

## รายงานเรื่องเต็มผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2556

1. ชุดโครงการวิจัย      ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของไบโอชาร์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตของดิน
2. โครงการวิจัย      ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของไบโอชาร์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตของดิน
- กิจกรรมที่      -
- กิจกรรมย่อย      -
- 3 การทดลองที่ 1      ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไบโอชาร์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร  
Study and Development Physical and Chemical Properties of Biochar from Agriculture Materials
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- หัวหน้าการทดลอง      นายพีรพงษ์ เซาวนพงษ์      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ผู้ร่วมงาน      นางสาวเสมอจิตต์ เกื้อหนู      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นางศรีสุดา รื่นเจริญ      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นางสาววนิดา โนบรรเทา      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นายอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นางสุปราณี มั่นหมาย      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- นางปัญจพร เลิศรัตน์      กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา      สำนักวิจัยพัฒนา  
    ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
5. บทคัดย่อ

ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไบโอชาร์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยพัฒนาการผลิตและรูปแบบการใช้ปุ๋ย วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี คือ (1)ซังข้าวโพด (2)แกลบ (3)ทะลายปาล์ม (4)เปลือกไม้ (5)ขานอ้อย (6)มูลไก่ (7)มูลวัว และ (8)เหง้ามันสำปะหลัง ผลการทดลอง พบว่า คุณสมบัติทางเคมีของไบโอชาร์ที่ผลิตจาก มูลไก่ ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมรวมสูงสุด รองลงมาคือ มูลวัว เหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด ขานอ้อย ทะลายปาล์ม แกลบ และเปลือกไม้ ตามลำดับ ไบโอชาร์ที่ผลิตจากเหง้ามันสำปะหลัง มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด รองลงมาได้แก่ ขานอ้อย ทะลายปาล์ม ซังข้าวโพด มูลไก่ เปลือกไม้ มูลวัว และแกลบ ตามลำดับ

คุณสมบัติทางกายภาพของไบโอชาร์ที่ผลิตจากขานอ้อย มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูงสุด รองลงมาได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง มูลไก่ ทะลายปาล์ม มูลวัว เปลือกไม้ แกลบ และซังข้าวโพด ตามลำดับ และมีความหนาแน่นต่ำสุด ส่วนไบโอชาร์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าได้แก่ แกลบ ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกไม้ มูลวัว ทะลายปาล์ม และมูลไก่

### Abstract

Study and development physical and chemical properties of biochar from agriculture materials at laboratory of production and application of fertilizer research and development group. The experimental design was RCB 4 replications 8 treatments (1) corn cob (2) rice husk (3) oil palm bunch (4) bark (5) bagasse (6) chicken manure (7) cow manure (8) cassava root, The results showed that the chemical properties. Total of plant nutrients nitrogen, phosphorus and potassium of biochar from chicken manure was the highest followed by biochar from cow manure, cassava root, corn cob, bagasse, oil palm bunch, rice husk and bark, respectively. Organic carbon of Biochar from cassava root was the highest followed by biochar from bagasse, oil palm bunch, corn cob, chicken manure, bark, cow manure and rice husk, respectively.

Physical properties biochar from bagasse has the water holding capacity highest followed by biochar from cassava root, chicken manure, oil palm bunch, cow manure, bark, rice husk and corn cob, respectively. And has the lowest density than biochar from rice husk, corn cob, cassava root, bark, cow manure, oil palm bunch and chicken manure, respectively.

## 6. คำนำ

ประเทศไทยแม้ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ในฐานะที่เป็นผู้ผลิตและส่งออกอาหารรายใหญ่ของโลก ได้ตื่นตัวและตระหนักถึงเรื่องนี้เป็น

