจัดตั้งโรงงานคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิล : กรณีศึกษาเทศบาลเมืองเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [7] จุริพร กาญจนการุณ และวาสนา วงศ์ฉายา. 2553. การยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรของชุมชนบ้านยองแหละ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 4(1): 92-101.
- [8] จุฬากาญจน์ มุ่งพุทธรักษา และ วิภาวี กฤษณะภูติ. (2557). การประยุกต์ใช้แนวคิดการตลาดสีเขียวกรณีศึกษา: กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมชนิดบ้านอุ้มผางเหนือ. วารสารบัณฑิตศึกษามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์. 3(2), 143-170.

- [9] ชนิตา คลองสุชล. 2551. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการทำสวนปาล์มของเกษตรกร กรณีศึกษา: ตำบลทุ่ง อำเภอยะยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี : สุราษฎร์ธานี.
- [10] ชัยพร ทรวงแสง. 2545. ความเป็นไปได้ของโครงการโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งเพื่อการส่งออก: กรณีศึกษาการจัดตั้งโรงงานใน จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [11] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2564). สรุปจำนวนบริษัทจดทะเบียน. เว็บไซต์. สืบค้นจาก <https://www.set.or.th/set/marketstatistics.do> เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 .
- [12] ทาริกา สระทองคำ (2565). รูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ตอบสนองความต้องการลูกค้าในยุคอนาคต วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 8(1) หน้า 239-250.
- [13] นรงค์พร โพธิพงษ์. 2549. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนฟาร์มกล้วยไม้สกุลหวายในจังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [14] น้ามนต์ น้อยมา. 2550. การวิเคราะห์การลงทุนเลี้ยงนกแอ่นของผู้ประกอบการในอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี : กรุงเทพฯ.
- [15] บุขราภรณ์ พวงปัญญา. (2560). ศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาชุมชนท้องถิ่น. วารสารธรรมทัศน์. 17(1), 193-203.
- [16] ประสาน อธิพิตรกุล. 2542. ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการแยกขยะเพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีการหมักปุ๋ย กรณีศึกษาการเก็บและกำจัดขยะของเทศบาลเมืองเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [17] ปัญญา จันทโคตร และกุลธิดา ท้วมสุข. (2558). ศึกษา ปัจจัยที่สนับสนุนความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชนในประเทศไทย. วารสารวิจัยห้องสมุดแห่งประเทศไทย. 8(1), 42-53.
- [18] พรชนก พลาบุลย์. 2562. การยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยี และพฤติกรรมผู้บริโภคที่ส่งผลต่อความตั้งใจ ของประชาชนในการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบพร้อมเพย์ (PROMPTPAY) ของรัฐบาล ไทย. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. 123 น.
- [19] พลวัต พฤษภูมิ. (2558). สามเหลี่ยมความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [20] รัดนา สายคณิต. (2546). *เศรษฐศาสตร์เพื่อการจัดการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [21] วิษณุ เพียรทอง. 2553. การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในจังหวัดกระบี่. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ : กรุงเทพฯ.
- [22] ศรีไพร สุกุลพันธ์ สินีนาถ วิกรมประสิทธิ์ และกัลยา อุพงษ์. (2559). รูปแบบการตลาดเพื่อสังคม: กรณีศึกษาระบบธุรกิจข้าวอินทรีย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ สืบค้นได้จาก<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/article/view/77119>. เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564.
- [23] ศักรพัทธ์ ฤทธิ์จรูญโรจน์. 2553. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการการผลิตก๊าซชีวภาพ จากฟาร์มเลี้ยงสุกร. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยรามคำแหง : กรุงเทพฯ.
- [24] สมใจ พิมล. 2544. การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียนและลองกองในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปัตตานีตอนบน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [25] สมาคมการตลาดแห่งสหรัฐอเมริกา. ความหมายของการตลาดสีเขียว. เข้าถึงได้จาก<https://www.ama.org/the-definition-of-marketing-what-is-marketing/>. เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 .
- [26] เสาวนีย์ วิจิตรโกสมุ และอุ๋นเรื่อน เล็กน้อย. 2560. การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมงานวิจัยสู่การนำไปใช้ในพื้นที่. วารสารสิ่งแวดล้อม. น. 19-28.
- [27] สุนิตย์ เหมนิลและ ญัฐศิริ พงศาวิ. (2563). จากดั้งเดิมสู่แนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างยั่งยืน กรณีลุ่มน้ำดอนประมง จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิจัยพัฒนาชุมชน. 14(2), 106-118.
- [28] อรบุภา ศรีลาวงศ์ .(2551). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกยางพารา :กรณีศึกษา อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี : กรุงเทพฯ.
- [29] Mccathy & Pereault, Jr. (1991). Basic Marketing. New York: Mc Graw-Hill.

[30] Phillip Kotler, Gary Armstrong, Swee Hoon Ang, Chin Tiong Tan, Oliver Hon-Ming Yau and Siew Meng Leong. (2017). Principle of Marketing an Asian Perspective. Fourth Edition. Essex: Pearson Education Limited.

[31] Rogers, E. M and Shoemaker F.F. 1962. Diffusion of Innovation. 3th ed. NY: The Free Press

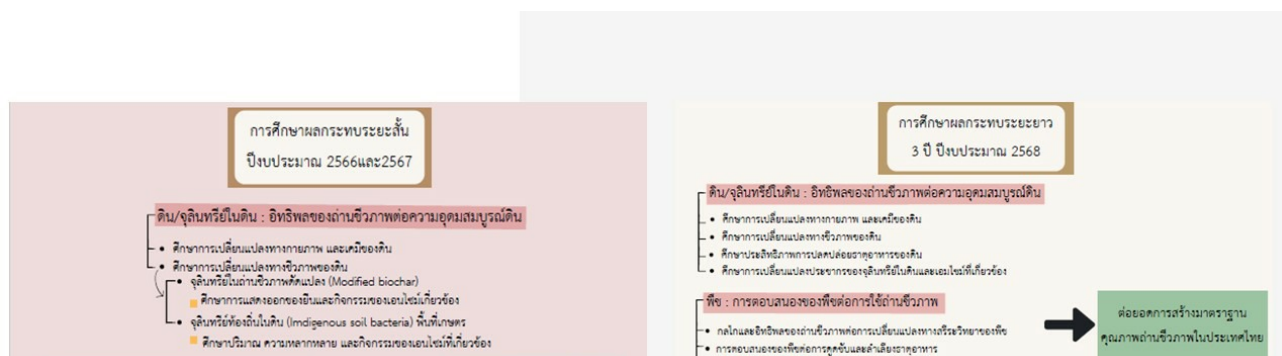
ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการ

ชุดโครงการวิจัยนี้มีระยะเวลาในการศึกษา 3 ปี โดยในปีแรกจะเป็นการการนำนวัตกรรมไปใช้ในพื้นที่จริง (Innovation adoption) ซึ่งจะคัดเลือกชุมชนที่มีความพร้อมและมีผู้นำเข้มแข็ง เพื่อสร้างชุมชนนำร่องและศึกษาผลกระทบระยะยาว ในปีนี้จะมีการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ควบคู่ไปด้วย ในปีที่ 2 จะเป็นการขยายเครือข่ายเทคโนโลยี (Innovation expansion) ไปยังชุมชนใกล้เคียง และทดสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ และในปี 3 เป็นการสร้างเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเชิงธุรกิจตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนทรัพยากรอย่างยั่งยืน (supply chain and community network)

