ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพและทดลองใช้ปรับปรุงดิน สำหรับ การปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม

Study of Biochar Production and Soil Amendment Trial for Andrographis Herb in Participatory Guarantee Systems for Organic Agriculture

ของ

นายสุรินทร์ ไวยเจริญ

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9

กรมพัฒนาที่ดิน

มีนาคม 2564

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญตารางภาคผนวก	ค
สารบัญภาพ	ง
บทคัดย่อ	
Abstract	
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	1
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	3
สภาพพื้นที่	3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	3
ผลการทดลองและวิจารณ์	7
สรุปผลการทดลอง	16
ข้อเสนอแนะ	16
ประโยชน์ที่ได้รับ	17
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	21

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของถ่านชีวภาพ	7
2	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์	8
3	ผลการวิเคราะห์ดิน ก่อนการทดลอง	8
4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างหลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว	9
5	ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว	10
6	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มก/กก) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว	11
7	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (มก./กก.) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว	12
8	ค่าความสูงของฟ้าทะลายโจร (เซนติเมตร) หลังปลูก 1 เดือน 2 เดือนและตอนเก็บเกี่ยว	13
9	ข้อมูลฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยว	14
10	ข้อมูลปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นและใบฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยว	15

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	22
2	ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน	22

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ศาลาจุดเรียนรู้พร้อมป้ายจุดเรียนรู้การผลิตถ่านชีวภาพ	23
2	การผลิตเตาเผาถ่านชีวภาพจากถัง 200 ลิตร	23
3	การเผาถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านชีวภาพถัง 200 ลิตร	24
4	ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาไม้ยูคาลิปตัสและบดให้เล็กลงสำหรับการทดลอง	24
5	การเตรียมแปลงทดลองโดยการไถพรวนและยกร่องแปลงย่อย	25
6	ทำการหว่านปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ วางระบบน้ำหยดและปลูกกล้าฟ้าทะลายโจรในตำรับการทดลองต่างๆ	25
7	แสดงการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรในแปลงทดลอง	26
8	สาธิตการผลิตถ่านชีวภาพแก่เกษตรกร	26
9	อบรมการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินแก่เกษตรกร	27
10	เปรียบเทียบฟ้าทะลายโจรแปลงทดลองปกติกับแปลงที่มีอาการใบเหลือง	27

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพและทดลองใช้ปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม

สุรินทร์ ไวยเจริญ

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 กรมพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

จากการทดลองการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (*Andrographis Paniculata* (Burm.f.) Nees) ในระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม ในชุดดินกบินทร์บุรี (Kb) กลุ่มชุดดินที่ 46 (Loamy-skeletal , kaolinitic, isohyperthermic Typic Haplustalfs) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับการทดลองที่ 1 แปลงควบคุม ตำรับการทดลองที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ 4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อ ตำรับการทดลองที่ 7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ 8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ พบว่า ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกรดรุนแรงถึงเป็นกลาง หลังเก็บเกี่ยวค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ซึ่งแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มสูงกว่าแปลงควบคุม สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าปานกลางไม่แตกต่างกันทั้งก่อนการทดลองและหลังเก็บเกี่ยว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำมากไม่แตกต่างกันทั้งก่อนการทดลองและหลังเก็บเกี่ยว สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงหลังเก็บเกี่ยว โดยในดินหลังเก็บเกี่ยวทุกตำรับการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับแปลงควบคุม แสดงว่าปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน แต่ไม่เพียงพอต่อฟ้าทะลายโจร ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ยหลังเก็บเกี่ยวลดลงเมื่อเทียบกับในดินก่อนการทดลองและหลังปลูก 1 เดือน สำหรับความสูงหลังปลูก 1 เดือน ในแปลงควบคุมและตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 2 เดือน มีแนวโน้มเช่นเดียวกับความสูงหลังปลูก 1 เดือน ส่วนตอนเก็บเกี่ยวความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความแปรปรวนมาก ในส่วนของปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรทั้ง 8 ตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์มีสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และในสภาพดินเป็นด่างการใส่ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีอาการใบเหลืองและปริมาณสารแอนโดร-กราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรลดลง

คำสำคัญ ถ่านชีวภาพ ปรับปรุงดิน ระบบเกษตรอินทรีย์พีจีเอส ฟ้าทะลายโจร สารแอนโดรกราโฟไลด์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Study of biochar production and soil amendment trial for Andrographis herb in participatory guarantee systems for organic agriculture

Surin Waijaroen Land Development Department

Abstract

Study on the use of biochar for soil improvement in Andrographis herb (*Andrographis Paniculata* (Burm.f.) Nees) cultivation under participatory guarantee systems for organic farming in the Kabinburi (Kb) (soil group 46) of Loamy-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic Typic Haplustalfs. The experimental design was randomized complete block with 3 replicates and eight treatments. The treatments consist of 1. control plot, 2. organic fertilizer rate of 500 kg per rai, 3. organic fertilizer rate of 1 ton per rai, 4. organic fertilizer rate of 250 kg / rai combine with biochar rate of 750 kilograms per rai, 5. organic fertilizer rate of 500 kg per rai combine with biochar rate of 500 kilograms per rai, 6. organic fertilizers rate of 750 kilograms per rai combine with biochar rate of 250 kg per rai, 7. biochar at the rate of 500 kg per rai, and 8. biochar at the rate of 1 ton per rai. The results showed that there were no statistically significant differences in soil pH among treatments, but soil pH of control plot tends to be lower than the rest of treatments. While before the experiment begin soil pH is very acidic to neutral, after harvesting soil pH was slightly acidic to neutral. The soil organic matter and available phosphorus content were not significant difference among treatments both before experiment and after harvesting. The extractable potassium content increased at the beginning and decreased after harvest period where the extracted potassium in control plot was significantly lower the rest. This implied that organic fertilizers and biochar increased the soil extractable potassium. However, Andrographis herb had taken up the nutrient during the growth and result in the extracted potassium amount in soil after harvesting was lower compared to that of the soil before the experiment. The height of Andrographis herb aged 1 and 2 months in the control plot and the biochar rate of 1 ton per rai were significant lower than the rest. At harvest, the height of Andrographis herb was not statistically significant difference among treatments. Similarly, fresh and dry weights were not statistically different difference among treatments. Study on andrografolide content showed that there were no statistical difference among treatments. While the andrografolide content was related to the soil pH, in alkaline soil, the application of biochar rate of 1 ton per rai caused the yellow leaves in Andrographis herb with decreasing in the andrografolide content.

