



การประยุกต์ไบโอชาร์เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็น
วัสดุปรับปรุงดิน

นงนุช ศรีเล็ก

จินดา ศิริตา

ปรานต์ เมฆอากาศ

อรรวรรณ คุ่มถนอม

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาไอชาร์เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ต.จอมหมอกแก้ว อ. แม่ลาว จ.เชียงราย และวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ต.ธารทอง อ.พาน จ.เชียงราย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการจัดกิจกรรมตลอดการศึกษาในครั้งนี้

นางนุช ศรีเล็ก และคณะ

พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ไบโอชาร์เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ ดำเนินการศึกษาร่วมกับวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ต.จอมหมอกแก้ว อ.แม่ลาว จ.เชียงราย และวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ต.ธารทอง อ.พาน จ.เชียงราย วิสาหกิจชุมชน ทั้ง 2 แห่งมีดินในพื้นที่ที่มีความชื้นระหว่าง 13.65 – 14.95 % ปริมาณอินทรีย์วัตถุจากดินแหล่ง วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าต่ำ 0.37 และ 0.45 % ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่า 3.15 และ 2.06 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งต่ำมาก และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพเป็นไม้ยางพารา และไม้ไผ่ และได้ ทำการศึกษาของโครงการนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ พัฒนาระบบการผลิตไบโอชาร์ที่มี คุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ พบว่า สภาวะการผลิตไบโอชาร์ คือ อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา 460 °C ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ขนาดของชีวมวล ใน การศึกษามีขนาด 2.50 นิ้ว ผลได้เชิงปริมาณของไบโอชาร์ ไม้ยางพารา และไบโอชาร์ ไม้ไผ่ เป็น 23.93 ± 0.007 % และ 31.57 ± 0.005 % ตามลำดับ ผลได้เชิงพลังงานของไบโอชาร์ ไม้ยางพารา และไบโอชาร์ ไม้ไผ่ เป็น 42.51 ± 0.007 % และ 50.40 ± 0.015 % ตามลำดับ การพัฒนาวัสดุ ปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ ได้ทำการสำรวจดินปลูกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้นมีการผสมแกลบดำ ซึ่ง เป็นส่วนผสมของดินปลูกที่เป็นไบโอชาร์ และซึ่งสามารถใช้ไบโอชาร์จากยางพารา และ ไม้ไผ่ ผสม ลงในดินทำให้ดินผสมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงขึ้นที่ 0.18-0.30 และ 0.31-0.48 ตามลำดับ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 17.07-17.93 mg/kg และ 25.49-58.61 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้ไบโอชาร์ไม้ไผ่ 82.72-176.20 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับดินซึ่งมีค่าเพียง 27.34 mg/kg อีกทั้งยังเพิ่ม คุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินได้มากกว่า 75%_{wb} ในเวลาที่ยาวนานกว่า 5 h และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ คือ ได้สูตรดินปลูกที่ผสมไบโอชาร์ 15 g ต่อดิน 1 kg โดยมี ต้นทุนของไบโอชาร์อยู่ที่ 36 บาท/kg และเมื่อนำไปผสมดินพร้อมปลูกแล้วจะมีราคาต้นทุนอยู่ที่ 20-25 บาท/kg และมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเผยแพร่องค์ความรู้จำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่ การผลิตไบ โอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐาน ชีวมวล

Abstract

The Biochar Utilization for Precursor Material Producing the Biochar-based Soil Amendment was conducted in collaboration with two community enterprises: the Krasat Sang Son 99 Community Enterprise in Chom Mok Kaeo Subdistrict, Mae Lao District, Chiang Rai Province, and the Krasat Insri Withi Hang Quam Por Peang Community Enterprise in Than Thong Subdistrict, Phan District, Chiang Rai Province. The soil in both areas had moisture levels between 13.65–14.95%. The organic matter content from the soil at the Krasat Sang Son 99 Community Enterprise site was low, at 0.37% and 0.45% at depths of 6 inches and 12 inches, respectively. The available phosphorus content was also very low, at 3.15 and 2.06 mg/kg at the same respective depths. The agricultural waste materials with potential for biochar production included rubberwood and bamboo. This project comprised three main components: The development of the Biochar Production Process, the process aimed to produce biochar with properties suitable as a precursor for soil amendment materials. The optimal biochar production conditions were found to be a reaction temperature of 460 °C, a reaction duration of 1 hour, and a biomass size of 2.50 inches. The yield of biochar from rubberwood and bamboo was $23.93 \pm 0.007\%$ and $31.57 \pm 0.005\%$, respectively. The energy yield was $42.51 \pm 0.007\%$ for rubberwood biochar and $50.40 \pm 0.015\%$ for bamboo biochar. Development of Biochar-Based Soil Amendment Material, the market surveys found that commercial potting soils often contain black rice husk ash, which is a form of biochar. The study demonstrated that adding rubberwood or bamboo biochar to soil increased the pH by 0.18–0.30 and 0.31–0.48, respectively. Available phosphorus increased to 17.07–17.93 mg/kg with rubberwood biochar and 25.49–58.61 mg/kg with bamboo biochar. Exchangeable potassium significantly increased to 82.72–176.20 mg/kg using bamboo biochar, compared to only 27.34 mg/kg in untreated soil. Additionally, the soil's water-holding capacity improved to over 75% (wet basis) for more than 5 hours. And, development of a Prototype Biochar-Based Soil Amendment Product, a planting soil formula was developed using 15 g of biochar per 1 kg of soil. The cost of biochar was 36 THB/kg, and when mixed with soil, the total production cost was estimated at 20-25 THB/kg.

Technology transfer activities were conducted to disseminate two key technologies: the production of biochar suitable as a precursor for soil amendment and the Biochar Utilization for Precursor Material Producing the Biochar-based Soil Amendment.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1. ได้กระบวนการต้นแบบการผลิตไบโอชาร์ซึ่งวิสาหกิจชุมชนสามารถนำไปต่อยอดได้.....	4
2. ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์	4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
ดินและประเภทของดิน	5
คุณสมบัติทางเคมีของดิน.....	7
ชีวมวล ไบโอชาร์และบทบาทของไบโอชาร์.....	10
การผลิตไบโอชาร์	10
ระบบตรวจวัดและแสดงผล	14
คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่เหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน	15
พืชและธาตุอาหารพืช.....	19
โมเดลธุรกิจและเครื่องมือ Business Model Canvas	20
บรรจุภัณฑ์	21
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	24
การสำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเป็นแนวทางนำไปโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน	24
1. การลงพื้นที่สำรวจโอกาสการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	24
2. การลงพื้นที่สำรวจวัสดุปรับปรุงดิน	24
การทดสอบคุณสมบัติดิน	24

1. การสุ่มตัวอย่าง	24
2. การหาค่าความเป็นกรด ต่างของดิน	25
3. การหาปริมาณความชื้นของดิน	25
4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน	26
การผลิตไบโอชาร์	26
คุณสมบัติชีวมวลและไบโอชาร์	28
การทดสอบดินปลูกที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน.....	29
1. การออกแบบวัสดุปรับปรุงดินที่มีองค์ประกอบไบโอชาร์เป็นฐาน.....	29
2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน	31
โมเดลธุรกิจดินปลูก/ดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน	32
ถ่ายทอดเทคโนโลยี.....	32
1. การผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน.....	32
2. การผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานชีวมวล	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	33
ผลการสำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเป็นแนวทางนำไบโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน	33
1. ผลการลงพื้นที่สำรวจเพื่อหาโอกาสการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	33
2. การลงพื้นที่สำรวจวัสดุปรับปรุงดิน	34
ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน	40
1. การสุ่มตัวอย่างดิน	40
2. ลักษณะกายภาพดิน.....	41
3. ความเป็นกรด-ด่าง ของดิน	42
4. ปริมาณความชื้นของดิน.....	43
5. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน.....	43
ผลการทดสอบการผลิตไบโอชาร์และคุณสมบัติไบโอชาร์	44
1. การผลิตไบโอชาร์.....	44
2. คุณสมบัติไบโอชาร์.....	45
3. ผลวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อน.....	46
ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุปรับปรุงดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน.....	47
1. สูตรวัสดุปรับปรุงดิน	47
2. ลักษณะการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบ	49
ต้นทุนวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์.....	52

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน	53
โมเดลธุรกิจดินปลูก/ดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐานที่ได้จากการศึกษา.....	54
การเผยแพร่ผลงานในงานประชุมวิชาการ.....	57
ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี.....	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	67
สรุปผลการวิจัย	67
ข้อเสนอแนะ.....	69
บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก 1	74
ภาคผนวก 2 บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ.....	75
ภาคผนวก 3 เอกสารเผยแพร่ กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี	84
ภาคผนวก 4 หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ ผลงานวิจัย จากหน่วยงานภายนอก	86
ภาคผนวก 5 คณะผู้วิจัยและประวัติ	87

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพ.....	2
2 การอบรมเชิงปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพของถ่านชีวภาพ.....	2
3 ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเบตนิ่ง.....	12
4 ปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบตชนิด.....	13
5 ผังระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์.....	14
6 ผังการทำงานของระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์.....	15
7 เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	27
8 Parr 6400 calorimeter	29
9 ผังระบบตรวจวัดการอุ้มน้ำของดิน.....	32
10 ประชุมกลุ่มย่อยกับสมาชิกวิสาหกิจชุมชน.....	33
11 สวนยางพาราวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99	34
12 ร้านร้านขายพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย	34
13 ตัวอย่างส่วนประกอบของวัสดุเพื่อผสมเป็นดินปลูก	35
14 สถานที่ผลิตดินปลูก.....	40
15 การสุ่มตัวอย่างดิน จากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว.....	41
16 ดินจากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว.....	41
17 แบ่งตัวอย่างดิน	42
18 ชีวมวลที่ใช้ศึกษา.....	45
19 ไบโอสาร์-ไม่ยางพารา และไบโอสาร์-ไม้ไผ่.....	46
20 ระบบแสดงผลและบันทึกข้อมูล และการติดตั้งจุดตรวจวัดการอุ้มน้ำของดิน	50
21 การทดสอบการอุ้มน้ำของดิน	50
22 การลดลงของความชื้นในดินตัวอย่าง G16R5 G16R10 และ G16R15	51
23 การลดลงของความชื้นในดินตัวอย่าง G16B5 G16B10 และ G16B15	52
24 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน	54
25 กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การทดลองสูตรดินปลูก.....	29
2 อุปกรณ์ระบบตรวจวัดความชื้นในดิน.....	31
3 รูปแบบ ส่วนประกอบ และราคาจำหน่าย	36
4 ความเป็นกรด-ด่างของดิน	42
5 ปริมาณความชื้นของดิน.....	43
6 ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของดิน.....	43
7 สภาพการผลิโตไธชาร์.....	45
8 คุณสมบัติชีวมวลที่ศึกษา.....	45
9 คุณสมบัติเชิงความร้อน.....	46
10 ความเป็นกรด-ด่าง และความชื้นของวัสดุปรับปรุงดิน	47
11 ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุปรับปรุงดิน	48
12 ต้นทุนการผลิตโอไธชาร์โดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีและดินปลูกฐานโอไธชาร์.....	53
13 โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้โอไธชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน	55

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ต.ธารทอง อ.พาน จ.เชียงราย มีการประกอบกิจการถ่านชีวภาพอัดแท่ง และได้ริเริ่มการผลิตถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์เพื่อจะผลิตเป็นวัสดุที่มีมูลค่าเพิ่มอื่น ๆ แต่พบปัญหาในการผลิตซึ่งได้ขอรับการปรึกษาผ่านช่องทางคลินิกเทคโนโลยี (TCS) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยนักวิจัยได้มีการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพ ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ดังภาพที่ 1 และ การอบรมเชิงปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพของถ่านชีวภาพ ณ ที่วิสาหกิจชุมชนฯ ดังภาพที่ 2 โดยการสนับสนุนของคลินิกเทคโนโลยี ซึ่งวิสาหกิจชุมชนฯ มีความประสงค์ที่จะนำถ่านชีวภาพไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นสินค้าของชุมชน แม้จะมีความร่วมมือและการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างวิสาหกิจชุมชนอื่น แต่ก็ยังขาดความรู้ เทคโนโลยี ในการสร้างสินค้าจากถ่านชีวภาพ จากปัญหา อุปสรรคดังกล่าวจึงได้มีการปรึกษากับคณะวิจัยฯ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาสินค้าชุมชน คือ วัสดุปรับปรุงดิน จากถ่านชีวภาพ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ไบโอชาร์ มีวิสาหกิจชุมชนที่เป็นเครือข่ายของวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียงเข้าร่วม คือ วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 โดยคณะนักวิจัยจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตไบโอชาร์จากวัสดุชีวมวลรวมถึงบรรจุภัณฑ์ของไบโอชาร์ และนักวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเคมีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้คณะฯ ทำงาน ยังมีคณะนักวิจัยที่ปรึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่มีความเชี่ยวชาญในทางชีววิทยาเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติดิน

การประยุกต์ไบโอชาร์เพื่อพัฒนาหรือเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินด้วยนวัตกรรมที่มีความเหมาะสม (Appropriate technology) ได้อย่างไร เป็นโจทย์การวิจัยของโครงการศึกษานี้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงต้องคำนึงถึงความสามารถในของชุมชนในการนำผลจากโครงการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริง และสามารถก่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายและสร้างรายได้ให้กับวิสาหกิจชุมชนได้

ดังนั้น การศึกษาการประยุกต์ไบโอชาร์เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ พัฒนาระบวนการผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ พัฒนาวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์



ภาพที่ 1 การอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพ ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย



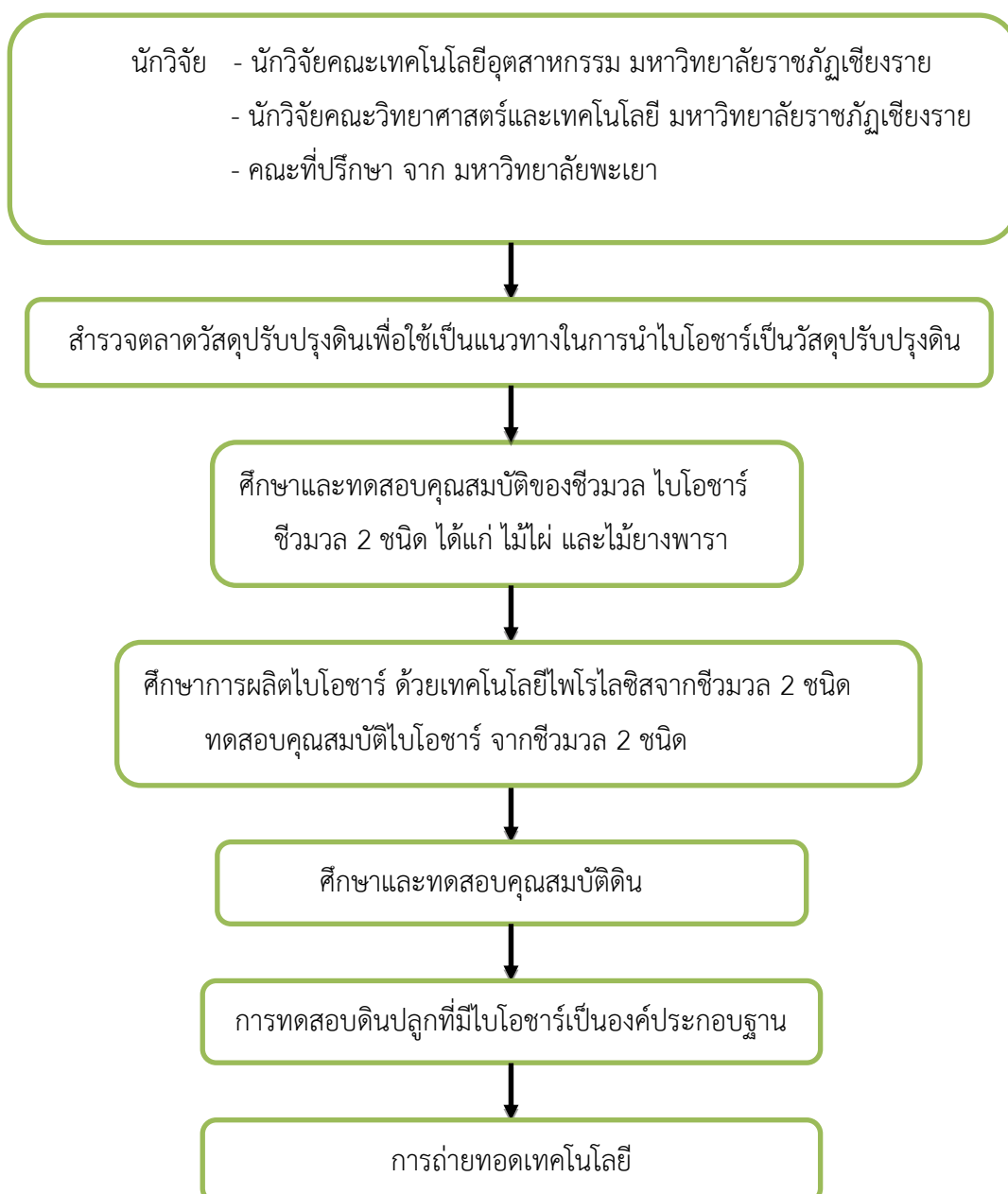
ภาพที่ 2 การอบรมเชิงปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพของถ่านชีวภาพ ณ วิสาหกิจชุมชนเกษตร
อินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ต.ธารทอง อ.พาน จ.เชียงราย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์
2. เพื่อพัฒนาวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย (Research framework)



ขอบเขตการวิจัย

1. ชีวมวล หรือ วัสดุผลิตไบโอชาร์ 2 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอชาร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา
3. ศึกษาคุณสมบัติของชีวมวล และไบโอชาร์
4. ศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการใช้วัสดุปรับปรุงดิน
5. พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์สำหรับวัสดุปรับปรุงดินจากไบโอชาร์
6. พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือ วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 บ้านสบห้วย หมู่ที่ 1 ต.จอมหมอกแก้ว อ.แม่ลาว จ.เชียงราย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้กระบวนการต้นแบบการผลิตไบโอชาร์ซึ่งวิสาหกิจชุมชนสามารถนำไปต่อยอดได้
2. ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ดินและประเภทของดิน

ดิน หมายถึง อินทรีย์วัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุที่ไม่จับตัวกันแข็งเป็นหิน ซึ่งปกคลุมพื้นที่ผิวโลกเป็นชั้นบางๆ อันเป็นผลมาจากขบวนการกำเนิดดินและการสร้างดิน เช่น สภาพภูมิอากาศ สิ่งที่มีชีวิต (พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่บนดินและในดิน) สภาพภูมิประเทศ ชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดินและระยะเวลาที่เกิดดิน ตลอดจนอิทธิพลจากการกระทำของมนุษย์ที่เป็นตัวเร่งให้เกิดดิน ดินเป็นตัวกลางสำคัญสำหรับการเกาะยึดเหนี่ยวลำต้น แหล่งน้ำและธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชที่ปลูก ดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไป ทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี ทางด้านแร่ ทางด้านชีวภาพและทางด้านสัณฐานดิน อันเป็นผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยการเกิดดินและการสร้างดิน [1]

ประเภทของดิน

เราสามารถแบ่งประเภทของดินได้ดังนี้ ดินทราย (Sandy soil) ดินเหนียว (Clay Soil) และดินร่วน (Loamy Soil) ซึ่งดินแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

(1) ดินทราย (Sandy soil)

ดินทรายประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กของหินผุร่อน มีแนวโน้มที่จะเป็นกรดและมีสารอาหารต่ำ ดินทรายมักเรียกว่าดินเบา เนื่องจากมีน้ำหนักเบา มีการระบายน้ำอย่างรวดเร็วและมีแร่ธาตุที่พืชต้องการต่ำเนื่องจากถูกฝนชะล้างออกไป เป็นดินประเภทหนึ่งที่ยากที่สุดสำหรับการปลูกพืชเพราะมีธาตุอาหารต่ำมากและความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำ ซึ่งทำให้รากพืชดูดซับน้ำได้ยาก ดินประเภทนี้ดีต่อระบบระบายน้ำมาก ดินทรายมักเกิดจากการแตกตัวของหิน เช่น หินแกรนิต หินปูน และควอตซ์ การเติมอินทรีย์วัตถุสามารถช่วยให้พืชได้รับสารอาหารเพิ่มเติมโดยการปรับปรุงความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารและน้ำของดิน

(2) ดินเหนียว (Clay Soil)

ดินเหนียวเป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคแร่ที่ละเอียดมากและมีสารอินทรีย์ไม่มากมีช่องว่างระหว่างอนุภาคดินไม่มากทำให้ระบายได้ไม่ดีเลย อนุภาคในดินนี้ถูกอัดแน่นเข้าด้วยกัน ดินนี้มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดีมาก และทำให้ความชื้นและอากาศซึมเข้าไปได้ยาก ดินนี้มีความเหนียวมากเมื่อสัมผัสเมื่อเปียก แต่เรียบและแตกร้าวเมื่อแห้ง ดินเหนียวเป็นดินประเภทที่หนาแน่นและหนักที่สุด หากสังเกตว่าน้ำมีแนวโน้มที่จะขังเป็นแอ่งน้ำบนพื้นดินมากกว่าที่จะซึมเข้าไป เป็นไปได้ว่าพื้นดิน

นั้นประกอบด้วยดินเหนียว เพื่อตรวจสอบว่าเป็นดินเหนียวหรือไม่ สามารถทำการทดสอบดินอย่างง่าย หากดินเปียกและเกาะติดกับร่องเท้าและเครื่องมือทำสวน เกิดก้อนขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถแยกออกได้ง่าย และเกิดรอยแตกร้าวในสภาพอากาศแห้ง แสดงว่าเป็นดินเหนียว

(3) ดินร่วน (Loam Soil)

ดินร่วนเป็นดินประเภทที่สามเป็นส่วนผสมของทราย ตะกอนและดินเหนียวในสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งรวมคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์จากแต่ละอย่างไว้ด้วย เช่น มีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้นและสารอาหารจึงเหมาะแก่การทำการเกษตรมากกว่า ดินนี้เรียกอีกอย่างว่า ดินเกษตร ดินร่วนเป็นดินในอุดมคติสำหรับการปลูกพืชเป็นส่วนผสมที่ลงตัวของดินเหนียว ทราย และตะกอนที่จะสร้างพื้นที่ว่างที่ช่วยให้แร่ธาตุ อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศหล่อเลี้ยงชีวิตพืช เนื่องจากมีความสมดุลของวัสดุดินทั้งสามประเภทได้แก่ทราย ดินเหนียว และตะกอน และยังมีซากพืชอีกด้วย นอกจากนั้นยังมีระดับแคลเซียมและ pH ที่สูงขึ้นเนื่องจากมีแหล่งกำเนิดอินทรีย์

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของดิน โดยแบ่งตามสมบัติ ได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ (1) **ดินดี** ในทางการเกษตรหมายถึง ดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศ ในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถปลูกพืชได้โดยใช้วิธีการจัดการดูแลตามปกติธรรมดาที่ไม่ยุ่งยาก มักจะมีหน้าดินสีดำหนา มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืช มีปฏิกิริยาดินใกล้เคียงกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0 และไม่มีชั้นที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช (2) **ดินไม่ดี** คือ ดินที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสม หรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามปกติได้ ถ้าหากว่าจำเป็นต้องใช้ดินเหล่านี้ในการเพาะปลูกพืช ก็ต้องมีการจัดการแก้ไขให้เหมาะสมเสียก่อน

อย่างไรก็ตาม การที่จะบอกได้ว่าพื้นที่ใดเป็นดินดีหรือไม่นั้น ยังต้องคำนึงถึงชนิดของพืชที่จะปลูกในบริเวณนั้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก พืชแต่ละชนิดมีความต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น ข้าว เป็นพืชที่ชอบน้ำ ดังนั้นดินดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวจึงควรเป็นดินในพื้นที่ลุ่ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวที่มีการระบายน้ำเลว ซึ่งจะช่วยให้สามารถขังน้ำไว้ในนาข้าวได้ แต่ถ้าต้องการปลูกพืชไร่หรือผลไม้ ดินที่ดีสำหรับพืชพวกนี้ควรเป็นดินลึก มีหน้าดินหนา เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหรือพวกที่มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้รากพืชสามารถชอนไชลงไปในดินได้ลึก สามารถต้านทานแรงลมได้ดี เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2568)

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

1. pH of soil

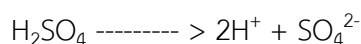
การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เป็นสมบัติที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและชีวภาพในดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของดินเกี่ยวข้องกับ hydrogen ion (H^+) และ hydroxyl ion (OH^-) ในสารละลายดิน (soil solution) โดยปกติในสารละลายดินจะมีไอออนทั้งสองชนิดนี้และ

ถ้ามี $H^+ > OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด เรียกดินกรด

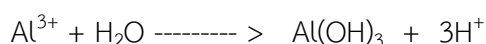
ถ้ามี $H^+ < OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง เรียกดินด่าง

ถ้ามี $H^+ = OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง เรียกดินเป็นกลาง

โดยแหล่งที่มาที่สำคัญของ H^+ ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นกรดในดิน ได้แก่ H^+ จากกรดในดิน เช่น H_2CO_3 , HNO_3 , H_2SO_4 และกรดอินทรีย์ต่างๆ ดังเช่น



ส่วน H^+ ที่เกิดจาก Al^{3+} และ Fe^{3+} ในสารละลายดิน เช่น



ส่วนแหล่งที่มาที่สำคัญของ OH^- ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นด่างนั้น ได้แก่ OH^- ที่เกิดจาก basic cations เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ และ Na^+ เมื่ออยู่ในสารละลายดิน เมื่อไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้และพบเห็นมากที่สุดในดิน ได้แก่ ไฮโดรเจน โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอะลูมิเนียม (H^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+}) ปฏิกิริยาในดิน (soil reaction) หรือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน บอกค่าในหน่วยของ pH เป็นการวัดฤทธิ์ (activity) ของไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะมากหรือน้อย เป็นการสะท้อนถึงปริมาณสัดส่วนระหว่างไอออนบวกทุกชนิดที่กล่าวข้างต้น ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น ไอออนบวกที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด ได้แก่ ไฮโดรเจน และอะลูมิเนียม และ ไอออนบวกที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม หากในดินมีไอออนบวกชนิดที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดอยู่ในปริมาณมากกว่า ดินจะมีปฏิกิริยาเป็นกรดและค่า pH จะต่ำ ในทางกลับกัน ถ้าดินมีไอออนบวกชนิดที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างมากกว่า ค่า pH ของดินจะสูงและดินจะมีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่าง ค่า pH ของดินจึงแสดงสมดุลของปริมาณไอออนบวกที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดเทียบกับปริมาณไอออนบวกที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง โดยดินในลักษณะที่ฝนตกชุก เช่น ในประเทศไทยนั้น ไอออนบวกพวก แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและโซเดียม มักถูกน้ำชะล้างออกจากดิน และมีไฮโดรเจนไอออนเข้าไปแทนที่ ทำให้สภาพดินส่วนใหญ่มี pH เฉลี่ยประมาณ 5.5 ยกเว้นบางแห่งที่วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินปูน เช่น แอบลุ่มน้ำ และที่ราบปากแม่น้ำ ในภาคกลาง จะมี pH อยู่ที่ 7 ขึ้นไป นอกจากนี้ พืชที่ขึ้นในดินจะดูดใช้อาหารไอออนบวกที่มีปฏิกิริยา

เป็นต่างมากกว่าพวกที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด การปลูกพืชแล้วตัดผลผลิตออกไปจากแปลงอย่างต่อเนื่องจะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นได้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกรูปแบบจะเพิ่มความเป็นกรดของดิน ทำให้ค่า pH น้อยลง และเนื่องจากความหมายของ pH คือ ค่าลอการิทึม (logarithm) ฐาน 10 ของส่วนกลับของฤทธิ์ของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย ซึ่งเขียนได้เป็น $\text{pH} = \log_{10}[1/\text{H}^+]$ หรือ $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ ดังนั้นค่า pH ของดินที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