ชุดโครงการย่อยที่ 1 ผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวของการประยุกต์ใช้นวัตกรรมถ่านชีวภาพตัดแปลงในพื้นที่เกษตรต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยโครงการวิจัยที่ 1 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ศึกษาผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพตัดแปลงในระยะสั้นและการศึกษาผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพตัดแปลงในระยะยาว โดยการดำเนินงานในปีที่ 1 และปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2566 และ 2567) จะเป็นการศึกษาผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพตัดแปลงในระยะสั้น ซึ่งวัตถุประสงค์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 2 เพื่อต่อยอดนวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตถ่านชีวภาพตัดแปลง (modified biochar) จากระดับห้องปฏิบัติการไปขยายผลในชุมชน โดยจะมีการศึกษาผลกระทบระยะสั้นของการนำถ่านชีวภาพตัดแปลงไปใช้ในพื้นที่การเกษตรนำร่องสำหรับการปลูกพืชไร่และพืชสวนทั้งในแง่ของความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโตของพืช การสร้างภูมิคุ้มกันของพืช และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การดำเนินงานในปีที่ 3 (ปีงบประมาณ 2568): จะประกอบไปด้วยการบูรณาการศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และเกษตรศาสตร์ เพื่อศึกษาผลกระทบการใช้ถ่านชีวภาพตัดแปลงในระยะสั้น (ชุมชนขยายผล) และระยะยาว (ชุมชนนำร่อง) ในพื้นที่การเกษตรที่มีการปลูกพืชไร่และพืชสวนทั้งในแง่ของผลกระทบที่มีต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลกระทบที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลกระทบที่มีต่อการสร้างภูมิคุ้มกันของพืช โดยในปีที่ 3 ได้เพิ่มเติมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในแง่ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในดิน และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจากการศึกษาส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่ในห้องปฏิบัติการหรือการทดลองภาคสนามในระดับสถาบัน ทำให้การศึกษการใช้ถ่านชีวภาพในดินเกษตรโดยเกษตรกรและการใช้ถ่านชีวภาพในการเกษตรเชิงพาณิชย์ยังคงมีน้อย (Maroušek et al., 2019) และยังไม่มีความชัดเจนที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง (Major et al., 2010) นอกจากนี้ความต้องการที่จะต่อยอดขยายผลนวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตถ่านชีวภาพตัดแปลง (modified biochar) ไปยังชุมชนนำร่องและชุมชนขยายผลแล้ว **โครงการย่อยที่ 1** ยังได้มีการบูรณาการองค์ความรู้ด้านเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ร่วมกับ **โครงการย่อยที่ 3** เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์และส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือในการใช้เทคโนโลยีของชุมชน และการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่สามารถสร้างช่องทางธุรกิจให้เกิดขึ้นในชุมชนในปีที่ 3 และบูรณาการร่วมกับองค์ความรู้ทางวัสดุศาสตร์จาก **โครงการย่อยที่ 2** ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนเกษตรสมัยใหม่เพื่อสร้างโอกาสทางธุรกิจ นอกจากนี้ยังได้มีการหาศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรในแต่ละพื้นที่เพื่อขยายผลและสร้างฐานข้อมูลเพื่อการผลิตถ่านชีวภาพจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำมีความเหมาะสมกับพื้นที่และเกิดความยั่งยืน สำหรับแผนการศึกษาผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพตัดแปลงทั้งระยะสั้นและระยะยาวของ **โครงการย่อยที่ 1** แสดงในแผนภาพที่ 8





ภาพที่ 8 กรอบแนวคิดการวิจัยโครงการย่อยที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงานในปีที่ 3 (ปีงบประมาณ 2568) ต่อเนื่องพัฒนาจากปี 2566-2567

สำหรับในปีที่ 1 และ 2 งบประมาณ 2566 และ 2567 ทีมวิจัยได้ผลผลิตและนำนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงไปทดสอบการใช้ในพื้นที่การเกษตรจากชุมชนนำร่อง (ปีที่ 1) และชุมชนขยายผล (ปีที่ 2) โดยเลือกพื้นที่ที่มีการปลูกพืชไร่และพื้นที่ที่มีการปลูกพืชสวน และทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้ถ่านชีวภาพในระยะสั้นในภาพรวมด้วยทำการเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินโครงสร้างและเนื้อดิน ปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณคาร์บอน ปริมาณโลหะหนัก ความหลากหลายของจุลินทรีย์ การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในดิน และการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองของพืชในระดับโมเลกุล (การแสดงออกของยีน) สำหรับการสร้างภูมิคุ้มกันตนเองของพืช โดยมีประเมินความพึงพอใจและการยอมรับในเทคโนโลยี การมีส่วนร่วมของชุมชนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และศักยภาพของพื้นที่ร่วมไปถึงการขยายผลไปยังชุมชนอื่นต่อไป

ดังนั้นในปี 2568 ซึ่งเป็นปีต่อเนื่องปีที่ 3 ของชุดโครงการ ในโครงการย่อยที่ 1 จะดำเนินการต่อเนื่องในการศึกษาผลกระทบการใช้ถ่านชีวภาพดัดแปลงในระยะยาว (3 ปี) ในงานใช้นวัตกรรมถ่านชีวภาพจากพื้นที่นำร่องและพื้นที่ขยายผล และเน้นไปในส่วนของผลกระทบการใช้ถ่านชีวภาพต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารและผลต่อกลไกการเจริญเติบโต การดูดซึมธาตุอาหารในพืชและสรีระของพืช รวมถึงศักยภาพของถ่านชีวภาพในการเก็บกักคาร์บอนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยทำการเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินโครงสร้างและเนื้อดิน ปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณคาร์บอน ปริมาณโลหะหนัก ความหลากหลายของจุลินทรีย์ การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในดิน และการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช วิถีเมตาโบลิซึมของเจริญเติบโตของพืชและการสร้างภูมิคุ้มกันตนเองของพืช นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อยอดในห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำในการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร โครงการย่อยที่ 1 ได้มีการบูรณาการองค์ความรู้ด้านเศรษฐศาสตร์และสังคมกับโครงการย่อยที่ 3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์และส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือในการใช้เทคโนโลยีของชุมชนและการต่อยอดผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ในการดำเนินการในปีที่ 3 จะได้มีการพัฒนาฐานข้อมูลศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรในแต่ละพื้นที่เพื่อขยายผลในส่วนของการผลิตถ่านชีววมวลและการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนให้เหมาะสมกับพื้นที่และเกิดความยั่งยืน ดังนั้นการดำเนินงานจะเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถ่านชีวภาพซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรจากแต่ละชุมชนนำร่องเดิมและชุมชนใหม่ เช่น เศษไม้ ไม้ไผ่ ชังข้าวโพด เศษไม้ลำไย ฟางข้าวเป็นต้น จากนั้นจะทำการศึกษาสมบัติและปรับคุณสมบัติให้เป็นถ่านชีวภาพดัดแปลงด้วยเชื้อจุลินทรีย์ตามงานวิจัยก่อนหน้า (มุจลินทร์ และคณะ 2563) เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ส่งเสริมการเจริญของพืช และกระตุ้นการตอบสนองของพืชในการควบคุมโรค จากนั้นจะได้มีการนำถ่านชีวภาพดัดแปลงไปใช้ในพื้นที่การเกษตรจากชุมชนนำร่องโดยเลือกพื้นที่ที่มีการปลูกพืชไร่และพื้นที่ที่มีการปลูกพืชสวน ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. เพื่อทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินโครงสร้างและเนื้อดิน ปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณคาร์บอน ปริมาณโลหะหนัก ความหลากหลายของจุลินทรีย์ การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในดิน และทำการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองของพืช และการศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในดิน โดยมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

การดำเนินการส่วนที่ 1 การสำรวจข้อมูลและเก็บรวบรวมซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนเพื่อพัฒนาฐานข้อมูล

ขั้นตอนนี้ทีมผู้วิจัยจะสำรวจศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งจากชุมชนที่เป็นชุมชนนำร่องและชุมชนขยายผลของทีมนักวิจัยโครงการที่ 3 เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานของซากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ เพื่อพัฒนาเป็นฐานข้อมูล

การดำเนินงานส่วนที่ 2 การเตรียมถ่านชีวภาพและเตรียมถ่านชีวภาพดัดแปลง

ขั้นตอนนี้จะเก็บรวบรวมชีวมวลและนำมาเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 OC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อย ทั้งชีวมวลและถ่านชีวภาพที่ใช้ในการศึกษาจะนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติได้แก่ การวิเคราะห์โดยปริมาตร (Proximate analysis) เพื่อหาค่า

ความชื้น สารระเหย และเถ้า ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM E871-82 , ASTM E872-82 และ ASTM E1755-01 การวิเคราะห์องค์ประกอบและ หมู่ฟังก์ชันทางเคมี (FT-IR analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธี Detergent. วิเคราะห์หา ปริมาณรูพรุนขนาดกลาง (Mesopore) โดยการศึกษาการดูดซับเมทิลีนบลู อ้างอิงวิธีการจากงานวิจัยของ Tharaneedhar et al. (2017) วิเคราะห์หาปริมาณรูพรุนขนาดเล็ก (Micropore) โดยการศึกษาการดูดซับไอโอดีน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D4607-94 (American society for testing and materials, 2007) การหาพื้นที่ผิวของถ่านด้วยเครื่อง Bet analyzer ศึกษาลักษณะพื้นผิวของถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM) และวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง Energy dispersive X-rays spectrometer (EDS) ยี่ห้อ Tescan รุ่น VEGA3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเจ้า แสดงดังภาพที่ 9 กล้องจุลทรรศน์นี้สามารถทำงานได้ทั้ง ในภาวะสุญญากาศสูง (HV mode) และสุญญากาศต่ำ (LV mode)