Keyword: Biochar, Soil Amendment, Organic Agriculture PGS, Andrographis Herb, Andrographolide

คำนำ

ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเกิดจากหลายปัจจัย การแก้ไขปัญหาก็แตกต่างกัน การปรับปรุงดินก็เป็นวิธีการหนึ่ง เช่น ดินเปรี้ยวจัดใช้วัสดุปูนต่างๆ ดินเป็นกรดใช้ปูนโดโลไมท์ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือพืชปุ๋ยสด เช่น ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ก็สามารถปรับปรุงดินได้ทั่วไป และใช้กันอย่างแพร่หลาย ยังมีวัสดุต่างๆอีกหลายชนิดที่ใช้ปรับปรุงดิน ได้แก่ วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ถ่านชีวภาพ เป็นต้น

ถ่านชีวภาพมีการศึกษาวิจัยและการใช้ประโยชน์มากมายในต่างประเทศ ทั้งในด้านการใช้ปรับปรุงดิน ด้านสิ่งแวดล้อมในการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ด้านใช้เป็นพลังงานความร้อน และด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการกักเก็บคาร์บอน สำหรับประเทศไทยในหลายปีที่ผ่านมาก็มีการวิจัยด้านนี้มากขึ้น โดยเฉพาะกรมพัฒนาที่ดินได้มีการศึกษาวิจัยการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินปัญหาต่างๆ ทำให้มีแนวคิดในการวิจัยถ่านชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนาที่ดินขึ้น เพื่อเผยแพร่แก่เกษตรกร นักวิชาการ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพที่ใช้ปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม

2.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินหลังใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน

การตรวจเอกสาร

ถ่านชีวภาพ (Biochar) เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ได้จากขบวนการเผาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Pyrolysis) ของวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่อุณหภูมิ 300-700 องศาเซลเซียส มีความคงทน ทำให้สลายตัวได้ยากคงสภาพอยู่ได้นาน สามารถนำมาทำเป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เพราะ มีสภาพเป็นด่าง ช่วยปรับสภาพดินกรดได้ดี มีความพรุนสูงดูดยึดธาตุอาหารและน้ำได้ เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กมากเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ได้จำนวนมาก นอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินอีกด้วย ถ่านชีวภาพมีการศึกษาวิจัยและการใช้ประโยชน์มากมายในต่างประเทศ ทั้งในด้านการใช้ปรับปรุงดิน ด้านสิ่งแวดล้อมในการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ด้านใช้เป็นพลังงานความร้อน และด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการกักเก็บคาร์บอน (พินิจภณ, 2560; Verheijen et al., 2010; Lehmann and Joseph, 2009; Taylor, 2010) ในต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับถ่านชีวภาพ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินมานานนับสิบปีและมีองค์กรด้านถ่านชีวภาพ “ International Biochar Initiative” (IBI) ในการสร้างเครือข่ายงานวิจัยและมาตรฐานด้านถ่านชีวภาพ เช่น การใช้ถ่านชีวภาพในระบบการจัดการดินต่างๆ (Major, 2010) นอกจากการเผยแพร่ผลงานวิจัยแล้ว Lehmann (2019) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ทำวิจัยและเขียนผลงานวิจัยเกี่ยวกับถ่านชีวภาพจำนวนมาก กล่าวว่า แม้มีผลงานวิจัยด้านถ่านชีวภาพมากมาย แต่การที่จะทำให้ผลงานวิจัยประสบความสำเร็จก็คือการ

ขับเคลื่อนขยายผลสู่เกษตรกร และพัฒนาเชิงอุตสาหกรรม พร้อมกับการวางนโยบาย โดยผู้กำหนดนโยบายระดับต่างๆ สำหรับประเทศไทยในหลายปีที่ผ่านมาก็มีการวิจัยด้านนี้มากขึ้น กรมพัฒนาที่ดินได้มีการศึกษาวิจัยการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินปัญหาต่าง ๆ มากกว่า 10 โครงการ เช่น การศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดินและผลผลิตพืชสมุนไพรขมิ้นชันในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด (บรรเจิดลักษณ์และนวลจันทร์, 2560) การใช้ถ่านชีวภาพปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (บวรและคณะ, 2558) รวมถึงการวิจัยในระบบเกษตรปลอดสารพิษและระบบเกษตรอินทรีย์ด้วย เช่น การใช้ถ่านไบโอชาร์ปรับปรุงดินเพื่อผลิตผักระบบปลอดสารพิษและการกักเก็บคาร์บอนในดิน (ดาวยศและวิชัย, 2560) ศึกษาการใช้ไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมมวลชีวภาพและสังคมของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์ (นวลจันทร์และคณะ, 2560) เป็นต้น

พืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (Andrographis Herb) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis Paniculata* (Burm.f.) Nees. อยู่ในวงศ์ Acanthaceae (วงศ์เหงือกปลาหมอ) เป็นพืชล้มลุกที่มีรสขมจัด จนได้ชื่อว่าเป็นจ้าวแห่งความขม “ King of the Bitterness” โดยเฉพาะส่วนใบนิยมนำมาทำเป็นยาสมุนไพรและตำรับยารักษาโรคหลายชนิด (พืชเกษตร.คอม, 2557 ; วิฑูรย์และกมลศรี, 2562) ใบฟ้าทะลายโจรมีสารประกอบอยู่หลายประเภท แต่ที่เป็นสาระสำคัญในการออกฤทธิ์ คือ สารกลุ่ม Lactone คือ สารแอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) สารนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (neo-andrographolide) และ 14-ดีอ๊อกซี่แอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-andrographolide) เป็นต้น เป็นตัวยาที่สามารถนำไปใช้กว้างขวางมาก จึงเป็นเหตุผลที่ฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์ระงับการติดเชื้อหรือระงับการเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, ___; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2562) การปลูกฟ้าทะลายโจรเพื่อใช้เป็นยาสมุนไพรสามารถปลูกได้ทั้งในระบบเกษตรที่ใช้สารเคมีและระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม พีจีเอส ซึ่งเป็นมาตรฐานระบบการรับรองเกษตรอินทรีย์โดยชุมชนที่เกษตรกรมีส่วนร่วมในการตรวจสอบพื้นที่ (มูลนิธิเกษตรอินทรีย์ไทย, 2559) แต่การปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ จะให้คุณภาพและปริมาณสารสกัดในพืชสมุนไพรดีกว่าและลดการปนเปื้อนจากสารเคมีด้วยและได้ราคาสูงกว่าระบบเกษตรที่ใช้สารเคมี ฉะนั้นการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์โดยใช้พืชสมุนไพรซึ่งมีความต้องการของตลาดมากและมีมูลค่าสูง จึงน่าจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากว่าพืชผักหรือไม้ผล