2. Cation exchange capacity

ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (Cation exchange capacity, CEC) เป็นปริมาณประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ที่ดินหรือสารอินทรีย์สามารถดูดซับ (Adsorb) ได้ ดินหรือสารอินทรีย์มีประจุลบ (Anion) ซึ่งสามารถดูดซับและตรึงประจุบวก (Cation) ได้ กลายเป็นองค์ประกอบเชิงซ้อนประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (Cation exchange complex) โดยประจุบวก เช่น K^+ , Na^+ และ Ca^{2+} จะถูกดูดซับ จะถูกดูดซับโดยคอลลอยด์ดิน หรือ คอลลอยด์สารอินทรีย์ (คอลลอยด์ เป็นอนุภาคขนาดเล็กมากที่สามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ได้ต่อหน่วยมวล) โดยทั่วไป ดินที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงจะมีค่า CEC สูงกว่าดินที่มีสารอินทรีย์ต่ำ เช่น sandy soil แต่อย่างไรก็ตามการประเมินปริมาณ CEC ควรได้รับการยืนยันจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Pandian, Vijayakumar, Mustaffa, Subramanian, & Chitraputhirapillai, 2024)

3. Water retaintion

การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน เป็นการหาปริมาณน้ำซึ่งถูกดูดซับบนผิวอนุภาคดินหรือซึ่งอยู่ชั่วคราว หรืออยู่ในสภาวะไอน้ำตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน โดยน้ำเหล่านี้ทำให้สามารถหมดได้เมื่ออบที่อุณหภูมิ 105.0-110.0 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 25 ชั่วโมง (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) จนดินแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้ววัดความชื้นของดินเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักดินแห้งเป็นเปอร์เซ็นต์ ดินที่มีเม็ดละเอียดจะมีความชื้นได้สูงกว่าดินที่มีเม็ดหยาบ เนื่องจากดินเม็ดละเอียดมีพื้นที่เฉพาะ (Specific Surface) ซึมซับน้ำได้มากกว่า ประโยชน์ของความชื้นของดิน ความชื้นในดินจะมีผลโดยตรงต่อพืชที่อยู่บนดินนั้น ทั้งนี้เพราะความชื้นในดินจะเป็นแหล่งน้ำแหล่งเดียวของพืชที่ขึ้นอยู่ในดินนั้นจะสามารถดูดและนำไปใช้ได้ ความชื้นในดินมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเกษตร ได้แก่ ความชื้นในดินจำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพืชในดินเป็นตัวช่วยทำละลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืช ช่วยให้อินทรีย์วัตถุในดินเน่าเปื่อยได้ดี ช่วยให้สภาพแวดล้อมของดินเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดิน ควบคุมปริมาณน้ำและอุณหภูมิในต้นพืช ควบคุมการระเหยน้ำออกจากตัวพืช ควบคุมการแพร่กระจายและการหยั่งรากของพืช และจะควบคุมการระเหยน้ำของดิน

4. Nutrients

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ออกดอก ออกผลของพืช โดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (Macronutrients) และธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย (Micronutrients) ดังนี้

2.5.1 ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (Macronutrients)

ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ประกอบด้วย คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยดังนี้

- **ธาตุอาหารหลักจากน้ำและอากาศ** ได้แก่ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) และไฮโดรเจน (H)
- **ธาตุอาหารหลักในดิน** ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก ดังนั้น ในดินธรรมชาติ ธาตุทั้ง 3 มักมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ส่งผลให้ในการผลิตปุ๋ยชนิดต่าง ๆ เพื่อการเกษตร มีธาตุทั้ง 3 เป็นแกนหลักในการเร่งผลผลิตและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช
- **ธาตุอาหารรองในดิน** ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการรองลงมาจากธาตุอาหารหลัก โดยทั่วไป ธาตุเหล่านี้ในดินธรรมชาติมักมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของพืช

2.5.2 ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย (Micronutrients)

ธาตุอาหารเสริม หรือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการนำมาใช้ในปริมาณไม่มาก ประกอบด้วย เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) และนิเกิล (Ni)

สำหรับพืช ธาตุอาหารทุกธาตุ ไม่ว่าจะอยู่ในกลุ่มของธาตุอาหารหลักหรือธาตุอาหารรองต่างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่ต่างกัน มีเพียงแต่ความต้องการทางด้านปริมาณเท่านั้นที่ทำให้เกิดการแบ่งธาตุอาหารเหล่านี้ออกเป็นกลุ่มย่อย เพื่อง่ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ดังนั้น ธาตุอาหารทั้งหมดเหล่านี้ ต่างจำเป็นการดำรงชีวิต การผลิดอกออกผล และการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์แข็งแรงของพืช

ชีวมวล ไบโอชาร์และบทบาทของไบโอชาร์

1. ชีวมวลและประเภทชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) ซึ่ง หมายถึง วัสดุ หรือ สสารที่ได้จากธรรมชาติหรือสิ่งมีชีวิต เช่น พืช และสัตว์ มีวัฏจักรชีวิตที่สั้น เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์ม วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่าง ๆ เป็นต้น มีออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) และ คาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบในรูปขององค์ประกอบเชิงซ้อน (C-H-O complex constituents)

2. ไบโอชาร์

ไบโอชาร์ (Biochar) เกิดจากการเปลี่ยนชีวมวล (Biomass) เป็นวัสดุคาร์บอนด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical Biomass Conversion) ในสถานะที่มีการจำกัดปริมาณออกซิเจน ซึ่งได้แก่ การทอริแฟกชัน (Torrefaction) การไพโรไลซิส (Pyrolysis) หรือ การแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) แนวคิดในการใช้ไบโอชาร์เป็นแนวคิดหนึ่งในวิธีการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality concept) แม้ว่าการเผาไหม้ชีวมวลจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืช และการนำไบโอชาร์ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์การปรับปรุงคุณสมบัติของดิน (Soil amendment) ก็จะเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

คุณสมบัติพื้นฐานของไบโอชาร์ ประกอบด้วย ความชื้น (Moisture) คาร์บอน (Organic carbon (C_{org})) อัตราส่วนโดยโมล (Molar ratio) เถ้า (Total ash) ไนโตรเจน (Total Nitrogen) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) Liming การกระจายตัวของอนุภาค (Particle size distribution) (Initiative, 2024)

ไบโอชาร์นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายวัตถุประสงค์ ได้แก่ เป็นเชื้อเพลิง (เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เชื้อเพลิงอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดเม็ด) (ปู้คำปวง, et al., 2564) เป็นวัสดุดูดซับ ถ่านกัมมันต์ เป็นสารปรับปรุงดิน ตัวเร่งปฏิกิริยา และวัสดุในงานสะสมพลังงาน (เมฆอากาศ, เหล็กพูล, ศรีเล็ก, และ ศรีสุวรรณ, 2565)

การผลิตไบโอชาร์

1. กระบวนการผลิตไบโอชาร์

การผลิตไบโอชาร์ เกิดจากกระบวนการ คาร์บอไนซ์เซชัน ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไป เมื่อกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 280 °C ภายใต้ความดันบรรยากาศ จะเรียกว่า ทอริแฟกชัน (Torrefaction) หากเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 450 °C ภายใต้ความดันบรรยากาศ จะ

เรียกว่า ไพโรไลซิส ซึ่งของแข็งที่เกิดขึ้น เรียกว่า ไพโรชาร์ (Pyrochar) (Correa, Hehr, Voglhuber-Slavinsky, Rauscher, & Kruse, 2019) หรือ ไบโอชาร์

กระบวนการผลิตไบโอชาร์สามารถแบ่งเป็นช่วงได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงก่อนไพโรไลซิส (Pre-pyrolysis) ช่วงหลักของไพโรไลซิส (Main-pyrolysis) และ ช่วงการเกิดชาร์ (Lee, Lee, Gan, Thangalazhy-Gopakumar, & Ng, 2017) โดยรายละเอียด ดังนี้ (Tomczyk, Sokołowska, & Boguta, Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects, 2020)

- ช่วงที่ 1 ช่วงก่อนไพโรไลซิส เป็นช่วงจากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 200 °C จะเกิดการระเหยของความชื้นและสารระเหยขนาดเล็ก

- ช่วงที่ 2 ช่วงหลักไพโรไลซิส เป็นช่วงจากอุณหภูมิ 200 – 500 °C จะเกิดการปลดปล่อยสารระเหยและสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลสในขั้นแรก (Ding, Dong, Ime, Gao, & Ma, 2014)

- ช่วงที่ 3 ช่วงการเกิดชาร์ เป็นช่วงอุณหภูมิมากกว่า 500 °C เกิดการสลายตัวของลิกนิน และสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีพันธะทางเคมีที่แข็งแรง (Aguilar, Gascó, & Paz-Ferreiro, 20147)

การศึกษาทอริแฟกชัน (อุประกุล & ศรีเล็ก, 2564) ของชีวมวลเปลือกโกโก้ และชังข้าวโพด โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 280 °C ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 150 นาที (ปู้คำปวง, et al., 2564) พบว่าค่าความร้อน ถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้ และถ่านชีวภาพจากชังข้าวโพด มีค่าเป็น 23.20 ± 1.22 และ 28.77 ± 1.11 ตามลำดับ (ศรีเล็ก, เมฆอากาศ, นันโท, พุทธวัน, & เหล็กพูล, 2565)

การศึกษาของ (Bin Zhao, 2018) เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตไบโอชาร์ ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการให้ความร้อน และระยะเวลาของกระบวนการไพโรไลซิสของกาน Rapeseed ที่มีผลต่อถ่านชาร์ โดยอุณหภูมิการไพโรไลซิสที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้คือ 450 องศาเซลเซียส มีค่าพื้นที่ผิวเท่ากับ $37.3 \text{ m}^2/\text{g}$ ในส่วนอิทธิพลของอัตราการให้ความร้อนพบว่าค่าพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 เมื่ออัตราการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 20 องศาเซลเซียสต่อนาที สำหรับระยะเวลาการไพโรไลซิสพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการไพโรไลซิสจาก 10 ถึง 60 นาที ทำให้ค่าพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการไพโรไลซิสจาก 60 ถึง 100 นาที ค่าพื้นที่ผิวลดลงเล็กน้อย

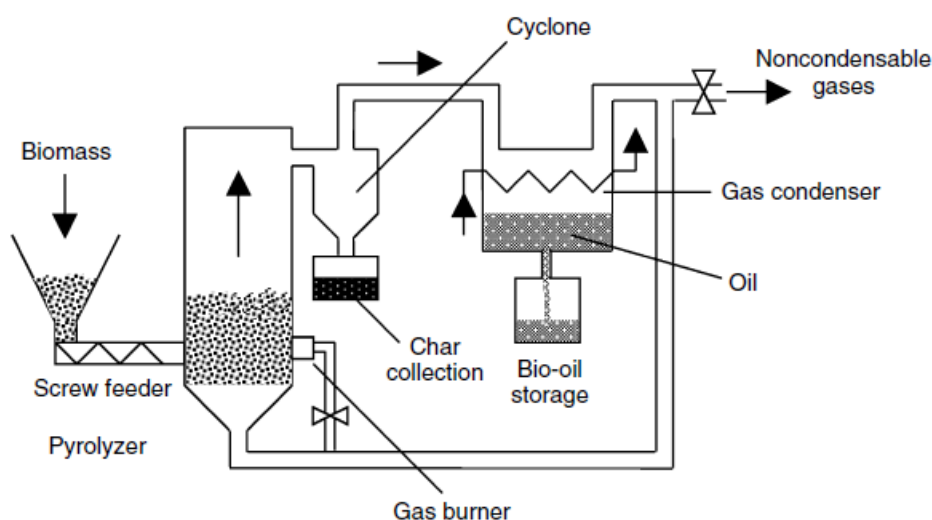
2. ปฏิกิริยาไพโรไลซิส หรือ เตาไพโรไลซิส

ปฏิกิริยาไพโรไลซิสมักอยู่บนพื้นฐานการไหลผ่านสัมผัสกันของ ก๊าซและของแข็ง (Gas-solid

contacting mode) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด หลัก คือ แบบเบตนิ่ง (Fixed bed pyrolyzer) แบบฟลูอิดไดซ์เบต (Fluidized bed pyrolyzer) และ แบบเอนเทรนเบต (Entrained bed pyrolyzer) (Basu, 2010)

2.1. ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเบตนิ่ง (Fixed bed pyrolyzer)

ทำงานแบบกะ (Batch) ซึ่งไม่ต่อเนื่อง เป็นชนิดดั้งเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น ๆ ให้ความร้อนจากภายนอก เช่น ขดลวดความร้อน เตาไฟฟ้า ให้ความร้อนโดยเชื้อเพลิงภายนอก มีการป้อนก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซไนโตรเจน เข้าไปในปฏิกรณ์ตลอดกระบวนการ เพื่อให้อยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หรือ จำกัดออกซิเจน ภายในที่เกิดปฏิกิริยาเป็นลักษณะออกซิเจนจำกัด ผลิตภัณฑ์ก๊าซจะไหลออกจากปฏิกรณ์เพราะเกิดการขยายปริมาตร ก๊าซบางส่วนจะควบแน่นเป็นของเหลว ส่วนของแข็งจะคงอยู่ภายในปฏิกรณ์ ดังภาพที่ 3

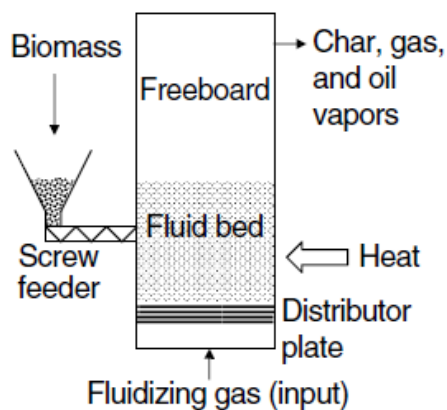


ภาพที่ 3 ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเบตนิ่ง

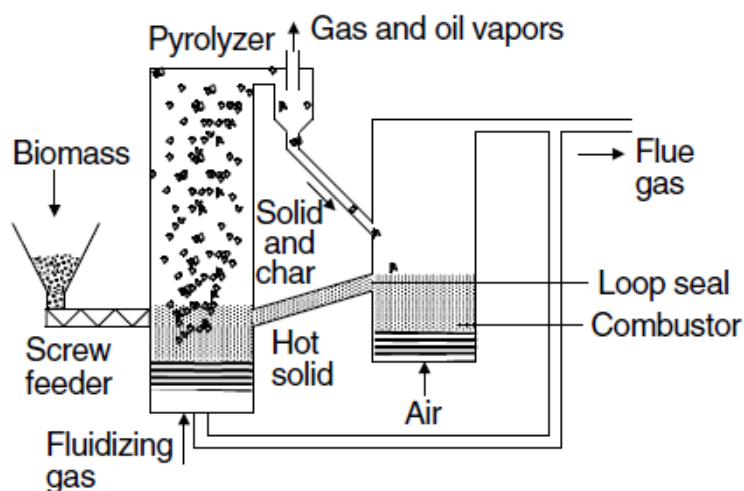
2.2. ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสฟลูอิดไดซ์เบต (Fluidized bed pyrolyzer)

ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟลูอิดไดซ์เบต เกิดขึ้นในสภาวะอัตราการให้ความร้อนที่สูง และ เปิดโอกาสให้มีการผสมของชีวมวลดีกว่า ซึ่งมีความแตกต่างจากปฏิกรณ์แบบเบตนิ่ง ข้อเสียหลักของปฏิกรณ์ชนิดนี้ คือ ขนาดของชีวมวลต้องมีขนาดเล็กเพื่อให้สามารถลอยอยู่ในปฏิกรณ์ได้ ซึ่งทำให้เพิ่มขั้นตอนการลดขนาด บด ชีวมวลให้มีความเหมาะสมก่อน ในรูปภาพที่ 4 (ก) เป็นปฏิกรณ์ชนิด Bubbling fluidized bed โดยชีวมวลขนาดเล็ก เช่น 2-6 มิลลิเมตร จะถูกป้อนเข้าไปผสมกับชั้นเบตของทรายร้อน ชั้นเบตจะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงคล้ายลักษณะของไหลโดยก๊าซเฉื่อย การเคลื่อนที่ของชั้นเบต (เช่น ทรายร้อน) นี้ ทำให้เกิดอุณหภูมิมั่วเสมอ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปยังชีวมวล (Biomass solid) ได้ดียิ่งขึ้น สำหรับ ภาพที่ 4 (ข) เป็นปฏิกรณ์ชนิด Circulating Fluidized-bed

(CFB) มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับชนิด Bubbling fluidized bed โดยของแข็งในปฏิกรณ์จะมีการหมุนเวียนต่อเนื่อง



(ก) Bubbling fluidized bed



(ข) Circulating fluidized bed

ภาพที่ 4 ปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดชนิด (ก) Bubbling fluidized bed และ

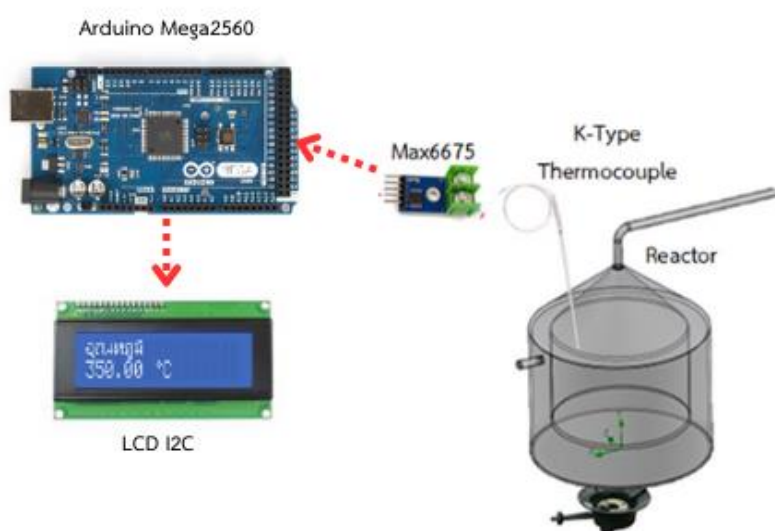
(ข) Circulating fluidized bed

2.3. ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเอนเทรน (Entrained bed pyrolyzer)

ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเอนเทรน ปฏิกรณ์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงมาก ใช้ในระดับปฏิกรณ์ขนาดใหญ่ โดยปกติแล้วใช้กับถ่านหิน ชีวมวล และ วัสดุเหลือทิ้งที่ปรับสภาพมาแล้ว มีลักษณะการทำงาน คือ การป้อนชีวมวลซึ่งมีขนาดเล็ก (Pulverized biomass particles) พร้อมกับ gasifying agent ทางด้านบน (Top-fed gasifier) หรือ ด้านข้าง (Side-fed gasifier) ด้วยความเร็วสูง เกิดการเผาไหม้ และเกิดก๊าซผลิตภัณฑ์ขึ้น

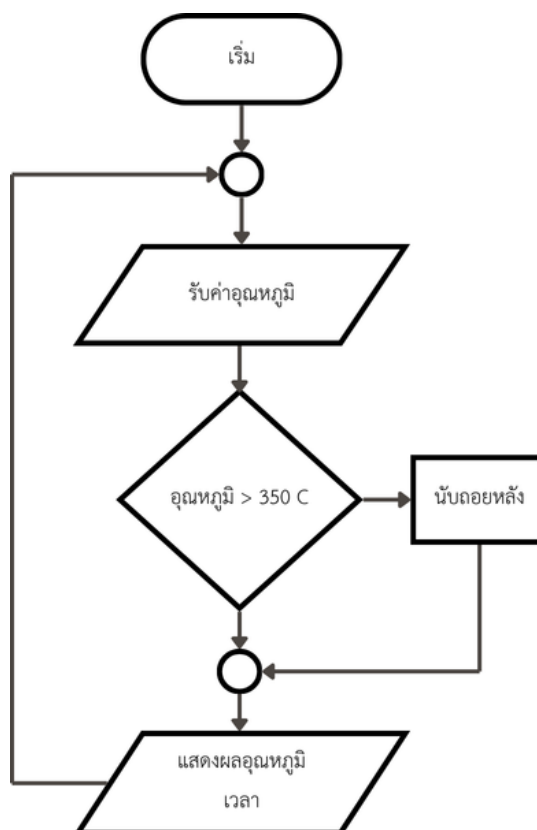
ระบบตรวจวัดและแสดงผล

ระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดุยโนเมก้า 2560 (Arduino Mega 2560) เป็นส่วนทำงานหลักในการรับสัญญาณขาเข้าจากโมดูล Max6675 ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณของเทอร์โมคัปเปิ้ลไทป์เค ไปแสดงผลที่หน้าจอ LCD นอกจากนี้ยังมีส่วนการทำงานนับถอยหลังให้สอดคล้องกับอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ทำให้ทราบถึงช่วงเวลาที่เกิดปฏิกิริยาเป็นไปตามที่กำหนดได้ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผังระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์

ในส่วนของการทำงานภายใน Arduino Mega 2560 ได้ทำการเขียนโปรแกรมให้รับค่าอุณหภูมิเข้ามาเพื่อใช้ในการตัดสินใจ หากอุณหภูมิที่รับเข้ามามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 350 °C จะทำการนับถอยหลัง และแสดงผลไปยังหน้าจอ LCD เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงอุณหภูมิและเวลาที่เกิดปฏิกิริยาดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผังการทำงานของระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์

คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่เหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

คุณสมบัติพื้นฐานของไบโอชาร์ ประกอบด้วย ความชื้น (Moisture) คาร์บอน (Organic carbon (C_{org})) อัตราส่วนโดยโมล (Molar ratio) เถ้า (Total ash) ไนโตรเจน (Total Nitrogen) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) Liming การกระจายตัวของอนุภาค (Particle size distribution) (Initiative, 2024)

สำหรับการใช้งานไบโอชาร์เพื่อการปรับปรุงดินนั้น มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (Carbon sequestration) และปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil quality improvement) โดยคุณสมบัติที่สำคัญของไบโอชาร์เพื่อวัตถุประสงค์นี้ นอกจากพิจารณาตามคุณสมบัติเชิงความร้อน คุณสมบัติด้านเส้นใยแล้ว ยังต้องพิจารณาคุณสมบัติด้านการดูดซับและพื้นผิวอีกด้วย ได้แก่ การดูดซับไอโอดีน และ พื้นที่ผิวและรูพรุน

1. ค่าความร้อน

ค่าความร้อน (calorific value) ค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิง หมายถึง ความร้อนที่ผลิตขึ้นจากการเผาไหม้ของสารปริมาณหนึ่งหน่วยในสภาวะที่จำเพาะ (The heat produced by combustion of a unit quantity of a substance under specified conditions) สามารถจำแนกได้เป็น ค่าความร้อนสูง หรือค่าความร้อนแบบกรอส (higher calorific value / gross calorific value / higher heating value) และ ค่าความร้อนต่ำ หรือค่าความร้อนแบบเน็ต (lower calorific value / net calorific value / lower heating value) อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความร้อนเรียกว่า คาลอริมิเตอร์ (Calorimeter)

การวัดค่าความร้อนนั้นอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 5865 Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke

2. ผลได้เชิงปริมาณ

ผลได้เชิงปริมาณ (Mass yield) เป็นอัตราส่วนของมวลหลังจากการไพโรไลซิสและมวลของชีวมวล ดังสมการที่ (1)

$$\text{ผลได้เชิงปริมาณ } (Y_m) = \frac{\text{มวลหลังจากการไพโรไลซิส}(P_m)}{\text{มวลของชีวมวล}(B_m)} * 100\% \quad (1)$$

เมื่อ Y_m คือ ผลได้เชิงปริมาณ (%)

P_m คือ มวลหลังจากการไพโรไลซิส (กิโลกรัม)

B_m คือ มวลของชีวมวล (กิโลกรัม)

3. ผลได้เชิงพลังงาน

ผลได้เชิงพลังงาน (Energy yield) เป็นอัตราส่วนของค่าความร้อนของไบโอชาร์และชีวมวล คูณกับผลได้เชิงปริมาณ ดังสมการที่ (2)

$$\text{ผลได้เชิงพลังงาน } (Y_e) = \left[\frac{\text{HHV of biochar}}{\text{HHV of biomass}} * \% Y_m \right] \quad (2)$$

เมื่อ Y_e คือ ผลได้เชิงพลังงาน (%)

HHV of biochar คือ ค่าความร้อนสูงของไบโอชาร์ (เมกะจูล/กิโลกรัม)

HHV of biomass คือ ค่าความร้อนสูงของชีวมวล (เมกะจูล/กิโลกรัม)

4. ความหนาแน่นเชิงพลังงาน

ความหนาแน่นเชิงพลังงาน (Energy densification ratio) เป็นอัตราส่วนของค่าความร้อนของไบโอชาร์ และค่าความร้อนของชีวมวล ดังสมการที่ (3)

$$\text{Energy densification ratio} = \left[\frac{\text{HHV of biochar}}{\text{HHV of biomass}} \right] \quad (3)$$

เมื่อ Energy densification ratio คือ อัตราส่วนความหนาแน่นพลังงาน

5. การดูดซับไอโอดีน

การดูดซับไอโอดีน (Lestari, Farid, และ Fudholi, 2019) ทดสอบโดยใช้ถ้ำตัวอย่าง 0.25 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายไอโอดีน 0.2 N 25 mL เขย่าเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรอง ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 10 mL นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อนแล้วเติม 1% starch solution ไทเทรตต่อจนได้สารละลายไม่มีสี ไอโอดีนที่ดูดซับสามารถคำนวณได้จากสมการ (4)

$$\text{SI} = \frac{\text{MI sample} - T \frac{C_1}{C_2} \times W_1 \times F_p}{\text{g sample}} \quad (4)$$

เมื่อ	SI	คือ	Iodine absorption (mg/g)
	MI sample	คือ	Filtrate titrated (10 mL)
	C1	คือ	ความเข้มข้น $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)
	C2	คือ	ความเข้มข้น iodine (N)
	W1	คือ	Weighted (12.693 mg/mL)
	Fp	คือ	Dilution factor (2.5)

6. พื้นที่ผิวและความพรุน

โดยปกติไบโอชาร์ที่มีพื้นที่ผิวและความพรุน (Brunauer-Emmett-Teller Analysis, BET) สูงจะมีสมบัติในการดูดซับสูง พื้นผิวรูพรุนบนไบโอชาร์เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการไพโรไลซิสเมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการคายน้ำ ตามเกณฑ์ของ IUPAC รูพรุนจำแนกได้ 3 ระดับ คือ ระดับไมโคร (<20 nm) มีโซ (2-50 nm) และแมคโคร (> 50 nm) ไบโอชาร์ที่มีรูพรุนน้อยจะไม่สามารถดูดซับโมเลกุลของยาฆ่าแมลงได้ แม้ว่าจะมีขั้วหรือประจุไฟฟ้าก็ตาม ขนาดของรูพรุนและ

พื้นที่ผิวบนไบโอชาร์สามารถศึกษาด้วยเครื่อง BET พื้นที่ผิวเป็นปัจจัยสำคัญในการบอกความสามารถในการดูดซับของไบโอชาร์ ในขณะที่อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดไบโอชาร์ พื้นที่ผิวอาจจะแตกต่างกันระหว่างวัตถุดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัด ถ่านกัมมันต์ทางการค้าจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าไบโอชาร์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นซึ่งมีพื้นที่ผิวและรูพรุนน้อยกว่า (Kim, Kim, Cho, & Choi, 2012) ดังนั้นในการผลิตไบโอชาร์ กระบวนการกระตุ้นจึงทำเพื่อเพิ่มความพรุนและพื้นที่ผิวถ่านไบโอชาร์ ซึ่งอาจจะเป็นการกระตุ้นทางกายภาพและทางเคมีได้

มีรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและผลการกำจัดแก๊สที่เป็นอันตรายและมีกลิ่น พบว่าถ่านต้องถูกคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจงสำหรับการใช้ในการดูดซับสารแต่ละชนิด (Asada, et al., 2002) และในปี 2006 ได้ศึกษาการดูดซับแอมโมเนียในสารละลายถูกทดลองในถ่านที่ทำจากไม้ไผ่ นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงและนำมาใช้บำบัดสารมลพิษในน้ำได้ (Hernández-Montoya & Bonilla-Petriciolet, Lignocellulosic Precursors used in the Synthesis of Activated Carbon: Characterization Techniques and Applications in the Waste Water Treatment) เช่น กำจัดสารมลพิษกลุ่มฟีนอลด้วยถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้จำพวกต้นกกและต้นอ้อ (reed biomass) (Fathy, Ahmed, & El-enin, 2012) สีย้อมบำบัดโดยถ่านกัมมันต์จากแกนผลมะกอก (olive cores) (Kaouah, Boumaza, Berrama, Trari, & Bendjama, 2013) สารฆ่าแมลงและศัตรูพืชถูกดูดซับโดยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดอินทผลัม (Salman, Njoku, & H.Hameed, 2011) และโลหะหนักได้แก่ ตะกั่วไอออนดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกปาล์มและกะลามะพร้าว (Rahman, Adil, Yusof, Kamaruzzaman, & Ansary, 2014)

กรกนก โกศล และ คณะ (2566) ได้ทบทวนวรรณกรรมการศึกษาของ (Gwenzi, Nyambishi, Chaukura, & Mapope, 2018) ในด้านศักยภาพในการดูดซับธาตุอาหาร โดยไบโอชาร์จากไม้ไผ่ซึ่งผลิตที่อุณหภูมิ 900 °C มีความสามารถในการดูดซับไนเตรดประมาณ 1.2 mg g⁻¹ ซึ่งสูงกว่าถ่านกัมมันต์ (0.9 mg g⁻¹) อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารมีความเกี่ยวข้องอย่างสูงกับสมบัติของไบโอชาร์ ซึ่งประกอบด้วย pH หมู่ฟังก์ชันกรดบนพื้นผิว และการแลกเปลี่ยนไอออน

มีการศึกษาเรื่องการใช้ไบโอชาร์เป็นปุ๋ยปลดปล่อยช้า (slow-release fertilizer) ซึ่งเป็นคุณสมบัติในการคายดูดซับ หรือ การปลดปล่อยธาตุอาหาร ซึ่งมีปัจจัยจากเช่น ชนิดของดิน วัตถุดิบ สภาวะไฟโรไลซิส เป็นต้น (wang, et al., 2022) ในการคายการดูดซับได้อีกด้วย เนื่องจากมีกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแร่ธาตุอาหาร การควบคุมความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน การเพิ่มธาตุอาหารในระบบชีวภาพ โดยต้องพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยธาตุอาหาร เช่น ชนิดของดิน วัตถุดิบ สภาวะไฟโรไลซิส และการประยุกต์ใช้ไบโอชาร์ด้วย

การทดสอบ ดินดำที่ผสมไบโอชาร์ 0, 1, 5 และ 10% ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสได้ 36, 37, 39 และ 41% ตามลำดับ และ Ingá biochar จากกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าที่อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา 400, 500 และ 600 °C ปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ 32, 28 และ 69 mg kg⁻¹ ตามลำดับ (Ding, และคนอื่นๆ, 2016)

พืชและธาตุอาหารพืช

จากข้อมูลธาตุอาหารพืชของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร) ใช้ประโยชน์ธาตุอาหาร ได้ 2 ทาง คือโดยการดูดทางรากและทางใบ โดยธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) นั้นพืชจะดูดไปใช้ประโยชน์ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซออกซิเจน (O₂) และน้ำ (H₂O) ซึ่งสามารถใช้ได้โดยตรง ส่วนรูปของธาตุอาหารในดินที่พืชดูดไปใช้อาจเป็นรูปเกลือหรือไอออน ซึ่งต้องอยู่ในรูปของสารละลายในดิน โดยได้จาก 2 แหล่ง คือ

- ในสารละลายดิน จะมีแอนไอออน (ไอออนที่มีประจุลบ) และแคตไอออน (ไอออนที่มีประจุบวก) บางส่วนปะปนอยู่
- ดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ดิน (absorbed ions) หรือ ไอออนแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable ions) เนื่องจากคอลลอยด์ดินมีประจุส่วนมากเป็นลบ ดังนั้นไอออนที่ถูกดูดซับจึงเป็นแคตไอออน

ทั้งนี้ ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ ได้แก่ การเคลื่อนย้ายของไอออนมาสู่ผิวราก และอัตราการดูดไอออนนั้นของรากพืช

และธาตุอาหารเข้าสู่รากพืชได้ 3 วิธี คือ

- การไหลแบบกลุ่มก้อนตามกระแส น้ำ (Mass flow)
- การแพร่ในสารละลายดิน (Diffusion) และ
- การที่รากซอนไซไปสัมผัสคอลลอยด์ดินและไอออนที่อยู่ห่างจากบริเวณเดิม (Root interception) ซึ่งจะเกิดผล 2 ประการ ได้แก่ 1) จะมีการแลกเปลี่ยนระหว่าง H⁺ ที่ผิวราก ซึ่งมาจากเมแทบอลิซึมของรากเอง กับแคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ดินนั้น เช่น K⁺, Ca²⁺ เป็นต้น เป็นเหตุให้แคตไอออนดังกล่าวย้ายไปดูดซับที่ผนังเซลล์ของรากแล้ว H⁺ ที่ผิวรากก็เปลี่ยนมาถูกดูดซับที่ผิวคอลลอยด์แทน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การแลกเปลี่ยนไอออนเมื่อสัมผัส (Contact exchange) ซึ่งทำให้แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้มาดูดซับอยู่ที่ผนังเซลล์ราก และถูกดูดเข้าไปในเซลล์พืชด้วยอิกกลไกหนึ่ง แต่กลไกนี้มีส่วนสนับสนุนให้รากพืชได้รับธาตุอาหารไม่มากนัก 2) รากพืชมีโอกาสสัมผัสกับไอออนต่าง ๆ ในสารละลายดินจำนวนมากและทั่วถึงมากขึ้นกว่าเดิม เมื่อรากซอนไซขยายอาณาบริเวณออกไป ซึ่งจะช่วยลดระยะทางและเวลาที่ไอออนในส่วนอื่น ๆ จะต้อง

เคลื่อนย้ายมาสู่ผิวรากได้เป็นอย่างมาก ผิวรากที่แผ่ขยายออกไปจึงสัมผัสกับไออนอนได้โดยตรง ทั้งถึงและรวดเร็วกว่า

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการซ่อนไซของรากพืชจะก่อให้เกิดผลของการที่ธาตุอาหารพืชเข้าสู่รากได้มากกว่า แต่การแพร่ในสารละลายดิน และการไหลแบบกลุ่มก้อนตามกระแสน้ำ ก็ยังมีบทบาทในการตอบสนองความต้องการธาตุอาหารจากบริเวณใกล้เคียงให้แก่รากพืชได้ด้วย

มีการศึกษาการนำไบโอชาร์จากการไพโรไลซิสสภาวะอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา 350 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จำนวน 10 กรัม/1 กิโลกรัมของไบโอชาร์จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ rice straw, canola straw, wheat straw, mung bean straw, peanut straw, corn straws, soybean straw, pea straw, faba bean straw ทดสอบเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น 0.59-1.05 โดยไบโอชาร์ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.83 มม. (YUAN, XU, WANG, และ LI, 2011)

โมเดลธุรกิจและเครื่องมือ Business Model Canvas

1. โมเดลธุรกิจ

โมเดลธุรกิจ (Business Model) หมายถึง รูปแบบการสร้างรายได้ของธุรกิจ หรือจะให้ละเอียดกว่านั้น คือการที่เจ้าของธุรกิจต้องตอบคำถามได้ 2 ข้อ คือ “เราหารายได้อย่างไร” และผู้ซื้อเขา “ได้อะไรไปจากเรา” (คู่มือการดำเนินโครงการส่งเสริมการนำวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและเศรษฐกิจชุมชน ประจำปี พ.ศ.2565-2568, 2567)

2. Business Model Canvas

Business Model Canvas (BMC) เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Alex Osterwalder และ Yves Pigneur ที่เห็นปัญหาว่าการคิดโมเดลธุรกิจที่เป็นการคิดแบบเส้นตรง (Linear Thinking) นั้น ไม่เหมาะกับการคิดสร้างสรรค์และใช้เวลานานจึงนำเอาหัวข้อที่สำคัญของโมเดลธุรกิจมาจัดเรียงใหม่ให้สามารถมองเห็นภาพรวมของโครงการได้ครบทุกมิติในกระดาษเพียงแผ่นเดียว BMC จึงหมายถึง เข็มทิศนำทางในการพัฒนาโมเดลธุรกิจและการทำแผนธุรกิจระยะยาว เป็นการอธิบายองค์ประกอบของธุรกิจ 9 ส่วน ในแบบที่เรียบง่ายบนหน้ากระดาษเพียงแผ่นเดียว เพื่อให้ทุกคนเข้าถึงภายในและภายนอกองค์กรสามารถสื่อถึงสิ่งเดียวกันได้อย่างตรงประเด็น เข้าใจง่าย และ นำไปใช้งานได้ทันที นอกจากจะทำให้การสื่อสารชัดเจนแล้ว จุดเด่นของ BMC คือ ทำให้เจ้าของกิจการและผู้บริหารสามารถเห็นภาพรวมของบริษัทเพื่อจะปรับจุดอ่อนหรือเสริมจุดแข็งรวมไปถึงการปรับกลยุทธ์ของบริษัทได้ง่ายและรวดเร็ว (คู่มือการดำเนินโครงการส่งเสริมการนำวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและเศรษฐกิจชุมชน ประจำปี พ.ศ.2565-2568, 2567)

โมเดลธุรกิจ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ แนวทางที่ธุรกิจจะสร้างรายได้ และ ลูกค้าที่ใช้สินค้าและบริการจะได้รับคุณค่าได้อย่างไร โดยมีส่วนประกอบของโมเดลธุรกิจ หรือ Business Model Canvas (BMC) 9 ส่วน คือ พันธมิตรหลัก (Key partner) กิจกรรมหลัก (Key activities) ทรัพยากรหลัก (Key Resources) การเสนอคุณค่า (Value proposition) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer relationship) กลุ่มลูกค้า (Customer segment) ช่องทาง (Channel) โครงสร้างต้นทุน (Cost structure) และ กระแสรายได้ (Revenue streams)

บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ คือ สิ่งที่บรรจุหรือห่อหุ้มสินค้าต่างๆ เพื่อรักษาคุณภาพและความปลอดภัยให้กับสินค้า ตั้งแต่ต้นทาง ระหว่างการขนส่งจนถึงมือผู้บริโภคอย่างปลอดภัย โดยมีความเป็นมา และหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ วัสดุที่ได้รับความนิยมในการผลิตบรรจุภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ความเป็นมาของบรรจุภัณฑ์

จากหลักฐานเชื่อว่ามนุษย์ยุคหินเป็นชนกลุ่มแรกที่ค้นพบจากความบังเอิญ โดยการนำดินเหนียวมาปั้นและม้วนยืดเป็นเส้นยาวแล้วขุดวางซ้อนกันเป็นวงกลมตามแนวความสูงเพื่อใช้เป็นภาชนะ เมื่อนำไปเผาด้วยไฟทำให้ได้ภาชนะสำหรับบรรจุน้ำที่ไม่รั่วซึม จากความบังเอิญจึงกลายเป็นจุดกำเนิดบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ที่ใช้ต่อ ๆ กันมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งได้พัฒนามาตามลำดับจนทำให้เกิดนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย

สำหรับประเทศไทย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ หรือมีการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อนำมาใช้ในวิถีชีวิต โดย เริ่มจากการใช้วัสดุจากธรรมชาติมาผลิตวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ ใบตอง เชือกกล้วย ใบลาน ปอ หรือดินที่นำมาทำเป็นเครื่องปั้นดินเผาจากนั้นค่อยๆ พัฒนามาเป็นการใช้โลหะผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น หีบเหล็กบรรจุเครื่องมือเครื่องใช้ หีบไม้ กล่องใส่ขนม หรือกล่องยาเส้นจากโลหะและไม้ หลังจากนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น การผลิตบรรจุภัณฑ์กระดาษ พลาสติก เครื่องแก้วเจียรนัย ขวดแก้ว อลูมิเนียม ฟลอยด์ โฟม และ การผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารจากกระดาษ เช่น กล่องกระดาษ กล่องกระดาษลูกฟูก พาเลทกระดาษ เยื่อกระดาษขึ้นรูป กล่องกระดาษใส่อาหาร กล่องกระดาษใส่ขนม หรืออื่น ๆ เพื่อป้องกันปัญหามลภาวะและสิ่งแวดล้อม

2. หน้าที่บรรจุภัณฑ์

- 1) ใช้สำหรับบรรจุสิ่งของ วัสดุ ขาวของเครื่องใช้ต่างๆตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่
- 2) ช่วยรักษาสินค้าให้คงอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ ง่ายต่อการจัดส่ง และการจัดเก็บจัดเรียง
- 3) ทำหน้าที่ในการแสดงข้อมูลของผู้ผลิตและตัวสินค้าผ่านฉลาก อาทิ วันเดือนปีที่ผลิต เครื่องหมายการค้า แหล่งผลิตหรือนำเข้า เป็นต้น

- 4) ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย จากการออกแบบและสื่อสารกับลูกค้าถึงผลิตภัณฑ์ให้น่าสนใจดึงดูดลูกค้าส่งผลดีต่อการตลาด

3. วัสดุที่ได้รับความนิยมในการผลิตบรรจุภัณฑ์ แบ่งได้ 6 ประเภทหลัก ดังนี้

3.1. กระดาษ

วัสดุกระดาษเป็นหนึ่งในวัสดุยอดนิยมที่ใช้นำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เนื่องจากย่อยสลายง่าย น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงทนทาน เช่น กล่องพัสดุ กล่องไปรษณีย์ กล่องใส่ผลไม้ ถุงกระดาษ เป็นต้น

3.2. พลาสติก

เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความแพร่หลายอย่างมาก เนื่องจากราคาถูก น้ำหนักเบา แต่ก็มีข้อเสียตรงที่เป็นวัสดุที่ย่อยสลายยากอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์พลาสติก เช่น กล่องใส่อาหาร ลังบรรจุเสื้อผ้า เป็นต้น

3.3. โฟม

เป็นวัสดุที่ทำมาจากพลาสติกที่นำมาผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้สารช่วยการขยายตัว (blowing agent) เพื่อให้พลาสติกมีลักษณะฟูและเบา มักจะเห็นจาก กล่องใส่ข้าวตามสั่ง ถึงกระติกน้ำแข็ง เป็นอีกวัสดุที่ย่อยสลายยากเพราะทำมาจากพลาสติก

3.4. โลหะ

เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ทั้งบรรจุภัณฑ์ที่เป็นเหล็ก ทองแดง โดยบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากวัสดุประเภทโลหะที่เห็นได้บ่อยๆ อาทิ กล่องใส่เครื่องเขียน กล่องบรรจุเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น

3.5. ไม้

เป็นวัสดุจากธรรมชาติที่สามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ให้ความรู้สึกพรีเมียมเรียบหรู แล้วคลาสิคไปในตัว มักเห็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากไม้ใช้บรรจุสินค้าที่มีราคาแพง อย่างเช่น กล่องใส่ชากา กล่องนาฬิกา กล่องใส่ไวน์ เป็นต้น

3.6. แก้ว

กระบวนการผลิตแก้ว สามารถใช้เศษชิ้นส่วนแก้วมาหลอมเข้าทำใหม่ได้ ช่วยลดต้นทุนและทรัพยากรในการผลิต จึงถือได้ว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เน้นความสวยงาม และความหรูหราเป็นหลัก แต่เนื่องจากความที่เป็นแก้วแตกหักได้ง่าย จึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งได้

4. บรรจุภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อม

จากการที่ใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบเดิมส่งผลให้ในปัจจุบันโลกต้องเผชิญกับวิกฤตสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อธรรมชาติกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ทั้งผู้ผลิตและ

ผู้บริโภคต่างให้ความสนใจกันเป็นจำนวนมาก บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอย่างมาก ซึ่งได้รับการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน ตัวอย่างหน่วยงานภาครัฐที่เข้ามามีบทบาทในการขับเคลื่อนนี้ คือ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งได้จัดทำโครงการ BCG Model เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่มุ่งเน้นการพัฒนา 3 เศรษฐกิจไปพร้อมกัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) มุ่งสร้างมูลค่าเพิ่มของทรัพยากรชีวภาพ เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่าหรือยาวนานที่สุด และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) การพัฒนาเศรษฐกิจโดยคำนึงถึงความยั่งยืนของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

ซึ่งบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco-Packaging) ดังกล่าวหมายถึง บรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ถูกผลิตขึ้นมาจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อให้ตัวบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติย่อยสลายได้เอง และสามารถนำไปรีไซเคิลใช้งานใหม่ได้ 100% ถูกผลิตขึ้นมาโดยมีเจตนาเพื่อใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ชนิด จำพวกพลาสติก หรือกล่องโฟม โดยมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ดังนี้

- ผลิตจากวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ
- ขั้นตอนวิธีการผลิตและการรีไซเคิล ไม่สร้างมลภาวะทางอากาศ
- เมื่อถูกทิ้งไม่เป็นที่หลังการใช้งานเสร็จ จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางขยะ รวมถึงไม่เป็น

อันตรายต่อธรรมชาติและสัตว์ป่า

- ตัวบรรจุภัณฑ์เมื่อถูกทิ้งหลังใช้งานจะไม่ก่อให้เกิดสารพิษ หรือสารเคมีตกค้างลงสู่สิ่งแวดล้อม

โดยสรุป บรรจุภัณฑ์ คือ สิ่งที่ถูกผลิตขึ้นมาเพื่อจะนำมาห่อหุ้มสิ่งของหรือสินค้าชนิดต่างๆ ตั้งแต่อดีตมนุษย์ใช้ดินเหนียวทำภาชนะบรรจุของเหลว และพัฒนามาเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ซับซ้อนขึ้นเพื่อทำหน้าที่ปกป้องหรือป้องกันสินค้าให้ปลอดภัยตั้งแต่ต้นทางจนถึงมือผู้บริโภค สะดวกในการจัดเก็บ ให้ข้อมูลของสินค้า รวมถึงดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค และช่วยในการเพิ่มมูลค่าทางการตลาดอีกด้วย ทำให้บรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของสินค้า ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่มีในท้องตลาดนั้นมีหลากหลายรูปแบบที่มีการนำมาใช้งานตามความเหมาะสมของสินค้า และบริการ เช่น บรรจุภัณฑ์จากกระดาษ พลาสติก โฟม โลหะ ไม้ และแก้ว ซึ่งบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิมที่ได้รับความนิยมการใช้งานมาอย่างยาวนานคือ พลาสติก และโฟม มีราคาถูกและสะดวกต่อการใช้งานจากการใช้พลาสติกมาอย่างยาวนาน ส่งผลให้ปัจจุบันโลกต้องเผชิญกับปัญหาสิ่งแวดล้อม และมลพิษมากมาย จากผลกระทบดังกล่าวจึงมีแนวโน้มในการนำบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อธรรมชาติ เช่น Eco-Packaging มาใช้งานทดแทนบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิมที่สามารถย่อยสลายหรือรีไซเคิลได้ โดยได้รับการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจแบบยั่งยืนต่อไป

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การสำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเป็นแนวทางนำไปโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

การลงพื้นที่สำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดิน ดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ การลงพื้นที่สำรวจโอกาสการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากชุมชนมาเพิ่มมูลค่า และการลงพื้นที่สำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดิน ใช้พื้นที่สำรวจ ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ต.จอมหมอกแก้ว อ. แม่ลาว จ.เชียงราย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การลงพื้นที่สำรวจโอกาสการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การลงพื้นที่สำรวจในพื้นที่เกษตรของวิสาหกิจเป้าหมาย และวางแผนประชุมกลุ่มย่อยกับสมาชิกวิสาหกิจชุมชน เพื่อหาโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่า และมุ่งค้นหาความคิดเห็นในการพัฒนาร่วมกับสมาชิก จำนวน 2 ครั้ง

2. การลงพื้นที่สำรวจวัสดุปรับปรุงดิน

การลงพื้นที่สำรวจวัสดุปรับปรุงดิน โดยกลุ่มเป้าหมาย เป็นร้านขายพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และ อำเภอใกล้เคียง จำนวน 5 ร้าน ได้แก่ ในอำเภอเวียงชัย จำนวน 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงราย จำนวน 4 ร้าน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

การสำรวจข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) ข้อมูลที่สอบถาม ได้แก่ รูปแบบดินปลูกที่จำหน่าย, ลักษณะการใช้งานดินปลูก, ราคาขาย (ปลีก-ส่ง) และราคาต้นทุน โดยการเก็บข้อมูลดำเนินการในเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2567

การทดสอบคุณสมบัติดิน

วิเคราะห์คุณสมบัติ ความสมบูรณ์ของดิน ก่อนและหลังการใช้วัสดุปรับปรุงดิน

1. การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างดิน จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากสวนตัวอย่าง ให้ทั่วแปลง แปลงละ 15 จุด การเก็บตัวอย่างดินแต่ละจุดให้ใช้อุปกรณ์ชุดดินเป็นรูปลิ้นที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว หลังจากนั้นแฉะดินข้างหลุม (ด้านเรียบ) ให้ได้ดินเป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุม ดินที่ได้เก็บรวบรวมใส่ถุงหรือถังพลาสติก คลุกเคล้าตัวอย่างดินที่เก็บมาในแต่ละความลึกให้เข้ากัน เทลงบนผ้าพลาสติก หลังจากนั้นทำกองดินเป็นรูปฟาซี แล้วใช้มือตบยอดกองให้แบนราบ แบ่งดินเป็น 4 ส่วน เอาตัวอย่างดินจากกองนี้ 1 ส่วนเพื่อไปทำการวิเคราะห์

2. การหาค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

การวัด pH ในน้ำ อัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:1 (w/w) ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในปิกรพลาสติก เติมน้ำกลั่น 20 มล. คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเปราะระยะ ๆ ใบบ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที จึงวัด pH ของดินในสวอน ที่เป็นน้ำใสด้วย pH meter หรือใช้ช้อนตวงตักดินและตวงน้ำแทนการชั่งดิน เพื่อวัด pH (1:1, v/v) ก็ได้

การวัด pH ใน 1 M KCl อัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:1 ทำเช่นเดียวกับการวัดค่า pH ในน้ำ แต่ใช้ 1 M KCl แทนน้ำกลั่น

การวัด pH ใน 0.01 M CaCl_2 อัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:2 ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในปิกรพลาสติก เติมน้ำละลาย 0.01 M CaCl_2 40 mL คนให้เข้ากันด้วย แท่งแก้วเปราะระยะ ๆ ใบบ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินใน สวอนที่เป็นน้ำใส ด้วย pH meter

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน มีข้อเสนอแนะดังนี้

1.1) การวัด pH ของสารละลายดินด้วย pH meter ต้องคำนึงถึง สัณฐานของดินต่อน้ำ การมีเกลือต่าง ๆ ละลายอยู่ในสารละลายดิน

1.2) ค่า pH ของดิน เมื่อวัดในสารละลาย KCl และ CaCl_2 จะมีความน้อยกว่าเมื่อวัดในน้ำใน อัตราส่วน 1:1

1.3) CO_2 ในอากาศมีผลกระทบต่อค่าการวัด pH ของดินในน้ำได้ เพราะ CO_2 ในอากาศสามารถ ละลายในน้ำ กรณีที่เป่งงานที่ต้องการความถูกต้องมากเป็นพิเศษ ต้องป้องกันด้วยการปิด beaker ที่ใช้ผสมตัวอย่างดินกับน้ำไว้นานการวัด

1.4) ก่อนวัดค่า pH ของสารละลายดิน จะต้องเตรียมเครื่อง pH meter ให้พร้อมที่จะทำงาน เสียก่อน โดยการวัด Standard buffer solution 7.0 และ 4.0 ปรับเครื่องอ่านค่า pH เป็น 7.0 และ 4.0

1.5) ในกรณีที่ดินเป็นด่างสูง คือมี pH สูงกว่า 7.5 ให้ใช้ Standard buffer solution 7.0 และ 10.0

1.6) สารละลายที่ใช้เติมใน electrode ควรซื้อตามคำแนะนำของบริษัทที่ขาย electrode เนื่องจากแต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่นใช้สารละลายที่เติมไม่เหมือนกัน

3. การหาปริมาณความชื้นของดิน

โดยนำตัวอย่างดินตัวอย่างจากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักก่อนอบ โดยเลือกตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนดินในกอง อบที่อุณหภูมิ 105.0-110.0 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 25 ชั่วโมง ให้แห้ง

และบันทึกน้ำหนักก่อนและหลังอบ จากนั้นหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินโดยใช้สูตร ดังสมการที่ (5) ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100 \quad (5)$$

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน ได้ส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการปฐพี ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1. อินทรีย์วัตถุ

อินทรีย์วัตถุ (Organic matter, OM, %) วิธีการวิเคราะห์ คือ Walkly & Black

4.2. ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้

ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (Cation exchange capacity, CEC, cmol(+)/kg) วิธีการวิเคราะห์ คือ NH_4OAC pH7/distillation

4.3. ไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen, %) วิธีการวิเคราะห์ คือ Combustion

4.4. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorous, P, mg/kg) วิธีการวิเคราะห์ คือ Bray II Extraction

4.5. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium, K, mg/kg) วิธีการวิเคราะห์ คือ NH_4OAC pH7/AAS

การผลิตไบโอชาร์

1. การเตรียมชีวมวล

ชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา โดยลดขนาดให้มีความยาวประมาณ 2 นิ้ว

2. ปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว สูง 16 นิ้ว โดยมีห้องบรรจุชีวมวลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 9 นิ้ว ด้านบนมีฝาครอบและท่อนำก๊าซที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิส

ไปใช้งาน (เมฆอากาศ, และคนอื่นๆ, 2567) โดยปรับเปลี่ยนอุปกรณ์การตรวจวัดอุณหภูมิและการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลต่อเนื่องภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เตาปฏิกิริยาไฟโรไลซิส

3. ขั้นตอนการผลิตไบโอชาร์

ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบการผลิตไบโอชาร์ ได้แก่ ชนิดชีวมวล มวลของชีวมวล ขนาดชีวมวล อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา และอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ชีวมวล 2 ชนิด คือ ไม้ยางพารา ไม้ไผ่
- มวลของชีวมวล ประมาณ 500 กรัม
- ขนาดของชีวมวล ประมาณ 2.50 นิ้ว
- อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา 460 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง
- อัตราการเกิดปฏิกิริยา

ขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 3.1. นำชีวมวลไม้ยางพาราปริมาณ 500 กรัม ใส่ในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส
- 3.2. ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลไว้บริเวณภายในเตาปฏิกรณ์ และปิดเตาโดยใช้ซิลิโคนทนความร้อนสูงซีลโดยรอบปฏิกรณ์และใช้น้ำอัดเพื่อไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในเตาไพโรไลซิส
- 3.3. ให้ความร้อนโดยใช้ก๊าซแอลพีจี โดยบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาที่เกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง
- 3.4. เมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ 460 องศาเซลเซียส ให้สังเกตเวลาบริเวณหน้าจอแสดงผลเพื่อเป็นการนับถอยหลังให้ครบตามจำนวนเวลา และรักษาระดับอุณหภูมินี้ไว้ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 3.5. เมื่อครบเวลา 1 ชั่วโมง ให้ปิดเตาก๊าซแอลพีจี เป็นการหยุดให้ความร้อน โดยยังคงบันทึกอุณหภูมิต่อเนื่อง
- 3.6. ปลดปล่อยเย็นลงจนอุณหภูมิภายในเตา ลดลงประมาณ 80 องศาเซลเซียส จึงเปิดเตาและนำไปไอซาร์ออกจากเตาไพโรไลซิส
- 3.7. ชั่งน้ำหนักไปไอซาร์และเก็บไว้ในถุงเก็บตัวอย่างมิดชิด
- 3.8. ทำการทดลอง 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง
- 3.9. ทำการทดลองกับชีวมวลไม้ไผ่ ตามขั้นตอน ข้างต้น และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