อย่างมาก ดังนั้น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงได้จัดทำ ยุทธศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคเกษตร ทั้งในด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) และการปรับตัว (Adaptation) รวมทั้งการสร้างภูมิคุ้มกันภาคเกษตร ตลอดจนการเข้าร่วมในเวทีโลก เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอาหารสนองความต้องการอาหารโลก ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืนท่ามกลางสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาการเป็นผู้ผลิตและส่งออกอาหารรายใหญ่ของโลก โดยมีสถานะแวดล้อมและภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดความรุนแรงของผลกระทบ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสถานะโลกร้อนขึ้นนั้นมีมูลเหตุมาจากการปล่อยก๊าซพิษต่างๆ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยเรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก การใช้เทคโนโลยีไบโอชาร์กักเก็บคาร์บอนลงดิน เป็นแนวทางหนึ่งในการตัดวงจรการกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศของคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการนำมวลชีวภาพซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรมาแยกสลายด้วยความร้อนแทนการเผาทิ้ง โดยแยกคาร์บอนจากมวลชีวภาพมาอยู่ในรูปของไบโอชาร์ และใส่กลับลงดิน ไบโอชาร์สามารถกักเก็บคาร์บอนซึ่งมีสภาพเสถียรให้อยู่ในดินได้เป็นเวลายาวนาน นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ให้สูงขึ้น ทำให้ประหยัดการใช้ปุ๋ย การเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่เพียงแก้ไขปัญหาสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง แต่ยังคงช่วยรักษาศักยภาพการผลิตของดินอีกด้วย แต่คุณสมบัติต่างๆเหล่านี้ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตและกระบวนการผลิต การใช้ไบโอชาร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ไบโอชาร์ (Biochar) หรือเรียกในภาษาไทยว่า ไบโอชาร์หรือถ่านชีวภาพ คือ วัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอนผลิตจากการให้ความร้อนมวลชีวภาพ (biomass) โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก เรียกกระบวนการนี้ว่าการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) ซึ่งมีสองวิธีหลักๆ คือ การแยกสลายอย่างรวดเร็วและอย่างช้า ซึ่งไบโอชาร์แตกต่างจากถ่านทั่วไปตรงจุดมุ่งหมายของการใช้ประโยชน์ โดยถ่านทั่วไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ขณะที่ไบโอชาร์ใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บคาร์บอนลงดินและปรับปรุงดิน (Ricks, 2007)

ไบโอชาร์ผลิตได้จากการให้ความร้อนมวลชีวภาพโดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก เรียกว่า กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) มี 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกสลายอย่างรวดเร็ว (fast pyrolysis) และการแยกสลายอย่างช้า (slow pyrolysis) ซึ่งองค์ประกอบที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของมวลชีวภาพและวิธีการแยกสลาย (pyrolysis condition) (Downie *et al.*, 2009) ได้แก่ ไบโอชาร์ 15-25 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันชีวภาพ (bio-oil) 60-75 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซ 10-20 เปอร์เซ็นต์ (Mohan *et al.*, 2006) คาร์บอนทั้งหมด (total carbon) 400-900 กรัมต่อกิโลกรัม (Amonette and Joseph, 2009) ไนโตรเจน 1.8-56.4 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด 2.7-480 และ 1.0-58 กรัมต่อกิโลกรัม (Chan *et al.*, 2007) และเถ้า (ash)

ไบโอชาร์ มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยคาร์บอนที่เสถียร (Sohi *et al.*, 2009) จึงทนทานต่อการย่อยสลายและคงอยู่ในดินยาวนานกว่าอินทรีย์วัตถุ 10-1,000 เท่า (Verheijen *et al.*, 2010) การแยกสลายมวลชีวภาพด้วยความร้อนให้คาร์บอนทั้งหมดในไบโอชาร์ 172 -905 กรัมต่อกิโลกรัม อินทรีย์คาร์บอน < 500 กรัมต่อกิโลกรัม (Chan and Xu, 2009) ไบโอชาร์ที่ได้จากไม้เนื้อแข็งแยกสลายด้วยความร้อนสูงจะมีคาร์บอนสูงกว่าไบโอชาร์ที่ได้จากมูลสัตว์ Gaskin *et al.* (2010) รายงานว่า การผลิตไบโอ