ภาพที่ 9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ Tescan รุ่น VEGA3

จากนั้นถ่านชีวภาพที่ได้รับการปรับสภาพจะถูกนำมาทดสอบการนำห่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ตามงานวิจัยก่อนหน้า (มูจลินทร์ และคณะ 2563)

การดำเนินงานส่วนที่ 3 การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมระยะยาวต่อคุณภาพดิน

ในการใช้ถ่านชีวภาพสำหรับการปลูกพืช จะวางแผนการทดลองแบบ สุ่มภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design-RCBD) แบ่งแปลงขนาด 4.5 x 6 เมตร ประกอบด้วย 2 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ โดยแบ่งเป็นชุดควบคุม และชุดที่ใส่ถ่านชีวภาพ ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำสำหรับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ หลังจากที่ได้มีการใช้ถ่านชีวภาพดัดแปลงในแปลงเกษตรตามอัตราส่วนที่เหมาะสม จะได้ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพตามวิธีมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

- 1) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน (Soil texture) โดยวิธี hydrometer, ความหนาแน่นรวมของดิน โดยใช้กระบอกและแหวนโลหะเก็บตัวอย่างดิน (core method) ความสามารถในการอุ้มน้ำได้ของดิน (water holding capacity) โดยนำดินที่ไ่ม่รบกวนดินไปแช่จนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ แล้วนำไปอบให้แห้ง (ถนนม, 2528)
- 2) คุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็น กรด-ด่าง ของดิน โดย เครื่อง pH meter, อินทรีย์คาร์บอน โดยวิธี wet oxidation และแปลงเป็นค่าอินทรีย์วัตถุนำไปคูณด้วยค่าคงที่ 1.724 (National Soil Survey Center. 1996) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity, CEC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen) วิธี Kjeldahl Method (Cottenie, 1980) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorus) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) โดยใช้ Spectrophotometer ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na) โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Black,1965) ปริมาณโลหะหนัก ด้วยเครื่อง XRF และ AAS

ตัวอย่างดินในชั้นต้นจะถูกแบ่งมาวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายประชากรจุลินทรีย์ ผู้วิจัยจะใช้วิธีการศึกษาแบบ metagenomics โดยใช้วิธีการ 16S metagenome sequencing (Peng et al., 2020) โดยเริ่มจากการสกัดสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์จากตัวอย่างดิน (ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร) ด้วย DNeasy PowerSoil Pro Kit (QIAGEN, USA) และส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ 16S metagenome sequencing โดยจะใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่บริเวณ V3-V4 ใน rRNA gene ของแบคทีเรีย และจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเมตาจีโนม (metagenome analysis) ด้วยวิธีการ algorithm ของ Mothur (López-García et al., 2018; Schloss et al., 2009) นอกจากนี้ตัวอย่างดินจะถูกนำมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ในดินที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมธาตุอาหาร ได้แก่ เอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatase activity) เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase activity) (Ahmad, Asghar, Saleem, Khan, & Zahir, 2015) และเอนไซม์ยูรีเอส (urease activity) (Liu et al., 2021)

การดำเนินงานส่วนที่ 4 การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมระยะยาวต่อการเจริญของพืช

ในขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มต้นพืช 10 ต้น ต่อการทดลอง เพื่อวัดค่าการเจริญของพืช จำนวนใบ โดยจะวัดส่วนเหนือดินทุกสัปดาห์ หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองจะทำการวัดความยาวต้นและความยาวราก จำนวนใบ พร้อมทั้งวัดน้ำหนักแห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อ โดยจะนำตัวอย่างพืชมาล้างทำความสะอาดด้วยการผ่านน้ำประปา 2 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 ครั้ง จากนั้นตัดแยกส่วนต่างๆ ออกเป็น ราก ลำต้น ใบ โดยใบจะทำการแยกเก็บในช่องใบ YEB (Youngest fully expanded leaf blades) (Mongon et al., 2017) จากนั้นนำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบดละเอียดให้กลายเป็นผงแห้งเพื่อใช้สำหรับนำเข้าสู่วิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อไป

การดำเนินงานส่วนที่ 5 การศึกษาการกักเก็บและการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชในดิน

ศึกษาการกักเก็บและการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชในดินที่ถูกปรับปรุงด้วยไบโอชาร์ในระบบเสมือนจริงโดยทำการสร้างระบบการทดลองโดยการจำลองสภาวะการทดลองการปลูกพืช และทดลองการกักเก็บและการปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของพืชในดินเหนียว ดินร่วนและดินทราย และดินจากพื้นที่เกษตรจากชุมชนนาร่อง โดยควบคุมปริมาณและระยะเวลาของการชะด้วยน้ำ และตัวแปรควบคุม วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของพืชที่คั่งค้างในดินและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารคั่งค้างและระยะเวลาในการทดลอง

การดำเนินงานส่วนที่ 6 การศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพต่อการกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) ในดิน

ในการศึกษาจะนำดินจากพื้นที่เกษตรที่มีการเติมถ่านชีวภาพและดินที่มีการเติมถ่านชีวภาพซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม ทำการปรับความชื้นของดินให้อยู่ที่ 50 % จากนั้นนำไป บ่ม ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27-30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการวัดปริมาณคาร์บอนในดิน นอกจากนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการหายใจของดินเพื่อวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย จากนั้นคำนวณหาสมมูลมวลคาร์บอนที่เกิดขึ้นหลักจากที่มีการใช้ถ่านชีวภาพ

การดำเนินงานส่วนที่ 7 การทำเวทีชุมชนและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ

สำหรับขั้นตอนนี้จะดำเนินการร่วมกับโครงการย่อยที่ 2 และ 3 เพื่อจัดเวทีชุมชนร่วมกันในการประชุมวางแผน อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำเสนอผลการศึกษาและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรม และวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาผลกระทบทั้งระยะสั้นและระยะยาว รวมถึงศักยภาพของพื้นที่ในการขยายผลในชุมชนต่อไป

การดำเนินงานส่วนที่ 8 การเผยแพร่ผลงานและการทำรายงานฉบับสมบูรณ์

สำหรับขั้นตอนนี้จะดำเนินการหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาของการนำนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่

ชุดโครงการย่อยที่ 2 การพัฒนาวัสดุคอมโพสิตจากถ่านชีวภาพดัดแปลงและไฮโดรเจลสำหรับการใช้งานด้าน

การเกษตร

การดำเนินงานในปีที่ 3 (ปีงบประมาณ 2568) ต่อเนื่องจากปี 2566 -2567

แนวคิดของโครงการวิจัยนี้มาจากการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลง (Modified biochar) (องค์ความรู้จากโครงการย่อยที่ 1) โดยนำมาบูรณาการร่วมกับองค์ความรู้ด้านวัสดุศาสตร์เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุไฮโดรเจลคอมโพสิต (Hydrogel composite) สำหรับประยุกต์ใช้งานด้านการเกษตร หลังจากที่ได้ดำเนินการในปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2566) ที่วิจัยได้พัฒนาด้านแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมโพสิต

ลิตและทดลองใช้ปลูกพืชผักในระดับห้องปฏิบัติการ อีกทั้งมีการวิเคราะห์สมบัติของไฮโดรเจลคอมพอสิต การเจริญเติบโตของพืช คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ต่อเนื่องในปีงบประมาณ 2567 เพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อยอดผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการสู่การใช้งานจริงในพื้นที่เกษตร ทีมวิจัยจึงได้ศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบระยะสั้นของการใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในพื้นที่ชุมชนเกษตรนาร่อง 1 ชุมชน โดยมีการวิเคราะห์ทั้งด้านการเจริญเติบโตของพืช และคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์การยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ และมีการจัดทำเวทีชุมชนกับพื้นที่นาร่องเพื่อสรุป และประเมินความพึงพอใจ สำหรับปีงบประมาณ 2568 (ปีที่ 3 ต่อเนื่อง) เป็นการขยายผลการใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในพื้นที่ชุมชนเกษตรแบบกึ่งเมืองโดยใช้วิธีการปลูกแบบไม่ใช้ดิน เพื่อเพิ่มทางเลือกการใช้ประโยชน์ให้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนที่หลากหลาย โดยมีการศึกษาด้านการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณการใช้น้ำ ต้นทุนทางการเกษตร รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบเชิงสังคมและโอกาสในการต่อยอดเชิงธุรกิจ (ร่วมกับโครงการย่อยที่ 1 และ 3) เพื่อที่จะผลักดันให้เกิดการพัฒนาชุมชนเกษตรกรรมต้นแบบที่ยั่งยืน โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตและการทดลองปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในระดับห้องปฏิบัติการ

1. เตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต ทำละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และแป้งตัดแปลง (MS) ในน้ำ ที่ปริมาณ CS 0-30 %โดยน้ำหนักของ CMC จากนั้นเติมถ่านชีวภาพตัดแปลง (MB) ซึ่งกระบวนการเตรียมเป็นไปตามโครงการย่อยที่ 1 ปริมาณ 0-30 %โดยน้ำหนักของ CMC และใช้ sonicator ช่วยให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเติมสารเชื่อมขวางที่ปริมาณ 0-20 %โดยน้ำหนักของ CMC พร้อมกวนเป็นเวลา 60 นาที เทสารละลายลงบนแผ่นเทพลอน ตั้งทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง จัดเก็บไฮโดรเจลคอมพอสิตในรูปของผงหรือแผ่นในโถดูดความชื้นก่อนนำไปทดสอบต่อไป

2. วิเคราะห์สมบัติของไฮโดรเจลคอมพอสิต เช่น สัมประสิทธิ์บวมตัว ณ ภาวะสมดุล (Swelling ratio; SR) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption capacity; WAC) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity; WHC) ที่สภาวะกรด เบส และในสารละลายเกลือ

3. ทดลองใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตเป็นวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน กำหนดตัวอย่างวิเคราะห์ออกเป็น 3 ชุดทดสอบ แบ่งเป็น 1. ชุดควบคุม (ใช้ดิน) 2. ชุดควบคุม (ใช้น้ำ) 3. ชุดที่ใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต 5 อัตราส่วน โดยทุกชุดการทดสอบจะมีการใส่ปุ๋ยตามอัตราส่วนที่เหมาะสมตามคำแนะนำสำหรับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ ทำการสุ่มต้นพืช 10 ต้นต่อชุดการทดลอง เพื่อวัดค่าการเจริญของพืช จำนวนใบ โดยจะวัดส่วนเหนือวัสดุปลูกทุกสัปดาห์ หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองจะทำการวัดความยาวต้นและความยาวราก จำนวนใบ พร้อมทั้งวัดน้ำหนักแห้ง

ขั้นตอนที่ 2 การผลิตต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตสำหรับทดลองใช้งานจริงในพื้นที่ชุมชนนาร่อง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการขยายปริมาณการผลิตต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตที่สัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดซึ่งได้จากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการในขั้นตอนที่ 1 เพื่อนำไปทดลองใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้งานวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในพื้นที่ชุมชนนาร่องและติดตามผล

1. ลงพื้นที่ชุมชนนาร่อง (ชุมชนเกษตรกึ่งเมือง) เพื่อปรึกษาหารือและเตรียมการสำหรับทดลองใช้งานต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต

2. ทดลองใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตเป็นวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในพื้นที่ชุมชนนาร่อง โดยเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1

3. วิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช เพื่อวัดค่าการเจริญของพืช จำนวนใบ โดยจะวัดส่วนเหนือวัสดุปลูกทุกสัปดาห์ หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองจะทำการวัดความยาวต้นและความยาวราก จำนวนใบ พร้อมทั้งวัดน้ำหนักแห้ง

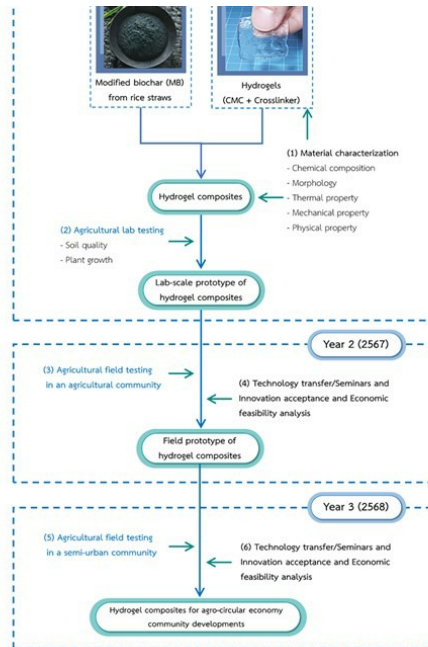
ขั้นตอนที่ 4 การทำเวทีชุมชนและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ

สำหรับขั้นตอนนี้จะดำเนินการร่วมกับโครงการย่อยที่ 1 และ 3 เพื่อจัดเวทีชุมชนร่วมกันในการประชุมวางแผน อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำเสนอผลการศึกษาการใช้งานวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรม รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ และโอกาสในการต่อยอดเชิงธุรกิจ โดยรายละเอียดการดำเนินงานดังอธิบายไว้ในโครงการย่อยที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 การเผยแพร่ผลงานและการทำรายงานฉบับสมบูรณ์

สำหรับขั้นตอนนี้จะดำเนินการหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาของการนำนวัตกรรมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ชุมชนนาร่องในระยะเวลา 1 ปี





ภาพที่ 10 กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 2

ชุดโครงการย่อยที่ 3 การถ่ายทอดและการยอมรับเทคโนโลยี และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรม

ต้นแบบถ่านชีวภาพดัดแปลงสำหรับชุมชน

การดำเนินงานในปีที่ 3 (ปีงบประมาณ 2568) ต่อเนื่องจากปี 2567

จากการดำเนินงานในปีที่ 1 และ 2 (ปีงบประมาณ 2566 และ 2567) ที่ได้มีการถ่ายทอดการและศึกษาการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบถ่านชีวภาพดัดแปลง จาก 2 พื้นที่ ศึกษา ได้แก่หมู่บ้านเกษตรพัฒนา ต.ป่าไผ่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความพร้อมในด้านการยอมรับเทคโนโลยีเพื่อเป็นชุมชนนำร่องและการขยายผลจากพื้นที่นำร่องในจังหวัดเชียงใหม่และเพิ่มการถ่ายทอดการใช้นวัตกรรมจากพื้นที่นำร่องในปีที่ 1 ไปที่หมู่บ้านห้วยม่วงใหม่พัฒนา ต.ห้วยยาบ อ.บ้านธิ จ.ลำพูน โดยจะมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรมต้นแบบการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในภาพของชุมชน หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ องค์กรของรัฐ และเอกชน ซึ่งจะมองการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนในตัวชุมชน จากต้นน้ำสู่กลางน้ำ

ดังนั้นในปีที่ 3 (ปีงบประมาณ 2568) ชุดโครงการย่อยที่ 3 จะเน้นการสร้างเศรษฐกิจที่ดีให้กับชุมชน จึงได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการนำผลผลิตของถ่านชีวภาพดังกล่าวมาต่อยอดในเชิงธุรกิจให้กับชุมชน เพื่อชุมชนจะได้เป็นผู้ผลิตและนำไปสู่การขยายผลเชิงพาณิชย์ และการสร้างรายได้ที่ดีให้กับคนในชุมชนในรูปแบบการดำเนินงานของกลุ่ม โดยพัฒนาต่อยอดจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของนวัตกรรมต้นแบบการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในภาพของชุมชน การพัฒนาฐานข้อมูลเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนและต่อยอดเป็นศูนย์เรียนรู้เพื่อเป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนในระหว่างชุมชนและขยายผลจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และศูนย์เรียนรู้

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ

- สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจหรือกลุ่มที่ตั้งขึ้นในชุมชนบ้านห้วยม่วงใหม่พัฒนา ตำบลห้วยยาบ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน โดยจะเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวนชุมชนละ 10 คน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย ครั้งนี้ แบ่งได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนาารูปแบบผลิตภัณฑ์ และการจัดการกลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์

- แบบสัมภาษณ์
- สันทนากลุ่ม (Focus Group)

- แบบสังเกต

1. เพื่อพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และศึกษาด้านทุนผลิตภัณฑ์

- สนทนากลุ่ม (Focus Group)
- แบบประเมิน
- แบบสังเกต

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร

- การสนทนากลุ่ม (Focus Group)
- แบบประเมิน
- แบบสังเกต

1. เพื่อสร้างเครือข่ายเศรษฐกิจหมุนเวียนตลอดห่วงโซ่อุปทาน

- แบบสำรวจ
- แบบสัมภาษณ์
- แบบสังเกต
- สนทนากลุ่ม (Focus Group)