การนำถ่านชีวภาพไปใช้ในการปรับปรุงดินในพื้นที่เกษตรอินทรีย์สำหรับปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีความจำเป็นต้องมีการวิจัยให้ได้อัตราที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรต่อไปและมีความเป็นไปได้ที่จะขยายผลอย่างกว้างขวาง แต่การนำถ่านชีวภาพไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรเพื่อใช้ปรับปรุงดินมีปัญหาอุปสรรคในด้านถ่านชีวภาพที่จะนำไปใช้ เกษตรกรหาซื้อได้ยากและมีราคาแพง จึงได้มีแนวทางแก้ไขปัญหาโดยการให้เกษตรกรสามารถผลิตถ่านชีวภาพใช้เอง ด้วยวิธีการผลิตที่ง่าย ราคาไม่แพงและเกษตรกรทำได้จากวัสดุอินทรีย์ที่เหลือทิ้งในชุมชนหรือไร่นาของเกษตรกรเอง ช่วยให้เกษตรกรกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ปรับปรุงสมบัติดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (เช่น โครงสร้างดิน เพิ่มปริมาณธาตุอาหาร กิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน) ลดต้นทุนการ

ใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตและคุณภาพพืช (จันจิราและคณะ, 2560)โดยการจัดทำจุดเรียนรู้การผลิตถ่านชีวภาพขึ้นและอบรมให้ความรู้กับเจ้าหน้าที่ หมอดินและเกษตรกรต่อไป

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน ตำบลปางสวรรค์ อำเภอชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์

สภาพพื้นที่

ในบริเวณพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินกบินทร์บุรี (Kb) กลุ่มชุดดินที่ 46 การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal , kaolinitic, isohyperthermic Typic Haplustalfs ลักษณะสมบัติของดินเป็นดินตื้นถึงลึกปานกลางถึงชั้นลูกรังหนาแน่นตั้งแต่ประมาณ 30-60 เซนติเมตร จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล บางบริเวณอาจพบลูกรังปน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนปนดินเหนียวและมีลูกรัง สีน้ำตาลปนแดง หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2558) โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1.อุปกรณ์การทดลอง

ต้นฟ้าทะลายโจร ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากหญ้าเนเปียร์และถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

อุปกรณ์วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร

อุปกรณ์การผลิตถ่านชีวภาพ

เครื่องชั่ง เครื่องบดตัวอย่างพืช

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 แผนการทดลอง

จัดทำแปลงวิจัยทดลองการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์ PGS วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับการทดลอง ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ)

ตำรับการทดลองที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (เนื่องจากอัตราแนะนำทั่วไปใช้ปุ๋ยหมัก 1 ตันต่อไร่ เพื่อลดต้นทุนการผลิต จึงลดการใช้ลงครึ่งหนึ่ง)

ตำรับการทดลองที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ (จากคำแนะนำของ วิฑูรย์และกมลศรี (2562))

ตำรับการทดลองที่ 4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กิโลกรัมต่อไร่ (จากการวิจัยของ ศิริลักษณ์ และ อรสา (2556) พบว่าผักคะน้าในแปลงทดลองที่ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยคอกต่อถ่านชีวภาพจากแกลบ 25:75 มีความสูงและน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าทุกแปลง)

ตำรับการทดลองที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (ศิริลักษณ์ และ อรสา (2556) ได้อภิปรายและสรุปผลการวิจัยไว้ว่าอัตราส่วนผสมของปุ๋ยคอกต่อถ่านชีวภาพที่แนะนำว่าเหมาะสมที่สุดในเว็บไซด์ของกลุ่มที่ใช้ถ่านชีวภาพ คือ 50:50 (Biochar Discussion Lists and Terra Preta Website, 2012) เช่นเดียวกับคำแนะนำของ อารีย์ (2557)

ตำรับการทดลองที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นอัตราที่เกษตรกรใช้ตามคำแนะนำจากนักวิชาการ)

ตำรับการทดลองที่ 7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (จากการศึกษาของ บรรเจิดลักษณ์และรติกร (2561) การใช้ถ่านชีวภาพในข้าวโพดฝักอ่อน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนสูงสุด)

ตำรับการทดลองที่ 8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ (พินิจภณ, 2560) ได้เสนอแนะว่าการใช้ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมกับพืชอายุสั้น เช่น พืชผัก พืชไร่ ควรใช้อัตราส่วนที่น้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

2.2 วิธีการดำเนินงาน

2.2.1.การจัดทำจุดเรียนรู้การผลิตถ่านชีวภาพ ก่อสร้างศาลาจุดเรียนรู้พร้อมป้ายจุดเรียนรู้การผลิตถ่านชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนาที่ดิน โปสเตอร์ความรู้การผลิตถ่านชีวภาพและการใช้ปรับปรุงดิน ถังและวัสดุสำหรับผลิตถ่านชีวภาพ (ภาพภาคผนวกที่ 1) และจัดทำเตาเผาถ่านชีวภาพจากถัง 200 ลิตร โดยดัดแปลงจากเตาเผาถ่านชีวภาพของ พินิจภณ (2560) ตามภาพภาคผนวกที่ 2

2.2.2 นำไม้ยูคาลิปตัสมาผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้เตาเผาถ่านชีวภาพทำเองแบบถัง 200 ลิตร (ภาพภาคผนวกที่ 3) และนำถ่านชีวภาพมาบดให้มีขนาดเล็กลงเพื่อใช้ในการทดลอง (ภาพภาคผนวกที่ 4)

2.2.3 ผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักหญ้าเนเปียร์บดละเอียดร่วมกับมูลหมู รำข้าว และน้ำหมักชีวภาพ

2.2.3 เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยเก็บแบบ composite sample เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