ไอบีโอซาร์จากไม้สน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ให้คาร์บอน 817 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ไอบีโอซาร์มูลไกให้คาร์บอน 399 กรัมต่อกิโลกรัม ไอบีโอซาร์ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้หลายวิธี โดยเริ่มจากการเปลี่ยนคาร์บอนที่เป็นประโยชน์ (labile carbon) ในมวลชีวภาพให้เป็นคาร์บอนที่เสถียรด้วยกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนที่สามารถกักเก็บไว้ในดินได้ยาวนาน ไอบีโอซาร์ในดินลดการแพร่ก๊าซเรือนกระจกในกลุ่ม non-CO<sub>2</sub> gas คือ มีเทนและไนตรัสออกไซด์ ดินจึงเป็นทั้งแหล่งผลิต (source) และแหล่งสะสม (sink) ของก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) การใส่ไอบีโอซาร์จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนและไนโตรเจน (C and N transformation) ในดิน ลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change mitigation) ได้ ด้วยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (carbon sequestration) 41-64 เปอร์เซ็นต์ (Lehmann *et al.*, 2006; Gaunt and Lehmann, 2007) สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang *et al.* (2012) พบว่า การใส่ไอบีโอซาร์ 20 และ 40 ตันต่อเฮกแตร์ ลดก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) 9.8 และ 41.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การใส่ไอบีโอซาร์ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ลดการปล่อยก๊าซดังกล่าว 23.8 และ 47.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของถ่านชีวภาพ ถ่านหุงต้ม มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 7.7 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 18.5 เปอร์เซ็นต์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (BS) มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้า 0.01 dSm<sup>-1</sup> ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) เท่ากับ 27.9 cmolkg<sup>-1</sup> ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) 126 mgkg<sup>-1</sup> ปริมาณธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ได้แก่ K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> และ Na<sup>+</sup> เท่ากับ 19.41 43.55 5.21 และ 4.06 cmolkg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

ถ่านแกลบที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 9.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 5.3 เปอร์เซ็นต์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้า 1.93 dSm<sup>-1</sup> ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 7.3 cmolkg<sup>-1</sup> ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 533 mg/Kg ปริมาณธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ได้แก่ K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> และ Na<sup>+</sup> เท่ากับ 20.02 10.52 7.41 และ 2.03 cmolkg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

ถ่านแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตากันตุง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 8.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 7.4 เปอร์เซ็นต์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้า 0.53 dSm<sup>-1</sup> ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 17.8 cmolkg<sup>-1</sup> ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 97 mgkg<sup>-1</sup> ปริมาณธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ได้แก่ K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> และ Na<sup>+</sup> เท่ากับ 9.48 5.83 3.15 และ 0.83 cmolkg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

ถ่านชีวภาพที่ได้จากการใช้กากน้ำหมักชีวภาพมาให้ความร้อนด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบ slow pyrolysis ที่อุณหภูมิ 300°C นาน 6 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 8.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 31.4 เปอร์เซ็นต์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้า 0.01 dSm<sup>-1</sup> ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 20 cmolkg<sup>-1</sup> ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 288 mg/Kg

ปริมาณธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ได้แก่  $K^+$   $Ca^{2+}$   $Mg^{2+}$  และ  $Na^+$  เท่ากับ 62.02 38.43 16.01 และ 14.8  $cmolkg^{-1}$  ตามลำดับ

ถ่านกัมมันต์ เป็นไบโอชาร์ชนิดหนึ่งที่ยิยมใช้ในการดูดซับโลหะ เนื่องจากราคาถูกและมีความสามารถสูงในการดูดซับและมีการใช้อย่างกว้างขวาง คุณสมบัติของผิวหน้าถ่านกัมมันต์มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการดูดซับ (Puziy *et al.*, 2004) ผิวหน้าถ่านกัมมันต์ทำให้มีสภาพเป็นกรดด้วยกรดฟอสฟอริก การดูดซับไอออนของทองแดง แคดเมียม โคบอลต์ และตะกั่ว ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายและความเข้มข้นของไอออนโลหะหนักเหล่านั้นและแบบจำลองการดูดซับผิวหน้าเชิงซ้อน (surface complexation model)