3) วิธีการเก็บข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย ครั้งนี้ แบ่งออกได้ ดังนี้

- 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) โดยรวบรวมข้อมูลจากรายงานที่เป็นเอกสารและสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เป็นกรอบในการศึกษา
 2. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) แบ่งเป็นดังนี้
 1. การสัมภาษณ์ เพื่อสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย ดังนี้
 - การวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และการจัดการกลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์
 - การสร้างเครือข่ายเศรษฐกิจหมุนเวียนตลอดห่วงโซ่อุปทาน
 1. การสนทนากลุ่ม เพื่อรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการแสดงความคิดเห็นร่วมกันเพื่อร่วมค้นหาและวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงการหาแนวทางการพัฒนาการจัดการ ดังนี้
 - การวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และการจัดการกลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์
 - การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และศึกษาด้านทุนผลิตภัณฑ์
 - ศึกษากระบวนการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร
 - กระบวนการเพื่อสร้างเครือข่ายเศรษฐกิจหมุนเวียนตลอดห่วงโซ่อุปทาน
 1. การสังเกต เพื่อเก็บข้อมูลจากพฤติกรรมการแสดงออกของกลุ่มตัวอย่างในการดำเนินกิจกรรมวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้
 - การวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และการจัดการกลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์
 - การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และศึกษาด้านทุนผลิตภัณฑ์
 - ศึกษากระบวนการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร
 - กระบวนการเพื่อสร้างเครือข่ายเศรษฐกิจหมุนเวียนตลอดห่วงโซ่อุปทาน
 1. การประเมิน เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่างได้ร่วมกันคิดและนำไปสู่การเกิดผลผลิต (products) ตามกรอบวัตถุประสงค์งานวิจัย

ลำดับ	ปีที่	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ของ กิจกรรม	
1	3	กิจกรรมที่ 1 : การสำรวจข้อมูลและเก็บรวบรวมซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนเพื่อพัฒนาฐานข้อมูล	✓	✓	✓	✓									3	
2	3	กิจกรรมที่ 2 : การเตรียมถ่านชีวภาพและเตรียมถ่านชีวภาพดัดแปลง	✓	✓	✓	✓									2	
3	3	กิจกรรมที่ 3 : การศึกษาผลกระทบระยะสั้น (ชุมชนขยายผล) และระยะยาว ต่อคุณภาพดิน การทดสอบในพื้นที่ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อศึกษา - การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีของดิน - การดูดซับและปลดปล่อยธาตุอาหาร - ปริมาณโลหะหนัก - การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในดิน - การแสดงออกของยีนและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องจากดิน				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7
4	3	กิจกรรมที่ 4: การศึกษาผลกระทบระยะสั้น (ชุมชนขยายผล) และระยะยาวต่อการเจริญของพืช การเก็บตัวอย่างพืชเพื่อศึกษา - การเจริญเติบโตของพืช - การดูดซึมธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสรีระของพืช				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7
5	3	กิจกรรมที่ 5: การศึกษาการกักเก็บและการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชในดิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						5	
6	3	กิจกรรมที่ 6: การศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพต่อการกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) ในดิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				5	
7	3	กิจกรรมที่ 7: การเตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตและการทดลองปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในระดับห้องปฏิบัติการ - เตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต - วิเคราะห์สมบัติของไฮโดรเจลคอมพอสิต - ทดลองใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตเป็นวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน	✓	✓	✓	✓										5
8	3	กิจกรรมที่ 8: การผลิตต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตสำหรับทดลองใช้งานในพื้นที่ชุมชนนาร่อง	✓	✓	✓	✓										5
9	3	กิจกรรมที่ 9: การทดลองใช้งานวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตในพื้นที่ชุมชนนาร่องและติดตามผล - ลงพื้นที่ชุมชนนาร่อง (ชุมชนเกษตรกิ่งเมือง) - ทดลองใช้วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตเป็นวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน - วิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			7

10	1	กิจกรรมที่ 10 :ประชุมเวทีชุมชน - การถ่ายทอดองค์ความรู้โดยอบรมเกี่ยวกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อแก้ไขปัญหาของเสียและปัญหาทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน - การถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตและนวัตกรรมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต - การถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรมการผลิตถ่านชีวภาพดัดแปลง และผลการศึกษาระยะสั้นและยาว - การประชุมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่วิจัยเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการจัดทำแบบสอบถาม - - การจัดประชุมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อนำเสนอผลการศึกษาคำคมุมทางเศรษฐกิจและโอกาสในการต่อยอดทางธุรกิจ การจัดการชุมชนสีเขียวเพื่อเป็นทางเลือกการตัดสินใจ - การจัดประชุมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อนำเสนอผลการศึกษารายมรับเทคโนโลยี - การทำเวทีชุมชนและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการยอมรับนวัตกรรมต้นแบบ	✓	✓			✓			✓		✓				12
11	3	กิจกรรมที่ 11: ศึกษาข้อมูลความพร้อมของทรัพยากร	✓													3
12	3	กิจกรรมที่ 12: ประชุมกลุ่มสมาชิกเพื่อวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์		✓												2
13	1	กิจกรรมที่ 13: การทำ workshop การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1 ทดลองทำผลิตภัณฑ์ และประเมินผลการทดลอง ครั้งที่ 2 ทำผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3 บรรจุกิจกรรมรวมถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์และการประเมินผลิตภัณฑ์			✓	✓										5
14	3	กิจกรรมที่ 14: วิเคราะห์ต้นทุนผลิตภัณฑ์ รวมถึงการกำหนดราคาจำหน่าย				✓	✓									5
15	3	กิจกรรมที่ 15: ประสานเครือข่ายร้านค้าจำหน่ายและเก็บรวบรวมข้อมูลเครือข่ายร้านค้าเพื่อความเป็นไปได้				✓	✓									5
16	3	กิจกรรมที่ 16: ทดลองการจำหน่ายในตลาด					✓									5
17	3	กิจกรรมที่ 17: กระบวนการส่งผลิตสู่ตลาดและวิเคราะห์ผลตอบแทน					✓	✓								5
18	3	กิจกรรมที่ 18: ประชุมสมาชิกกลุ่ม ครั้งที่ 1 เพื่อศึกษากระบวนการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียน								✓						7

19	3	กิจกรรมที่ 19: การจัดตั้งศูนย์เรียนรู้และประเมินกระบวนการของศูนย์เรียนรู้							✓		✓	2
20	3	กิจกรรมที่ 20: ประชุมสมาชิกกลุ่ม ครั้งที่ 2 เพื่อวางแผนแนวทางการบริหารจัดการ								✓		1
21	3	กิจกรรมที่ 21: การเผยแพร่และการตีพิมพ์ผลงาน									✓	1
22	3	กิจกรรมที่ 22: ประชุมความก้าวหน้าทุก 3 เดือน	✓		✓			✓			✓	1

พื้นที่ทำวิจัย/ดำเนินโครงการ

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดลำพูน	-หมู่บ้านห้วยม่วงใหม่พัฒนา ต.ห้วยยาบ อ.บ้านธิ จ.ลำพูน - ชุมชนขยายผลใน จ. ลำพูน
2	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	- ชุมชนหมู่บ้านเกษตรพัฒนา ต.ป่าไผ่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ - คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมชนขยายผล ใน อำเภอสันทราย จ.เชียงใหม่

พื้นที่ได้รับประโยชน์

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	- ชุมชนหมู่บ้านเกษตรพัฒนา ต.ป่าไผ่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ - คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมชนขยายผล ใน อำเภอสันทราย จ.เชียงใหม่
2	ในประเทศ	จังหวัดลำพูน	หมู่บ้านห้วยม่วงใหม่พัฒนา ต.ห้วยยาบ อ.บ้านธิ จ.ลำพูน - ชุมชนขยายผลใน จ. ลำพูน