2.2.4 เก็บตัวอย่างถ่านชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี

2.2.5 เตรียมพื้นที่ทำแปลงย่อยขนาด 3x7 ตารางเมตร จำนวน 24 แปลงย่อย สำหรับปลูกฟ้าทะลายโจร (ภาพภาคผนวกที่ 5)

2.2.6 หว่านปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพในแปลงย่อยต่างๆ ตามตำรับการทดลองที่สุ่มแล้ว พร้อมกับปลูกฟ้าทะลายโจรโดยใช้ระยะปลูก ระหว่างแถว 40 เซนติเมตร ระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และให้น้ำฟ้าทะลายโจรด้วยระบบน้ำแบบแถบน้ำหยดระยะห่าง 20 เซนติเมตร ตามความจำเป็น (ภาพภาคผนวกที่ 6)

2.2.7 กำจัดวัชพืชในแปลงทดลองและเก็บข้อมูลความสูงการเจริญเติบโตหลังปลูก 1 เดือน 2 เดือนและเก็บตัวอย่างดินหลังปลูก 1 เดือน ในทุกแปลงย่อย เพื่อวิเคราะห์ตาม ข้อ 2.2.3 (ภาพภาคผนวกที่ 7)

2.2.8 การเก็บเกี่ยวผลผลิต เริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อฟ้าทะลายโจรอายุ 90 วัน และเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตฟ้าทะลายโจรในทุกแปลงย่อย เพื่อวิเคราะห์ตาม ข้อ 2.2.3

2.2.9 การเก็บบันทึกข้อมูล

- ข้อมูลดิน วิเคราะห์สมบัติของดินทางเคมี

- ข้อมูลถ่านชีวภาพ วิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- ข้อมูลปุ๋ยอินทรีย์ วิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจร

-วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร

-วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี F-test และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี t-test

2.2.10 สาธิตการผลิตถ่านชีวภาพ (ภาพภาคผนวกที่ 8) และอบรมการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินแก่เกษตรกรในพื้นที่ (ภาพภาคผนวกที่ 9)

2.3 วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 ตัวอย่างดิน

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH Meter) อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965)

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) โดยวิธี Walkey-Black (Walkey and Black, 1947)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ โดยการสกัดด้วย Ammonium acetate 1N pH 7.0 (Pratt, 1965) และวัดค่าโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame Photometer

2.3.2 ตัวอย่างถ่านชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH Meter) อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965)

2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) โดยวิธี Walkey-Black (Walkey and Black, 1947)

3) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม (Total Organic Carbon) และไนโตรเจน(Nitrogen) ด้วยวิธี Dumas method โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาคาร์บอนและไนโตรเจนอัตโนมัติ (NCS analyzer)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) โดยวิธีการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น ในอัตราส่วน 2:1 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Barton, 1948)

5) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) โดยวิธีการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น ในอัตราส่วน 2:1 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame Photometer (Jackson, 1958)

2.3.3 ตัวอย่างต้นและใบฟ้าทะลายโจร

1) ปริมาณสารสกัดแอนโดรกราโฟไลด์ ($C_{20}H_{30}O_5$) ในฟ้าทะลายโจร โดยวิธี Liquid Chromatography (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2562)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติของถ่านชีวภาพ

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของถ่านชีวภาพ พบว่า ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้มีสภาพเป็นด่างจัดมาก มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 2.53 เปอร์เซ็นต์และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 4.22 ซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายได้ง่าย แต่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมสูงมาก คือ 81.01 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 135 ซึ่งมีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน จากค่ามาตรฐานอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต้องไม่เกิน 20 ทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ โดยไม่ต้องไปดึงไนโตรเจนในดินมาใช้ทำให้ดินสูญเสียไนโตรเจน เรียกว่าขบวนการ immobilization (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) แต่ถ่านชีวภาพมีความคงทนต่อการย่อยสลายอาจไม่เกิดกรณีเช่นนี้ สำหรับปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีปริมาณน้อย แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 1) สำหรับปริมาณโลหะหนักในถ่านชีวภาพที่ใช้ทดลองไม่ได้วิเคราะห์ แต่จากการศึกษาของ ประไพพิศและคณะ (2557) ได้วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุอินทรีย์หลายชนิด พบว่า ปริมาณโลหะหนักมีค่าไม่เกินมาตรฐาน และไม่พบการปนเปื้อนของสารหนูและแคดเมียมในถ่านชีวภาพทุกชนิด

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของถ่านชีวภาพ

รายการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพ	pH (1:1)	OC[1] (%)	Total OC[2] (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
ไม้ยูคาลิปตัส	9.7	2.53	81.01	0.60	0.26	1.09

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

1: โดยวิธี Walkey-Black (Walkey and Black, 1947)

2: โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาคาร์บอนและไนโตรเจนอัตโนมัติ (NCS analyzer)

สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ พบว่ามีสภาพเป็นกลาง มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 12.69 โดยค่ามาตรฐานอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต้องไม่เกิน 20 ซึ่งเมื่อใส่ลงไปในดินก็จะเกิดขบวนการ mineralization ทำให้ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) เมื่อเทียบกับถ่านชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์จะย่อยสลายได้ง่ายกว่าคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์คาร์บอนของพืชแห้ง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526) สำหรับปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีน้อย แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์

รายการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์	pH (1:1)	OC (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
หญ้าเนเปียร์บดละเอียดหมักร่วมกับมูลหมู รำข้าว และน้ำหมักชีวภาพ	7.2	13.83	1.09	1.26	1.67

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

การเก็บดินก่อนการทดลอง เก็บแบบรวมในแต่ละซ้ำ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าแตกต่างกัน ในแต่ละซ้ำ คือ ในซ้ำที่ 1 มีค่าเป็นกลาง (บริเวณนี้เคยเป็นจอมปลวกมาก่อนถูกปรับพื้นที่) ส่วนในซ้ำที่ 2 และ 3 มีค่าเป็นกรดรุนแรงมาก และเป็นกรดจัดมากตามลำดับ ส่วนอินทรียวัตถุในดิน มีค่าปานกลางเท่ากันทั้งสามซ้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำมากทั้งสามซ้ำ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าแตกต่างกันคือ มีค่าปานกลางในซ้ำที่ 1 ส่วนในซ้ำที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำ (ตารางที่ 3) จากข้อมูลชุดดินชุกบินทร์บุรี (Kb) พบว่า เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (ภาคผนวก)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดิน ก่อนการทดลอง