ไบโอชาร์มีคุณสมบัติที่ผันแปรได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตและกระบวนการผลิต (degree of pyrolysis) มีความหนาแน่นรวม (bulk density) น้อยกว่าดินแร่ประมาณ 0.3 และ 1.3 เมกะกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Brady and Weil, 2004) เป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงและพื้นผิวมาก จึงช่วยดูดซับความชื้นในดินได้เป็นอย่างดี การใส่ไบโอชาร์ 45 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำให้ดินทรายมีความชื้นเพิ่มขึ้น 18 เปอร์เซ็นต์ Zwieteren *et al.* (2010) กล่าวว่า ดินและพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อไบโอชาร์แตกต่างกัน เช่นเดียวกัน Yaboah *et al.* (2009) เนื้อดินมีอิทธิพลต่อการจัดการดินที่มีการใส่ไบโอชาร์ ซึ่งข้าวโพดที่ปลูกในดินร่วนปนทราย (sandy loam) ให้น้ำหนักต่อชั่งและ N-recovery สูงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) อย่างเด่นชัด ไบโอชาร์มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ จึงไม่มีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืชในช่วงแรก แต่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในระยะยาว เนื่องจากพื้นผิวมีความสามารถในการออกซิเดชันและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูง (Lehmann *et al.*, 2003) สิริกานดา (2551) ทำการศึกษาสมมูลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสับคั่วที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วนปนทราย พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินเหนียว (SW) มีปริมาณที่สูงกว่าดินร่วนปนทราย (KH) เท่ากับ 6.44 และ 1.74 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี สำหรับพื้นที่ SW และพื้นที่ KH ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในดินเหนียวที่มีค่ามากกว่าดินร่วนปนทราย และอุณหภูมิของดินเหนียวอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและรากพืชมากกว่า คือประมาณ 25.4-31.8 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าดินร่วนปนทราย รวมทั้งอาจเป็นเพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเหนียวที่มีค่าสูงกว่าดินร่วนปนทราย ซึ่งให้เห็นว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินและปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ทำการเกษตรหรือวิธีการจัดการดิน (soil management practice) คุณสมบัติของดินทั้งทางเคมี กายภาพและชีวภาพ ชนิดของพืชพันธุ์ สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิดิน หรือแม้แต่สภาพภูมิอากาศที่ส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศและลดการกักเก็บคาร์บอนในดิน คาร์บอนที่อยู่ในส่วนของอินทรีย์วัตถุถึง 80% ของคาร์บอนทั้งหมดที่อยู่ในดินและเป็นส่วนที่สำคัญมากที่จะใช้เป็นที่แหล่งเก็บรักษาคาร์บอนในการที่จะลดปัญหาภาวะเรือนกระจก ที่เกิดจากกิจกรรมการเกษตรหรือการ

เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน อย่างไรก็ตาม วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศหนึ่งๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงหลายๆปัจจัย จึงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินพื้นที่การผลิตพืชเศรษฐกิจควบคู่กันไป

## 7. วิธีดำเนินการ

### - อุปกรณ์

1. ชั่งข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม น้ำมัน เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลไก่ มูลวัว และเหง้ำมันสำปะหลัง
2. ถุงตาข่ายขนาด 50 ซม. x 75 ซม. สำหรับใช้ในการเก็บตัวอย่างวัสดุทดลอง
3. ถุงกระดาษ ถุงพลาสติก
4. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ เช่น กรดเปอร์คลอริก กรดไนตริก กรดซัลฟิวริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมไดโครเมต ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ กรดบอริก ซีลีเนียมมิกซ์เจอร์ แอมโมเนียมอะซีเตต เป็นต้น
5. เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์
6. วัสดุวิทยาศาสตร์

### - วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี

1. ชั่งข้าวโพด
2. แกลบ
3. ทะลายปาล์มเปล่า
4. เปลือกไม้
5. ชานอ้อย
6. มูลไก่
7. มูลวัว
8. เหง้ำมันสำปะหลัง

สำรวจเก็บตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ชั่งข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลไก่ มูลวัว และเหง้ำมันสำปะหลัง นำตัวอย่างวัสดุมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ ก่อนนำไปผลิตเป็นไบโอชาร์ แล้วนำวัสดุที่ได้มาผลิตเป็นไบโอชาร์จากการให้ความร้อน โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก ตามกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) แล้ววิเคราะห์สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ นำข้อมูลสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ จากกรรมวิธีมาพิจารณาไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตภาพของดินได้