คุณสมบัติชีวมวลและไบโอชาร์

1. ค่าความร้อน (Calorific value, cal/g หรือ MJ/kg)

การวัดค่าความร้อนนั้นอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 5865 Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความร้อนเรียกว่า คาลอริมิเตอร์ (Calorimeter) สำหรับการทดลองนี้ ใช้ คาลอริมิเตอร์ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 Parr 6400 calorimeter

2. ผลได้เชิงปริมาณ (Mass yield, Y_m) ใช้ตามสมการที่ (1) ในบทที่ 2 หัวข้อ 6 คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่เหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน
3. ผลได้เชิงพลังงาน (Energy yield, Y_e) ใช้ตามสมการที่ (2) ในบทที่ 2 หัวข้อ 6 คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่เหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน
4. ความหนาแน่นเชิงพลังงาน ใช้ตามสมการที่ (3) ในบทที่ 3 ในบทที่ 2 หัวข้อ 6 คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่เหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

การทดสอบดินปลูกที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

1. การออกแบบวัสดุปรับปรุงดินที่มีองค์ประกอบไบโอชาร์เป็นฐาน

- 1.1. นำไบโอชาร์ลดขนาด ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.83 มม. (YUAN, XU, WANG, และ LI, 2011)
- 1.2. นำไบโอชาร์ 5, 10 และ 15 กรัมผสมกับดิน 1 กิโลกรัม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดลองสูตรดินปลูก

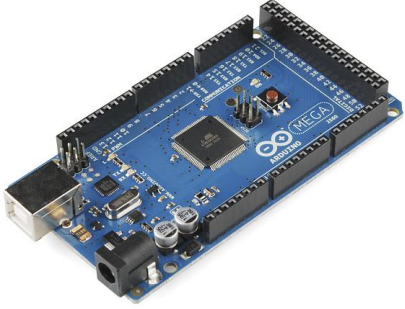
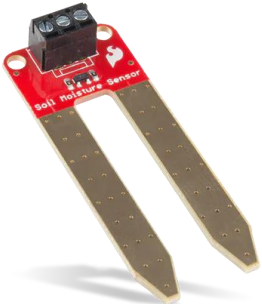
การทดลองที่	ชื่อตัวอย่าง	ดินและความลึก	ไบโอชาร์	g biochar / 1 kg soil		
				5	10	15
1	G16	6 นิ้ว	-	-	-	-
2	G16R5	6 นิ้ว	B-ยางพารา	5		
3	G16R10	6 นิ้ว	B-ยางพารา		10	
4	G16R15	6 นิ้ว	B-ยางพารา			15

5	G16B5	6 นิ้ว	B-ไม่ไผ่	5		
6	G16B10	6 นิ้ว	B-ไม่ไผ่		10	
7	G16B15	6 นิ้ว	B-ไม่ไผ่			15

1.3. วิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุปรับปรุงดิน เช่นเดียวกับการทดสอบคุณสมบัติดิน ได้แก่ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และ องค์ประกอบทางเคมีของดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ ไนโตรเจน ทั้งหมด และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

1.4. นำดินปลูกจำนวน 6 ตัวอย่าง และดินที่ไม่ได้ผสมไบโอชาร์ ซึ่งเป็นดินที่ผสมตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้ในข้างต้นมาทำการตรวจวัดความสามารถในการอุ้มน้ำด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์วัดความชื้นในดินดังแสดงในตารางที่ 2

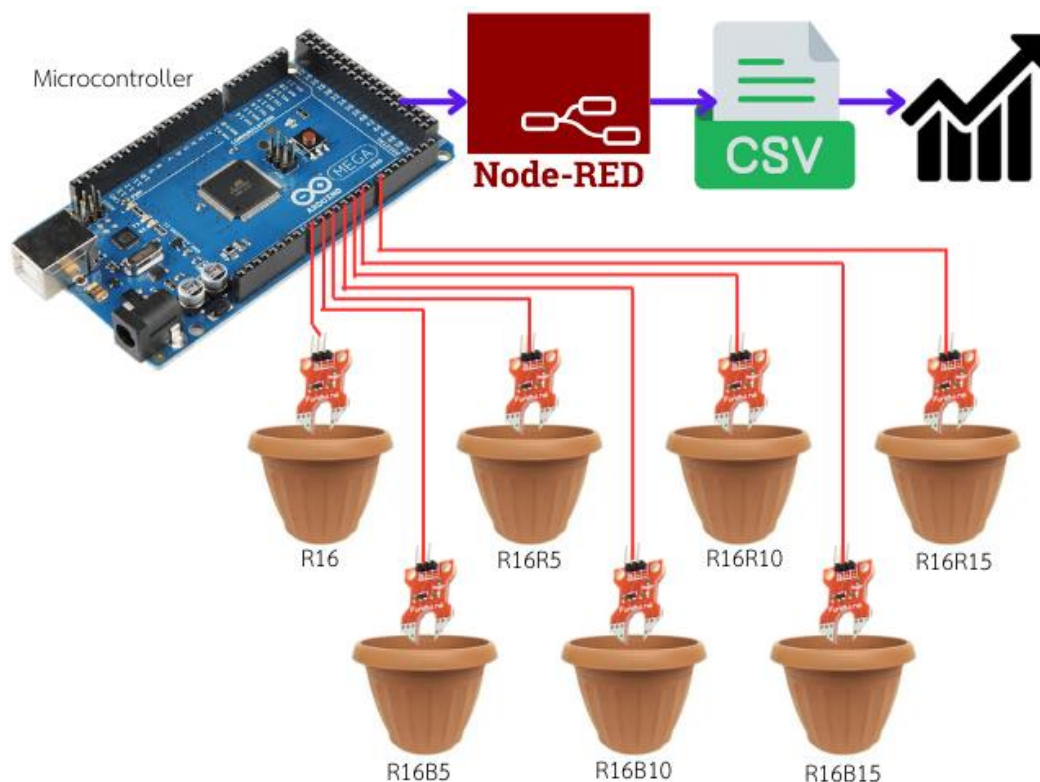
ตารางที่ 2 อุปกรณ์ระบบตรวจวัดความชื้นในดิน

รายการ	คุณสมบัติ
1. ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน 	แรงดันทำงาน 5V แรงดันอ้างอิง 6-20V RAM 8 KB EEPROM 4 KB ความเร็วสัญญาณ 16 MHz มีช่องแปลง Analog to Digital
2. เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 	แรงดันทำงาน 5V สัญญาณ Analog 0-1023

ระบบตรวจวัดการอุ้มน้ำของดินจากตัวอย่างดินทั้งหมด 7 ตัวอย่าง มาทำการบรรจุลง
 ภาชนะแล้วใช้เซนเซอร์วัดความชื้นของดินติดตั้งบริเวณดินในภาชนะ จากนั้นสร้างความชื้นให้
 สม่ำเสมอด้วยการรดน้ำลงดิน 30 ml แล้วทำการบันทึกค่าความชื้นในดินของทั้ง 7 ตัวอย่างเทียบกับ
 เวลาด้วย NODE-RED บันทึกค่าเป็นไฟล์ CSV เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการลดลงของความชื้น
 ในดินดังแสดง ดังภาพที่ 9

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน

เลือกชนิด บรรจุภัณฑ์ โดยคำนึงถึงข้อดี ข้อเสีย ราคาต่อถุง ความแข็งแรง ความเหมาะสม
 กับกลุ่มเป้าหมาย ตลอดจนการออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 9 ผังระบบตรวจวัดการอุ้มน้ำของดิน

โมเดลธุรกิจดินปลูก/ดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

โมเดลธุรกิจ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ แนวทางที่ธุรกิจจะสร้างรายได้ และ ลูกค้าที่ใช้สินค้าและบริการจะได้รับคุณค่าได้อย่างไร โดยมีส่วนประกอบของโมเดลธุรกิจ หรือ Business Model Canvas (BMC) 9 ส่วน คือ พันธมิตรหลัก (Key partner) กิจกรรมหลัก (Key activities) ทรัพยากรหลัก (Key Resources) การเสนอคุณค่า (Value proposition) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer relationship) กลุ่มลูกค้า (Customer segment) ช่องทาง (Channel) โครงสร้างต้นทุน (Cost structure) และ กระแสรายได้ (Revenue streams)

ถ่ายทอดเทคโนโลยี

ถ่ายทอดเทคโนโลยีเผยแพร่องค์ความรู้จำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่

1. การผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน
2. การผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานชีวมวล

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการสำรวจตลาดวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเป็นแนวทางนำไปโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

1. ผลการลงพื้นที่สำรวจเพื่อหาโอกาสการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ลงพื้นที่เพื่อหาโอกาสในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่า และมุ่งค้นหาความคิดเห็นในการพัฒนาร่วมกับสมาชิก โดยประชุมกลุ่มย่อยกับสมาชิกวิสาหกิจชุมชนจำนวน 2 ครั้ง จำนวน 2 วิสาหกิจชุมชน ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ต.จอมหมอกแก้ว อ. แม่ลาว จ. เชียงราย และวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ต.ธารทอง อ.พาน จ.เชียงราย ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ประชุมกลุ่มย่อยกับสมาชิกวิสาหกิจชุมชน

พบว่า วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 เป็น ไม้ยางพารา และไม้ไผ่ จากวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง



ภาพที่ 11 สวนยางพาราวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99

2. การลงพื้นที่สำรวจวัสดุปรับปรุงดิน

กลุ่มเป้าหมาย เป็นร้านขายพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และ อำเภอใกล้เคียง จำนวน 5 ร้าน ได้แก่ ในอำเภอเวียงชัย จำนวน 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงราย จำนวน 4 ร้าน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ตัวอย่างร้านที่สำรวจ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ร้านร้านขายพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

การสำรวจข้อมูลเป็นการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) ข้อมูลที่สอบถาม ได้แก่ รูปแบบดินปลูกที่จำหน่าย, ลักษณะการใช้งานดินปลูก, ราคาขาย (ปลีก-ส่ง) และราคาต้นทุน

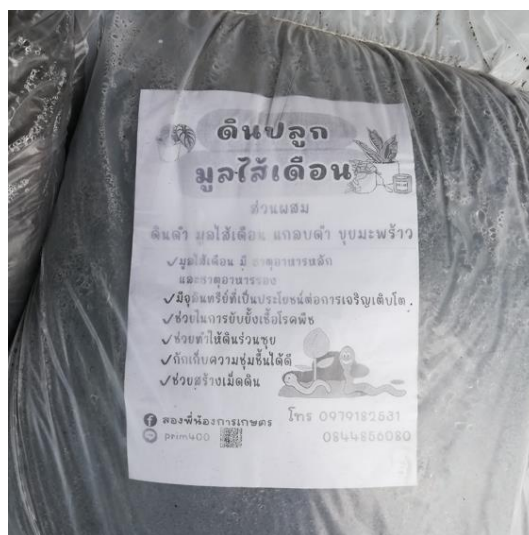
การศึกษาพบว่า การจำหน่ายดินปลูกจะมี 2 รูปแบบ คือ จำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิด โดยแนะนำสูตรดินปลูกให้ลูกค้า ผสมเองเมื่อใช้งานตามสูตรที่แนะนำ เช่น แกลบดิบ แกลบดำ ขุยมะพร้าว ดังภาพที่ 13 (ก) และ ดินปลูกเฉพาะ เช่น ดินปลูกสูตรทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน ดังภาพที่ 13 (ข) ดินปลูกที่ผสมเป็นสูตรเฉพาะแล้ว สามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม ซึ่งใช้ได้ทั้งไม้ดอก ไม้ผล และไม้ทั่วไปทุกชนิด องค์ประกอบหลักของดินปลูกเฉพาะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เช่น ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และวัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น แกลบดำ) และปุ๋ยหมัก (เช่น มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว มูลค้างคาว)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 13 (ก) ตัวอย่างส่วนประกอบของวัสดุเพื่อผสมเป็นดินปลูก (ข) ดินปลูกเฉพาะ เช่น ดินปลูกสูตรทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน

ข้อมูลส่วนประกอบ ในร้านที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นวัสดุปลูกและแนะนำสูตรให้ลูกค้า ร้านที่ 2, 3, 4 และ 5 เป็นดินปลูกสำเร็จรูปที่เตรียมขึ้นโดยกำหนดสูตรไว้แล้ว

ร้านที่ 2 ดินปลูกจะเป็นสูตรดินผสมใบก้ามปู มีขุยมะพร้าวและมะพร้าวสับเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากภาคใต้

ร้านที่ 3 มีสูตรดินปลูก 2 สูตร องค์ประกอบ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (แกลบดิบ กาบมะพร้าวสับ) และปุ๋ยหมัก (ปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับกอง และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน)

ร้านที่ 4 มีสูตรดินปลูก 4 สูตร คือ สูตรดินปลูกทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน ดินปลูกใบก้ามปู ดินปลูกกุหลาบ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว (แกลบดำ แกลบขาว) วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ (ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ) และปุ๋ยหมัก (มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว)

ร้านที่ 5 มีสูตรดินปลูกที่ร้านค้า เรียกว่า สูตรดินปลูกหมักอินทรีย์ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ มูลสัตว์ (มูลวัว มูลไส้เดือน มูลค้างคาว) และ สารประกอบอินทรีย์ อื่น ๆ เช่น ไตรโคเดอร์

ราคาจำหน่าย โดยขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม ราคา 15-25 บาท (กรณีราคาจำหน่ายปลีก) ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท / 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุน 60 % จากราคาขาย (ร้านที่ 4)

ข้อสังเกตที่สำคัญ คือ ทุกร้านยังไม่เคยมีการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของดินปลูก

รายละเอียดรูปแบบดินปลูกที่จำหน่าย, ลักษณะการใช้งานดินปลูก, ราคาขาย (ปลีก-ส่ง) และราคาต้นทุนแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบ ส่วนประกอบ และราคาจำหน่าย

ร้านที่	ส่วนประกอบ	รูปแบบ ราคา	
ร้านที่ 1 (ต.ริมกก อ. เมือง)	แกลบดิบ	รูปแบบ	จำหน่ายส่วนประกอบเฉพาะ แกลบดิบ โดยให้ลูกค้าผสม เองตามสูตรที่แนะนำ โดย แกลบดิบที่นำมาใช้เป็น องค์ประกอบดินปลูกจะต้อง นำไปหมักก่อนการใช้งาน
		รายละเอียดดินปลูก ที่นำเสนอลูกค้า	การนำแกลบดิบมาใช้ มีข้อดี คือ ใช้งานง่าย ราคาถูก แต่ ต้องใช้ปุ๋ยและสารเคมีร่วม ด้วย

ร้านที่	ส่วนประกอบ	รูปแบบ ราคา	
	แกลบดำ	ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	15 บาท / 5 กก
		รูปแบบ	จำหน่ายส่วนประกอบเฉพาะ แกลบดำ โดยให้ลูกค้าผสม เองตามสูตรที่แนะนำ
		รายละเอียดดินปลูก ที่นำเสนอลูกค้า	- รากต้นกล้าจะไม่เน่า - เกิดรากฝอยมาก - น้ำหนักเบา ขนส่งสะดวก ราคาถูก
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	15 บาท / 5 กก
		ข้อสังเกตจากผู้ขาย	- สั่งซื้อแกลบดำจาก จ. นครนายก - แกลบดำใน จ.เชียงราย จัดหายาก และราคาสูง
ร้านที่ 2 (ต.ริมกก อ.เมือง)	ประกอบด้วย ดินใบก้ามปู ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		รายละเอียดดินปลูก ที่นำเสนอลูกค้า	ใช้ได้ทั้งไม้ดอก ไม้ผล ไม้ ทั่วไปทุกชนิด
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	-
		ข้อสังเกตจากผู้ขาย	- ดินใบก้ามปู (หมักไว้ 1 ปี) - ขุยมะพร้าว สั่งซื้อจาก จ.ประจวบคีรีขันธ์ - มะพร้าวสับ สั่งซื้อจาก จ.ประจวบคีรีขันธ์
ร้านที่ 3 (อ.เวียงชัย)	สูตรที่ 1 ดินดำ แกลบดิบ กาบมะพร้าว สับ และปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับ	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 1 กก

ร้านที่	ส่วนประกอบ	รูปแบบ ราคา	
	กอง	ราคาต้นทุน	-
		ข้อสังเกตจากผู้ขาย	ปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับกอง (หมักระยะเวลา 2 เดือน)
	สูตรที่ 2 ดินดำ แกลบดิบ กาบมะพร้าว สับ และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน	รูปแบบ	- นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย	20 บาท / 1 กก
		ราคาต้นทุน	-
ร้านที่ 4 (ต.แม่ยาว อ.เมือง)	สูตรที่ 1 ดินปลูกสูตรทั่วไป ประกอบด้วย ดินดำ แกลบดำ แกลบขาว ชีว ขุยมะพร้าว ดิน	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาจำหน่าย (ส่ง)	15 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	60 % จากราคาขาย
	สูตรที่ 2 ดินปลูกมูลไส้เดือน ประกอบด้วย ดินดำ แกลบดำ ขุยมะพร้าว มูลไส้เดือน	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	25 บาท / 5 กก.
		ราคาจำหน่าย (ส่ง)	20 บาท / 5 กก.
		ราคาต้นทุน	60 % จากราคาขาย
	สูตรที่ 3 ดินปลูกใบก้ามปู ประกอบด้วย ดินดำมะพร้าว สับ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยใบ ก้ามปู	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	25 บาท / 5 กก.
		ราคาจำหน่าย (ส่ง)	20 บาท / 5 กก.
		ราคาต้นทุน	60 % จากราคาขาย
	สูตรที่ 4 ดินปลูกกุหลาบ ประกอบด้วย ดินดำ แกลบดำ แกลบขาว และมูลวัว	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	15 บาท / 5 กก.
		ราคาจำหน่าย (ส่ง)	10 บาท / 5 กก.
		ราคาต้นทุน	60 % จากราคาขาย
ร้านที่ 5 (ต.ท่าสาย)	สูตรดินหมักอินทรีย์ ประกอบด้วย	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้อง ผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม

ร้านที่	ส่วนประกอบ	รูปแบบ ราคา	
อ.เมือง)	-ดิน มาจากใบกำมปู ใบไม้ หลายชนิด และเศษพืช - มูลวัว - มูลไส้เดือน - มูลค่างคาว - สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เช่น ไตรโคเดอร์มา	ราคาจำหน่าย (ปลีก)	25 บาท / 6 กก.
		ราคาจำหน่าย (ส่ง)	15 บาท / 6 กก.

หมายเหตุ เก็บข้อมูลเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2567
กิโลกรัม (กก.)

นอกจากการสำรวจการจำหน่ายจากร้านทั้ง 5 แห่งแล้ว คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ เพื่อดูสถานที่
ผลิตดินปลูก ใน อ.เมือง จ.เชียงราย (ร้านที่ 4) (ค) ภาพที่ 14



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 14 สถานที่ผลิตดินปลูก ใน อ.เมือง จ.เชียงราย (ร้านที่ 4)

ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

1. การสูมตัวอย่างดิน

สูมตัวอย่างดินจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 และ วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง จากความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว จำนวน 12 จุด แต่ละระดับความลึก ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การสุ่มตัวอย่างดิน จากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว

2. ลักษณะกายภาพดิน

จากความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว แต่ละระดับความลึก จำนวน 12 จุด ดังภาพที่ 16 และแบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 4 ส่วนเพื่อนำไปทดสอบดังภาพที่ 17



6 นิ้ว

12 นิ้ว

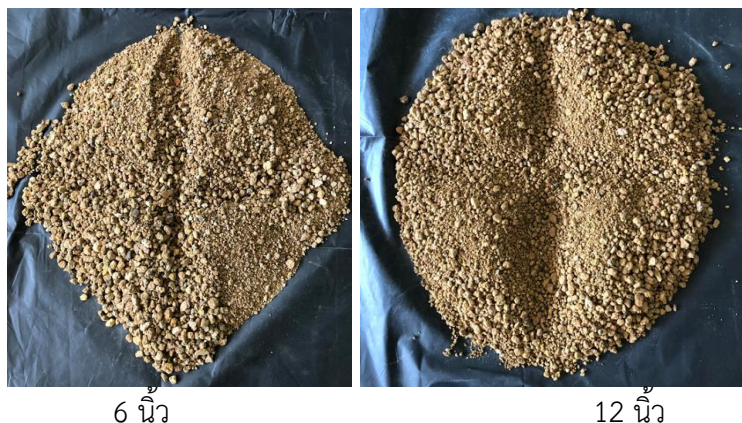
(ก) วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว



6 นิ้ว

12 นิ้ว

(ข) วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว
ภาพที่ 16 ดิน จากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว



(ก) แบ่งตัวอย่างดินจากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว พื้นที่วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99



(ข) แบ่งตัวอย่างดินจากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว พื้นที่เกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง

ภาพที่ 17 แบ่งตัวอย่างดินจากระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว

3. ความเป็นกรด-ด่าง ของดิน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ความลึก 6 และ 12 นิ้ว ดังตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าดินทั้งสองแหล่งมีความเป็นกรด โดยดินจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ ที่ความลึก 6 และ 12 นิ้ว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.99 และ 4.89 ตามลำดับ สำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง ที่ความลึก 6 และ 12 นิ้ว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.56 และ 5.76 ตามลำดับ ทั้งนี้ ดินจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีความเป็นกรดสูงกว่า

ตารางที่ 4 ความเป็นกรด-ด่างของดิน

รายการวิเคราะห์	วิสาหกิจชุมชน เกษตรสร้างสรรค์ 99		วิสาหกิจชุมชน เกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง	
	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว
ความเป็นกรด-ด่าง	4.99	4.89	5.56	5.76

4. ปริมาณความชื้นของดิน

ปริมาณความชื้นของดินที่ความลึก 6 และ 12 นิ้ว ดังตารางที่ 5 ดินจากทั้งสองแหล่งมีความชื้น ระหว่าง 13.65 – 14.95 %

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นของดิน

รายการวิเคราะห์	วิสาหกิจชุมชน เกษตรสร้างสรรค์ 99		วิสาหกิจชุมชน เกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง	
	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว
ความชื้น (%)	13.65	14.79	14.42	14.95

5. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์ดิน 5 รายการ ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ (Organic matter, OM, %) ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (Cation exchange capacity, CEC, cmol(+)/100 g) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen, %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorous, P, mg/kg) และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium, K, mg/kg) ดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุของวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียงสูงกว่า และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่ามากอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ของดินจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าสูงกว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และไนโตรเจนทั้งหมดของทั้งสองแหล่งใกล้เคียงกัน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุจากดินแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าต่ำ 0.37 และ 0.45 % ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว และผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่า 3.15 และ 2.06 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งต่ำมาก ในขณะที่ดินอีกแหล่งหนึ่งมีค่า 17.44 และ 19.16 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งสูงกว่ามาก

ดังนั้น การศึกษานี้จึงนำดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ไปศึกษาการใช้ไบโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน

รายการวิเคราะห์	วิสาหกิจชุมชน เกษตรสร้างสรรค์ 99		วิสาหกิจชุมชน เกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง	
	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว
อินทรีย์วัตถุ (OM, %)	0.45	0.37	1.35	1.43

รายการวิเคราะห์	วิสาหกิจชุมชน เกษตรสร้างสรรค์ 99		วิสาหกิจชุมชน เกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง	
	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว	ความลึก 6 นิ้ว	ความลึก 12 นิ้ว
ความจุประจุบวกที่ แลกเปลี่ยนได้ (CEC, cmol(+)/kg)	8.48	8.16	6.87	6.38
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N, %)	0.03	0.03	0.05	0.06
ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (avai.P, mg/kg)	3.15	2.06	17.44	19.16
โพแทสเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ (exch. K, mg/kg)	27.34	22.70	23.65	29.71

ผลการทดสอบการผลิตไบโอชาร์และคุณสมบัติไบโอชาร์

1. การผลิตไบโอชาร์

ชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา 2 ชนิดได้แก่ ไม้ยางพารา และไม้ไผ่ ดังภาพที่ 18 โดยกำหนดสภาวะการผลิตทั้งหมด 5 ปัจจัย ดังตารางที่ 7 โดยชีวมวลมีคุณสมบัติที่สำคัญและจำเป็นที่วิเคราะห์ได้แก่ ค่าความร้อน (Calorific value, cal/g หรือ MJ/kg)



(ก) ไม้ยางพารา



(ข) ไม้ไผ่

ภาพที่ 18 ชีวมวลที่ใช้ศึกษา (ก) ไม้ยางพารา (ข) ไม้ไผ่

ตารางที่ 7 สภาวะการผลิตไบโอชาร์

ปัจจัยและการวิเคราะห์	ไม้ยางพารา	ไม้ไผ่
น้ำหนักของชีวมวล (กรัม)	500	500
ขนาดของชีวมวล (นิ้ว)	2.50	2.50
อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา ($^{\circ}\text{C}$)	460	460
ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	1	1
อัตราการเกิดปฏิกิริยา ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	35	35

ตารางที่ 8 คุณสมบัติชีวมวลที่ศึกษา

รายการวิเคราะห์	ไม้ยางพารา	ไม้ไผ่
ค่าความร้อน (MJ/kg)	17.88 ± 0.661	17.29 ± 0.013

2. คุณสมบัติไบโอชาร์

ไบโอชาร์ไม้ยางพารา และไบโอชาร์ไม้ไผ่ ดังภาพที่ 19 มีคุณสมบัติที่สำคัญและจำเป็นที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความร้อน (Calorific value, cal/g หรือ MJ/kg)



(ก) ไบโอชาร์-ไม้ยางพารา



(ข) ไบโอชาร์-ไม้ไผ่

ภาพที่ 19 ไบโอชาร์ 2 ชนิด (ก) ไบโอชาร์-ไม้ยางพารา (ข) ไบโอชาร์-ไม้ไผ่

3. ผลวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อน

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อน ประกอบด้วย ค่าความร้อน (Calorific value) ผลได้เชิงปริมาณ (Mass yield, %, Y_m) ผลได้เชิงพลังงาน (energy yield, Y_e) ความหนาแน่นเชิงพลังงาน (Energy densification ratio) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณสมบัติเชิงความร้อน

รายการวิเคราะห์	ไบโอชาร์-ไม้ยางพารา		ไบโอชาร์-ไม้ไผ่	
	ชีวมวล	ไบโอชาร์	ชีวมวล	ไบโอชาร์
น้ำหนักของชีวมวล (กรัม)	500.00		440.57	-
น้ำหนักของไบโอชาร์ (กรัม)	-	119.63	-	139.13
ค่าความร้อนชีวมวล (MJ/kg)	17.88 ± 0.718		17.29 ± 0.013	-

ค่าความร้อนไบโอชาร์ (MJ/kg)	-	31.75 ± 0.414	-	27.61 ± 0.77
ผลได้เชิงปริมาณ (%, Y_m)	-	23.93 ± 0.007	-	31.57 ± 0.005
ผลได้เชิงพลังงาน (%, Y_e)	-	42.51 ± 0.007	-	50.40 ± 0.015
ความหนาแน่นเชิง พลังงาน	-	1.78	-	1.60

ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุปรับปรุงดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

1. สูตรวัสดุปรับปรุงดิน

สูตรดินที่ศึกษาวิเคราะห์จำนวน 7 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย

- ดินควบคุมที่ไม่มีไบโอชาร์ จากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 (G16) และ
- สูตรวัสดุปรับปรุงดิน 6 สูตร ซึ่งใช้ดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ได้แก่
 - ก) ไบโอชาร์-ไม่ยางพารา ผสม ดิน อัตราส่วน 5 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16R5)
 - ข) ไบโอชาร์-ไม่ยางพารา ผสม ดิน อัตราส่วน 10 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16R10)
 - ค) ไบโอชาร์-ไม่ยางพารา ผสม ดิน อัตราส่วน 15 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16R15)
 - ง) ไบโอชาร์-ไม้ไผ่ ผสม ดิน อัตราส่วน 5 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16B5)
 - จ) ไบโอชาร์-ไม้ไผ่ ผสม ดิน อัตราส่วน 10 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16B10)
 - ฉ) ไบโอชาร์-ไม้ไผ่ ผสม ดิน อัตราส่วน 15 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (G16B15)