งบประมาณรวมตลอดโครงการ งบ.เสนอขอ 1,175,000 บาท

หมวดค่าใช้จ่าย/รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ(บาท)
ปีที่ 3						
งบดำเนินงาน - ค่าใช้สอย						533,900
โครงการ 1-3 ค่าจ้างเหมาจัดทำรูปเล่มรายงานความก้าวหน้า	1	ชุด	1	1	3,000.00	3,000
โครงการ 1-3 ค่าจ้างเหมาจัดทำรูปเล่มรายงานความก้าวหน้า	1	ชุด	1	1	3,000.00	3,000
โครงการ 1-3 ค่านำเสนอและตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิชาการ	1	เรื่อง	1	1	18,000.00	18,000
โครงการ 1-3 ค่าตรวจสอบด้านภาษาเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่	1	ครั้ง	1	1	8,000.00	8,000
โครงการ 1-3 ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล 4 โครงการ	4	โครงการ	3	1	1,500.00	18,000
โครงการ 1-3 ค่าถ่ายเอกสาร	2000	แผ่น	1	1	0.50	1,000
โครงการที่ 1 ค่าธรรมเนียมการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพของถ่านชีวภาพ เช่น Bet analysis , SEM	5	ตัวอย่าง	1	1	4,500.00	22,500
โครงการที่ 1 ค่าธรรมเนียมวิเคราะห์เมทาจีโนมิกส์	5	ตัวอย่าง	1	1	3,400.00	17,000
โครงการที่ 1 ค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดินและโลหะ	10	ตัวอย่าง	1	1	5,000.00	50,000

หนัก						
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและการหายใจในดิน	45	วัน	1	1	300.00	13,500
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์เอนไซม์ในดิน	45	วัน	1	1	300.00	13,500
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาเตรียมถ่านชีวภาพตัดแปลง	45	วัน	1	1	300.00	13,500
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์การเจริญของพืช	45	วัน	2	1	300.00	27,000
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาเตรียมหัวเชื้อ เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ความหลากหลายของจุลินทรีย์	45	วัน	1	1	300.00	13,500
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาลงพื้นที่เก็บข้อมูลเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร	30	วัน	1	1	300.00	9,000
โครงการที่ 1 ค่าจ้างเหมาเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์การดูดซึมธาตุอาหาร	45	วัน	1	1	300.00	13,500
โครงการที่ 2 ค่าธรรมเนียมวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของไฮโดรเจล	5	ตัวอย่าง	1	1	3,200.00	16,000
โครงการที่ 2 ค่าธรรมเนียมวิเคราะห์สารอาหารในไฮโดรเจล	5	ตัวอย่าง	1	1	1,500.00	7,500
โครงการที่ 2 ค่าจ้างเหมาเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	60	วัน	2	1	300.00	36,000
โครงการที่ 2 ค่าจ้างเหมาเตรียมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต	60	วัน	2	1	300.00	36,000
โครงการที่ 2 ค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติของดิน	5	ตัวอย่าง	1	1	5,000.00	25,000
โครงการที่ 2 ค่าจ้างเหมาเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์การเจริญของพืช	60	วัน	2	1	300.00	36,000
โครงการที่ 2 ค่าเบี้ยเลี้ยงเดินทาง (240 บาท/วัน x 5 คน x 10วัน)	10	วัน	5	1	240.00	12,000
โครงการที่ 3 ค่าตอบแทนวิทยากร 3 ครั้ง ๆ ละ 3 ชั่วโมง ๆละ 1200 บาท	3	ครั้ง	3	1	1,200.00	10,800
โครงการที่ 3 ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่มการจัดเวทีสนทนากลุ่ม 5 ครั้ง ๆ ละ 10 คน คนละ 50 บาท	5	ครั้ง	10	1	50.00	2,500
โครงการที่ 3 ค่าอาหารกลางวันการจัดเวทีสนทนากลุ่ม 5 ครั้ง ๆ ละ 10 คน ๆ ละ 150 บาทต่อมื้อ	5	ครั้ง	10	1	150.00	7,500
โครงการที่ 3 ค่าเช่าสถานที่พร้อมชุดโสตทัศนูปกรณ์ 5 ครั้ง ๆ ละ 3,000 บาท	5	ครั้ง	1	1	3,000.00	15,000
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมารถยนต์ ๆละ 1800 บาทต่อวัน 12 วัน	12	วัน	1	1	1,800.00	21,600
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมาประสานงานพื้นที่	1	ครั้ง	1	1	3,000.00	3,000
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมาจัดทำป้าย ๆ ละ 1,000 บาท	1	ครั้ง	1	1	1,000.00	1,000
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมาจัดเตรียมและดูแล ประสานงาน รวบรวมและเก็บข้อมูล ศูนย์เรียนรู้	8	เดือน	1	1	5,000.00	40,000
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมาเก็บแบบสอบถามความพึงพอใจในเทคโนโลยี จำนวน 100 ชุด ชุดละ 100 บาท	100	ชุด	1	1	100.00	10,000
โครงการที่ 3 ค่าจ้างเหมาเก็บแบบสอบถามความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จำนวน 100 ชุด ชุดละ 100 บาท	100	ชุด	1	1	100.00	10,000

งบดำเนินงาน - ค่าวัสดุ							293,350
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ อาหารเลี้ยงเชื้อ LB agar	2	ขวด	1	1	1,760.00	3,520	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ชุดสกัดดีเอ็นเอจากดิน (soil DNA extraction kit, 50 reactions)	1	ชุด	1	1	25,000.00	25,000	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ชุดตรวจสอบยาฆ่าแมลงในดิน	1	ชุด	1	1	9,000.00	9,000	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ น้ำยาสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ในดิน 1 ชุด	1	ชุด	1	1	14,000.00	14,000	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ เฮกเซน	2	ขวด	1	1	1,500.00	3,000	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ถุงมือไนไตรล์ ขนาด S	1	กล่อง	1	1	980.00	980	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ถุงมือไนไตรล์ ขนาด M	1	กล่อง	1	1	980.00	980	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ทัพขนาด 10 ml	1	ถุง	1	1	800.00	800	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ หลอดเก็บตัวอย่างขนาด 50 มิลลิลิตร (50-mL conical vial)	1	ถุง	1	1	550.00	550	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ถุงมือขนาด M	6	กล่อง	1	1	300.00	1,800	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ Barium Chloride	3	ขวด	1	1	500.00	1,500	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ น้ำยาวิเคราะห์ฟอสเฟต ไนเตรท ในดินแบบสนาม	3	ชุด	1	1	3,500.00	10,500	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ethanol 95%	1	ถัง	1	1	1,600.00	1,600	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ เมอร์คิวรีซัลเฟต	1	ขวด	1	1	1,850.00	1,850	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ กรดซัลฟิวริก	5	ขวด	1	1	750.00	3,750	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์	1	ขวด	1	1	475.00	475	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ ถุงเก็บตัวอย่างก๊าซ 1 ลิตร	5	ถุง	1	1	800.00	4,000	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ skim milk 500 g	1	ขวด	1	1	1,195.00	1,195	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ กรดไฮโดรคลอริก	3	ขวด	1	1	1,100.00	3,300	
โครงการที่ 1 วัสดุวิทยาศาสตร์ Tryptic soy broth/agar	4	ขวด	1	1	1,000.00	4,000	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 kg	4	แพค	1	1	1,700.00	6,800	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50% แกลลอน ละ 35 kg	4	แกลลอน	1	1	705.00	2,820	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ ไอโซโพรพานอล 20 L	16	แกลลอน	1	1	3,300.00	52,800	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ ซิตริกแอซิด โมโนไฮเดรต 500 g	12	ขวด	1	1	740.00	8,880	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ Starch soluble (AR grade) 500 g	8	ขวด	1	1	1,200.00	9,600	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ สารละลายบัพเฟอร์ เซ็ท 3 ขวด	1	เซ็ท	1	1	2,211.00	2,211	
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ พาราฟิล์ม	2	กล่อง	1	1	1,189.00	2,378	

โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ กรดไฮโดรคลอริก	3	ขวด	1	1	1,200.00	3,600
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ กรดคลอโรอะซิติก 500 กรัม	15	ขวด	1	1	1,200.00	18,000
โครงการที่ 2 วัสดุวิทยาศาสตร์ โถแก้วดูดความชื้น 300 mm	3	โถ	1	1	3,000.00	9,000
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน กระดาษ A4 80 แกรม	6	รีม	1	1	105.00	630
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน ปากกาลูกลื่น	50	ด้าม	1	1	4.00	200
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน กระดาษบุรูปสี่ขา	50	แผ่น	1	1	8.00	400
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน แฟ้มห่วง 2 นิ้ว	12	อัน	1	1	100.00	1,200
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน แฟ้มกระดาษ	50	อัน	1	1	12.00	600
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน แฟ้มห่วง 3 นิ้ว	15	อัน	1	1	60.00	900
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน กระดาษสติ๊กเกอร์ขาวด้าน	10	ห่อ	1	1	90.00	900
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน คัตเตอร์ใหญ่	10	อัน	1	1	50.00	500
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน เทปกาว	5	ม้วน	1	1	50.00	250
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน เมจิก 4 สี	5	ชุด	1	1	150.00	750
โครงการที่ 1-3 วัสดุสำนักงาน ตลับหมึกสี ดำ FUGI ZEROX	1	ตลับ	1	1	4,500.00	4,500
โครงการที่ 1-3 วัสดุคอมพิวเตอร์ แผ่น CD-R	3	กล่อง	1	1	250.00	750
โครงการที่ 1-3 วัสดุคอมพิวเตอร์ external hardisk 2 TB	3	เครื่อง	1	1	2,500.00	7,500
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังดำ ขนาด 26 * 30 นิ้ว	10	แพค	1	1	55.00	550
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังดำ ขนาด 36 * 45 นิ้ว	10	แพค	1	1	55.00	550
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว น้ำยาล้างมือ	10	ขวด	1	1	45.00	450
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว กระดาษชำระม้วนใหญ่	10	หีบ	1	1	722.00	7,220
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว กระดาษชำระม้วนเล็ก	3	หีบ	1	1	1,140.00	3,420
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังมือยาง	3	กล่อง	1	1	162.00	486
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว กะละมังพลาสติก 50 ซม	5	ใบ	1	1	180.00	900
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังซีปัลลอค 8 * 12 ซม	3	กิโลกรัม	1	1	114.00	342
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังซีปัลลอค 16 * 24	3	กิโลกรัม	1	1	105.00	315
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว ถังซีปัลลอค 30 * 46	3	กิโลกรัม	1	1	105.00	315
โครงการที่ 1-3 วัสดุงานบ้านงานครัว กล่องพลาสติก มีล้อ 50*69*39.5 ซม	6	กล่อง	1	1	537.00	3,222
โครงการที่ 1 วัสดุงานช่าง ถังล้างสีพร้อมฝา ขนาด 200 ลิตร	4	ถัง	1	1	5,000.00	20,000
โครงการที่ 2 วัสดุเกษตร รางปลูกผักและปลาปิดหัวราง	10	เส้น	1	1	700.00	7,000

โครงการที่ 2 วัสดุเกษตร ถังน้ำพลาสติก	10	ถัง	1	1	500.00	5,000
โครงการที่ 2 วัสดุเกษตร สายยาง 20 ม.	10	เส้น	1	1	371.10	3,711
โครงการที่ 2 วัสดุเกษตร กระบะพลาสติก	3	ถัง	1	1	1,500.00	4,500
โครงการที่ 3 วัสดุเชื้อเพลิง	2100	กม	1	1	4.00	8,400
งบดำเนินงาน - ค่าสาธารณูปโภค						11,750
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย	1	ครั้ง	1	1	11,750.00	11,750
งบดำเนินงาน - ค่าจ้าง						336,000
โครงการย่อย 1 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัยปริญญาตรีเก็บข้อมูลและประสานงาน	12	เดือน	1	1	10,000.00	120,000
โครงการย่อย 2 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัยปริญญาตรีเก็บข้อมูลและประสานงาน	12	เดือน	1	1	10,000.00	120,000
โครงการย่อย 3 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัยปริญญาตรีประสานงาน	12	เดือน	1	1	8,000.00	96,000

รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์

ข้อมูลครุภัณฑ์
- ไม่มีข้อมูลการจัดซื้อครุภัณฑ์ -

มาตรฐานการวิจัย

- มีการใช้สัตว์ทดลอง
- มีการวิจัยในมนุษย์
- มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ
- มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

เลขทะเบียนห้องปฏิบัติการ	สถานที่ปฏิบัติการวิจัย	ประเภทห้องปฏิบัติการหลัก	ประเภทห้องปฏิบัติการย่อย
2-0140-0013-1	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ		

หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท	ปีที่	แนวทางร่วมดำเนินการ	จำนวนเงิน (in-cash)	จำนวนเงิน (in-kind)	รวมเงินลงทุน
- ไม่มีข้อมูล -					

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)

TRL ณ ปัจจุบัน ระดับ	7. Final development version of the deliverable demonstrated in operational
รายละเอียด	ได้ต้นแบบนวัตกรรมผ่านชีวภาพภาคสนามและขยายผลลงพื้นที่จริง
TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ	8. Actual deliverable qualified through test and demonstration
รายละเอียด	การขยายผลลงพื้นที่ชุมชนต่อ ยอด และนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)

SRL ณ ปัจจุบัน ระดับ	5. proposed solution(s) validated, now by relevant stakeholders in the area
รายละเอียด	ทดสอบผลระยะยาวของการใช้ถ่านชีวภาพและวัสดุไฮโดรเจลคอมพอลสิตในพื้นที่การเกษตรเพื่อแก้ไขปัญหาคุณภาพดินโดยการทดสอบในพื้นที่นำร่อง เพื่อยืนยันผลกระทบตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในชุมชนต้นแบบและชุมชนขยายผลการนำผลการศึกษาย้ายเครือข่ายสู่ชุมชนอื่น มีการต่อยอดนวัตกรรมและการยอมรับของคนในพื้นที่ ได้ผลตอบกลับด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี
SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ	6. solution (s) demonstrated in relevant environment and in co-operation with relevant stakeholders to gain initial feedback on potential impact
รายละเอียด	การก้าวสู่การเป็น best practice ของระบบการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาแปรรูปใช้ใหม่อย่างยั่งยืน การนำผลการศึกษาย้ายเครือข่ายสู่ชุมชนอื่นเพิ่มเติม มีการต่อยอดนวัตกรรมและการยอมรับของคนในพื้นที่ ได้ผลตอบกลับด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี และการต่อยอดเชิงพาณิชย์หรือผู้ประกอบการ รวมถึงความเป็นไปได้ในการกำหนดเป็นนโยบายของชุมชนในอนาคต การสร้างเครือข่ายชุมชนกับ supply chain เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะและความร่วมมือเพื่อให้เกิดการใช้งานเทคโนโลยีในชุมชนหรือการต่อยอดเชิงพาณิชย์

แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำกรวิจัยทั้งในและต่างประเทศ(ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย

หัวหน้าโครงการวิจัยได้มีความร่วมมือกับนักวิจัย หน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียยุโรป และเอเชีย ผ่านโครงการ SWAP เพื่อดำเนินงานเกี่ยวกับนโยบายการจัดการของเสียอย่างยั่งยืน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงเทคโนโลยีในด้านการจัดการขยะและเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและการอบรมผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นการพัฒนากำลังคนในด้านการจัดการของเสีย ตลอดจนสามารถเชิญผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาช่วยแนะนำและพัฒนาระบบการจัดการของเสียในชุมชนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น รวมไปถึงการต่อยอดงานวิจัยและการพัฒนาชุมชนนำร่องดังกล่าวให้เป็น hub การเรียนรู้ของการจัดการขยะอินทรีย์และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งจะเป็นแหล่งการศึกษาดูงานของทั้งในประเทศ เอเชีย และยุโรปในอนาคต

การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Connections with stakeholder and user engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

เนื่องจากโครงการเป็นการวิจัยแบบ area based project ที่ต้องมีความเชื่อมโยงและความร่วมมือกับบุคคลในชุมชน ตั้งแต่ กลุ่มผู้อาศัยในครัวเรือนในชุมชน กลุ่มเกษตรกร กลุ่มขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกลุ่มเครือข่ายชุมชน องค์กรเอกชน รัฐวิสาหกิจ และภาคธุรกิจ โดยเมื่อโครงการสิ้นสุดลงกลุ่มบุคคลดังกล่าวจะเป็นผู้ได้ประโยชน์และมีบทบาทในการทำให้กลไกการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถดำเนินต่อไปได้ในระยะยาว โดยในการศึกษาคั้งนี้ทีมวิจัยได้เครือข่ายชุมชนที่มีความเข้มแข็ง 2 พื้นที่ จากการดำเนินงานในพื้นที่ของทีมโครงการวิจัยย่อยที่ 3 ได้แก่ หมู่บ้านเกษตรพัฒนา ต.ป่าไผ่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ และ หมู่บ้านห้วยม่วงใหม่พัฒนา ต.ห้วยยาบ อ.บ้านธิ จ.ลำพูน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรทั้งเกษตรเคมีและเกษตรอินทรีย์ โดยมีการปลูกข้าว สวนลำไย และพืชผัก นอกจากนี้ยังเป็นชุมชนที่ผู้นำชุมชนมีความเข้มแข็ง สามารถที่จะผลักดันให้