รายการวิเคราะห์ดิน	pH (1:1)	OM (%)	P_2O_5 (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	K_2O (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ซ้ำที่ 1	6.6	1.7	2	81
ซ้ำที่ 2	4.1	1.7	2	46
ซ้ำที่ 3	4.8	1.7	1	34

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 กรมพัฒนาที่ดิน

สมบัติทางเคมีของดิน หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จากผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยวพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสองช่วง แต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มสูงกว่าแปลงควบคุม (ตารางที่ 4) สำหรับผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก 1 เดือนในแต่ละซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยเฉพาะในซ้ำที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเป็นกรด

เล็กน้อยถึงเป็นกลาง ซึ่งในตำรับการทดลองที่ 8 ใส่ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีค่าเป็นด่างปานกลาง และหลังเก็บเกี่ยวพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างในแต่ละซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงว่าความแตกต่างในแต่ละซ้ำน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างตั้งแต่ช่วง 1 เดือน ถึงช่วงเก็บเกี่ยวทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 4) เช่นเดียวกับ จาวภา และคณะ (2560) สายน้ำและคณะ (2559) และ Streubel et al. (2011) ใช้ถ่านชีวภาพในดินทรายที่มีค่าความเป็นกรดสามารถเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างในดินได้ แต่จากการทดลองปลูกกระเจี๊ยบเขียวในระบบเกษตรอินทรีย์ การใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบร่วมกับมูลสุกร อัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ในชุดดินปราณบุรี ซึ่งมีความเป็นกรดเป็นด่างในดินเท่ากับ 8 ของนวลจันทร์และคณะ (2560) พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างหลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	1 เดือน	เก็บเกี่ยว	ผลต่าง
1 แปลงควบคุม	5.57	5.80	0.23
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	6.43	7.17	0.74
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	6.00	5.87	-0.13
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	6.00	6.23	0.23
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	5.47	6.37	0.90
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	6.43	7.13	0.70
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	5.97	6.33	0.36
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	6.20	6.97	0.77
F-test (ตำรับการทดลอง)	ns	ns	-
F-test (ซ้ำ)	**	*	-
C.V. (%)	14.20	11.70	-

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก 1 เดือน พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินทุกตำรับการทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากดินที่เก็บก่อนการทดลอง โดยแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและหลังเก็บเกี่ยวปริมาณอินทรียวัตถุในดินทุกตำรับการทดลองลดลงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับนวลจันทร์และคณะ (2560) จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพในอัตราต่างๆกันไม่ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์จะย่อยสลายได้เร็วในสภาพเขตร้อน สำหรับถ่านชีวภาพซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสูงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายยากมาก จึงไม่เห็นปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และวิธีการวัดปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยใช้กรดเข้มข้น ไม่สามารถย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในถ่านชีวภาพได้ ซึ่งต้องใช้วิธีเผาด้วยความร้อนสูงมากด้วยเครื่องวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน

ตารางที่ 5 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	1 เดือน	เก็บเกี่ยว	ผลต่าง
1 แปลงควบคุม	1.83	1.60	-0.23
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	1.97	1.77	-0.20
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	2.03	1.80	-0.23
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	1.87	1.57	-0.30
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	1.93	1.83	-0.10
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	1.93	1.80	-0.13
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	1.83	1.67	-0.16
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	1.90	1.73	-0.17
F-test (ตำรับการทดลอง)	ns	ns	-
F-test (ซ้ำ)	ns	ns	-
C.V. (%)	12.30	13.20	-

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จากผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละตำรับการทดลองมีค่าต่ำมากและซ้ำๆกัน จึงไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้ (ตารางที่ 6) แสดงว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เช่นเดียวกับนวลจันทร์และคณะ (2560) จะเห็นได้ว่าในพื้นที่เกษตรอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ดินจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่น้อย การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จำเป็นต้องหาวัสดุที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง เช่น มูลค้างคาว กระดูกป่น หินฟอสเฟต เป็นต้น ผสมในการหมักปุ๋ย และใส่เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ช่วยย่อยสลายฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ตารางที่ 6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มก./กก.) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	1 เดือน	เก็บเกี่ยว
1 แปลงควบคุม	1	1
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	2	2
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	2	2
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	1	1
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	1	1
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	1	2
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	1	1
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	1	1
F-test (ตำรับการทดลอง)	-	-
F-test (ซ้ำ)	-	-
C.V. (%)	-	-

หมายเหตุ: - ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

มก./กก. หมายถึง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน จากผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก 1 เดือน พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน ในแปลงควบคุม ตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ และตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับถ่านชีวภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว และหลังเก็บเกี่ยวปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในแปลงควบคุมมีค่าต่ำ ตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับถ่านชีวภาพ ตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ มีค่าปานกลาง และตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์มีค่ามากที่สุด แสดงให้ว่าปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในดินได้ดีกว่าถ่านชีวภาพ และโดยเฉลี่ยในช่วงหลังปลูก 1 เดือน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าต่ำ (30-60 มก/กก) ถึงปานกลาง (60-90 มก/กก) แต่หลังเก็บเกี่ยวปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าต่ำมาก (<30 มก/กก) แสดงว่าฟ้าทะลายโจรได้ใช้โพแทสเซียมในปริมาณมากในการเจริญเติบโต (ตารางที่ 7) เช่นเดียวกับ สายน้ำและคณะ (2559) ทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินวังสะพุง ใช้ถ่านชีวภาพอัตราต่างๆ ก็ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีปริมาณลดลงเช่นกัน แต่จากการศึกษาของนวลจันทร์และคณะ (2560) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้น อาจมีสาเหตุมาจากการใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบร่วมกับมูลสุกรในปริมาณมากถึง 1,500 กิโลกรัม/ไร่

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (มก./กก.) หลังปลูก 1 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	1 เดือน	เก็บเกี่ยว	ผลต่าง
1 แปลงควบคุม	33.00a	7.67a	-25.33
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	58.33ab	14.00b	-44.33
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	84.33b	21.00c	-63.33
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	52.33a	12.00ab	-40.33
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	56.67ab	13.33ab	-43.33
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	42.67a	11.33ab	-31.34
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	42.67a	9.33ab	-33.34
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	42.00a	12.00ab	-30.00
F-test (ตำรับการทดลอง)	*	**	-
F-test (ซ้ำ)	ns	ns	-
C.V. (%)	30.01	23.80	-