นำไปทดสอบความเป็นกรด-ด่าง และความชื้นดังตารางที่ 10 พบว่าหลังจากผสมไบโอชาร์ และดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นจาก 4.89 เป็น 5.07 – 5.37 ความชื้นหลังจากผสมมีค่าใกล้เคียงกัน 13.76 – 15.03 (%)

ตารางที่ 10 ความเป็นกรด-ด่าง และความชื้นของวัสดุปรับปรุงดิน

รายการวิเคราะห์	G16	G16R5	G16R10	G16R15	G16B5	G16B10	G16B15
ความเป็นกรด-ด่าง	4.89	5.07	5.11	5.19	5.20	5.21	5.37
ความชื้น (%)	14.79	14.56	13.76	14.12	15.03	14.16	13.69

จะเห็นว่า ดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีความเป็นกรด (ความเป็นกรด-ต่าง 4.86) การใช้ไบโอชาร์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง ในที่นี้ เป็นไบโอชาร์จากยางพารา และ ไม้ไผ่ ผสมลงในดิน ทำให้ดินผสมมีค่าความเป็นกรด-ต่าง สูงขึ้น และเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนไบโอชาร์สูงขึ้น ตัวอย่างดินผสมไบโอชาร์-ยางพารา G16R5, G16R10, G16R15 ความเป็นกรด-ต่างเพิ่ม 0.18, 0.55 และ 0.30 ตามลำดับ ดินผสมไบโอชาร์-ไม้ไผ่ G16B5, G16B10, G16B15 ความเป็นกรด-ต่างเพิ่ม 0.31, 0.32 และ 0.48 ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของดินผสม หรือ วัสดุปรับปรุงดิน แสดงดังตารางที่ 11 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณไนโตรเจนไม่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของดิน G16 (3.15 mg/kg) ดินผสมไบโอชาร์-ยางพารา G16R5, G16R10, G16R15 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มเป็น 17.07, 16.99 และ 17.93 mg/kg ตามลำดับ ดินผสมไบโอชาร์-ไม้ไผ่ G16B5, G16B10, G16B15 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มเป็น 25.49, 41.07 และ 58.61 mg/kg ตามลำดับ

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สำหรับกรณี ดินผสมไบโอชาร์-ไม้ไผ่ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ G16B5, G16B10, G16B15 เป็น 82.72, 119.40 และ 176.20 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ G16 ซึ่งมีค่าเพียง 27.34 mg/kg

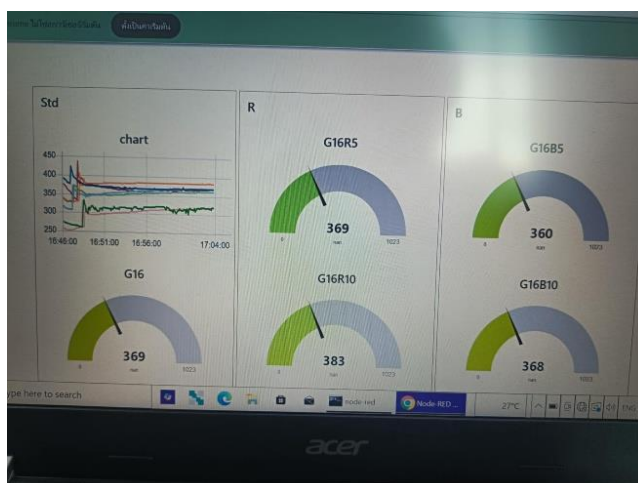
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุปรับปรุงดิน

รายการวิเคราะห์	G16	G16R5	G16R10	G16R15	G16B5	G16B10	G16B15
อินทรีย์วัตถุ (OM, %)	0.45	0.46	0.56	0.53	0.49	0.52	0.56
ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (CEC, cmol(+)/kg)	8.48	7.92	8.24	8.32	7.92	8.00	8.00
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N, %)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avai.P, mg/kg)	3.15	17.07	16.99	17.93	25.49	41.07	58.61
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K, mg/kg)	27.34	35.62	37.40	38.47	82.72	119.40	176.20

การใช้ไบโอชาร์ผสมลงในดิน สามารถปรับปรุงคุณภาพในการนิเวศดินที่มีความเปรี้ยว (Acidic soil) และสามารถส่งเสริมความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) นอกจากนี้ ไบโอชาร์มีหมู่ฟังก์ชันฟีนอลิก คาร์บอกซิล และ ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับไอออน H^+ ที่อยู่ในดิน เหตุผลนี้จึงทำให้จึงทำให้ความเข้มข้นของไอออน H^+ ลดลง ทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้น (Cha, et al., 2016)

2. ลักษณะการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบ

หลังจากทำการผสมถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่กับดินเหนียวที่ได้จากการชักตัวอย่างมาแล้วนั้น จะทำการทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินผสมโดยการแบ่งสัดส่วนการผสมสัดส่วนที่ 5%_M 10%_M และ 15%_M จากวัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านชีวภาพสองชนิดไม้ยางพารา (G16R5, G16R10, G16R15) และไม้ไผ่ (G16B5, G16B10, G16B15) มาทำการบรรจุลงในกระถางอย่างละ 500 g และทำการติดตั้งจุดตรวจวัดความชื้นในดินด้วยการวัดค่าอนาล็อก (Analog) ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอีโน (Arduino) ซึ่ง Arduino นั้นสามารถวัดค่า Analog จากเซนเซอร์ที่ได้มาทำการแปลงค่าจาก 0 - 5 V เป็น 0 - 1023 และเนื่องจากค่า Analog ที่ทำการวัดค่ามาได้นั้นของเซนเซอร์แต่ละตัวค่าความเที่ยงตรงไม่เหมือนกัน เลยต้องใช้การแปลงค่า Analog มาเป็นค่าความชื้นฐานเปียก (Wet based) % ด้วยการตั้งค่าของทุก ๆ กระถางจากการรดน้ำลงดินทดสอบกระถางละ 30 ml และใช้ค่าสูงสุดของจุดที่เซนเซอร์รับมาได้เป็นเวลาเริ่มต้นคิดเป็น 100%_{Wb W} จากนั้นทำการบันทึกเทียบกับเวลาเพื่อหาความชื้นที่ลดลงในดินดังแสดงในภาพที่ 20



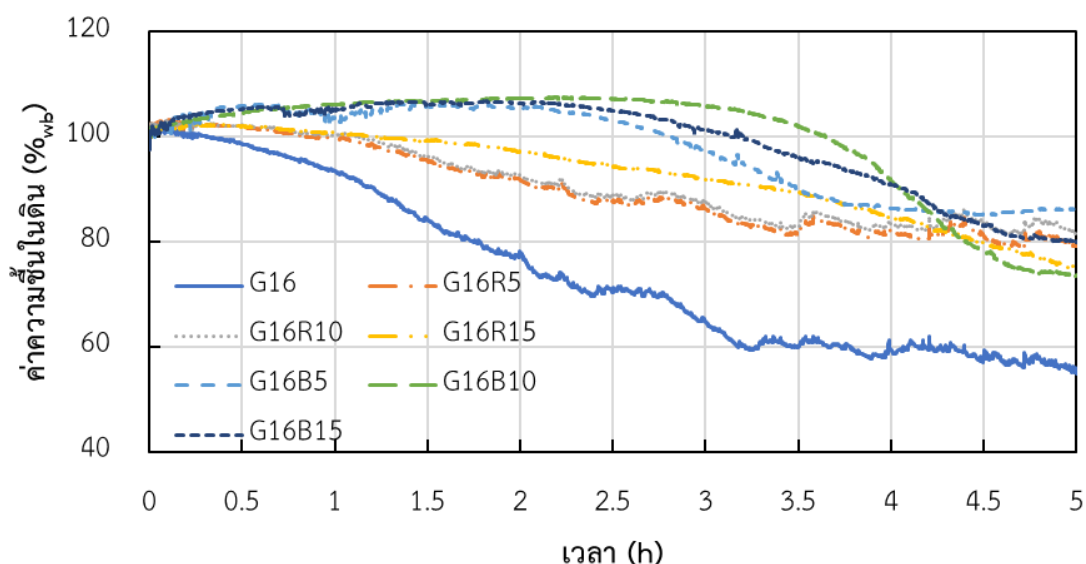
(ก)



(ข)

ภาพที่ 20 (ก) ระบบแสดงผลและบันทึกข้อมูลและ (ข) การติดตั้งจุดตรวจวัดการอุ้มน้ำของดิน

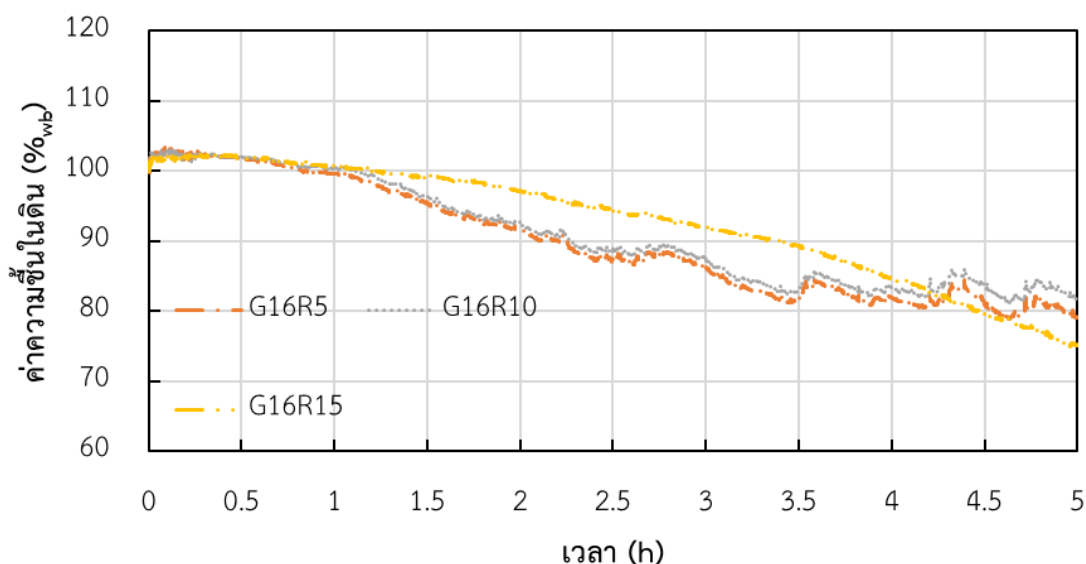
ผลจากการตรวจวัดและทำการแปลงค่า Analog เป็นค่าความชื้นในดินเทียบตามระยะเวลา พบว่า ดินที่ไม่มีการผสมถ่านชีวภาพ (G16) จะมีอัตราการความชื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งใช้เวลาโดยประมาณ 3.25 h ในการคายความชื้นหลังรดน้ำจาก 100%_{wb} ลงมาที่ 60%_{wb} ทำให้ทราบว่าดินชนิดนี้มีการอุ้มน้ำที่ 60%_{wb} แต่เมื่อทำการเทียบกับดินที่มีการผสมถ่านชีวภาพจะอยู่ในช่วง 75-85%_{wb} แม้ว่าจะผ่านไปแล้วที่ 5 h ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 การทดสอบการอุ้มน้ำของดินด้วยการทดสอบการลดลงของความชื้นของตัวอย่างดิน

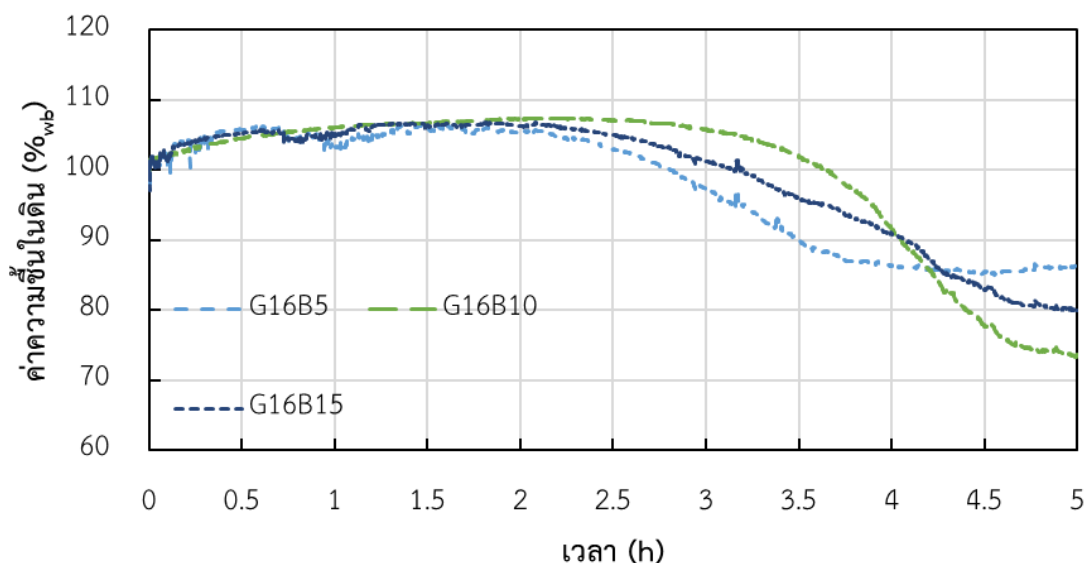
ผลที่ได้ทำการทดสอบการผสมถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา พบว่า ความชื้นของดินจะมีการเพิ่มขึ้นต่อการรดน้ำมาเล็กน้อย และมีอัตราการลดลงของความชื้นลงอย่างต่อเนื่องแต่จะมีอัตราการลดลงที่ช้ากว่าดินที่ไม่มีการผสมถ่านชีวภาพเป็นอย่างมาก และการลดลงของความชื้นในดิน

นั้นของสัดส่วนถ่านชีวภาพของไม้ยางพาราที่ 5% และ 10% (G16R5 และ G16R10) มีอัตราการลดลงที่ใกล้เคียงกันโดย G16R10 มีค่าที่สูงกว่า ค่าความชื้นลดลงคงที่ ที่ $85\%_{wb}$ ในระยะเวลาที่ 3.5 h แต่ G16R15 นั้นยังมีการลดลงอย่างต่อเนื่องในเวลา 5 h แต่จะมีอัตราการลดลงของความชื้นในดินที่ช้ากว่าสองตัวอย่างแรกและค่าความชื้นในดินที่ $8\%_{wb}$ อยู่ที่เวลา 4.25 h ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 การลดลงของความชื้นในดินตัวอย่าง G16R5 G16R10 และ G16R15

ผลที่ได้จากการทดสอบการผสมถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ พบว่า ความชื้นของดินจะมีการเพิ่มขึ้นต่อการรดน้ำมากกว่าดินที่ผสมถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา อีกทั้งมีอัตราการลดลงของความชื้นเริ่มลงมาถึง 2 h และการลดลงของความชื้นในดินนั้นของสัดส่วนถ่านชีวภาพของไม้ไผ่ที่ 5% 10% และ 15% (G16B5 G16B10 และ G16B15) มีอัตราการลดลงที่ต่างกันโดย G16B10 มีการตรึงความชื้นที่สูงที่สุดแต่เมื่อค่าความชื้นในดินลดลงมีการลดลงอย่างต่อเนื่องไปถึง $75\%_w$ ในระยะเวลาประมาณ 7.5 h G16B15 ลดลงมาถึงที่ $80\%_w$ ในเวลาในเวลา 4.25 h และ G16B5 มีค่าความชื้นในดินคงที่ที่ $85\%_w$ อยู่ที่เวลา 3.75 h ดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 การลดลงของความชื้นในดินตัวอย่าง G16B5 G16B10 และ G16B15

ทั้งนี้การเลือกวัสดุปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกนั้นยังต้องพิจารณาอีกหลายปัจจัยในนอกเหนือจากการอุ้มน้ำของดิน อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้ทำการทดสอบนี้ได้ทำขึ้นมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดุยโอโน้ และเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ได้ค่าจากการตรวจวัดออกมาเป็นค่าอนาล็อก ไม่ได้เป็นค่าความชื้นโดยตรงทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่มาก แต่แนวคิดของเครื่องมือชิ้นนี้ คือ การนำเทคโนโลยีที่ชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถเข้าถึงได้อย่างง่าย และไม่มีความซับซ้อนในการใช้งานสามารถประยุกต์ใช้กับระบบตรวจวัดต่าง ๆ ได้

ต้นทุนวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์

5.1 ต้นทุนการผลิตไบโอชาร์และดินปลูกฐานไบโอชาร์ (ผสมไบโอชาร์) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ต้นทุนการผลิตไบโอชาร์โดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีและดินปลูกฐานไบโอชาร์

รายการ	ราคา (บาท)
ราคาชีวมวลไม้ไผ่ (2 บาท/กิโลกรัม) ใช้ 3.5 กิโลกรัมต่อการทดลอง 1 ครั้ง	7
เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี (อ้างอิงจากผลในหองปฏิบัติการ) ต่อไบโอชาร์ 1 กก.	29
ราคาไบโอชาร์/กิโลกรัม	36
ไบโอชาร์ 15 กรัม (ส่วนผสม ไบโอชาร์ 15 กรัม ในดิน 1 กิโลกรัม)	0.54
ดินปลูก/กิโลกรัม	2-5
บรรจุภัณฑ์ ป้ายสินค้า/กิโลกรัม	17 - 19
ราคาดินปลูกผสมไบโอชาร์/กิโลกรัม	20 - 25

- หมายเหตุ**
- 1.ราคาดินปลูกอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่
 - 2.การคำนวณราคาดินคิดจากรถบรรทุก 6 ล้อเล็ก (ขนาด 1.9*3.5*0.6 ม.)
 - 3.ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลงตามบรรจุภัณฑ์และปริมาณการสั่งซื้อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน

มีการศึกษาพบว่า ไบโอชาร์ที่ผลิตจากอุณหภูมิปานกลางระหว่าง 400-500 °C มีข้อได้เปรียบในการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (Tomczyk, Sokotowska, & Boguta, 2020) ผลการบรรจุภัณฑ์จากโครงการวิจัยนี้ แสดงภาพที่ 24

B C S ย่อมาจาก Biochar Soil สื่อความหมายถึง ดินที่มีส่วนผสมของไบโอชาร์



ภาพที่ 24 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดิน

โมเดลธุรกิจดินปลูก/ดินที่มีไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐานที่ได้จากการศึกษา

โมเดลธุรกิจ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ แนวทางที่ธุรกิจจะสร้างรายได้ และ ลูกค้าที่ใช้สินค้าและบริการจะได้รับคุณค่าได้อย่างไร โดยมีส่วนประกอบของโมเดลธุรกิจ หรือ Business Model Canvas (BMC) 9 ส่วน คือ พันธมิตรหลัก (Key partner) กิจกรรมหลัก (Key activities) ทรัพยากรหลัก (Key Resources) การเสนอคุณค่า (Value proposition) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer relationship) กลุ่มลูกค้า (Customer segment) ช่องทาง (Channel) โครงสร้างต้นทุน (Cost structure) และ กระแสรายได้ (Revenue streams)

ข้อมูลจากการสำรวจ สามารถสร้างแผนธุรกิจดินปลูกที่มีฐานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

Key Partners	Key Activities	Value Proposition	Customer Relationships	Customer Segments
ผู้ผลิตวัตถุดิบ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์, ดิน จัดจำหน่ายและร้านค้าอุปกรณ์ การเกษตรแพลตฟอร์มออนไลน์และผู้ให้บริการขนส่ง สถาบันการวิจัยและพัฒนาการเกษตร สถาบันการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตร	การทำ การตลาดและประชาสัมพันธ์ การจัดจำหน่ายและ การจัดการช่องทางการขาย การวิจัยและพัฒนาสูตรดินปลูกการผลิตและบรรจุ กัญต์ดินปลูก การให้บริการลูกค้าและการติดตามผลการใช้	ใช้ไบโอชาร์ (Biochar) เป็นส่วนผสม ในดินปลูกที่มีคุณภาพสูง เหมาะ สำหรับพืชหลากหลายชนิด ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับ คุณภาพและต้นทุนใช้ส่วนผสมจาก ธรรมชาติ ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	การให้คำปรึกษาด้าน การใช้ดินปลูกและ การปลูกพืช บริการหลังการขาย เช่น การให้บริการ นำส่งสินค้า, การ ติดตามผลการ นำไปใช้, โปรโมชัน และส่วนลดพิเศษ สำหรับลูกค้าประจำ สื่อสารผ่านโซเชียล มีเดียและแอปพลิเคชันต่าง ๆ	เกษตรกรราย ย่อยและราย ใหญ่เจ้าของ สวนและไร่ ผู้ประกอบการ ธุรกิจจัดสวน และภูมิทัศน์ ผู้ที่สนใจปลูก ต้นไม้ในบ้าน หรือสวน ส่วนตัว
	Key Resources		Channels	
	แหล่งวัตถุดิบ สำหรับผลิต ดินปลูก เช่น ปุ๋ยอินทรีย์, ดิน, เครื่องจักร อุปกรณ์ สำหรับผลิต และบรรจุ กัญท์ ทีมงานวิจัย		ร้านขายพันธุ์พืช และ ร้านขายอุปกรณ์ทาง การเกษตร แพลตฟอร์มออนไลน์ การขายตรงให้กับ เกษตรกรหรือ ผู้ประกอบการ งานแสดงสินค้าและ งานเกษตร ตัวแทนจำหน่ายที่ เป็นสมาชิกวิสาหกิจ	

	และพัฒนา ผลิตภัณฑ์ คลังสินค้าและ ศูนย์กระจาย สินค้า ที่ ม ง าน การตลาดและ การขาย		ชุมชน	
Cost Structure		Revenue Streams		
ต้นทุนวัตถุดิบ เช่น ปุ๋ย อินทรีย์, ดิน ต้นทุนการผลิตและบรรจุ ภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายด้านการตลาด ประชาสัมพันธ์ ค่าจ้างพนักงานและทีมงาน ค่าเช่า หรือค่าใช้จ่ายในการ ออกขายนอกพื้นที่		ขายดินปลูกแบบเป็นถุงและเป็นกิโลกรัม ขายเป็นแพ็คเกจสำหรับลูกค้าองค์กรหรือธุรกิจจัดสวน บริการจัดส่งดินปลูกถึงที่ รายได้จากการให้คำปรึกษาและจัดสัมมนาเกี่ยวกับการปลูกพืช		

การเผยแพร่ผลงานในงานประชุมวิชาการ

GNRU24 "การเรียนรู้ที่ยั่งยืน ในสังคมยุคดิจิทัล
Learning in the Digital Society"



มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

อรรถวรรณ คุ่มถนอม, ปรานต์ เมฆอากาศ, จินดา ศิริตา และนางนุช ศรีเล็ก

ได้ร่วมเข้านำเสนอผลงาน ประเภทบรรยาย (Oral Presentation)

ในการประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ (GNRU) ครั้งที่ 24
โดยสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย (สพบท.)
และสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย ร่วมกับ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ (GNRU)
วันที่ 6 กันยายน 2567



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญดา pongphakya)
รักษาราชการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ศรีเรืองฤทธิ์)
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์



759

การศึกษารูปแบบดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรใน ชุมชนเพื่อเป็นแนวทางในการนำไบโอชาร์ผลิตเป็นองค์ประกอบดินปลูก

The Study of Soil Culture in Local Shops to Model the Biochar-based Soil Culture

อรวรรณ ขุ่มถนอม¹ ปราณต์ เมฆอาภาศ¹ จินดา ศิริตา² นงนุช ศรีเล็ก^{1*}
Orawan Khumthanaom¹ Pran Makarkard¹ Jinda Sirita² Nongnoot Srilek^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ถนนพหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100
Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Phaholyotin Rd. Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ถนนพหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100
Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Phaholyotin Rd. Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

*Corresponding author e-mail: k_nongnoot@hotmail.com โทร. 08633830698

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาารูปแบบดินปลูก ส่วนประกอบ และราคาจำหน่ายดินปลูกจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน โดยใช้แบบสอบถามเป็นแนวทางการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และเก็บข้อมูลจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเวียงชัย และอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จำนวน 5 ร้าน เพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน การศึกษาพบว่ากรจำหน่ายดินปลูกจะมี 2 รูปแบบ คือ จำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิดโดยแนะนำสูตรดินปลูกให้ลูกค้า และ ดินปลูกเฉพาะ องค์ประกอบหลักของดินปลูกเฉพาะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เช่น ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และวัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น แกลบดำ) และปุ๋ยหมัก (เช่น มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว มูลค่างควา) ดินปลูกเฉพาะสูตรทั่วไปราคาจำหน่ายปลีก โดยมีราคาตั้งแต่กิโลกรัมละ 3 บาท - กิโลกรัมละ 20 บาท ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท ต่อ 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุนอยู่ที่ร้อยละ 60 จากราคาขาย ทั้งนี้ ทุกร้านยังไม่เคยมีการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของดินปลูก นอกจากนี้ยังได้สร้างโอกาสทางธุรกิจชุมชนโดยนำเสนอโมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐานอีกด้วย

คำสำคัญ: ดินปลูก; วัสดุปลูก; วัสดุปรับปรุงดิน; ไบโอชาร์

ABSTRACT

This research aims to investigate the soil culture formula, usage, and market price of the five local shops in Amphoe Wiang Chai and Amphoe Muang Chiang Rai. The questionnaires were designed using structured selection interview to find out the possibility of producing the Biochar-based soil amendment culture. The study showed that the local soil culture market is divided into 2 types: separating the individual components with recommended formula and mixed soil culture. The three main compositions of mixed soil culture were black soil, media culture (untreated types such as coir dust, chopped coconut skin, and treated types such as rice husk, charcoal), and compost (such as vermicomposting, rain tree leaves, cow dung, bat droppings). The retail price was 3-20 Baht/kilograms with packaging of 5 kg. Soil culture of

ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีเผยแพร่องค์ความรู้จำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่ (1) การผลิตไบโอชาร์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (2) การผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานชีวมวล ดังภาพที่ 25



(ก)



(ข)



(A)



(B)



(၇)



(၈)



(ข)



(ค)



(ဇ)



(ဇ)



(ឃ្ល)



(ង)



(๘)



(๙)



(๗)



(๘)

ภาพที่ 25 กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี (ก) - (๘)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ไบโอชาร์เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินนี้ จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ พัฒนาการกระบวนการผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ พัฒนาวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเก็บข้อมูลจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเวียงชัย และอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จำนวน 5 ร้าน พบว่า การจำหน่ายดินปลูกจะมี 2 รูปแบบ คือ จำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิดโดยแนะนำสูตรดินปลูกให้ลูกค้า และ ดินปลูกเฉพาะ

2. องค์ประกอบหลักของดินปลูกเฉพาะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เช่น ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และวัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น แกลบดำ) และปุ๋ยหมัก (เช่น มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว มูลค่างคาว)

3. ดินปลูกเฉพาะสูตรทั่วไป ราคาจำหน่ายปลีกขนาดบรรจุตั้งแต่ 1 - 5 กิโลกรัม ราคา 15-25 บาท ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท ต่อ 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุนร้อยละ 60 จากราคาขาย

4. ดินจากทั้งสองแหล่งมีความเป็นกรด โดยวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าความเป็นกรด 4.99 และ 4.89 ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ส่วนวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีแห่งความพอเพียง มีความเป็นกรด 5.56 และ 5.76 ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ทั้งนี้จะเห็นว่าดินจากระดับความลึกต่างกัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันมากนัก และดินจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีความเป็นกรดมากกว่า

5. ความชื้นของดินที่จากทั้งสองแหล่งมีความชื้น ระหว่าง 13.65 – 14.95 %

6. ปริมาณอินทรีย์วัตถุจากดินแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าต่ำ 0.37 และ 0.45 % ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่า 3.15 และ 2.06 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งต่ำมาก ส่วนดินจากอีกแหล่งหนึ่งมีค่า 17.44 และ 19.16 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งสูงกว่ามาก ดังนั้น การศึกษานี้จึงนำดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ไปศึกษาการใช้ไบโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

7. สภาพการผลิไบโอชาร์ที่ได้จากการศึกษานี้ คือ อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา 460 °C ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง และอัตราการเกิดปฏิกิริยา 35 °C/min นอกจากนี้ ขนาดของชีวมวล ในการศึกษา มีขนาด 2.50 นิ้ว