เกิดความร่วมมือในระยะยาวที่ยั่งยืนได้

ประสบการณ์การบริหารงานของหัวหน้าโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี (โครงการที่เกิดผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก)

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานผู้ให้ทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ
การวิจัยพัฒนาด้านชีวภาพดัดแปลงด้วยจุลินทรีย์บำรุงเพื่อเป็นวัสดุคุณภาพดินและส่งเสริมการเจริญของพืช สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) มุจลินทร์ และคณะ (2563)	วช	2563	452,000
โครงการ Sustainable solid waste management and policies (SWAP)	EU	2021	3,277,768
นวัตกรรมถ่านชีวภาพดัดแปลงเพื่อการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรสำหรับพัฒนา ชุมชนเกษตรแบบ เศรษฐกิจหมุนเวียน (ปีที่ 1)	สวสภ	2566	882,000

ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ

กลุ่มเป้าหมายที่นำผลงาน วน. ไปใช้ (Users) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	ชื่อกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	จำนวน	หน่วยนับ
ชุมชน	นักวิชาการ ผู้สนใจ เกษตรกร	2	ชุมชน
ผู้ประกอบการระดับบุคคล/ครัวเรือน	เกษตรกร	2	ชุมชน

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ (Beneficiaries) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ได้รับประโยชน์	ลักษณะประโยชน์ที่ได้รับ	จำนวน	หน่วยนับ
ผู้ประกอบการระดับบุคคล/ครัวเรือน	เพิ่มทุนเศรษฐกิจ รายได้เสริม	2	ชุมชน

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ

ลำดับ	ผลผลิต	จำนวนนำส่ง/ หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต
1	1. กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ - 1.2 นิสิต/นักศึกษาระดับปริญญาโท	1 คน	พัฒนานักวิจัยระดับปริญญาโทด้านการจัดการของเสียในชุมชน
2	2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) - 2.3 บทความตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ	1 เรื่อง	ต้นฉบับบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสาร TCI หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง
3	2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) - 2.4 บทความตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	1 เรื่อง	ต้นฉบับบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสาร Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง
4	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/ กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.2 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ระดับภาคสนาม	3 ต้นแบบ	1) ต้นแบบถ่านชีวภาพตัดแปลงชีวภาพสำหรับชุมชนขยายผล 1 ต้นแบบ 2) ต้นแบบวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตสำหรับชุมชนเกษตรกึ่งเมือง 1 ต้นแบบ 3) ผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างน้อย 1 ผลิตภัณฑ์
5	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/ กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.6 เทคโนโลยีใหม่/กระบวนการใหม่ ระดับอุตสาหกรรม	2 กระบวนการใหม่	4) ฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนวัตกรรมถ่านชีวภาพตัดแปลงของชุมชนขยายผล 1 ฉากทัศน์ 5) ฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนวัตกรรมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตสำหรับชุมชนเกษตรกึ่งเมือง 1 ฉากทัศน์
6	5. ทรัพย์สินทางปัญญา (ในประเทศหรือต่างประเทศ และรวมถึงที่ยื่นขอรับความคุ้มครองหรือได้รับการขึ้นทะเบียน) - 5.2 อนุสิทธิบัตร (Petty patent)	1 เรื่อง	นวัตกรรมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตจากถ่านชีวภาพ
7	7. ฐานข้อมูล ระบบและกลไก - 7.3 ฐานข้อมูล (Database)	1 ฐานข้อมูล	ฐานข้อมูลการหมุนเวียนทรัพยากรอย่างยั่งยืนโดยมีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่
8	8. เครือข่าย - 8.5 เครือข่ายเพื่อการพัฒนาสังคมระดับประเทศ	3 เครือข่าย	1) เครือข่ายการตลาดผลิตภัณฑ์ชุมชน อย่างน้อย 2 เครือข่าย 2) ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรครบวงจร อย่างน้อย 1 ชุมชน



ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ลำดับ	ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	จำนวน/หน่วยนับ	รายละเอียดโดยสังเขป
1	ผลงานตีพิมพ์ (Publications)	2 เรื่อง	1) ต้นฉบับบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสาร Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง 2) ต้นฉบับบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสาร TCI หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง
2	การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer)	2 ครั้ง	การถ่ายทอดนวัตกรรมผ่านตัดแปลงชีวภาพ และ วัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิต
3	ความร่วมมือหรือหุ้นส่วนความร่วมมือ (Collaborations and partnerships)	2 แห่ง/เครือข่าย	ต้นแบบศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนต้นแบบ
4	ทรัพย์สินทางปัญญา การขึ้นทะเบียนพันธุ์ พืชและพันธุ์สัตว์ หรือการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Intellectual property, Registered Plants Varieties and Animals Breeding or Licensing)	1 เรื่อง	นวัตกรรมวัสดุไฮโดรเจลคอมพอสิตจากถ่านชีวภาพ
5	ผลิตภัณฑ์และกระบวนการ บริการ และการรับรองมาตรฐานใหม่ (New Products/Processes, New Services and New Standard Assurances)	1 ผลิตภัณฑ์/กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์ชุมชน
6	การจัดการความรู้และแพลตฟอร์มเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี และการเตรียมความพร้อมให้ผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยี (Knowledge and Platform management for Tecnology transfer and Empowerment for Technology transfer)	1 ฐานข้อมูล/แพลตฟอร์ม/กลุ่ม/ครั้ง	การเสนอแนวทางการเสนอนโยบายการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรแบบฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน ผ่านฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและการยอมรับนวัตกรรมถ่านชีวภาพตัดแปลงของชุมชนเชิงภูมิสังคม (โครงการ 3)
7	การจัดการความรู้และแพลตฟอร์มเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี และการเตรียมความพร้อมให้ผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยี (Knowledge and Platform management for Tecnology transfer and Empowerment for Technology transfer)	1 ฐานข้อมูล/แพลตฟอร์ม/กลุ่ม/ครั้ง	การเสนอแนวทางการเสนอนโยบายการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรแบบฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน ผ่านฉากทัศน์ (scenario) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและการยอมรับนวัตกรรมถ่านชีวภาพตัดแปลงของชุมชนเชิงภูมิสังคม (โครงการ 3)
8	ความก้าวหน้าในวิชาชีพของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม (Next destination)	1 ระดับ/ขั้น	การผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโท

ผลกระทบ

ลำดับ	ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	รายละเอียดผลกระทบ
1	ด้านสิ่งแวดล้อม	งานวิจัยนี้จะนำไปสู่การขับเคลื่อนและแก้ไขปัญหาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรทั้งในเรื่องสุขภาพและคุณภาพชีวิต และเรื่องวิถีการทำเกษตรแบบยั่งยืนในการรักษาและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว การลดปริมาณสารเคมีในการทำเกษตร การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การสร้างรายได้ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการจัดการซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรแบบเดิมที่ใช้การเผาในที่โล่งเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากของเสีย
2	ด้านสังคม	งานวิจัยนี้ได้พัฒนานวัตกรรมต้นแบบมูลค่าเพิ่มจากซากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อแก้ไขปัญหาการเกษตรและปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร โดยมีการศึกษาผลกระทบทั้งระยะสั้นและระยะยาวของการใช้นวัตกรรมในพื้นที่การเกษตรจริงเพื่อเป็นข้อมูลเชิงวิชาการที่สนับสนุนการตัดสินใจของเกษตรกรในการทำเกษตรและกำจัดซากวัสดุการเกษตรอย่างยั่งยืน เพื่อให้เกษตรกรและคนในชุมชนมีสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
3	ด้านเศรษฐกิจ	งานวิจัยนี้จะนำไปสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจระดับชุมชนและผู้ประกอบการในการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอย่างเป็นระบบตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำตามหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ทำให้เกษตรกรมีรายได้เสริมและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

เอกสารแนบ

ชื่อไฟล์	ประเภทเอกสาร	ประเภทไฟล์
ESPREL-โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้อง.pdf	เอกสารอื่นๆ (ห้องปฏิบัติการ)	
1แบบฟอร์ม 68 ชุดโครงการ มุลินทร์ แก้ไข 05-10-66.pdf	แบบฟอร์มข้อเสนอ	
4ฟอร์มตรวจตัวคุณ FF68_ชุดโครงการ ปรับบง 04-10-66.xlsx	เอกสารอื่นๆ (แบบฟอร์มตรวจตัวคุณ)	