หมายเหตุ: * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มก./กก. หมายถึง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

การเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรหลังปลูก 1 เดือน 2 เดือนและตอนเก็บเกี่ยว

ความสูงของฟ้าทะลายโจร จากผลวิเคราะห์ความสูงของฟ้าทะลายโจรหลังปลูก 1 เดือน ในแปลงควบคุมและตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีค่าต่ำและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่นๆ แสดงว่าการใช้ถ่านชีวภาพในอัตราสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรในช่วงแรก สำหรับความสูงของฟ้าทะลายโจรหลังปลูก 2 เดือน ก็ทำนองเดียวกับหลังปลูก 1 เดือน แม้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ก็มีแนวโน้มที่ในแปลงควบคุมและตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่มีค่าต่ำและมีความแตกต่างกับตำรับการทดลองอื่นๆ ส่วนความสูงของฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเพราะฟ้าทะลายโจรแตกช่อดอก ทำให้หยุดการเติบโตทางลำต้นมีผลให้ความสูงคงที่ (ตารางที่ 8) เช่นเดียวกับ จาวภา และคณะ (2560) การใส่ถ่านชีวภาพ 500 กิโลกรัม/ไร่ ในข้าวทำให้ความสูงข้าวสูงกว่าการไม่ใส่ถ่านชีวภาพในระยะแรก แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต่อมา

ตารางที่ 8 ค่าความสูงของฟ้าทะลายโจร (เซนติเมตร) หลังปลูก 1 เดือน 2 เดือนและตอนเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	1 เดือน	2 เดือน	เก็บเกี่ยว
1 แปลงควบคุม	3.67a	28.07a	53.70
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	4.68ab	31.57ab	60.77
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	4.40ab	30.17ab	54.57
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	4.95b	29.87ab	56.07
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	5.40b	36.03b	60.97
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	4.43ab	30.23ab	56.73
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	4.60ab	31.23ab	58.23
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	3.78a	28.67a	57.17
F-test (ตำรับการทดลอง)	*	ns	ns
F-test (ซ้ำ)	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.20	11.30	8.20

หมายเหตุ: * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

ผลผลิตฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยว

จากผลวิเคราะห์ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตอนเก็บเกี่ยวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีความแปรปรวนสูง โดยผลผลิตน้ำหนักสดมีค่าตั้งแต่ 1,829 กิโลกรัมต่อไร่ ในตำรับการทดลองที่ 6 ถึง 2,917 กิโลกรัมต่อไร่ ในตำรับการทดลองที่ 2 และผลผลิตน้ำหนักแห้งมีค่า 588 กิโลกรัมต่อไร่ในตำรับการทดลองที่ 4 ถึง 829 กิโลกรัมต่อไร่ ในตำรับการทดลองที่ 2 เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 9) สอดคล้องกับเอกสารวิชาการของ วิฑูรย์และกมลศรี (2562) ในระบบเกษตรอินทรีย์ ฟ้าทะลายโจรจะให้ผลผลิตน้ำหนักสด 2,000-3,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มของปัจจัยได้ชัดเจนว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือการใช้ถ่านชีวภาพ หรือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผสมกับถ่านชีวภาพปัจจัยไหนดีกว่ากัน

ตารางที่ 9 ข้อมูลฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้ง (%)	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)
1 แปลงควบคุม	2252ab	31.60	713
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	2917b	28.45	829
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	2015ab	33.02	654
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	1832a	31.92	588
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	2511ab	30.60	761
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	1829a	32.64	596
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	2472ab	30.38	741
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	2494ab	29.97	731
F-test (ตำรับการทดลอง)	ns	ns	ns
F-test (ซ้ำ)	ns	ns	ns
C.V. (%)	21.20	11.80	18.50

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2562) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก จากการทดลอง ผลวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นและใบฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยวพบว่า แต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่ตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ และ ตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์สูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ สำหรับตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่ำสุด อาจเนื่องจากในซ้ำที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง โดยเฉพาะตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นด่างปานกลาง ทำให้ใบฟ้าทะลายโจรมีอาการใบเหลือง (ภาพภาคผนวกที่ 10) สอดคล้องกับสายน้ำและคณะ (2559) แนะนำว่าถ้าดินมีความเป็นด่างจัดมากอาจเกิดการขาดธาตุอาหารในพืชได้ และผลการทดลองในซ้ำที่ 1 ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เฉลี่ยต่ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับซ้ำที่ 2 และ 3 ที่มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เฉลี่ยสูงกว่า (ตารางที่ 10) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เป็นกรดรุนแรงถึงเป็นกลาง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นและใบฟ้าทะลายโจรตอนเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง	สารแอนโดรกราโฟไลด์ (% น้ำหนักต่อน้ำหนัก)
1 แปลงควบคุม	3.37ab
2 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่	3.53ab
3 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตัน/ไร่	3.30ab
4 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 750 กก./ไร่	3.33ab
5 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	3.63b
6 ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 750 กก./ไร่และถ่านชีวภาพ อัตรา 250 กก./ไร่	3.60b
7 ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กก./ไร่	3.60b
8 ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตัน/ไร่	2.80a
F-test (ตำรับการทดลอง)	ns
F-test (ซ้ำ)	**
C.V. (%)	11.80