8. ค่าความร้อนของชีวมวล ไหมย่างพารา ไผ่ไผ่ ไบโอชาร์-ไหมย่างพารา และไบโอชาร์-ไผ่ไผ่ มีค่าเป็น 17.88 ± 0.718 , 17.29 ± 0.013 , 31.75 ± 0.414 และ 27.61 ± 0.77 MJ/kg ตามลำดับ

9. ผลได้เชิงปริมาณของไบโอชาร์ ไหมย่างพารา และไบโอชาร์ ไผ่ไผ่ เป็น 23.93 ± 0.007 % และ 31.57 ± 0.005 %

10. ผลได้เชิงพลังงานของไบโอชาร์ ไหมย่างพารา และไบโอชาร์ ไผ่ไผ่ เป็น 42.51 ± 0.007 % และ 50.40 ± 0.015 %

11. ความหนาแน่นเชิงพลังงานของไบโอชาร์ ไหมย่างพารา และไบโอชาร์ ไผ่ไผ่ เป็น 1.78 และ 1.60

12. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter, OM) จากดินแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีค่าต่ำ 0.37 และ 0.45 % ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) มีค่า 3.15 และ 2.06 (mg/kg) ที่ระดับความลึก 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งต่ำมาก ดังนั้น การศึกษานี้จึงนำดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ไปศึกษาการใช้ไบโอชาร์เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

13. ดินจากแหล่งวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 มีความเป็นกรด (ความเป็นกรด-ด่าง 4.86) การใช้ไบโอชาร์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง ในที่นี้ เป็นไบโอชาร์จากยางพารา และ ไผ่ไผ่ ผสมลงในดิน ทำให้ดินผสมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงขึ้น และเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนไบโอชาร์สูงขึ้น ตัวอย่างดินผสมไบโอชาร์-ยางพารา G16R5, G16R10, G16R15 ความเป็นกรด-ด่างเพิ่ม 0.18, 0.55 และ 0.30 ตามลำดับ ดินผสมไบโอชาร์-ไผ่ไผ่ G16B5, G16B10, G16B15 ความเป็นกรด-ด่างเพิ่ม 0.31, 0.32 และ 0.48 ตามลำดับ

14. ปริมาณไนโตรเจนไม่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

15. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 17.07-17.93 mg/kg และ 25.49-58.61 mg/kg สำหรับไบโอชาร์จากไหมย่างพาราและไผ่ไผ่ตามลำดับ

16. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้ไบโอชาร์ไผ่ไผ่ 82.72-176.20 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับดินซึ่งมีค่าเพียง 27.34 mg/kg

17. การใช้ไบโอชาร์สามารถเพิ่มคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินได้มากกว่า 75%_{wb} ในเวลาที่ยาวนานกว่า 5 h

18. ผลผลิตขั้นต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ คือ ได้สูตรดินปลูกที่ผสมไบโอชาร์ 15 g ต่อดิน 1 kg โดยมีต้นทุนของไบโอชาร์อยู่ที่ 36 บาท/kg และเมื่อนำไปผสมดินพร้อมปลูกแล้วจะมีราคาต้นทุนอยู่ที่ 20-25 บาท/kg

19. มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเผยแพร่องค์ความรู้จำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่ การผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และการผลิตวัสดุปรับปรุงดินฐานชีวมวล

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาสูตรดินปลูกที่เหมาะสม จำเพาะกับชนิดพืชและพัฒนาเป็นธุรกิจเพื่อสร้างรายได้ให้กับวิสาหกิจชุมชน

บรรณานุกรม

- Aguiar, E. C., Gascó, G., & Paz-Ferreiro, J. (20147). The effect of biochar and compost from urban organic waste on plant biomass and properties of an artificially copper polluted soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 223-232.
- Asada, T., Ishihara, S., Yamane, T., Toba, A., Yamada, A., & Oikawa, K. (2002). Science of Bamboo Charcoal: Study on Carbonizing Temperature of Bamboo Charcoal and Removal Capability of Harmful Gases. *Journal of Health Science*, 473-479.
- Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design. UK: Elsevier Inc.
- Bin Zhao, D. O. (2018). Effect of pyrolysis temperature, heating rate, and residence time on rapeseed stem derived biochar. *Journal of Cleaner Production*, 977-98.
- Cha, J. S., Park, S. H., Jung, S.-C., Ryu, C., Jeon, J.-K., Shin, M.-C., & Park, Y.-K. (2016). Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 1-15.
- Correa, C. R., Hehr, T., Voglhuber-Slavinsky, A., Rauscher, Y., & Kruse, a. (2019). Pyrolysis vs. hydrothermal carbonization: Understanding the effect of biomass structural components and inorganic compounds on the char properties. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 140, 137-147.
- Ding, W., Dong, X., Ime, I. M., Gao, B., & Ma, L. Q. (2014). Pyrolytic temperatures impact lead sorption mechanisms by bagasse biochars. *Chemosphere*, 68-74.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., . . . Zheng, B. (2016). Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36:36.
- Fathy, N., Ahmed, S., & El-enin, R. (2012). Effect of Activation Temperature on Textural and Adsorptive Properties for Activated Carbon derived from Local Reed Biomass: Removal of p-Nitrophenol. *Environmental Research, Engineering and Management*, 10-22.

- Gwenzi, W., Nyambishi, T. J., Chaukura, N., & Mapope, N. (2018). Synthesis and nutrient release patterns of a biochar-based N-P-K slow-release fertilizer. *International journal of environmental science and technology*, 405-414.
- Hernández-Montoya, V., & Bonilla-Petriciolet, A. (2012). Lignocellulosic Precursors used in the Synthesis of Activated Carbon: Characterization Techniques and Applications in the Wastewater Treatment.
- Hernández-Montoya, V., & Bonilla-Petriciolet, A. (n.d.). Lignocellulosic Precursors used in the Synthesis of Activated Carbon: Characterization Techniques and Applications in the Waste Water Treatment.
- Initiative, I. B. (2024, October). *International Biochar Initiative*. Retrieved 2024, from <https://biochar-international.org/>
- Kaouah, F., Boumaza, S., Berrama, T., Trari, M., & Bendjama, Z. (2013). Preparation and characterization of activated carbon from wild olive cores (oleaster) by H₃PO₄ for removal of Basic Red 46. *Journal of cleaner Production*, 296-306.
- Kim, K. H., Kim, J.-Y., Cho, T.-S., & Choi, J. W. (2012). Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (*Pinus rigida*). *Bioresource Technology*, 158-162.
- lee, X. j., Lee, L. Y., Gan, S., Thangalazhy-Gopakumar, S., & Ng, H. K. (2017). Biochar potential evaluation of palm oil wastes through slow pyrolysis: Thermochemical characterization and pyrolytic kinetic studies. *Bioresource Technology*, 155-163.
- Lestari, U., Farid, F., & Fudholi, A. (2019). Formulation and effectivity test of deodorant from activated charcoal of palm shell as excessive sweat adsorbent on body. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 193-196.
- Pandian, K., Vijayakumar, S., Mustafa, M. r., Subramanian, P., & Chitraputhirapillai, S. (2024). Biochar-a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review. *Frontiers in Soil Science*.

- R, C. (n.d.). Pyrolysis vs. hydrothermal carbonization: Understanding the effect of biomass structural components and inorganic compounds on the char properties.
- Rahman, M. M., Adil, M., Yusof, A. M., Kamaruzzaman, Y. B., & Ansary, R. H. (2014). Removal of Heavy Metal Ions with Acid Activated Carbons Derived from Oil Palm and Coconut Shells. *Materials*, 3634-3650.
- Salman, J. M., Njoku, V. O., & H.Hameed, B. (2011). Bentazon and carbofuran adsorption onto date seed activated carbon: Kinetics and equilibrium. *Chemical Engineering Journal*, 361-368.
- Srilek, N., & Pruk, A. (2021). Physical and chemical characteristics of carbonized corncob through hydrothermal and pyrolysis conversion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1137, 012004.
- Srilek, N., Makarkard, P., Nunto, W., Putthawan, P., & Leckpool, S. (2022). Proximate Analysis Based Higher Heating Value Correlation of Biomass and Biochar from Cacao Husk and Corncob. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 15(1), 13-25.
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 191-215.
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 191-215.
- wang, C., Luo, D., Zhang, X., Huang, R., Cao, Y., Liu, G., . . . Wang, H. (2022). Biochar-based slow-release of fertilizers for sustainable agriculture : A mini review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 100167.
- YUAN, J.-H., XU, R.-K., WANG, N., & LI, J.-Y. (2011). Amendment of Acid Soils with Crop Residues and Biochars. *Pedosphere*, 302-308.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ก. (2568).
- คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. (2541).

- คู่มือการดำเนินโครงการส่งเสริมการนำวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและเศรษฐกิจชุมชน ประจำปี พ.ศ.2565-2568. (2567).
- ปู้คำปวง, ว., ประเสริฐสินธ์, ท., วนะชีวิน, อ., พุทธรังษี, พ., อิทธิกุล, น., ศรีเล็ก, น., & อุประกุล, อ. (2564). *การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าโกโก้ของจังหวัดเชียงราย*. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- เมฆอากาศ, ป., ศรีสุวรรณ, ว., เหล็กพูล, ส., คนแรง, จ., งามสมภาค, ป., สว่างศิลป์, ก., . . . ศรีเล็ก, น. (2567). การศึกษาการไฟโรไลซิสชีวมวลเพื่อผลิตไบโอชาร์ด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว. *การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10*, (pp. 994-1004). เชียงใหม่.
- เมฆอากาศ, ป., เหล็กพูล, ส., ศรีเล็ก, น., & ศรีสุวรรณ, ว. (2565). การศึกษาศักยภาพทางการกักเก็บพลังงานของตัวเก็บประจุยิ่งยวดชนิดอิเล็กโทรดเคมีกัลป์สองชั้นด้วยคาร์บอนชีวภาพอิเล็กโทรด. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 36 (ME-NETT 2022) "นวัตกรรมสู่วิถีชีวิตดีไป"*. อ.หวัหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย.
- วิริยะกิจนทีกุล, ว., & เกิดชนะ, ช. (2559). *คู่มือการวิเคราะห์ที่ดินทางกายภาพและการแปลผลเพื่อการสำรวจและจำแนกดิน*. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศรีเล็ก, น., เมฆอากาศ, ป., นันโท, ว., พุทธรังษี, พ., & เหล็กพูล, ส. (2565). สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าความร้อนสูงด้วยค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของชีวมวลและถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และซังข้าวโพด. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 15(1)*, 13-25.
- อุประกุล, อ., & ศรีเล็ก, น. (2564). เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่งชีวภาพจากชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อใช้ในชุมชน กรณีศึกษาชุมชนสันมะค่า จ.เชียงราย. *การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ครั้งที่ 1*, (pp. 1155-1167). อ.เมือง จ.เชียงราย ประเทศไทย.

ภาคผนวก 1

ตัวอย่างข้อมูลดิบพารามิเตอร์สำหรับการผลิตไบโอชาร์ด้วยไพโรไลซิส

เวลา	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	อุณหภูมิ (°C)
12:24:50	32.25	14:19:16	379.50
12:25:00	32.25	14:19:26	379.25
12:25:10	31.75	14:19:36	378.75
12:25:20	31.50	14:19:46	378.75
12:25:30	31.75	14:19:56	379.00
12:25:40	32.25	14:20:06	378.75
12:25:50	32.25	14:20:16	378.50
12:26:00	32.25	14:20:26	379.50
12:26:10	32.75	14:20:36	379.00
12:26:20	32.75	14:20:46	379.50
12:26:30	32.50	14:20:56	379.00
12:26:40	34.00	14:21:06	378.00
12:26:50	34.00	14:21:16	377.75
12:27:00	34.75	14:21:26	377.50
12:27:10	35.25	14:21:36	376.50
12:27:20	36.00	14:21:46	375.75
12:27:30	36.50	14:21:56	375.25
12:27:40	38.50	14:22:06	375.00
12:27:50	39.25	14:22:16	374.00
12:28:00	40.50	14:22:26	372.50
12:28:10	42.50	14:22:36	372.00
12:28:20		14:22:46	371.00

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ



759

การศึกษารูปแบบดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรใน ชุมชนเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปโอชาร์ผลิตเป็นองค์ประกอบดินปลูก The Study of Soil Culture in Local Shops to Model the Biochar-based Soil Culture

อรวรรณ ขุ่มถนอม¹ ปราณต์ เมฆอาภาศ¹ จินดา ศิริตา² นงนุช ศรีเล็ก^{1*}
Orawan Khumthanaom¹ Pran Makarkard¹ Jinda Sirta² Nongnoot Silek^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ถนนพหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100
Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Phaholyotin Rd. Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ถนนพหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100
Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Phaholyotin Rd. Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

*Corresponding author e-mail: k_nongnoot@hotmail.com โทร. 08633830698

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาแบบดินปลูก ส่วนประกอบ และราคาจำหน่ายดินปลูกจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน โดยใช้แบบสอบถามเป็นแนวทางการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และเก็บข้อมูลจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเวียงชัย และอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จำนวน 5 ร้าน เพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน การศึกษาพบว่ากรจำหน่ายดินปลูกจะมี 2 รูปแบบ คือ จำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิดโดยแนะนำสูตรดินปลูกให้ลูกค้า และ ดินปลูกเฉพาะ องค์ประกอบหลักของดินปลูกเฉพาะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เช่น ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และวัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น แกลบดำ) และปุ๋ยหมัก (เช่น มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว มูลค่างควา) ดินปลูกเฉพาะสูตรทั่วไปราคาจำหน่ายปลีก โดยมีราคาตั้งแต่กิโลกรัมละ 3 บาท - กิโลกรัมละ 20 บาท ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท ต่อ 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุนอยู่ที่ร้อยละ 60 จากราคาขาย ทั้งนี้ ทุกร้านยังไม่เคยมีการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของดินปลูก นอกจากนี้ยังได้สร้างโอกาสทางธุรกิจชุมชนโดยนำเสนอโมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐานอีกด้วย

คำสำคัญ: ดินปลูก; วัสดุปลูก; วัสดุปรับปรุงดิน; ไบโอชาร์

ABSTRACT

This research aims to investigate the soil culture formula, usage, and market price of the five local shops in Amphoe Wiang Chai and Amphoe Muang Chiang Rai. The questionnaires were designed using structured selection interview to find out the possibility of producing the Biochar-based soil amendment culture. The study showed that the local soil culture market is divided into 2 types: separating the individual components with recommended formula and mixed soil culture. The three main compositions of mixed soil culture were black soil, media culture (untreated types such as coir dust, chopped coconut skin, and treated types such as rice husk, charcoal), and compost (such as vermicomposting, rain tree leaves, cow dung, bat droppings). The retail price was 3-20 Baht/kilograms with packaging of 5 kg. Soil culture of

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



vermicomposting and rain tree leave were 25 Baht/5 kilograms higher than other formulas. The cost was 60 % of the selling price for all soil cultures. So, the local shop never tested the quality of the soil formula. In addition, this study proposes the business model of the biochar-based soil culture.

Keywords: Soil culture; Media culture; Soil amendment; Biochar

บทนำ

ดินมีความสำคัญกับการปลูกพืชทุกชนิด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นแหล่งเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเช่นจังหวัดเชียงราย คุณสมบัติของดินจึงได้รับความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ศคินิภา อองอาจ และคณะ (2563) ศึกษาวัสดุปลูก 4 สูตร คือ วัสดุปลูกทรายผสมขุยมะพร้าว วัสดุปลูกทรายผสมถ่านกลบ วัสดุปลูกทรายผสมมูลไส้เดือน และวัสดุปลูกทรายผสมกากตะกอนอ้อย ในอัตราส่วน 1:1 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแตงเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยลักษณะกายภาพของวัสดุปลูกหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งได้แก่ ความยาวของเถา น้ำหนักผลสด ขนาดผล ความหนาแน่นเนื้อ ความหวาน ความหนาแน่นและการยุบตัวของวัสดุปลูก พบว่า วัสดุปลูกทรายผสมขุยมะพร้าว และวัสดุปลูกทรายผสมกากตะกอนอ้อย ทำให้เถามีความยาวมากที่สุด วัสดุปลูกผสมมูลไส้เดือนให้ความหวานสูงสุด ทั้งนี้ ดิน วัสดุปลูกไม่มีผลต่อขนาดผลและความหนาแน่นเนื้อ วัสดุปลูกทรายผสมขุยมะพร้าวมีความหนาแน่นรวมและยุบตัวน้อยที่สุดโดยวัสดุปลูกทั้ง 4 สูตร สามารถปลูกแตงเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ สุริวัฒน์ ช่วยบำรุง (2564) ศึกษาผลของส่วนผสมวัสดุปลูก จำนวน 5 สูตร คือ กาบมะพร้าวอย่างเดียว กาบมะพร้าว : ปุ๋ยคอก (1:1) กาบมะพร้าว : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก (1:1:1) กาบมะพร้าว : ถ่านกลบ : ปุ๋ยคอก (1:1:1) ทรายหยาบ : ดินร่วน : ขุยมะพร้าว (1:1:1) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสับปะรดสี สกุลบิลเบอเกียในด้านสรีรวิทยา ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ และด้านผลผลิต ได้แก่ จำนวนหน่อ ความสูงหน่อ จำนวนราก รวมถึงมีการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ต้นทุนการผลิตวัสดุปลูกแต่ละสูตร

ในจังหวัดทางภาคเหนือมีผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและกลุ่มเกษตรกรหลายชนิด ได้แก่ ข้าว โกโก้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง อ้อย ลำไย ปาล์ม พางข้าว เป็นต้น ซึ่งมีศักยภาพในแง่ปริมาณผลผลิตมาก (นงนุช ศรีเล็ก และคณะ, 2565) หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ชีวมวล (Biomass) เหล่านี้ สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นวัสดุคาร์บอนด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical biomass conversion) ในรูปของแข็งเรียกว่า ไบโอชาร์ (Biochar) เพื่อเป็นถ่านชีวภาพ (พรโพลิน โจห์มัน และคณะ, 2566) ถ่านอัดแท่ง (อัญญา อุประกุล และ นงนุช ศรีเล็ก, 2564; อภินันท์ ยนต์วงษ์ และคณะ, 2566) มีการศึกษาที่กว้างขวางที่แสดงให้เห็นว่าไบโอชาร์มีศักยภาพในการดูดซับสารอาหาร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไบโอชาร์ (Gwenzi et al., 2018) การดูดซับมลพิษอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินและสารปนเปื้อนอินทรีย์ ได้แก่ สารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง สารฆ่าเชื้อรา สารเคมีทางอุตสาหกรรม เช่น โพลีไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารที่เป็นยาปฏิชีวนะ และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น บิวทานอล เบนซีน เป็นต้น (กรกนก โกศล, 2022)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษารูปแบบดินปลูก ส่วนประกอบ และราคาจำหน่ายดินปลูกจากร้านจำหน่ายต้นไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน จำนวน 5 ร้าน ซึ่งตั้งในอำเภอเวียงชัย 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงรายจำนวน 4 ร้าน โดยใช้แบบสอบถามสำรวจข้อมูล รูปแบบดินปลูก ลักษณะการใช้งาน และราคาจำหน่ายดินปลูก เพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน (Biochar-Based Soil amendment) โดยไบโอชาร์จะผลิตจากวัสดุเหลือใช้

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



761

ทางเกษตรที่มีจำนวนมากในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เป็นการเพิ่มมูลค่า ส่งเสริมให้ชุมชนได้ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เกิดความยั่งยืนขึ้นในชุมชนได้ ทั้งนี้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอโมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน เพื่อเป็นการเปิดโอกาสการสร้างธุรกิจให้กับชุมชน

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาสภาวะปัจจุบันของดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษารูปแบบดินปลูก ส่วนประกอบ และราคาจำหน่ายดินปลูกจากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน เพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน (Biochar-Based Soil amendment) สืบหาข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม จากร้านเป้าหมายจำนวน 5 ร้าน ในอำเภอเวียงชัย จำนวน 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงราย จำนวน 4 ร้าน ซึ่งเป็นแหล่งหนึ่งที่มีการปลูกพืชและไม้ผลเป็นจำนวนมาก โดยมีการออกแบบการศึกษาดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย เป็นร้านขายพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และ อำเภอใกล้เคียง จำนวน 5 ร้าน ได้แก่ ในอำเภอเวียงชัย จำนวน 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงราย จำนวน 4 ร้าน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง
2. สืบหาข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างข้อมูลที่สอบถาม ได้แก่ รูปแบบดินปลูกที่จำหน่าย, ลักษณะการใช้งานดินปลูก, ราคาขาย (ปลีก-ส่ง) และราคาต้นทุน โดยการเก็บข้อมูลดำเนินการในเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2567
3. การวิเคราะห์ข้อมูล แบบอุปนัยโดยตีความสรุปจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสำรวจ
4. สร้างโมเดลธุรกิจดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นฐาน โดยใช้ข้อมูลวัตถุดิบผลิตดินปลูก ราคาจำหน่าย สถานที่จำหน่าย ต้นทุนการผลิต

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการศึกษารูปแบบดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชนจาก 5 ร้านค้า ได้แก่ ร้านในอำเภอเวียงชัย จำนวน 1 ร้าน และอำเภอเมืองเชียงราย จำนวน 4 ร้าน ดังรูปที่ 1 โดยผลการศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) รูปแบบดินปลูก ส่วนประกอบ ราคาจำหน่าย 2) โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน



รูปที่ 1 การสำรวจดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



762

1. รูปแบบดินปลูก ส่วนประกอบ และราคาจำหน่าย

1.1 รูปแบบดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชนสามารถแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การจำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิดโดยแนะนำให้ลูกค้าผสมเองเมื่อใช้งานตามสูตรที่แนะนำ เช่น แกลบดิบ แกลบคั่ว ขุยมะพร้าว ดังรูปที่ 2 (ก) และ ดินปลูกเฉพาะ เช่น ดินปลูกสูตรทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน ดังรูปที่ 2 (ข) ดินปลูกที่ผสมเป็นสูตรเฉพาะแล้ว สามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องผสมองค์ประกอบใดเพิ่มเติม ซึ่งใช้ได้ทั้งไม้ดอก ไม้ผล และไม้ทั่วไปทุกชนิด



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) ตัวอย่างส่วนประกอบของวัสดุเพื่อผสมเป็นดินปลูก
 ข) ดินปลูกเฉพาะ เช่น ดินปลูกสูตรทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน

1.2 ข้อมูลส่วนประกอบ ในร้านที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นวัสดุปลูกและแนะนำสูตรให้ลูกค้า ร้านที่ 2, 3, 4 และ 5 เป็นดินปลูกสำเร็จรูปที่เตรียมขึ้นโดยกำหนดสูตรไว้แล้ว

ร้านที่ 2 ดินปลูกจะเป็นสูตรดินผสมใบก้ามปู หินขุยมะพร้าวและมะพร้าวสับเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากภาคใต้

ร้านที่ 3 มีสูตรดินปลูก 2 สูตร องค์ประกอบ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (แกลบดิบ กาบมะพร้าวสับ) และปุ๋ยหมัก (ปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับกอง และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน)

ร้านที่ 4 มีสูตรดินปลูก 4 สูตร คือ สูตรดินปลูกทั่วไป ดินปลูกมูลไส้เดือน ดินปลูกใบก้ามปู ดินปลูกกุหลาบ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว (แกลบคั่ว

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



763

แกลบขาว) วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ (ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ) และปุ๋ยหมัก (มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว)

ร้านที่ 5 มีสูตรดินปลูกที่ร้านค้า เรียกว่า สูตรดินปลูกหมักอินทรีย์ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินค้า มูลสัตว์ (มูลวัว มูลไส้เดือน มูลค่างควา) และ สารประกอบอินทรีย์ อื่น ๆ เช่น ไตรโคเตอร์มา

รายละเอียดรูปแบบ ส่วนประกอบ และราคาการจำหน่ายแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบ ส่วนประกอบ และราคาจำหน่าย

ร้านที่	ส่วนประกอบ	รูปแบบ	รูปแบบ ราคา
ร้านที่ 1 (ต.ริมกก อ. เมือง)	แกลบดิบ	รูปแบบ	จำหน่ายส่วนประกอบเฉพาะแกลบดิบ โดยให้ลูกค้าผสมเองตามสูตรที่แนะนำ โดยแกลบดิบที่นำมาใช้เป็น องค์ประกอบดินปลูกจะต้องนำไปหมัก ก่อนการใช้งาน
		รายละเอียดดินปลูกที่ นำเสนอลูกค้า	การนำแกลบดิบมาใช้ มีข้อดี คือ ใช้ งานง่าย ราคาถูก แต่ต้องใช้ปุ๋ยและ สารเคมีร่วมด้วย
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	15 บาท / 5 กก
	แกลบคั่ว	รูปแบบ	จำหน่าย ส่วน ประกอบ เฉพาะ แกลบคั่ว โดยให้ลูกค้าผสมเองตามสูตร ที่แนะนำ
		รายละเอียดดินปลูกที่ นำเสนอลูกค้า	- รากคั้นกลิ้งจะไม่เน่า - เกิดรากฝอยมาก - น้ำหนักเบา ขนส่งสะดวก ราคาถูก
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	15 บาท / 5 กก
		ข้อสังเกตจากผู้ขาย	- ส่งซื้อแกลบคั่วจาก จ.นครนายก - แกลบคั่วใน จ.เชียงราย จัดหายาก และราคาสูง
ร้านที่ 2 (ต.ริมกก อ. เมือง)	ประกอบด้วย ดินใบก้ามปู ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ	รูปแบบ	นำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องผสม องค์ประกอบใดเพิ่มเติม
		รายละเอียดดินปลูกที่ นำเสนอลูกค้า	ใช้ได้ทั้งไม้ดอก ไม้ผล ไม้ทั่วไปทุกชนิด
		ราคาจำหน่าย (ปลีก)	20 บาท / 5 กก
		ราคาต้นทุน	-
		ข้อสังเกตจากผู้ขาย	- ดินใบก้ามปู (หมักไว้ 1 ปี) - ขุยมะพร้าว สั่งซื้อจาก จ.ประจวบคีรีขันธ์ - มะพร้าวสับ สั่งซื้อจาก จ.ประจวบคีรีขันธ์

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



1.3 ราคาจำหน่าย โดยขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม ราคา 15-25 บาท (กรณีราคาจำหน่ายปลีก) ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท / 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุน 60 % จากราคาขาย (ร้านที่ 4)

1.4 ข้อสังเกตที่สำคัญ คือ ทุกร้านยังไม่เคยมีการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของดินปลูก

2. โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

โมเดลธุรกิจ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ แนวทางที่ธุรกิจจะสร้างรายได้ และลูกค้าที่ใช้สินค้าและบริการจะได้รับคุณค่าได้อย่างไร โดยมีส่วนประกอบของโมเดลธุรกิจ หรือ Business Model Canvas (BMC) 9 ส่วน คือ พันธมิตรหลัก (Key partner) กิจกรรมหลัก (Key activities) ทรัพยากรหลัก (Key Resources) การเสนอคุณค่า (Value proposition) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer relationship) กลุ่มลูกค้า (Customer segment) ช่องทาง (Channel) โครงสร้างต้นทุน (Cost structure) และ กระแสรายได้ (Revenue streams)

ข้อมูลจากการสำรวจ สามารถสร้างแผนธุรกิจดินปลูกที่มีฐานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

Key Partners	Key Activities	Value Proposition	Customer Relationships	Customer Segments
ผู้ผลิตวัตถุดิบ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์, ดิน, ผู้จัดจำหน่ายและร้านค้าอุปกรณ์, การเกษตร, แพลตฟอร์มออนไลน์และผู้ให้บริการขนส่ง, สถาบันการวิจัยและพัฒนาการเกษตร, สถาบันการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตร	การทำการตลาดและประชาสัมพันธ์, การจัดจำหน่ายและการจัดการช่องทาง, การขาย, การวิจัยและพัฒนาสูตรดินปลูกการผลิตและบรรจุภัณฑ์ดินปลูก, การให้บริการลูกค้าและการติดตามผลการใช้	ใช้ไบโอชาร์ (Biochar) เป็นส่วนผสมในดินปลูกที่มีคุณภาพสูงเหมาะสำหรับพืชหลากหลายชนิด, ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี, ราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพและต้นทุนใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	การให้คำปรึกษาด้านการใช้ดินปลูกและการปลูกพืช, บริการหลังการขาย เช่น การให้บริการนำส่งสินค้า, การติดตามผลการนำไปใช้, โปรโมชันและส่วนลดพิเศษสำหรับลูกค้าประจำ, สื่อสารผ่านโซเชียลมีเดียและแอปพลิเคชันต่าง ๆ	เกษตรกรรายย่อยและรายใหญ่เจ้าของสวนและไร่, ผู้ประกอบการธุรกิจจัดสวนและภูมิทัศน์, ผู้สนใจปลูกต้นไม้ในบ้านหรือสวนส่วนตัว
Key Resources			Channels	
แหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตดินปลูก เช่น ปุ๋ยอินทรีย์, ดิน, เครื่องจักร อุปกรณ์สำหรับผลิตและบรรจุภัณฑ์, ทีมงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์, คลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า, ทีมงานการตลาดและการขาย			ร้านขายพันธุ์พืช และร้านขายอุปกรณ์ทางการเกษตร, แพลตฟอร์มออนไลน์, การขายตรงให้กับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการ, งานแสดงสินค้าและงานเกษตร, ตัวแทนจำหน่ายที่เป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชน	

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)



ตารางที่ 2 (ต่อ)

Key Partners	Key Activities	Value Proposition	Customer Relationships	Customer Segments
Cost Structure		Revenue Streams		
ต้นทุนวัตถุดิบ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์, ดิน		ขายดินปลูกแบบเป็นถุงและเป็นกิโลกรัม		
ต้นทุนการผลิตและบรรจุภัณฑ์		ขายเป็นแพ็คเกจสำหรับลูกค้าองค์กรหรือธุรกิจจัดสวน		
ค่าใช้จ่ายด้านการตลาด		บริการจัดส่งดินปลูกถึงที่		
ประชาสัมพันธ์		รายได้จากการให้คำปรึกษาและจัดสัมมนาเกี่ยวกับการปลูกพืช		
ค่าจ้างพนักงานและทีมงาน				
ค่าเช่า หรือค่าใช้จ่ายในการออกขายนอกพื้นที่				

สรุปผล

1. รูปแบบดินปลูกที่จำหน่ายในร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้และวัสดุทางการเกษตรในชุมชน มี 2 รูปแบบ คือ จำหน่ายส่วนประกอบแต่ละชนิดโดยแนะนำสูตรดินปลูกให้ลูกค้า และ ดินปลูกเฉพาะโดยแนะนำสูตรที่เหมาะสมให้กับลูกค้า
2. องค์ประกอบหลักของดินปลูกเฉพาะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดินดำ วัสดุปลูก (วัสดุปลูกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เช่น ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และวัสดุปลูกที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น แกลบดำ) และปุ๋ยหมัก (มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว มูลค้างคาว และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ)
3. ดินปลูกเฉพาะสูตรทั่วไป ราคาจำหน่ายปลีกขนาดบรรจุตั้งแต่ 1 - 5 กิโลกรัม ราคา 15-25 บาท ดินปลูกมูลไส้เดือน และ ดินปลูกใบก้ามปู มีราคา 25 บาท ต่อ 5 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยทุกสูตรมีต้นทุนร้อยละ 60 จากราคาขาย
4. ทุกร้านยังไม่เคยมีการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของดินปลูก
5. ได้โมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐาน

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. เพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรโดยการพัฒนาดินปลูกที่มีองค์ประกอบของไบโอชาร์ และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน
2. พัฒนาดินปลูกที่เหมาะสม จำเพาะกับชนิดพืช ให้สอดคล้องกับโมเดลธุรกิจการผลิตดินปลูกที่ใช้ไบโอชาร์เป็นองค์ประกอบฐานจากงานวิจัยนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัยและการเผยแพร่งานวิจัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สนับสนุนงบประมาณบางส่วนในการเผยแพร่งานวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สำหรับการสนับสนุนการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรกนก โกศล, ศศิธร ศรีอ่อน, พรอมพรธน์ จำปาแพง และ สายันต์ แสงสุวรรณ. (2022). ไบโอชาร์ (วัสดุหมักจรรยา) : การสังเคราะห์ พิสูจน์เอกลักษณ์ และศักยภาพการประยุกต์ใช้งาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(1), 89-104.

ภาคผนวก 2

บทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ (ต่อ)

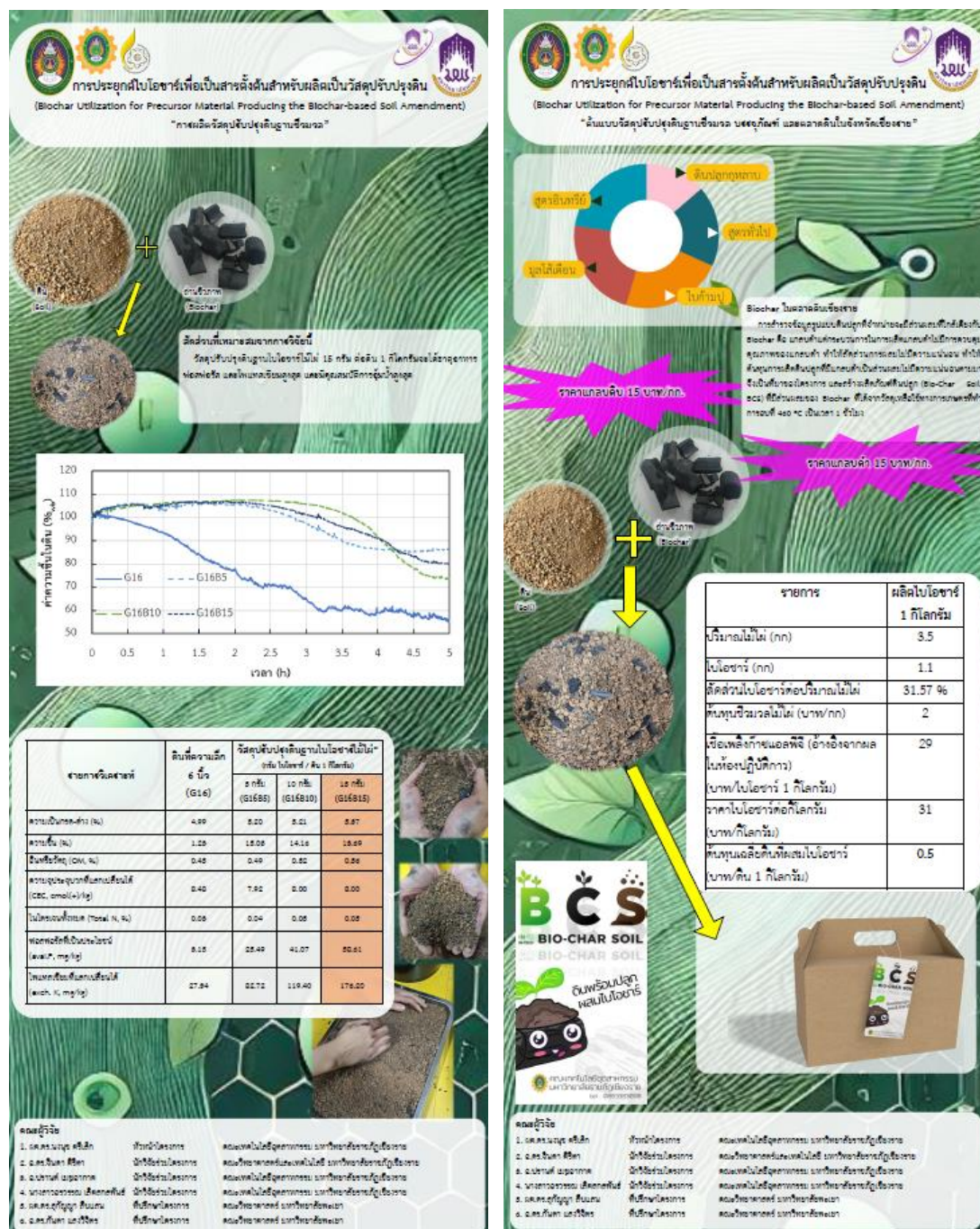


- นงนุช ศรีเล็ก, ปราณต์ เมฆอากาศ, วิภาวรรณ นันโท, พรหทัย พุทธวัน และสิทธิฤต เหล็กพูล. (2565). สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าความร้อนสูงด้วยค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของชีวมวลและถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และขี้ข้าวโพด. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์*, 15(1), 13-25.
- พรไพสิน ไชยหมั่น, ปิยาภรณ์ กัณทะวัง, ปราณต์ เมฆอากาศ, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, นเรศ ใหญ่วงศ์ และสิทธิฤต เหล็กพูล. (2566). ผลของอุณหภูมิห้องอบเตาเผาถ่านไร้ควันที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้จากไม้ลำไยและกลบภายใต้กระบวนการทอรีแฟคชัน. *การถ่ายทอดผลงานความรู้และมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ* (ครั้งที่ 22) (น. 55-61). โรงแรม เตอะ มั่นตรีนี จังหวัดเชียงราย.
- ศศินิภา งามอาจ, พรไพรัตน์ รุ่งเจริญทอง และ ศุภชัย อำคา. (2563). ชนิดของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของแตงเทศ. *แก่นเกษตร*, 48(suppl. 1), 63-68.
- สุริวัฒน์ ช่วยบำรุง. (2564). ผลของส่วนผสมวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสับปะรดสีสกุล บิลเบอเกีย. *รายงานการวิจัย ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 2 จังหวัดตรัง กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร*.
- อัญชณา อุประกุล และ นงนุช ศรีเล็ก. (2564). เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่งชีวภาพจากชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อใช้ในชุมชน กรณีศึกษาชุมชนสันมะค่า จ.เชียงราย. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 วิถีชีวิตใหม่กับการพัฒนาท้องถิ่น*. (น. 1154-1167). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- อภินันท์ ยนทะวงศ์, นงนุช ศรีเล็ก, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, สิทธิฤต เหล็กพูล และปราณต์ เมฆอากาศ. (2566). การศึกษาสภาวะของทรีแฟคชันชีวมวลสำหรับของเสียจากกระบวนการผลิตกาแฟ. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน*. (น. 665 – 677). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- Gwenzi, W., Nyambishi, T. J., Chaukura, N., & Mapope, N. (2018). Synthesis and nutrient Release patterns of a biochar-based N-P-K slow-release fertilizer. *International journal of environmental science and technology*, 15, 405-414

ภาคผนวก 3

เอกสารเผยแพร่ กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี (ต่อ)

https://drive.google.com/file/d/1ICC750yW9YalH5uLQUbXuv_w7IncRT3H/view?usp=sharing



ภาคผนวก 4

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ ผลงานวิจัย จากหน่วยงานภายนอก

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ ผลงานวิจัย/งานบริการวิชาการ หรืองานสร้างสรรค์ จากหน่วยงานภายนอก

ข้าพเจ้า.....นางหล้า จินดาธรรม.....
 ตำแหน่ง ประธานวิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99.....
 ชื่อหน่วยงาน .วิสาหกิจชุมชนเกษตรสร้างสรรค์ 99 ต.จอมหมอกแก้ว อ.แม่ลาว จ.เชียงราย.....
 สถานที่ตั้ง ..เลขที่ 354 หมู่ที่ 1 ต.จอมหมอกแก้ว อ.แม่ลาว จ.เชียงราย ..
 โทรศัพท์ 06 2032 6546..... โทรสาร - อีเมล -.....

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัย/งานบริการวิชาการ/งานสร้างสรรค์ เรื่อง การประยุกต์ไบโอชาร์ เพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดิน.....
 ซึ่งเป็นผลงานของ...ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช ศรีเล็ก และ คณะ..... หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มาใช้ประโยชน์ในกลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้เพื่อก่อประโยชน์ต่อกลุ่มในด้าน

- ☒ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ
☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย
☒ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์
☐ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ
☐ การใช้ประโยชน์ทางอื่น

การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ ดังนี้ งานวิจัยสร้างองค์ความรู้ 1) กระบวนการผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ 2) ระบบควบคุมการผลิตไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ 3) คุณสมบัติดินที่เหมาะสมต่อการเป็นวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตตามวิถีชีวิตแบบพอเพียงและเกษตรอินทรีย์

การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ดังนี้ งานวิจัยสร้างต้นแบบวัสดุปรับปรุงดินฐานไบโอชาร์ที่นำไปสู่ธุรกิจตลาดดินปลูก

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ นางหล้า จินดาธรรม
 (.....นางหล้า จินดาธรรม.....)
 (..... 21 / 4 / 68.....)

ภาคผนวก 5

คณะผู้วิจัยและประวัติ

.1. ผศ.ดร.นงนุช ศรีเล็ก	หัวหน้าโครงการ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มร.ชร
.2. ดร.จินดา ศิริตา	ผู้ร่วมโครงการ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มร.ชร
.3. อ.ปรานต์ เมฆอากาศ	ผู้ร่วมโครงการ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มร.ชร
.4. นางอรรณพ คุ่มถนอม	ผู้ร่วมโครงการ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มร.ชร
.5. ผศ.ดร.สุกัญญา สืบแสน	ที่ปรึกษาโครงการ	คณะวิทยาศาสตร์ ม.พะเยา
.6. ดร.กันตา แสงวิจิตร	ที่ปรึกษาโครงการ	คณะวิทยาศาสตร์ ม.พะเยา

ประวัติคณะวิจัย

1.) หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช ศรีเล็ก

Assistant Professor Nongnoot Srilek, Ph.D.

ที่อยู่ปัจจุบัน	36 หมู่ 5 ต.แม่สา อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 โทรศัพท์ 053-862-868
ที่อยู่	โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เลขที่ 80 ถ.พหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์	053-776-015
มือถือ	086-338-3098
โทรสาร	053-776-015
อีเมล	k_nongnoot@hotmailcom, nongnoot.sri@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2544	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2542	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2564 – ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พ.ศ.2560 – 2563	อาจารย์ประจำ, ประธานโปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พ.ศ.2558 – 2560	อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พ.ศ.2555 – 2557	ซูเปอร์ไวเซอร์ส่วนวิจัยและพัฒนา บริษัท โตโยต้า ประเทศไทย จำกัด
พ.ศ.2553 – 2555	หัวหน้ากลุ่มวิจัยและพัฒนา บริษัท โตโยต้า ประเทศไทย จำกัด
พ.ศ.2552 – 2553	เจ้าหน้าที่ขายด้านเทคนิคบริการ บริษัท อีเทอนอล ซากาตะ อิงค์ จำกัด
พ.ศ.2548 – 2552	หัวหน้าส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท อีเทอนอล ซากาตะ อิงค์ จำกัด
พ.ศ.2545 – 2548	เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท อีเทอนอล ซากาตะ อิงค์ จำกัด

ประสบการณ์การทำงานวิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ทุนวิจัยนักศึกษาระดับอุดมศึกษา แผนพลังงานทดแทน “การผลิตถ่านกัมมันต์ชีวภาพจากวัสดุถักขึ้นสูงด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนเซชันและการกระตุ้น”
(แหล่งทุน กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ปี 2561)
- หัวหน้าโครงการ “การพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์”
(แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2561)
- หัวหน้าโครงการ “การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนและลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ระยะที่ 1: การคัดเลือกวัตถุดิบในประเทศและเทคโนโลยีที่เหมาะสม”
(แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปี 2561)

- หัวหน้าโครงการ “การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงรายเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้ระบบสารสนเทศ”

(แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2559)

- เมธีวิจัยโครงการ “การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์และใบตอง โดยใช้ถั่วเหลืองแห้งบดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทดสอบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก”

(แหล่งทุน กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แผนพลังงานทดแทน ปี 2559)

ผู้ร่วมโครงการ

- โครงการย่อยที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าโกโก้ของจังหวัดเชียงราย”

ชุดโครงการวิจัย “การจัดทำฐานข้อมูลและการแปรรูปโกโก้เพื่อเพิ่มมูลค่า เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัดเชียงราย”

(แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม ปี 2564 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ)

- “เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่งชีวภาพจากชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อใช้ในชุมชน กรณีศึกษาชุมชนสันมะค่า จังหวัดเชียงราย”

(แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2564)

- “การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกสดจากพลังงานชีวมวลสำหรับชุมชน”

(แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2559)

- “รถเข็นอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า”

(แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2557)

ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารระดับชาติ

นงนุช ศรีเล็ก, ปรานต์ เมฆอากาศ, วิภาวรรณ นันโท, พรหทัย พุทธรวัน และสิทธิฤดี เหล็กพูล

(2565). สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าความร้อนสูงด้วยค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของชีวมวลและถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และซังข้าวโพด (Proximate analysis based higher heating value correlation of biomass and biochar from cacao husk and corncob). วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2565), หน้า 13-25.

- อัญชณา อุประกุล, **นงนุช ศรีเล็ก**, สิทธิกฤต เหล็กพูล และ มิ่งขวัญ สมพฤกษ์. (2563). การเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักผักตบชวาและมูลวัวโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วารสารวิชาการเกษตร I-TECH, ปีที่ 15 ฉบับที่ 2. 2563.
- จรัญ คนแรง, มิ่งขวัญ สมพฤกษ์, ไพโรจน์ ด่วนนคร, **นงนุช ศรีเล็ก** และ วิบูลพร วุฒิกุล. (2563). การพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในพื้นที่ชุมชนบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย. วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรีรับใช้สังคม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2. 2563.
- อัญชณา อุประกุล, **นงนุช ศรีเล็ก**, เฉลิมพล วัฒนาตระกูลวงศ์, นเรศ ใหญ่วงศ์, ชัชชัย วรพัฒน์, เสกสรร วินยางค์กุล, มิ่งขวัญ สมพฤกษ์, จรัญ คนแรง, วิภาพ ใจแข็ง, พัฒนพงษ์ วีรยุทธกำจร, บรรจบ สุขประภาภรณ์ และ วิลาสินี ศรีสุวรรณ. (2560). การผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ปั่นไฟแก๊สโซลีนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากใบตอง ผสมมูลวัว และถั่วเหลืองแห้งบด. วารสารการวิจัยกาสะลองคำ วาระฉบับพิเศษ ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษ กรกฎาคม-ธันวาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- นงนุช ศรีเล็ก** และ ชัชวาล ตัณฑกิตติ (2545). ผลกระทบของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารธุรกิจที่ไม่ใช่อาคารควบคุม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ฉบับที่ 3. 2545.

วารสารระดับนานาชาติ

- Srilek, N.**, Aggarangsi, P., Pattiya, A., & Tippayawong, N. (2022). Influence of chloride and propionate anions on properties of corn hydrochar from hydrothermal carbonization and activation. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi:10.1007/s13399-022-02460-x
- Srilek, N.**, & Aggarangsi, P. (2021). Physical and chemical characteristics of carbonized corncob through hydrothermal and pyrolysis conversion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1137(1) , 012004. doi:http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1137/1/012004
- Srilek, N.**, & Aggarangsi, P. (2020). Effects of Ionic Liquid and Biomass Concentration to Partial Vapour Pressure Change in Hydrothermal Carbonization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 495, 012026. doi:http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/495/1/012026

Srilek, N., & Aggarangsi, P. (2019). Key characteristics of carbonized corncob through hydrothermal and pyrolysis conversion techniques for further activation. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5 Part C), 1089-1098. doi:10.35940/ijeat.E1154.0585C19

บทความการประชุมวิชาการระดับชาติ

อภินันท์ ยนทะวงศ์, **นงนุช ศรีเล็ก**, วิลาสสินี ศรีสุวรรณ, สิทธิกฤต เหล็กพูล และปรานต์ เมฆอากาศ. การศึกษาสภาวะของทรีรีแพคชั่นชีวมวลสำหรับของเสียจากกระบวนการผลิตกาแฟ *The study of the biomass torrefaction conditions of coffee processing waste*. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน โดยสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย(สพทบ.)ครั้งที่ 47 ร่วมกับเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ(GNRU)ครั้งที่ 23 วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2566 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วรวิษ สีทอง, ชัชวาลย์ เจริญ, อนุพงษ์ สมพลกษ, ปรานต์ เมฆอากาศ, วิลาสสินี ศรีสุวรรณ และ **นงนุช ศรีเล็ก**. สภาวะที่เหมาะสมในการหลอมละลายพลาสติกกรีไซเคิลพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเพื่อผลิตภาชนะบรรจุไข่ดิบด้วยการจำลองทางความร้อน *Appropriate melting condition of recycled high-density polyethylene for producing raw egg packaging using thermal simulation*. การประชุมวิชาการ การถ่ายทอดผลงานความรู้และนวัตกรรมด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 22) โดยสมาคมพลังงานทดแทน ระหว่างวันที่ 9-10 มีนาคม 2566 โรงแรมเดอะ มันทรี จังหวัดเชียงใหม่

ปรานต์ เมฆอากาศ, สิทธิกฤต เหล็กพูล, **นงนุช ศรีเล็ก** และ วิลาสสินี ศรีสุวรรณ. การศึกษาศักยภาพทางการกักเก็บพลังงานของตัวเก็บประจุยิ่งยวดชนิดอิเล็กโทรเคมีกัลสองชั้นด้วยคาร์บอนชีวภาพอีเล็กโทรด *The Study to The Energy Storage Potential of The Electrochemical Double Layer Supercapacitor with Biomass-Based Carbon Electrodes* (Runners-up Best Paper) การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 36 (ME-NETT 2022) "นวัตกรรมสู่วิถีชีวิตดีไป". ระหว่างวันที่ 19-22 กรกฎาคม 2565. ฮอลิเดย์ อินน์ วานา นาวา หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์.

อัญชณา อุประภู และ **นงนุช ศรีเล็ก**. เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่งชีวภาพจากชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อใช้ในชุมชน กรณีศึกษาชุมชนสันมะค่า จ.เชียงใหม่ *Biochar and Briquette Biochar Production Technology from Waste Residue Biomass, Case Study of*

Sanmaka Community Chiang Rai Province. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 "วิถีชีวิตใหม่กับการพัฒนาท้องถิ่น". ระหว่างวันที่ 24-25 มิถุนายน 2564. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ศิวดล ทิพย์ขัน, **นนุช ศรีเล็ก**, อัญชณา อุประกุล, ชัชชัย วรพัฒน์, กรวิษณุ หินพิมาย, ธนา วิหารรัตน์ และ โกวิทย์ สุวรรณเขต. *เครื่องลดขนาดถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชันชีวมวล Charcoal Pulveriser from Biomass Carbonization*. การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 "นวัตกรรมบนวิถีพอเพียงเพื่อชุมชนแห่งอนาคต". ระหว่างวันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2562. วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมารถกริตเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พิณเศ วิเชียรกันทา, **นนุช ศรีเล็ก**, อัญชณา อุประกุล, นเรศ ไญ่วงศ์, สิทธิกฤต เหล็กพูล, กฤตชัย ทวีชัย, ศิวดล ทิพย์ขัน และศุภรักษ์ สารเงิน. *ตู้อบแห้งลมร้อนอบกล้วยฉาบ : กรณีศึกษาชุมชนบัวสลี จังหวัดเชียงราย Hot Air Dryer Oven for Banana Crisps : In Case Study of Buaslii Community Chiangrai Province*. การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 "นวัตกรรมบนวิถีพอเพียงเพื่อชุมชนแห่งอนาคต". ระหว่างวันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2562. วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมารถกริตเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รัชนิกร กุศลานนท์, **นนุช ศรีเล็ก**, จรัญ คนแรง, อัญชณา อุประกุล, นเรศ ไญ่วงศ์. *การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย*. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ณ ห้องประชุมประชากรคอนเวนชันฮอลล์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. The 6th NEU National and International Conference 2019. "Educational Innovation for Sustainable Society Development". วันที่ 20 กรกฎาคม 2562.

นเรศ ไญ่วงศ์, **นนุช ศรีเล็ก**, อัญชณา อุประกุล, ดร.ธนพล แสงสุวรรณ, สิทธิกฤต เหล็กพูล. *การพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลองการพยากรณ์ย้อนกลับ*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2562 "นวัตกรรมจัดการ: สังคมสีเขียวเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน" วันที่ 31 พฤษภาคม 2562.

นนุช ศรีเล็ก, อัญชณา อุประกุล, นเรศ ไญ่วงศ์, ชัชชัย วรพัฒน์ และ อธิวัฒน์ ใหม่เต็ม. *การเปรียบเทียบระยะเวลาค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงานระหว่างถ่านชาร์กะลามะพร้าวจากเตาคาร์บอนไนซ์ชนิดใหม่และเตาคาร์บอนไนซ์ของเกษตรกร Comparison Time , Higher Heating Value and Energy Densification Ratio Between Coconut Shell Char from New Carbonizer and Agriculturist Carbonizer*. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัย

ระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และ ลำปางวิจัย ครั้งที่ 4. 20 กรกฎาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

นเรศ ใหญ่วงศ์, อัญชณา อุประกุล, **นงนุช ศรีเล็ก**, ชัชชัย วรพัฒน์, ศุภวิชญ์ บรรเรียนกิจ, ดำรงค์ดี ภูสวด และ วิษณุ ทรายสารี. *การออกแบบและศึกษาระบบเตาแก๊สซีฟิเออร์แบบอากาศไหลลงโดยใช้ขี้ข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง*. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4. 12-13 กรกฎาคม 2561. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

อัญชณา อุประกุล, **นงนุช ศรีเล็ก**, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, นเรศ ใหญ่วงศ์, ชัชชัย วรพัฒน์, มิ่งขวัญ สมพุกษ์ และจรรย์ คนแรง. (2559). *การหาสมการที่เหมาะสมในการอบแห้งสับปะรดแช่เย็นโดยใช้ตู้อบลมร้อน*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1. 26 สิงหาคม 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

บทความการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

Nongnoot Srilek and Pruk Aggarangsi. (2021). *Physical and chemical characteristics of carbonized corncob through hydrothermal and pyrolysis conversion*. The 11th The Society of Mechanical Engineers International Conference on Mechanical Engineering, December 1st -4th 2020 Ubon Ratchathani Thailand.

Sitthikrit Leckpool, **Nongnoot Srilek**, Naret Yaiwong, Unchana Uprakul and Thanapon Saengsuwan. (2020). *Numerical Thermodynamic Study on the Cooling Performance of Hydrofluoroolefin Refrigerants: R1234yf R1234ze(E) and R1233zd(E) Using Helmholtz Energy Equation of State*. The 2nd ICRU International Conference on World Sustainable Development (WSD 2020): “Sustainable Community Development”, February 17 -19 2020 Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Nongnoot Srilek and Pruk Aggarangsi. (2020). *Effects of Ionic Liquid and Biomass Concentration to Partial Vapour Pressure Change in Hydrothermal Carbonization*. ICNERA 2020 International Conference on New Energy

Research and Application, January 16th -18th 2020 Bangkok Thailand.

(Excellent Oral Presentation and Best Presenter)

Nongnoot Srilek and Pruk Aggarangsi. (2019). *Characteristics of Carbonized Corncob through Hydrothermal and Pyrolysis Conversion Techniques for Further*

Activation. The 10th The Society of Mechanical Engineers International

Conference on Mechanical Engineering TSME-ICoME 2019, December 10th -13th

2019 Pattaya. **(Best paper Runner-Up Award in the field of Alternative**

Energy and Combustion (AEC) for excellent paper)

Nongnoot Srilek, Unchana Auprakul, Jarun Khonrang. (2019). *Aviation Alternative*

Biofuel Production for Sustainable Development and 236 Self-Dependence

Technology Phase 1 : Feedstocks Evaluation and Suitable Technology.

Special Issue of Rajabhat Chiang Mai Research Journal. The 1st ICRU

International Conference: Sustainable Community Development Hosted By 6

Rajabhat Universities and 3 Overseas University Networks Organized by Chiang

Mai Rajabhat University February 18-20, 2019 At Chiang Mai Thailand Special

Issue : 2019.

งานบริการวิชาการแก่สังคม

- วิทยากร การอบรมเชิงปฏิบัติการการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตไบโอชาร์ และน้ำส้มควันไม้จากการทอริแฟกชันและไพโรไลซิส ภายใต้โครงการบริการให้คำปรึกษาและข้อมูล เทคโนโลยี (Technology Consulting Service: TCS) จัดโดยสถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีและ นวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วันที่ 24 มีนาคม 2566

- ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาถ้อยแถลงขอรับทุนวิจัย (Peer review) ในการประชุมวิชาการ ระดับชาติ (โดยสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทยร่วมกับ เครือข่าย บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ (GNRU)) และวารสาร TCI กลุ่ม 2 (วารสาร วิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม)

- วิทยากรถ่ายทอด เรื่อง การผลิตเอทานอลจากเปลือกสับปะรดโดยวิธีการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับเคมี สำหรับคณะครูและนักเรียนโรงเรียนแม่จันวิทยาคม ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วันที่ 23 และ 28 พฤศจิกายน 2565
- วิทยากรให้คำปรึกษา โครงการบริการให้คำปรึกษาและข้อมูลเทคโนโลยีธุรกิจเกษตรครบวงจร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สำหรับวิสาหกิจชุมชน O₃ Coffee วันที่ 1 กันยายน 2565
- วิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เตาเผาชีวมวลเพื่อการผลิตถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ภายใต้โครงการวิจัย การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าโกโก้ของจังหวัดเชียงราย เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัดเชียงราย แก่เกษตรกรผู้เพาะปลูกโกโก้ 1 มิถุนายน 2565 ณ สวนฉันทกับเธอ ต.ป่าตึง อ.แม่จัน จ.เชียงราย
- วิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่ง สบู่เหลวและดาร์คช็อคโกแลตสดได้ ภายใต้โครงการวิจัย การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าโกโก้ของจังหวัดเชียงราย แผนงานวิจัย การจัดทำฐานข้อมูลและการแปรรูปโกโก้เพื่อเพิ่มมูลค่า เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัดเชียงราย 12 กันยายน 2564 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- วิทยากรเพื่อเสวนาในการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านพลังงานระดับจังหวัด ของจังหวัดเชียงราย โครงการบูรณาการแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับกลุ่มจังหวัด วันที่ 11 สิงหาคม 2559 ณ โรงแรมริมกก รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย
- เป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ทะเบียนเลขที่ ผขอ.07973

2.) ผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ปรานต์ เมฆอากาศ

Pran Mararkard

ที่อยู่ปัจจุบัน	31 หมู่ 10 ต.ศรีดอนชัย อ.เชียงของ จ.เชียงราย 57140
ที่อยู่สถานที่ทำงาน	โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เลขที่ 80 ถ.พหลโยธิน อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์	053-776-015
มือถือ	084-617-9508
โทรสาร	053-776-015
อีเมล	Chowjamika7@gmail.com, pran.mak@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2562 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- พ.ศ. 2559 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ
โทรคมนาคม
คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

ประวัติการทำงาน

- พ.ศ.2564 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- พ.ศ.2562 – 2564 วิศวกรผู้ช่วย, โรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (FabLab) โรงเรียน
สามัคคีวิทยาคม

ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารระดับชาติ

นงนุช ศรีเล็ก, **ปรานต์ เมฆอากาศ**, วิภาวรรณ นันโท, พรหทัย พุทธวัน และสิทธิฤต เหล็กพูล.
(2565). สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าความร้อนสูงด้วยค่าการวิเคราะห์
โดยประมาณของชีวมวลและถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และซังข้าวโพด (Proximate
analysis based higher heating value correlation of biomass and biochar from
cacao husk and corncob), วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช
ภัฏลำปาง ปีที่ 15, 1, 13–25.

วารสารระดับนานาชาติ

Nattaporn Chaiyat, Sutham Chaongew, Panisa Ondokmai, **Pran Makarkard**. (2013).
Levelized energy and exergy costings per life cycle assessment of a combined
cooling, heating, power and tourism system of the San Kamphaeng hot spring,
Thailand. **Renewable Energy**. Volume 146, February 2020, (p 828–842)

บทความการประชุมวิชาการระดับชาติ

สุจิตรา จินะวงษ์, และ**ปรานต์ เมฆอากาศ**. 2559. การหาประสิทธิภาพการรับข้อมูลเสียงผ่านโคม
LED (The efficiency of voice data receiving transmitted by LED-lamp), **การ**

ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (EENET 2016), 8, 381-384.

ปรานต์ เมฆอากาศ, ชวโรจน์ ใจสิน, นัฐพร ไชยญาติ และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล. 2561. ระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ (Smart Controller System of Centralized Drying Room), การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST, 3, 324-335.

ปรานต์ เมฆอากาศ, ชวโรจน์ ใจสิน, นัฐพร ไชยญาติ และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล. 2561. ระบบควบคุมและแสดงผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จากส่วนควบคุมหลัก PLC ผ่านอินเทอร์เน็ตของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ของกิจการนำพุร้อนสันกำแพง อาเภอแม่ฮ่องสอน ตามแนวพระราชดำริ (A Controller and Monitoring System with Microcontroller by PLC Controller on Internet of Organic Rankine Cycle for Sankampang Hot Spring, Mae-On District, under the Royal Initiative of His Majesty the King), การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์, 5, 1210-1220.

นเรศ ไหว้วังค์, จรัญ คนแรง, วิลาสินี ศรีสุวรรณ และปรานต์ เมฆอากาศ. 2564. การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่าเหลือทิ้ง (Study of Biogas Production from Waste Banana Peel), การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, 1, 593-598.

ปรานต์ เมฆอากาศ, สุจิตรา จินะวงษ์, สิทธิชัย จินะวงษ์ และนิวัติ นวลกัน. 2565. การคัดแยกความสุกของสับปะรดภูแลด้วยซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนและต้นไม้ตัดสินใจ (The Classification of Ripe Phu Lae Pineapple by Support Vector Machine and Decision Tree), การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า, 14, 532-535.

สุทิวัส ปัญญาเงิน, จรัญ คนแรง, ปรานต์ เมฆอากาศ, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, นงนุช ศรีเล็ก และสิทธิ กฤต เหล็กพูล. 2565. การพัฒนาสมาร์ตโบลโตมพลังงานแสงอาทิตย์วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปการเกษตรและสมุนไพร อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย, การประชุมวิชาการระดับชาติ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 4, 80-86.

ปรานต์ เมฆอากาศ, สิทธิกฤต เหล็กพูล, นงนุช ศรีเล็ก และวิลาสินี ศรีสุวรรณ. 2565. การศึกษาศักยภาพทางการกักเก็บพลังงานของตัวเก็บประจุยิ่งยวดชนิดอิเล็กโทรเคมีกัลสองชั้นด้วยคาร์บอนชีวภาพอิเล็กโทรด, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, 36.

พรไพสิน ใจมัน, ปิยาภรณ์ กัณหะวัง, ปรานต์ เมฆอากาศ, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, นเรศ ไหว้วังค์ และสิทธิ กฤต เหล็กพูล. ผลของอุณหภูมิห้องอบเตาเผาถ่านไม้ที่ต่อคุณลักษณะทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้จากไม้ลำไยและกลบภายใต้กระบวนการทอรีแฟคชั่น, การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ, 22.

วรวิช สีทอง, ชัชวาลย์ เชิงเร็ว, **ปรานต์ เมฆอากาศ**, วิลาสินี ศรีสุวรรณ และนนุช ศรีเล็ก. สภาวะที่เหมาะสมในการหลอมละลายพลาสติกกรีซเคลฟอลีเอทีลีนความหนาแน่นสูงเพื่อผลิตภาชนะบรรจุไข่ดิบด้วยการจำลองทางความร้อน, การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ, 22.

สุจิตรา จินะวงษ์, **ปรานต์ เมฆอากาศ**, สิทธิชัย จินะวงษ์ และนิวัติ นวลกัน. การคัดเลือกลักษณะสำคัญของรูปสำหรับการจำแนกระดับความสุกของสับปรดภูแล. การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 15.53-57.

3.) ผู้ร่วมโครงการ

ดร. จินดา ศิริตา

Dr.Jinda Sirita

1. ชื่อ – สกุล นางสาวจินดา ศิริตา

2. ที่อยู่ปัจจุบัน 32 หมู่ 2 ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100

โทรศัพท์ 085-6172211 E-mail sc_jinda@crru.ac.th

ที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เลขที่ 80 หมู่ 9 ถนน พหลโยธิน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

รหัสไปรษณีย์ 57100 โทรศัพท์ 0-5377-6011 โทรสาร 0-5377-6012

3. ข้อมูลการศึกษา

- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ระดับปริญญาเอก วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.ข้อมูลประสบการณ์/ความถนัด/ความสนใจพิเศษ

3.1 ประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา

พ.ศ. 2564 – ปัจจุบัน ผู้อำนวยการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

พ.ศ. 2561 – 2563 รองผู้อำนวยการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

พ.ศ. 2542 – 2560 อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ

พ.ศ. 2548 – 2550	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Visiting student at School of Chemistry and Chemical Engineering, Queen's University Belfast, Belfast, Northern Ireland, UK
พ.ศ. 2546 – 2547	ผู้ช่วยสอน (Teaching Assistance) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.2 ประสบการณ์ในด้านงานวิชาการ

1. Sirita, J., Phanichphant, S., and Meunier, F.C. (2007). Quantitative analysis of adsorbate concentrations by diffuse reflectance FT-IR. *Anal Chem*, 79, 3912-3918.
2. Sirita, J., Phanichphant, S., Burch, R., and Meunier, F.C. (2008). The Spectroscopic investigation of CO adsorption on catalytic materials: a quantitative approach, *PACCON 2008 (Pure and Applied Chemistry International Conference)*, 1, 387-389.
3. Pungpoonpon, N., Sirita, J., and Phanichphant, S. (2012). Nanocatalyst for Transesterification of Vegetable Oils for the Production Improvement of Biodiesel. *The 19th Tri-U International Joint Seminar&Symposium*, TRI-U 2012, 67.
4. Chanitsara Jinachai, Jinda Sirita and Boonyung Kirtsomphan. (2014). The Development of a Learning Activity Package in Science Titled “The Efficiency of Cold Storage with Stacked Pot in Pot Refrigerators for Upper Secondary School Students. *Proceedings of the 15th National and International Conference Interdisciplinary Research for Local Development Sustainability*. Thailand. pp. 293.
5. ปิยพร ศรีสม, จินดา ศิริตา, วลีพรรณ รกิตกุล, ปิยดา ยศสุนทร และสุภาวดี แก้วพามา. (2560). การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ทางการเกษตรในพื้นที่หมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, *กาสะลองคำ*, ฉบับพิเศษ, กรกฎาคม-ธันวาคม 2560.
6. Banthot Chomsawan, Jinda Sirita, and Piyada Yodsoontorn. (2019). Quantitative determination of phenolic and tannin contents and

antioxidant activity of Paper Mulberry. *The 45th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 45)*, 7-9 October 2019, pp. 330-335.

7. Jinda Sirita, Banthot Chomsawan, Piyada Yodsoontorn, Soonthree Kornochalert, Chaipat Lapinee, and Kanlaya Jumpatong. (2020). Antioxidant activities, phenolic and tannin contents of paper Mulberry (*Broussonetia papyrifera*) extract, *Medicinal Plants*, 12(3), 323-327.
8. สุนทรี กรโอชาเลิศ, ปิยพร ศรีสม, วลีพรรณ รกิติกุล, จินดา ศิริตา, ปิยดา ยศสุนทร, บรรพต จอมสุวรรณค์, ประเสริฐ ไวยะกาและ สุภาวดี แก้วพามา. (2021). การพัฒนานวัตกรรมการผลิตชาใบไผ่ชาคุณภาพสูงเพื่อวิสาหกิจชุมชนบ้านป่าชาววิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ครั้งที่ 1 The 1st CRRU National Conference on Local Development “วิถีชีวิตใหม่กับการพัฒนาท้องถิ่น” New Normal and Local Development Perspectives*, 24-25 มิถุนายน 2564.

3.3 การอบรมด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

1. การอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ มีผลตั้งแต่วันที่ 21 มิถุนายน 2564 ถึงวันที่ 20 มิถุนายน 2566
2. การอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ด้านสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ มีผลตั้งแต่วันที่ 26 มิถุนายน 2564 ถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2566
3. การอบรมเชิงปฏิบัติการ การเขียน Protocol Synopsis เพื่อขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จัดโดยสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2564

4. ผลงานวิจัยในอดีต

1. **หัวข้อโครงการวิจัยเรื่อง** : การศึกษาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากเมี่ยง ในเขตชุมชนต้นแม่น้ำลาว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย, 2557 (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.))
2. **หัวข้อโครงการวิจัยเรื่อง** : ตัวเร่งปฏิกิริยาอนุภาคนาโนสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันพืชเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตไบโอดีเซล, 2558 (แหล่งทุน: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)

3. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ทางการเกษตรในพื้นที่หมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, 2558 (แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
4. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : โครงการพัฒนาส่งเสริมผลิตภัณฑ์จากน้ำพุร้อนและโคลนเพื่อนำไปใช้ในการบริการธุรกิจสปา และโรงแรมในจังหวัดเชียงราย เป็นเมือง Lanna wellness, 2560 (แหล่งทุน สำนักงานการท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงราย)
5. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของใบไผ่หมู่บ้านป่าขวางวิวัฒน์, 2561 (แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
6. **หัวหน้าแผนวิจัยเรื่อง** : งานวิจัยเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงสุขภาพและความงามจากปอสา, 2562 (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.))
7. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : การหาปริมาณโพลีฟีนอล แแทนนิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากปอสา, 2562 (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.))
8. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : การพัฒนานวัตกรรมการผลิตชาใบไผ่ทางคุณภาพสูงเพื่อวิสาหกิจชุมชน, 2563 (แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
9. **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง** : การหาปริมาณโพลีฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผงพอกผิวเปลือกสับปะรดภูเก็ต, 2564 (แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
10. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : การจัดทำฐานข้อมูลองค์ความรู้การผลิตเพื่อสร้างอัตลักษณ์ของโกโก้ในจังหวัดเชียงราย, 2564 (แหล่งทุน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.))
11. **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง** : การพัฒนาสูตรหญ้าเนเปียร์หมักเพื่อเป็นอาหารโค, 2565 (แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
12. **โครงการวิจัยเรื่อง** : นวัตกรรมตามผลิตภัณฑ์ลูกประคบสมุนไพรเพื่อสร้างความเปนเอกลักษณ์ของชุมชน ในพื้นที่อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย, 2565 (แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดินปี 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)
13. **โครงการวิจัยเรื่อง** : ศักยภาพของผักบุ้งแดงเพื่อลดความเป็นพิษของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต, 2565 (แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดินปี 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

5. รางวัลที่ได้รับ

รางวัลดีเด่นเหรียญทองแดง การนำเสนอผลงานประเภท Poster Presentation สาขาวิชาเคมี เคมีประยุกต์ และเคมีสิ่งแวดล้อม เรื่อง “Quantitative determination of Phenolic content and Antioxidant activity of Phulae Pineapple Waste’s Masking Powder” ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 12 ระหว่างวันที่ 6-7 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

4.) ผู้ร่วมโครงการ

นางอรวรรณ คุ่มถนอม

Mrs.ORAWAN KHUMTHANAOM

ประวัติการศึกษา

ทล.บ.(เทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปี 2552

ประกาศนียบัตรวิชาชีพวิชาชีพรุ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปี 2557

ประสบการณ์การทำงาน

2545-2547 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

สังกัดศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันราชภัฏเชียงราย

2547-2552 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ฝึกอบรม สังกัด สำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

2552-2555 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ และวิทยากรฝึกอบรม สังกัด สำนักวิทยบริการและ

เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

2555-2558 ตำแหน่ง ครูผู้สอน และครูฝ่ายวิชาการ

สังกัด วิทยาลัยเทคโนโลยีอาชีวศึกษาเชียงราย

2558-ปัจจุบัน ตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา สังกัด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

รางวัลประกาศเกียรติคุณ

- รางวัลเกียรติคุณ “ราชภัฏสตฺย” ประจำปี 2563 สาขา ผู้ปฏิบัติงานสายสนับสนุนดีเด่น ระดับหน่วยงาน
- รางวัลเกียรติคุณ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประจำปี 2563 สาขา ผู้ปฏิบัติงานสายสนับสนุนดีเด่น

งานวิจัย

(1) มิ่งขวัญ สมพฤกษ์, อัญชญา อุประกุล, เสกสรรค์ วินยางค์กุล, นคร ไชยวงศ์ศักดิ์ และ อรรวรรณ คุ่มถนอม. (2562). *การจัดตารางสอนของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมโดยใช้ MATLAB*. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สถาบันวิจัยและพัฒนา.

ประชุมวิชาการ

1) อรรวรรณ คุ่มถนอม, มิ่งขวัญ สมพฤกษ์, อัญชญา อุประกุล, เสกสรรค์ วินยางค์กุล, และนคร ไชยวงศ์ศักดิ์ “การศึกษาโปรแกรมที่เหมาะสมในการจัดตารางสอน กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม”, การประชุมวิชาการวิจัยระดับชาติ สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน ในสถาบันอุดมศึกษา ครั้งที่ 11, 20 – 21 มิถุนายน 2562.

5.) ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา สืบแสน

Assistant Professor Sugunya Suebsan, Ph.D.

สถานที่ทำงาน

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
เลขที่ 19 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน ตำบลแม่กา
อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

สถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
เลขที่ 19 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน ตำบลแม่กา
อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

โทรศัพท์

054-466-666 ต่อ 1720
088-2615964

Email

sugunya.pi@up.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2545	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2542	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยา)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ผลงานวิจัย

- S. Suebsan**, C. Mee-u-sah, S. Suyana, M. Onprachoo, K. Sangwijit and S. Anantalabhochai, 2023. Evaluation of Antifungal Activity from *Bacillus subtilis* strain AS80 Against Pathogenic Fungi Isolated from Hass Avocado Fruits. CMJS. Vol.50 No.2
- N. Dum-Ampai, S. Sitthiphrom, J. Marha, B. Thakumphu, S. Anantalabhochai, K. Sangwijit, **Suebsan**, 2023. Evaluation of genetic variation in longan (*Dimocarpus longan* Lour) by high annealing temperature random amplified polymorphic DNA (HAT-RAPD). CREATIVE SCIENCE. Vol. 15 NO. 2
- Polsa, N., Songsiriritthigul, C., Suyotha, W., **Suebsan, S.**, Anantalabhochai, S., Sangwijit, K. (2021) Single mutation in the carbohydrate-binding module enhances cellulase activity in *Bacillus amyloliquefaciens* mutant. Walailak Journal of Science and Technology. 18(18): 23985.
- Polsa, N., Suyotha, W., **Suebsan, S.**, Anantalabhochai, S. and Sangwijit, K. (2020). Increasing xylanase activity of *Bacillus subtilis* by atmospheric pressure plasma jet for biomass hydrolysis. 3 Biotech. 10-22.
- Laksuk, H., Anantalabhochai, S., Sangwijit, K., Boonrueng, N., **Suebsan, S.** and Thongrote, C. (2019). Induced Mutations of Naked DNA by Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ). Srinakharinwirot Science Journal. 35, 138-148.
- Suebsan, S.**, Sitthiphrom, S., Sangwijit, K. Sanguansermisri, M. and Anantalabhochai, S. (2017). Expression Analysis of Rice Polygalacturonase cDNA Responding to Brown Planthopper [*Nilaparvata lugens* (Stål)]. Genomics and Genetics. 10, 13-20.

6.) ที่ปรึกษาโครงการ

ดร.กัณตา แสงวิจิตร

Dr. Kanta Sangwijit

ตำแหน่งปัจจุบัน

นักวิจัยหน่วย Plasma Bioengineering

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

โทรศัพท์

0622474598

E-mail:	sangwijit.k@gmail.com
ประวัติการศึกษา	วท.บ. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ (2006) วท.ด. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ (2012) (The Royal Golden Jubilee Ph.D Program/ 5 years program)
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	Gene engineering and biotechnology, Plasma technology for crop and microorganism improvement
ประวัติการฝึกงาน	Department of Biotechnology, college of Life Science, Ritsumeikan University, Shika, Japan (2011–2012)

ผลงานวิจัย

1. S. Sarapirom, K. **Sangwijit**, S. Anuntalabhochai and L.D. Yu. 2010. Plasma immersion low-energy-ion bombardment of naked DNA, Surf. Coat. Technol, Vol. 204, Issues 18–19, P. 2960-2965.
2. K. Prakrajang, K. **Sangwijit**, S. Anuntalabhochai, P. Wanichapichart and L.D. Yu. 2012. Neutralized ion beam modification of cellulose membranes for study of ion charge effect on ion-beam-induced DNA transfer, Nucl. Instr. Meth. B, Vol. 272, 1, P.382-385.
3. K. Prakrajang, K. **Sangwijit**, S. Anuntalabhochai, P. Wanichapichart and L.D. Yu. 2012. Low-energy ion beam bombardment effect on the plant-cell-envelope mimetic membrane for DNA transfer, Nucl. Instr. Meth. B, 28:329-333.
4. K. **Sangwijit**, P Thangsunan, R. W. Cutler and S Anuntalabhochai. 2012. Development of SCAR marker for Thai fragrant rice (*Oryza sativa* L. var.indica cv. Pathumthani 1) mutants Induced by Low Energy Ion Beam. Chiang Mai Journal of Science, Vol. 39(4): 545-553.

5. L. D. Yu, W. Wongkham, K. Prakrajang, **K. Sangwijit**, K. Inthanon, P. Thongkumkoon, P. Wanichapichart, S. Anuntalabhochai. 2013. Nano-ranged low-energy ion-beam-induced DNA transfer in biological cells. *Applied Surface Science*, Vol. 275: 136–141
6. P. Thongkumkoon, **K. Sangwijit**, C. Chaiwong, S. Thongtem, P. Singjai, L.D. Yu. 2014. Direct nanomaterial-DNA contact effects on DNA and mutation induction. *Toxicology Letters*, Vol. 226: 90-97
7. L. D. Yu, **K Sangwijit**, K. Prakrajang, B. Phanchaisri, P. Thongkumkoon, P. Thopan, S. Singkarat, S. Anuntalabhochai. 2014. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. vol.326: 204-208
8. **K. Sangwijit**, L.D. Yu. S. Sarapirom, S. Pitakrattanukool, S. Anuntalabhochai. 2015. Low-energy plasma immersion ion implantation to induce DNA transfer into bacterial *E. coli*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. vol. 365: 389 -393
9. **K Sangwijit**, J. Jitonnorn, S. Pitakrattananukool, L.D. Yu, S. Anuntalabhochai. 2016. Low-energy plasma immersion ion implantation modification of bacteria to enhance hydrolysis of biomass material. *Surface and Coatings Technology*. Vol 306: 336-340
10. S. Suebsan, S. Sitthiphrom, **K. Sangwijit**, M. Sanguansermisri, S. Anuntalabhochai. 2017. Expression Analysis of Rice Polygalacturonase cDNA Responding to Brown Planthopper [*Nilaparvata lugens* (Stål)]. *Genomics and Genetics* 2017, 10(1&2): 13–20 10
11. R. Kalawong, M.Wakayama, S. Anuntalabhochai, C. Wongsawad, **K. Sangwijit**. 2018. Comparison and Characterization of Purified Cellulase and Xylanase from

Bacillus amyloliquefaciens CX1 and *Bacillus subtilis* B4. Chiang Mai Journal of Science, Vol. 45(1): 92-105

12. H. Laksuk, S. Anuntalabhochai, **K. Sangwijit**, N. Boonrueng, S. Suebsan, C. Thongrote. 2019. Induced Mutations of Naked DNA by Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ). SWU Sci. J. Vol. 35 No. 2
13. N. Polsa, W. Suyotha, S. Suebsan, S. Anuntalabhochai, **K. Sangwijit**. 2020. Increasing xylanase activity of *Bacillus subtilis* by atmospheric pressure plasma jet for biomass hydrolysis. 3 Biotech, Vol 10:22
14. S. Suebsan, C. Mee-u-sah, S. Suyana, M. Onprachoo, **K. Sangwijit** and S. Anuntalabhochai, 2023. Evaluation of Antifungal Activity from *Bacillus subtilis* strain AS80 Against Pathogenic Fungi Isolated from Hass Avocado Fruits. CMJS. Vol.50 No.2
15. N. Dum-Ampai, S. Sitthiphrom, J. Marha, B. Thakumphu, S. Anuntalabhochai, **K. Sangwijit** and S. Suebsan, 2023. Evaluation of genetic variation in longan (*Dimocarpus longan* Lour) by high annealing temperature random amplified polymorphic DNA (HAT-RAPD). CREATIVE SCIENCE. Vol. 15 NO. 2

การนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์

1. **K. Sangwijit**, K. Cheawchan, S. Anuntalabhochai. 2007. Identification of some intestinal bacteria from cattle rumen and termites. Poster presentation at The 33rd Congress on Science & Technology of Thailand, Nakhonsithammarat, Thailand.
2. W. Yawichai, S. Krudngirn, **K. Sangwijit**, S. Anuntalabhochai. 2007. Low energy ion beam induced mutation in Pathumthani 1 Rice (*Oryza sativa* L.var. *indica*). Poster presentation at The 33rd Congress on Science & Technology of Thailand, Nakhonsithammarat, Thailand.

3. K. Prakrajang, **K. Sangwijit**, S. Sarapirom, S. Anuntalabhochai, P. Wanichapichart, D. Suwannakachorn, L.D. Yu. 2009. Charge Effect on Membrane Impedance Modification of Ion Bombarded Cellulose-Mimetic Plant Cell Envelope, presented and submitted to the 16th international Conference on Surface Modification by Ion Beams (SMMIB2009). Tokyo, Japan
4. K. Prakrajang, **K. Sangwijit**, S. Anuntalabhochai, P. Wanichapichart, L.D. Yu. 2010. Neutralized Ion Beam Modification of Cellulose Membrane for Study of Ion Charge Effect on Ion-beam-induce DNA Transfer, presented and submitted to the 17th international Conference on Ion Beam Modification of Materials. Montreal, Canada.
5. K. Prakrajang, **K. Sangwijit**, S. Anuntalabhochai, P. Wanichapichart, L.D. Yu. 2011. Effect on the Plant-Cell-Envelope Mimetic Membrane for DNA Transformation, poster presentation to 16th international Conference on Radiation Effects in Insulators. Beijing, China.
6. N. Polsa, **K. Sangwijit**, C. Thongrote. S. Anuntalabhochai, 2019. Induction mutation of cellulase and xylanase genes by low-energy plasma for cattle feed, poster presentation to The 14th Asian Congress on Biotechnology in conjunction with 2019 BEST Conference & International Symposium on Biotechnology and Bioengineering. Tamsui Fishermen's Wharf, Taiwan.
7. N. Polsa, C. Thongrote, S. Anuntalabhochai, **K. Sangwijit**, 2020. DNA modification of purple glutinous rice seeds by Radio Frequency Capacitively Coupled Plasma system, poster presentation to the 3rd International Conference on Radiation and Emission in Materials ITSC, Chiang Mai University Chiang Mai, Thailand.
8. S. Suebsan, C. Mee-u-sah, S. Suyana, M. Onprachoo, **K. Sangwijit**, S. Anuntalabhochai, 2022. Antifungal Activity of *Bacillus subtilis* Against

Pathogenic Fungi Associated with Avocado Fruits, poster presentation to the Innovation for Resilient Agriculture Conference, Chiang Mai, Thailand.

การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย

1. Invited speaker at the 30th Annual Meeting of MRS-J International Symposium : K Plasma Lifescience. (10 December 2020)
2. Invited speaker at the 1st International Symposium on Applied Plasma Science and Engineering for Agro and Bio Industry. (13 February 2020)
3. The 3rd International Conference on Radiation and Emission in Materials ITSC. Chiang Mai University Chiang Mai, Thailand. 2020
4. Invited speaker at the 2022 MRS Spring Meeting In the symposium " Cutting-Edge Plasma Processes Contributing to Sustainable Development Goals" (Virtual Session). (23 May 2022)