### - เวลาและสถานที่

ระยะเวลา เดือน ตุลาคม 2555 ถึงเดือน กันยายน 2556

## 8. ผลการทดลอง

### คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุก่อนเผาเป็นไบโอชาร์ (ตารางที่ 1)

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 4.78-7.70
2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าระหว่าง 0.131-8.35 เดซิซีเมนต่อเมตร
3. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่า เปลือกไม้ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 50.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ชานอ้อย และเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 50.56 และ50.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับ ชังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม มูลไก่ และมูลวัว ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 49.27 36.31 49.75 38.45 และ 30.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
4. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 30.20-255.01
5. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 5.24 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ชังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลวัว และเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.46 0.143 0.613 0.285 0.270 1.50 และ0.643 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
6. ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 4.06 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ชังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลวัว และเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดเท่ากับ 0.225 0.165 0.16 0.31 0.238 1.02 และ0.228 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
7. ปริมาณโพแทชทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณโพแทชทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 2.42 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ชังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลวัว และเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีปริมาณโพแทชทั้งหมดเท่ากับ 0.998 0.42 1.42 0.42 0.26 1.26 และ1.26 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุก่อนเผาเป็นไบโอชาร์

กรรมวิธี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	C/N	T-N (%)	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	T-K <sub>2</sub> O (%)
1. ชังข้าวโพด	5.07	2.06	49.27 c	107.10	0.46 d	0.225 cd	0.998 d
2. แกลบ	7.70	0.131	36.31 e	255.01	0.143 f	0.165 d	0.42 e
3. ทะลายปาล์ม	7.10	4.26	49.75 bc	83.10	0.613 c	0.16 d	1.42 b
4. เปลือกไม้	4.91	0.795	50.93 a	179.10	0.285 e	0.31 c	0.42 e

5. ชานอ้อย	4.78	0.84	50.56 ab	187.26	0.270 e	0.238 cd	0.26 f
6. มูลไก่	5.70	7.81	38.45 d	7.35	5.24 a	4.06 a	2.42 a
7. มูลวัว	4.86	8.35	30.20 f	20.12	1.50 b	1.02 b	1.26 c
8. เหม้ามันสำปะหลัง	6.62	2.17	50.01 abc	77.89	0.643 c	0.228 cd	1.26 c
เฉลี่ย	5.84	3.30	44.43	114.40	1.14	0.80	1.06
F - test	-	-	*	-	*	*	*
CV. (%)	-	-	1.48	-	2.23	9.13	2.67

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

### คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุก่อนเผาเป็นไบโอชาร์ (ตารางที่ 2)

1. ความหนาแน่น พบว่า แกลบ มีความหนาแน่นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.07 กรัมต่อลูกบาศก์ เซ็นติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชานอ้อย ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.085 กรัมต่อลูกบาศก์ เซ็นติเมตร แต่มีความแตกต่างกับซังข้าวโพด ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ มูลไก่ มูลวัว และเหม้ามันสำปะหลัง ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.123 0.07 0.305 0.193 0.27 0.155 และ 0.175 กรัมต่อลูกบาศก์ เซ็นติเมตร ตามลำดับ

2. การอุ้มน้ำ พบว่า ชานอ้อย มีการอุ้มน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 97.81 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แตกต่างกันทางสถิติกับซังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ มูลไก่ มูลวัว และเหม้ามันสำปะหลัง ที่มีค่าการอุ้มน้ำได้เท่ากับ 73.29 53.07 59.23 71.81 78.23 71.38 และ 74.66 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุก่อนเผาเป็นไบโอชาร์

กรรมวิธี	ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	การอุ้มน้ำ (% โดยน้ำหนัก)
1. ซังข้าวโพด	0.123 b	73.29 cd
2. แกลบ	0.070 a	53.07 f
3. ทะลายปาล์ม	0.305 f	59.23 e
4. เปลือกไม้	0.193 d	71.81 cd
5. ชานอ้อย	0.085 a	97.81 a
6. มูลไก่	0.270 e	78.23 b
7. มูลวัว	0.155 c	71.38 d
8. เหม้ามันสำปะหลัง	0.175 cd	74.66 c



เฉลี่ย	0.172	72.43
F - test	*	*
CV. (%)	12.83	2.79

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

### คุณสมบัติทางเคมีของไบโอชาร์ (ตารางที่ 3)

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 5.58-9.52
2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าระหว่าง 0.24-7.34 เดซิซีเมนต่อเมตร
3. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่า เหม่งมันสำปะหลัง มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 50.06 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ช้างข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลไก่ และมูลวัว ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 42.15 22.54 42.84 31.61 46.09 35.86 และ 30.94 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
4. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 7.06-133.46
5. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 5.12 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ช้างข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลวัว และเหม่งมันสำปะหลัง ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.74 0.61 0.76 0.24 0.65 1.37 และ 0.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
6. ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 7.22 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ช้างข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลไก่ มูลวัว และเหม่งมันสำปะหลัง ที่มีปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดเท่ากับ 0.53 0.42 0.61 0.35 0.62 2.35 และ 1.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ
7. ปริมาณโพแทชทั้งหมด พบว่า มูลไก่ มีปริมาณโพแทชทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 4.42 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ช้างข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ ชานอ้อย มูลไก่ มูลวัว และเหม่งมันสำปะหลัง ที่มีปริมาณโพแทชทั้งหมดเท่ากับ 2.11 0.61 0.44 0.36 0.72 1.69 และ 2.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

### ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีของไบโอชาร์

กรรมวิธี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	C/N	T-N (%)	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	T-K <sub>2</sub> O (%)
1. ช้างข้าวโพด	6.68	1.62	42.15 c	57.74	0.74 c	0.53 de	2.11 c
2. แกลบ	7.85	0.44	22.54 f	36.84	0.61 c	0.42 de	0.61 ef

3. ทะลายปาล์ม	7.93	0.24	42.84 bc	57.80	0.76 c	0.61 d	0.44 f
4. เปลือกไม้	5.61	0.32	31.61 e	133.46	0.24 d	0.35 e	0.36 f
5. ชานอ้อย	5.58	0.46	46.09 b	72.53	0.65 c	0.62 d	0.72 e
6. มูลไก่	9.11	7.34	35.86 d	7.06	5.12 a	7.22 a	4.42 a
7. มูลวัว	9.52	2.25	30.94 e	22.68	1.37 b	2.35 b	1.69 d
8. เหม้ามันสำปะหลัง	8.21	2.26	50.06 a	59.11	0.85 c	1.01 c	2.63 b
เฉลี่ย	7.56	1.87	37.76	55.90	1.29	1.64	1.62
F - test	-	-	*	-	*	*	*
CV. (%)	-	-	6.09	-	16.65	9.23	10.27

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

#### คุณสมบัติทางกายภาพของไบโอชาร์ (ตารางที่ 4)

1. ความหนาแน่น พบว่า ชานอ้อย มีความหนาแน่นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.03 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับซังข้าวโพด และแกลบ ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.038 และ 0.035 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกับ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ มูลไก่ มูลวัว และเหม้ามันสำปะหลัง ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.12 0.063 0.12 0.098 และ 0.058 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ

2. การอุ้มน้ำ พบว่า ชานอ้อย มีการอุ้มน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 89.28 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แตกต่างกันทางสถิติกับซังข้าวโพด แกลบ ทะลายปาล์ม เปลือกไม้ มูลไก่ มูลวัว และเหม้ามันสำปะหลัง ที่มีค่าการอุ้มน้ำได้เท่ากับ 34.13 52.18 79.27 69.31 82.84 70.51 และ 82.89 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกายภาพของไบโอชาร์

กรรมวิธี	ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	การอุ้มน้ำ (% โดยน้ำหนัก)
1. ซังข้าวโพด	0.038 a	34.13 f
2. แกลบ	0.035 a	52.18 e
3. ทะลายปาล์ม	0.120 d	79.27 c
4. เปลือกไม้	0.063 b	69.31 d
5. ชานอ้อย	0.030 a	89.28 a
6. มูลไก่	0.120 d	82.84 b

7. มูลวัว	0.098 c	70.51 d
8. เหม้ามันสำปะหลัง	0.058 b	82.89 b
เฉลี่ย	0.069	70.05
F - test	*	*
CV. (%)	17.15	2.44

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

## 9. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า ไบโอดีที่ผลิตจากขานอ้อย มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เหม้ามันสำปะหลัง มูลไก่ ทะลายปาล์ม มูลวัว เปลือกไม้ แกลบ และซังข้าวโพด ตามลำดับ

ไบโอดีที่ผลิตจากมูลไก่ มีปริมาณธาตุอาหารพืชไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมรวมกันสูงสุด รองลงมาได้แก่ มูลวัว เหม้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด ขานอ้อย ทะลายปาล์ม แกลบ และเปลือกไม้

ไบโอดีที่ผลิตจากเหม้ามันสำปะหลัง มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ขานอ้อย ทะลายปาล์ม ซังข้าวโพด มูลไก่ เปลือกไม้ มูลวัว และแกลบ

## 10. การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. สามารถใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ผลิตเป็นไบโอดี
2. สามารถจัดการใช้ไบโอดีจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของดิน
3. สามารถนำไปพัฒนางานวิจัยการเก็บกักคาร์บอนในดินเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้

## 10. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช ISBN: 974-436-054-2. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 164 หน้า.

Amonette, J.E. and S. Joseph. 2009. Characteristics of Biochar: Microchemical Properties.

In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management. Earthscan, London, pp.33-52.

Brady N.C. and R.R. Weil. 2004. Elements of the nature and Properties of Soils. 2<sup>nd</sup> Ed.

Pearson Prentice Hall. Upper addle River Nj. pp. 111-112.Chan, K.Y., L. Van

Zwieten, I. Meszaros, A. Downie and S. Joseph. 2007. Agronomic values of

greenwaste biochar as a soil amendment. Australian J. of Soil Research. 45:629-634.

- Chan, K.Y. and Z. Xu. 2009. Biochar: Nutrient Properties and Their Enhancement. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann, J. & Joseph, S.), Earthscan
- Downie, A., A. Crosky and P. Munroe. 2009. Physical properties of biochar. In biochar for environment: science and technology Eds. J. Lehmann and S. Joseph. Earthscan, London; Sterling, VA, pp. 13-32..
- Lehmann J., J. Pereira da Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil. 249: 343-357.
- Lehmann J., J. Gaunt and M. Rondon. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems-A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11: 403-427.
- Puziy, A.M., O.I. Poddubnaya , V.N. Zaitsev, O.P. Konoplitska. Modeling of heavy metal ion binding by phosphoric acid activated carbon. Applied Surface Science. 221:421-429.
- Sisbudi H. 2011. Life cycle analysis of biochar from palm oil empty fruit bunches. International Biochar Initiative, Malaysia.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, and R. Bol. 2009. Biochar, climate change and soil: a review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report
- Verheijen F., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. Van der Velde and I. Diafas. 2010. Biochar application to soils. A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions: 166 p.
- [Zhang A.](#), [Y. Liu](#) , [G. Pan](#), [Q. Hussain](#), [L. Li](#), [J. Zheng](#) and [X. Zhang](#). 2012. Effect of biochar Amendment on maize yield and greenhouse gas emission from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. [Plant and Soil](#), [Vol. 351](#): 263-275.

- Zwieten L. V., S. Kimber, S. Morris, K.Y. Chan, A. Downie, J. Rust, S. Joseph and A. Cowie .2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*. 327:235-246.
- Yeboah E., P. Ofori, G.W. Quansah, E. Dugan and S.P. Sohi. 2009. Improving soil productivity through biochar amendments to soils. *African J. of Environmental Science and Technology*. Vol. 3(2): 034-041.
- Rick, Davies. 2007. Going Carbon Negative : [www.shimbir.demon.co.uk/biocharrefs.htm](http://www.shimbir.demon.co.uk/biocharrefs.htm)