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

กก./ไร่ หมายถึง กิโลกรัมต่อไร่

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์ PGS วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับการทดลอง พบว่า ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกรดรุนแรงถึงเป็นกลาง หลังเก็บเกี่ยวค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ซึ่งแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มสูงกว่าแปลงควบคุม สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าปานกลางไม่แตกต่างกันทั้งก่อนการทดลองและหลังเก็บเกี่ยว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำมากไม่แตกต่างกันทั้งก่อนการทดลองและหลังเก็บเกี่ยว สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงหลังเก็บเกี่ยว โดยในดินหลังเก็บเกี่ยวทุกตำรับการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับแปลงควบคุม แสดงว่าปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน แต่ไม่เพียงพอต่อฟ้าทะลายโจร ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ยหลังเก็บเกี่ยวลดลงเมื่อเทียบกับในดินก่อนการทดลองและหลังปลูก 1 เดือน สำหรับความสูงหลังปลูก 1 เดือน ในแปลงควบคุมและตำรับการทดลองถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 2 เดือน มีแนวโน้มเช่นเดียวกับความสูงหลังปลูก 1 เดือน ส่วนตอนเก็บเกี่ยวความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความแปรปรวนมาก ในส่วนของปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรทั้ง 8 ตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์มีสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และในสภาพดินเป็นด่างการใส่ถ่านชีวภาพ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีอาการใบเหลือง และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรลดลง โดยสรุปสำหรับการทดลองในแง่ความคุ้มทุนการปลูกฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์สำหรับดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลาง ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ แต่ในระยะยาวจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพจะช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่ให้ลดลงกว่าเดิมได้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองแม้พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ ในฟ้าทะลายโจรระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม ไม่ทำให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากอาจมีผลจากการจัดการแปลง สภาพภูมิอากาศ แต่ทำให้คุณภาพดินดีขึ้น ในระยะยาวในแง่ของความยั่งยืน เชื่อว่าทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ และต้องมีการปรับปรุงสูตรปุ๋ยอินทรีย์ให้มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงขึ้น อีกปัญหาของการทำเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่มากๆ คือ การขาดแคลนแรงงานคน ในการดูแลจัดการพื้นที่ เช่น การกำจัดวัชพืช อาจประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เครื่องจักรกล การปราบศัตรูพืชใช้ศัตรูธรรมชาติ ตัวห้ำตัวเบียน หรือเชื้อจุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัด และการใช้แรงงานคนทำให้ต้นทุนสูง จากเอกสารวิชาการของ อำนาจ (2560) แสดงให้เห็นว่า การผลิตพืชอินทรีย์ ซึ่งไม่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีเป็นการผลิตที่ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลผลิตสูง พืชถูกโรคและ

แมลงรบกวนมากกว่า ผลผลิตที่มีคุณภาพด้านโภชนาการและด้านปราสาทสัมผัสต่ำกว่าและมีความเสี่ยงต่อการทำให้เกิดมลพิษมากกว่า

การใช้ถ่านชีวภาพควรใช้วัสดุการเกษตรในพื้นที่และผลิตเองโดยใช้เตาที่ทำขึ้น แม้จะได้ปริมาณไม่มากก็สามารถทำได้ต่อเนื่องและเป็นการศึกษาเรียนรู้และประหยัดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้การใช้ถ่านชีวภาพอย่างเดียวจะมีฝุ่นจากถ่าน การใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือน้ำหมักชีวภาพช่วยแก้ปัญหาฝุ่นถ่านได้และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินได้ด้วย (สมชายและปัทมา, 2561; Yuan et al., 2011)

มองในแง่ความคุ้มทุน การปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ผลผลิตไม่มาก แต่จะมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์สูงกว่า จะได้ราคาสูงตามเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่เพิ่มขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

12.1 เกษตรกรสามารถใช้เป็นต้นแบบในการผลิตถ่านชีวภาพเพื่อใช้ปรับปรุงดินในการปลูกพืชระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วมได้

12.2 คุณภาพของดินในพื้นที่เกษตรกรได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น

12.3 แก้ปัญหาขยะจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่และชุมชน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2562. ฟ้าทะลาย : Thai Herbal Pharmacopoeia 2019 volume I : Department of Medical Sciences. Ministry of Public Health. 112-123.

กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2558. รายงานสำรวจดินจังหวัดนครสวรรค์. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2526. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์สวิตา. กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

จันจิรา แสงสีเหลือง, นวลจันทร์ ชะบา และวุฒิชัย จันทรสมบัติ. 2560. ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ด้วยถ่านไบโอชาร์ต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตพืช. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

จาวภา มะนาวกอก, สันติไมตรี ก้อนคำดี, เกษสุดา เดชภิมล, วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ และดรุณี โชติษฐยางกูร. 2560. ถ่านชีวภาพ: ผลต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม(การทดสอบในสภาพกระถาง). แก่นเกษตร. 45 (2) : 209-220.

ดาวยศ นิลนนท์ และ วิชัย แป้นอ้อย. 2560. การใช้ถ่านไบโอชาร์ปรับปรุงดินเพื่อผลิตผักระบบปลอดสารพิษและการกักเก็บคาร์บอนในดิน. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10 กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

นวลจันทร์ ชะบา, จันจิรา แสงสีเหลือง และ วุฒิชัย จันทรสมบัติ. 2560. ศึกษาการใช้ไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมมวลชีวภาพและสังคมของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ และ รติกร ณ ลำปาง. 2561. การประเมินคุณภาพดินและการใช้ถ่านชีวภาพ(ไบโอชาร์) เพื่อเพิ่มคาร์บอนในดินและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนในพื้นที่ดินกรด. กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ และ นวลจันทร์ ภาสดา. 2560. การศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดินและผลผลิตพืชสมุนไพรขมิ้นชันในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

บวร บัวขาว, นงคราญ มณีวรรณ, ไพรัช พงษ์วิเชียร และ สมชาย ยอดเณร. 2558. การใช้ถ่านชีวภาพปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

ประไพพิศ ศรีมาวงษ์, วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล, สุรเชษฐ์ นาราภัทร์, อรอนงค์ โฉมศิริ และกุลภัทร ยิ้มพักตร์. 2557. สมบัติเคมี-กายภาพและการดูดซับธาตุอาหารพืชของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

พินิจภณ ปิตุยะ. 2560. เอกสารองค์ความรู้เรื่องถ่านชีวภาพ. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. 28 หน้า.

พืชเกษตร.คอม. 2557. ฟ้าทะลายโจร สรรพคุณ และการปลูกฟ้าทะลายโจร (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.puechkaset.com/ฟ้าทะลายโจร/ (วันที่เข้าถึง 15 เมษายน 2563).

มูลนิธิเกษตรอินทรีย์ไทย. 2559. คู่มือการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม พีจีเอส. จัดพิมพ์โดย กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 56 หน้า.

วิฑูรย์ ปัญญากุล และ กมลศรี ศรีวัฒน์. 2562. คู่มือปลูกสมุนไพรเกษตรอินทรีย์ : ฟ้าทะลายโจร. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.greennet.or.th/green-chiretta/ (วันที่เข้าถึง 15 เมษายน 2563).

ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และ อรสา สุกสว่าง. 2556. การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 39 (2) 212-225.

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. _____. ฟ้าทะลายโจร. กลุ่มงานวิจัย สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: http://www.nci.go.th/th/research/researhdivision/research_informationfarthalai.html (วันที่เข้าถึง 8 พฤษภาคม 2563).

สมชาย บุตรนันท์ และ ปัทมา วิตยากร, 2561. มหัศจรรย์ถ่านชีวภาพกับผลกระทบสองขั้ว. แก่นเกษตร. 46 (6) : 1167-1176.

สายน้ำ อุดพ้วย, ชัชธนพร เกื้อหนุน, พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ และปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา. 2559. ผลของถ่านชีวภาพจากเหง้ามันสำปะหลังต่อสมบัติทางเคมีของดินเหนียวในสภาพโรงเรือน. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. 2-5 กุมภาพันธ์ 2559. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2551. คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 187 หน้า.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรมพัฒนาที่ดิน.กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

อารีย์ คล่องขยัน. 2557. ถ่านชีวภาพ (Biochar) ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก :pandinthong.com/knowledgebase-dwl-th/401391791816 (วันที่เข้าถึง 8 พฤษภาคม 2563).

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2560. ปลูกพืชอินทรีย์ไม่ดีอย่างที่คิด ปลูกพืชปลอดภัยจากสารพิษดีกว่าไหม (ปรับปรุงครั้งที่ 1). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 36 หน้า.

Biochar Discussion Lists and Terra Preta Website. 2012. Using Biochar in Soil (Online). Available: http://terrapreta. bioenergylists.org/content/using-biochar-soil. (Accessed 20 Jan. 2013).

Braton, C.J. 1948. Photometric analysis of phosphate rock. Analytical Chemical. 20: 1068-1073.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Lehmann, J. 2019. Science-to-action through global and regional biochar networks. (Online). Available: http://doi.org/10.1007/s42773-019-00029-y (Accessed 20 Nov. 2020).

Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Tecnology. Earthscan Plb. UK and USA.

Major, J. 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. International Biochar Initiative. 23 p.

Peech, M. 1965. Hydrogen-ion acidity. pp. 914-926. In C.A. Black et al., Eds. Method of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Pratt, P.E. 1965. Potassium. pp. 1022-1030. In C.A. Black et al., Eds. Method of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Streubel, J.D., H.P. Collins, M.Garcia-Preez, J. Tarara, D. Granatstein and C.E. Kruger. 2011. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. Soil Science Society of American Journal. 75: 1402-1413.

Taylor, P. 2010. The Biochar Revolution: Tranforming Agriculture & Environment. Global Publishing Group. Australia.

Verheijen, F.G.A., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. van der Velde and I. Diafas. 2010. Biochar Application to Soil- A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Sci. Amer. Proc. 63:257.

Yuan J.H., Xu R.K., Wang N. and Li J.Y. 2011. Amendment of Acid Soils with crop Residues and Biochars. Pedosphere. 21(3): 302-308.

ภาคผนวก

รายละเอียดข้อมูลชุดดินกบินทร์บุรี (Kb) กลุ่มชุดดินที่ 46 จากกองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน

ชุดดิน กบินทร์บุรี **Series** Kb

การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal , kaolinitic, isohyperthermic Typic Haplustalfs

สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ความลาดชัน 2-5 %

ภูมิสัณฐาน ตะพักลำน้ำระดับสูง

วัตถุต้นกำเนิด ตะกอนน้ำพาพัดมาทับถมบนตะพักลำน้ำระดับสูง

การระบายน้ำ ดี

การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง **การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน** เร็ว

ลักษณะสมบัติของดิน เป็นดินตื้นถึงลึกปานกลางถึงชั้นลูกรังหนาแน่นตั้งแต่ประมาณ 30-60 เซนติเมตรจากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล บางบริเวณอาจพบลูกรังปน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนปนดินเหนียวและมีลูกรัง สีน้ำตาลปนแดง หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5)

ข้อจำกัด เป็นดินตื้นถึงลึกปานกลางถึงชั้นลูกรังหนาแน่น ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงดินจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่เหมาะสมโดยใช้วิธีพืช เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินและเพิ่มผลผลิตพืชโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี พื้นที่ลาดชันสูงไม่ควรนำมาใช้เพาะปลูก

สมบัติทางเคมี	ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
	0-25	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
	25-50	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
	50-100	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ 1 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

กรดรุนแรงมากที่สุด	<3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5-4.5
กรดจัดมาก	4.6-5.0
กรดจัด	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
กลาง	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างจัด	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2548)

ตารางผนวกที่ 2 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน

ระดับ	OM (%)	P ($mgkg^{-1}$)	K ($mgkg^{-1}$)
ต่ำมาก	<0.5	<3	<30
ต่ำ	0.5-1.5	3-10	30-60
ปานกลาง	1.6-2.5	11-15	61-90
สูง	2.6-3.5	16-45	91-120
สูงมาก	>3.5	>45	>120

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2548)

ภาพภาคผนวกที่ 1 ศาลาจุดเรียนรู้พร้อมป้ายจุดเรียนรู้การผลิตถ่านชีวภาพ

ภาพภาคผนวกที่ 2 การผลิตเตาเผาถ่านชีวภาพจากถัง 200 ลิตร

ภาพภาคผนวกที่ 3 การเผาถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านชีวภาพถัง 200 ลิตร

ภาพภาคผนวกที่ 4 ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาไม้ยูคาลิปตัสและบดให้เล็กลงสำหรับการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 5 การเตรียมแปลงทดลองโดยการไถพรวนและยกร่องแปลงย่อย

ภาพภาคผนวกที่ 6 ทำการหว่านปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ วางระบบน้ำหยดและปลูกกล้าฟ้าทะลายโจร

ในตำรับการทดลองต่างๆ

ภาพภาคผนวกที่ 7 แสดงการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรในแปลงทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 8 สาธิตการผลิตถ่านชีวภาพแก่เกษตรกร

ภาพภาคผนวกที่ 9 อบรมการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินแก่เกษตรกร

ภาพภาคผนวกที่ 10 เปรียบเทียบฟ้าทะลายโจรแปลงทดลองปกติกับแปลงที่มีอาการใบเหลือง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน