

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันต่อปริมาณการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินและการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มเนื้อทราย

The effect application of different organic residues on soil aggregate stability, carbon sequestration in sandy soil.

(Received: September 10, 2026; Revised: September 18, 2026 ; Accepted: September 27, 2026)

ศกุนตลา สุภาสัย¹ วิทยา ตรีโลเกศ² อรรณพ พุทโส³ นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ⁴
sakuntala Supasai¹ Vidhaya Trelo-ges² Aunnop Puttas³ Nuntira Hongsisuwan⁴

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดต่อการกระจายตัวของขนาดและเสถียรภาพของเม็ดดิน รวมถึงการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินของดินเค็มเนื้อทราย ดำเนินการทดลองในพื้นที่นาดินเค็ม ชุดดินกุลาร้องไห้ (Typic Natraqualfs) บ้านจิวเก่า ตำบลโนนประจักษ์ อำเภอสิดา จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ได้แก่ ไม้ไผ่สับอินทรีย์ ซากถั่วลิสง ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบ และปุ๋ยคอก จำนวน 3 ซ้ำ โดยใส่วัสดุอินทรีย์ในอัตรา 1.6 ตันต่อไร่ และเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลอง 52 สัปดาห์ วิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดเม็ดดินด้วยวิธีการร่อนแบบเปียก (wet sieving) และวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินและเม็ดดินด้วยวิธี Walkley and Black จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการศึกษาพบว่า การกระจายตัวของเม็ดดินขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตรมีค่า 1.85–4.25 กรัมต่อ 100 กรัมดิน ขนาด 0.25–2 มิลลิเมตรมีค่า 1.49–3.41 กรัมต่อ 100 กรัมดิน ขนาด 0.106–0.25 มิลลิเมตรมีค่า 28.71–31.23 กรัมต่อ 100 กรัมดิน และขนาดเล็กกว่า 0.106 มิลลิเมตรมีค่า 56.67–62.65 กรัมต่อ 100 กรัมดิน โดยการกระจายตัวของเม็ดดินแต่ละขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดดิน (Mean Weight Diameter; MWD) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ใบหญ้าแฝกให้ค่า MWD สูงสุด 0.314 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ซึ่งมีค่า 0.185 มิลลิเมตร สำหรับการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดิน พบว่าปุ๋ยคอกมีค่าการสะสมสูงสุดในเม็ดดินขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร เท่ากับ 0.075 กรัมต่อกิโลกรัมดิน ขณะที่แกลบมีค่าการสะสมสูงสุดในเม็ดดินขนาด 0.25–2, 0.106–0.25 และเล็กกว่า 0.106 มิลลิเมตร เท่ากับ 0.160, 0.111 และ 0.171 กรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ นอกจากนี้ อัตราส่วน C/N มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในอนุภาคดินขนาดเล็กกว่า 0.106 มิลลิเมตร ($r = 0.6334$, $p < 0.05$) ขณะที่อัตราส่วน Lignin/N มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินขนาด 0.25–2 มิลลิเมตร ($r = 0.6989$, $p < 0.05$) และ 0.106–0.25 มิลลิเมตร ($r = 0.6930$, $p < 0.05$)

คำสำคัญ: วัสดุอินทรีย์; เม็ดดิน; เสถียรภาพเม็ดดิน; อินทรีย์คาร์บอน; การกักเก็บคาร์บอน; ดินเค็มเนื้อทราย

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of different organic residues on soil aggregate size distribution and stability, as well as organic carbon accumulation within soil aggregates in salt-affected sandy soil. The experiment was conducted in a salt-affected paddy field of the Kula Ronghai soil series (Typic Natraqualfs) at Ban Ngio Kao, Non Pradu Subdistrict, Sida District, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. A randomized complete block design (RCBD) was used with six treatments: control, groundnut stover, vetiver grass leaves, rice straw, rice husk, and cow manure, with three replications. Organic residues were applied at a rate of 1.6 t rai⁻¹. Soil samples were collected after 52 weeks. Soil aggregate size distribution and

¹ สาขาวิชาการสาธารณสุขชุมชน, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนครพนม, จังหวัดนครพนม ประเทศไทย 40002

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

³ กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 (สพข.5) ขอนแก่น กรมพัฒนาที่ดิน

⁴ สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยชินวัตร จังหวัดปทุมธานี 12160

stability were determined using the wet-sieving method, while organic carbon in soil and soil aggregates was determined using the Walkley–Black method. Data were analyzed using analysis of variance, and treatment means were compared using the Least Significant Difference (LSD) test.

The results showed that the amounts of large macroaggregates (>2 mm), small macroaggregates (0.25–2 mm), microaggregates (0.106–0.25 mm), and particles (<0.106 mm) ranged from 1.85–4.25, 1.49–3.41, 28.71–31.23, and 56.67–62.65 g per 100 g soil, respectively. The distribution of aggregate size fractions did not differ significantly among treatments. However, mean weight diameter (MWD) differed significantly, with the highest value observed in soil amended with vetiver grass (0.314 mm), compared with 0.185 mm in the control. Regarding organic carbon accumulation, cow manure showed the highest organic carbon content in aggregates >2 mm (0.075 g kg⁻¹ soil), whereas rice husk showed the highest values in the 0.25–2, 0.106–0.25, and <0.106 mm fractions, with values of 0.160, 0.111, and 0.171 g kg⁻¹ soil, respectively. In addition, the C/N ratio was positively correlated with organic carbon accumulation in the <0.106 mm fraction ($r = 0.6334$, $p < 0.05$), while the lignin/N ratio was positively correlated with organic carbon accumulation in the 0.25–2 mm ($r = 0.6989$, $p < 0.05$) and 0.106–0.25 mm fractions ($r = 0.6930$, $p < 0.05$).

Keywords: organic residues; soil aggregates; aggregate stability; organic carbon; carbon sequestration; salt-affected sandy soil

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน การลดปัญหาโลกร้อนโดยวิธีเพิ่มแหล่งสะสมหรือแหล่งกักเก็บคาร์บอนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดย วรรณพ พุทธโส¹ วัฏจักรคาร์บอนเป็นกระบวนการถ่ายโอนคาร์บอนระหว่างพืช สัตว์ บรรยากาศ ก้อนหิน และมหาสมุทร โดยการหมุนเวียนคาร์บอนในระบบนิเวศน์ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้ พืชจะปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาสู่บรรยากาศทำให้สัตว์ได้ใช้ออกซิเจนนี้ในการหายใจ การนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชจึงเป็นการลดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศลงได้ ปีพมา วิทยากร และคณะ² ดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศที่ช่วยหมุนเวียนและเก็บกักคาร์บอนไว้ไม่ให้เข้าสู่บรรยากาศในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือมีเทน

ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน ดินสามารถกักเก็บคาร์บอนรูปอินทรีย์ไว้ได้มากกว่าพืชพรรณกว่าสองเท่าตัว นอกจากนี้ยังมีศักยภาพที่จะเก็บกักคาร์บอนไว้ได้เพิ่มขึ้นอีก อ้างตาม วรรณพ พุทธโส¹ กลไกการกักเก็บคาร์บอนในดิน แบ่งออกเป็น 3 กลไกหลัก คือ 1) กลไกป้องกันทางกายภาพ เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของคาร์บอนในดินกับแร่ธาตุของดิน โดยคาร์บอนในดินได้รับการป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายหรือเอนไซม์เข้าถึงได้^{2,3,5,6} กลไกเหล่านี้ป้องกันคาร์บอนในดินไว้ถึงประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน โดยกลไกการป้องกันทางกายภาพเป็นอีกอันหนึ่งที่มีการศึกษาและเป็นกลไกประเภทห่อหุ้มอินทรีย์วัตถุไว้ ได้แก่ การเกิดเม็ดดิน 2) กลไกการป้องกันทางเคมี เป็นการป้องกันการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินผ่านการเชื่อมยึดพันธะทางเคมีระหว่างอินทรีย์วัตถุในดินกับส่วนของอนุภาค 3) กลไกการป้องกันทางชีวภาพ ได้แก่ แบบจำลองการเกิดเม็ดดินที่แสดงถึง เม็ดดินขนาดใหญ่เกิดจากการรวมตัวกันของเม็ดดินขนาดเล็กกว่า โดยมีราก เส้นใยเชื้อรา สารประกอบที่ไม่คงทน เช่น สารโพลีแซกคาไรค์¹

ดังนั้นการวางแผนการจัดการวัสดุอินทรีย์ที่เหลือทางภาคการเกษตรอย่างเหมาะสม จะช่วยให้ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาตอซัง หรือเผาเพื่อกำจัดวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวได้เป็นอย่างดี หลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เล็งเห็นความสำคัญของการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการไถกลบเพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย ส่วนหนึ่งนอกจากจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเบื้องต้นของดินแล้ว คาร์บอนบางส่วนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในระหว่างกระบวนการย่อยสลายจะถูกเก็บกักไว้ในดินไม่ปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยจากการศึกษาของ ปัทมา วิทยากรและคณะ² เมื่อพิจารณาถึงการกักเก็บคาร์บอนในดินมักให้ความสนใจในส่วนของอินทรีย์คาร์บอน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่าย ส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย และส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก สอดคล้องกับ อรรถพร¹ โดยดินประกอบด้วยคาร์บอนทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ ความสมดุลระหว่างการใส่สารอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ลงสู่ดิน เมื่อมีการใส่สารอินทรีย์สู่ระบบดิน สิ่งมีชีวิตและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินจะเข้าย่อยสลาย เกิดเป็นอินทรีย์คาร์บอนทั้งส่วนที่เป็นชั้น ฮิวมัส และส่วนที่ต้านทานการสลายตัว กิตติมา ศิวาทิตย์กุล⁷ โดยทั่วไปคาร์บอนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบฮิวมัสซึ่งเป็นคาร์บอนที่เสถียรเนื่องจากมีโครงสร้างที่ซับซ้อนจึงย่อยสลายยาก และส่วนน้อยที่พบในรูปคาร์บอนอนินทรีย์ เช่น สารประกอบคาร์บอเนต คาร์บอนอินทรีย์ในดินเป็นส่วนที่เกิดการเปลี่ยนรูปได้ง่ายกว่าคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ทำให้คาร์บอนอินทรีย์ในดินเปรียบเสมือนตัวควบคุมสมดุลการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน ดังนั้น การจัดการคาร์บอนและเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินให้เหมาะสมจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการจึงต้องรู้ข้อมูลการกักเก็บและการสูญเสียคาร์บอนในดิน การใส่ปุ๋ยหมักช่วยกักเก็บคาร์บอนส่วนการไถพรวนดินและการใช้ปุ๋ยเคมีจะทำให้ดิน

สูญเสียคาร์บอน ดินที่สูญเสียคาร์บอนมากกว่าที่กักเก็บได้ก็คือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั่นเอง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในเม็ดดินภายหลังจากการใช้วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันในดินเค็ม เนื้อทราย เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีผลต่อการจัดการดินปัญหา และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและการวางแผนงานทดลอง: ดำเนินการศึกษาในพื้นที่นาดินเค็ม บ้านจัวเก่า ตำบลโนนประดู่ อำเภอสีดา จังหวัดนครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองแบบกลุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) แปลงทดลองขนาด 3×4 ม. มีจำนวน 6 กรรมวิธีทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่อะไรเลย 2) ซากถั่วลิสง 3) ใบหญ้าแฝก 4) พางข้าว และ 5) แกลบ ในอัตรา 1.6 ตันต่อไร่ ทำการเตรียมวัสดุอินทรีย์โดยสับเป็นท่อนเล็กให้มีขนาด 5-10 ซม. สำหรับถั่วลิสง หญ้าแฝก และพางข้าว ทำการกำจัดวัชพืชในแปลงทดลองก่อนการใส่วัสดุอินทรีย์ และกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่างดินบริเวณตรงกลางแปลงทดลองขนาด 2×2 ม. ใส่วัสดุอินทรีย์โดยโรยบริเวณผิวนาดินอย่างสม่ำเสมอแล้วกลบลงในดินลึกประมาณ 15 ซม. โดยมีการรบกวนดินน้อยที่สุด และเก็บตัวอย่างวัสดุอินทรีย์ส่วนหนึ่งสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี⁸

การกระจายขนาดและความเสถียรของเม็ดดิน ประยุกต์ใช้ตามวิธีของ ฟิมพ์สัน เจิมสวัสดิพงษ์⁵ โดยใช้ตะแกรงร่อนในสภาพเปียก (wet sieving) เป็นการวิเคราะห์เม็ดดิน รวมถึงการวัดการกระจายขนาดของเม็ดดินขนาดต่างๆ ที่ทนทานต่อแรงปะทะของน้ำ

อินทรีย์คาร์บอนในดิน และเม็ดดินวิเคราะห์โดยวิธีสันดาปเปียก (wet oxidation) ตามวิธีการของ Walkley and Black โดยนำดิน

แห้งที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ชั่งดิน 2 กรัม ทำปฏิกิริยากับ 0.5 N K₂Cr₂O₇ ปริมาณ 10 มล. และ H₂SO₄ เข้มข้น 10 มล. หลังจากนั้นนำไป ไตรเตรตกับ 0.5 N FeSO₄⁹

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างปัจจัยศึกษาโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย และสมการถดถอยโดยใช้ระบบโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

Table 1 Initial physical and chemical properties of topsoil (0-15 cm) at before organic residue incorporation

Soil properties	Mean values
Sand content (%)	71.53
Silt content (%)	24.34
Clay content (%)	4.13
Soil texture	Sandy loam
Bulk density (g/cm ³)	1.63
Soil pH (1:1, soil:H ₂ O)	6.50
EC (1:5, soil:H ₂ O) dS/m	0.015
Soil organic matter (g/kg)	2.46

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน⁹

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ชากถั่วลิสง ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบ และปุ๋ยคอก (Table 2) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของชากถั่วลิสง หญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบ มีปริมาณคาร์บอนใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 309.80 – 342.40 ก./กก. เมื่อพิจารณาระหว่างวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากพืชวงศ์ถั่ว และไม่ใช่วงศ์ถั่ว จะเห็นว่าวัสดุอินทรีย์ที่เป็นพืชวงศ์ถั่ว (ชากถั่วลิสง เท่ากับ 18.30 ก./กก.) มี ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สูงกว่าวัสดุอินทรีย์ที่ไม่ใช่พืชวงศ์ถั่ว ซึ่งสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ทันทีที่ใส่ลงในดิน สำหรับปริมาณลิกนินซึ่งเป็น

สมบัติดินเบื้องต้นก่อนการศึกษา และวัสดุอินทรีย์

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินนาชุดดินกุลาร้องไห้ (Typic Natraqualfs) ดังแสดงใน Table 1 มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ซึ่งมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูง (71.53 %) และอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ ดินมีลักษณะทางกายภาพไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของดินมีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.6 ก./ลบ.ซม. สมบัติทางเคมีดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเค็มของดินภายใต้อิทธิพลเกลือต่ำเท่ากับ 0.015 เดซิซีเมนส์/เมตร อีกทั้งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 2.46 กรัม/กก.

สารประกอบคาร์บอนที่ต้านทานต่อการสลายตัวมีค่าอยู่ในช่วง 27.20 ก./กก. (ฟางข้าว) ถึง 148.10 ก./กก. (แกลบ) ส่วนปริมาณเซลลูโลสมีค่าอยู่ระหว่าง 351.90 – 480.50 ก./กก. ปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนที่แตกต่างกันส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยต่ำสุดที่ชากถั่วลิสง (16.9) และสูงสุดที่แกลบ (51.6) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์แล้วจะเห็นว่า มีกลุ่มวัสดุอินทรีย์ที่ให้ไนโตรเจนสูง เช่น ชากถั่วลิสง และกลุ่มที่ให้คาร์บอนสูง เช่น หญ้าแฝก และกลุ่มที่มีสารต้านทานการย่อยสลายสูง เช่น แกลบ

และมีตัวแทนวัสดุที่น่าจะให้ธาตุอาหารได้เร็วที่สุด
คือ ปุ๋ยคอก เพราะว่ามันย่อยสลายมาแล้ว

Table 2 Chemical compositions of organic residue locally available in Northeast Thailand

Organic residue	C	N	Lignin	Cellulose	C/N	Lignin/N
	g/kg.....					
Groundnut stover	310.20	18.30	90.20	374.50	16.9	4.9
Vetiver grass (leave)	342.40	9.90	66.60	351.90	34.6	6.7
Rice straw	325.10	7.70	27.20	425.10	42.2	3.5
Rice Husk	309.80	6.00	148.10	480.50	51.6	24.7
Cow manure	173.30	8.30	72.10	473.00	20.9	8.7

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน⁹

ปริมาณการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน

จากผลการศึกษาการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันในพื้นที่ หลังการใส่ลงไปในดินตลอดช่วงเวลา 1 ปี ดังแสดงใน Table 3 พบว่าเม็ดดินเกิดขึ้นจากการเกาะกลุ่มของอนุภาคดินและแยกตัวออกจากเม็ดดินข้างเคียง มีกระบวนการหลักสองประการคือ 1) การเกาะกลุ่มตกตะกอน (flocculation) ของอนุภาคดินเหนียว ซึ่งอาศัย

แรงทางฟิสิกส์ จัดเป็นกระบวนการสร้าง (formation) และ 2) การเชื่อมยึดกัน (cementation) ระหว่างอนุภาคดินเหนียวทรายแป้ง และทราย โดยมีสารเชื่อม (cementing agent) ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ จัดเป็นกระบวนการทำให้เม็ดดินมีเสถียรภาพ (stabilization)

Table 3 ปริมาณและการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินที่ 52 สัปดาห์หลังใส่วัสดุอินทรีย์

Treatment	Quantities of soil aggregate (g 100 ⁻¹ g soil)				MWD (mm)
	LMa (>2 mm)	SMa (0.25-2 mm)	Mi (0.106-0.25 mm)	Particle (<0.106 mm)	
Control	2.26	1.49	30.40	62.65	0.185b
Groundnut stover	1.85	2.76	31.10	59.92	0.190b
Vetiver grass	4.25	3.41	31.23	56.67	0.314a
Rice straw	2.11	3.25	31.14	60.85	0.205b
Rice husk	2.88	3.41	28.71	58.75	0.240ab
Cow manure	3.43	1.49	30.02	59.98	0.248ab
SED	1.34ns	1.22ns	1.40ns	4.59ns	0.03*
C.V. (%)	58.69	56.80	5.65	9.41	41.78

LMa= large macroaggregate, SMa = small macroaggregate, Mi= microaggregate

SED = standard error of the difference. ns = not significantly different ($p>0.05$)

การสะสมคาร์บอนในเม็ดดิน

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาดในทุกวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดิน ตลอดระยะเวลา 1 ปี ทุกวัสดุอินทรีย์

มีการสะสมปริมาณคาร์บอนในดินที่มีความแตกต่างกัน โดยมีการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินขนาดใหญ่ (>2 มิลลิเมตร) สูงสุดในปุ๋ยคอก (0.075 กรัม/กิโลกรัม) สำหรับเม็ดดินขนาดกลาง (0.25-2

มิลลิเมตร), เม็ดดินขนาดเล็ก (0.106-0.25 มิลลิเมตร) และเม็ดดินขนาด <0.106 มิลลิเมตร มีปริมาณการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินสูงสุดในแถบ

(0.160, 0.111, 0.171 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) และทุกขนาดมีการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินต่ำสุดในดินที่ไม่ได้ใส่วัสดุอินทรีย์ (Table 4)

Table 4 ปริมาณสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินที่ 52 สัปดาห์หลังใส่วัสดุอินทรีย์

Organic C in soil aggregate (g kg ⁻¹ soil)				
Treatment	LMa	SMa	Mi	Particle
	(>2 mm)	(0.25-2 mm)	(0.106-0.25 mm)	(<0.106 mm)
Control	0.018	0.030	0.021	0.054
Groundnut stover	0.035	0.043	0.023	0.113
Vetiver grass	0.066	0.066	0.027	0.137
Rice straw	0.030	0.057	0.035	0.160
Rice husk	0.062	0.160	0.111	0.171
Cow manure	0.075	0.079	0.036	0.091
SED	0.020ns	0.055ns	0.042ns	0.021ns
C.V. (%)	41.87	76.85	99.34	24.79

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์กับปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาดภายหลังใส่วัสดุอินทรีย์ไปแล้ว 52 สัปดาห์ (Table 5) พบว่า C/N มีสหสัมพันธ์กับปริมาณการสะสม

อินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินขนาด <0.106 มิลลิเมตร (Particle) $r = 0.6334^*$ ซึ่งจัดเป็นกระบวนการสร้าง การเชื่อมยึดกันระหว่างอนุภาคขนาดดินเหนียวซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ต้องมีมาก่อนการเกิดเม็ดดิน (Table 5)

Table 5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์กับปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาดที่ 52 สัปดาห์หลังใส่วัสดุอินทรีย์

Organic C in soil aggregate (g kg ⁻¹ soil)	C	N	Lignin	Cellulose	C/N	Lignin/N
LMa	-0.4210	-0.3470	0.2931	0.2554	-0.0055	0.3461
SMa	-0.0315	-0.4535	0.5675	0.4866	0.4943	0.6989*
Mi	0.0397	-0.4129	0.5664	0.4859	0.5276	0.6930*
Particle	0.4814	-0.3295	0.1428	0.0773	0.6334*	0.3140

สรุปและอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีของซากถั่วลิสง หล้า แฝก ฟางข้าว แกลบ มีปริมาณคาร์บอนใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 309.80 – 342.40 ก./กก. เมื่อพิจารณาระหว่างวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากพืชวงศ์ถั่ว และไมใช่วงศ์ถั่ว จะเห็นว่าวัสดุอินทรีย์ที่เป็นพืชวงศ์ถั่ว (ซากถั่วลิสง เท่ากับ 18.30 ก./กก.) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สูงกว่าวัสดุอินทรีย์ที่ไม่ใช่พืชวงศ์ถั่ว ซึ่งสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้

ทันทีที่ใส่ลงในดิน สำหรับปริมาณลิกนินซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนที่ต้านทานต่อการสลายตัวมีค่าอยู่ในช่วง 27.20 ก./กก. (ฟางข้าว) ถึง 148.10 ก./กก. (แกลบ) ส่วนปริมาณเซลลูโลสมีค่าอยู่ระหว่าง 351.90 – 480.50 ก./กก. ปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนที่แตกต่างกันส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยต่ำสุดที่ซากถั่วลิสง (16.9) และสูงสุดที่แกลบ (51.6) เมื่อพิจารณา

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์แล้วจะเห็นว่า มีกลุ่มวัสดุอินทรีย์ที่ให้ไนโตรเจนสูง เช่น ซากถั่ว ลิสง และกลุ่มที่ให้คาร์บอนสูง เช่น หล้าแฝก และกลุ่มที่มีสารต้านทานการย่อยสลายสูง เช่น แกลบ และมีตัวแทนวัสดุที่น่าจะให้ธาตุอาหารได้เร็วที่สุด คือ ปุ๋ยคอก เพราะผ่านการย่อยสลายมาแล้ว⁸

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาดในทุกวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปดิน ตลอดระยะเวลา 1 ปี ทุกวัสดุอินทรีย์มีการสะสมปริมาณคาร์บอนในดินที่มีความแตกต่างกัน โดยมีการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินขนาดใหญ่ (>2 มิลลิเมตร) สูงสุดในปุ๋ยคอก (0.075 กรัม/กิโลกรัม) สำหรับเม็ดดินขนาดกลาง (0.25-2 มิลลิเมตร), เม็ดดินขนาดเล็ก (0.106-0.25 มิลลิเมตร) และเม็ดดินขนาดเล็ก <0.106 มิลลิเมตร มีปริมาณการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินสูงสุดในแกลบ (0.160, 0.111, 0.171 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) และทุกขนาดมีการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินต่ำสุดในดินที่ไม่ได้ใส่วัสดุอินทรีย์ จากผลการศึกษาสอดคล้องกับ Gregorich et al.¹⁰ รายงานว่า เม็ดดินขนาดเล็กที่ถูกบกรวนโครงสร้างโดยการบดหรือทำให้แตกหักส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนสูญหายไปในรูปแบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก สะท้อนให้เห็นว่า เม็ดดินขนาดเล็กมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งภายในและนอกโครงสร้างสูงกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่ ดังนั้น เม็ดดินขนาดเล็กมีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันคาร์บอนในดิน¹ โดยกลไกการกักเก็บคาร์บอนในดิน การเกิดเม็ดดินส่งผลต่อการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน^{2,3,5,6} โดยการเกิดเม็ดดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนในดิน เกิดจากการเชื่อมยึดของอนุภาคดินกับคาร์บอนทำให้เกิดเม็ดดินที่มีขนาดแตกต่างกัน Tisdall and Oades¹¹ จากการศึกษาที่ผ่านมา รายงานว่า เม็ดดินขนาดใหญ่เป็นโครงสร้างที่มีการป้องกันหรือรักษาคาร์บอนได้ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเม็ดดินที่มีขนาดเล็ก เช่น Beare et al.¹² ศึกษาถึงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมการเข้าย่อยสลายจุลินทรีย์ โดยทำการบดและไม่บดเม็ดดินเล็กและขนาดใหญ่เพื่อประเมินการ

สูญเสียคาร์บอนทั้งภายในและนอกโครงสร้างเม็ดดิน ผลการศึกษา พบว่า เม็ดดินขนาดใหญ่ที่ถูกบด มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าในเม็ดดินขนาดเล็ก ในขณะที่ Pulleman and Marinissen¹³ ศึกษาปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียในรูปแบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างเม็ดดินขนาดเล็กและขนาดใหญ่ทั้งที่ได้รับการบดและไม่บด พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเม็ดดินขนาดเล็กเกิดขึ้นสูงกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่มากถึง 3 - 4 เท่า

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์กับปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาดภายหลังใส่วัสดุอินทรีย์ไปแล้ว 52 สัปดาห์ (Table 5) พบว่า C/N มีสหสัมพันธ์กับปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินขนาดเล็ก (Particle) $r = 0.6334^*$ ซึ่งจัดเป็นกระบวนการสร้าง การเชื่อมยึดกันระหว่างอนุภาคขนาดดินเหนียวซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ต้องมีมาก่อนการเกิดเม็ดดิน ซึ่ง สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์⁶ กล่าวว่า เสถียรภาพเม็ดดินมีความสำคัญต่อการบำรุงรักษาทรัพยากรดินเพื่อการเกษตรยั่งยืน เนื่องจากเป็นสิ่งที่กำหนดขนาดและความต่อเนื่องของช่องทางสำหรับการแลกเปลี่ยนมวลและพลังงานระหว่างดินและสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อการกักเก็บและส่งผ่านของไหลในดิน (เช่น อากาศ และน้ำ) รวมถึงสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบสหสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ Lignin/N กับปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในเม็ดดินขนาดกลาง (SMA) และเม็ดดินขนาดเล็ก (Mi) $r = 0.6989^*$ และ $r = 0.6930^*$ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์มีอีกสิ่งที่มีกลไกการป้องกันการย่อยสลายของกิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน อรรถพร พุทธิโส¹ กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างการป้องกันคาร์บอนและไนโตรเจนในดินกับปริมาณอนุภาคขนาดทราย แป้ง และขนาดดินเหนียว Feller and Beare¹⁴ และ Hassink¹⁵ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของอินทรีย์วัตถุในดินกับเนื้อดินที่ระดับความลึก 0

– 10 เซนติเมตรจากผิวดิน พบว่า ปริมาณอนุภาคเดี่ยวที่มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน มีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนในดินในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในส่วนของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน นอกจากนี้ ยังพบว่า ดินที่ทำการเกษตรโดยเฉพาะในส่วนของอนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงมากกว่าเมื่อเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในส่วนขนาดต่ำกว่า 20 ไมครอน ผลสะท้อนว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้รับการป้องกันได้ดีในส่วนอนุภาคขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน จากการเข้าทำการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน ดินที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งและขนาดดินเหนียวสูงส่งผลต่อการสร้างเม็ดดินทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยสามารถป้องกันอินทรีย์วัตถุไว้ในดินได้ Tisdall and Oades¹¹

สรุปผล

จากผลการศึกษาการใส่วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างชนิดกัน พบว่า คาร์บอนสูงสุดในหญ้าแฝกและไนโตรเจนสูงสุดในซากถั่วลิสง สำหรับลิกนิน, เซลลูโลส คาร์บอนต่อไนโตรเจน และลิกนินต่อไนโตรเจน มีปริมาณสูงสุดในแกลบ ปริมาณการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินขนาดใหญ่อยู่ระหว่าง 1.85 – 4.25 กรัม/กิโลกรัม, การกระจายของเม็ดดินขนาดกลางอยู่ระหว่าง 1.40 – 3.41 กรัม/กิโลกรัม, การกระจายตัวเม็ดดินขนาดเล็กมีค่าอยู่ระหว่าง 28.71 – 31.23 กรัม/

กิโลกรัม และขนาดเม็ดดิน <0.106 มิลลิเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 58.75 – 62.65 กรัม/กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเม็ดดินอยู่ระหว่าง 0.188 – 0.318 มิลลิเมตร การสะสมคาร์บอนในเม็ดดินแต่ละขนาด พบว่า ในเม็ดดินขนาดใหญ่ปุ๋ยคอกมีการสะสมสูงสุด ในขณะที่เม็ดดินขนาดกลาง ขนาดเล็ก และขนาด <0.106 มิลลิเมตร พบการสะสมคาร์บอนสูงสุดในแกลบ ซึ่งจากองค์ประกอบทางเคมีข้างต้น พบว่าแกลบเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณคาร์บอนประเภทที่ต้านทานการสลายตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงเป็นส่วนใหญ่จะส่งเสริมต่อการเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดี อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์ทางบวกในเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า <0.106 มิลลิเมตร กับอัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน และเม็ดดินที่มีขนาดกลาง และขนาดเล็ก กับอัตราส่วนลิกนิน/ไนโตรเจน จากความสัมพันธ์ดังกล่าว ชี้ว่า องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ส่งผลให้มีปริมาณการสะสมคาร์บอนในเม็ดดินตั้งแต่ขนาด 0.25 – <0.106 มิลลิเมตรในดินสูง

กิตติกรรมประกาศ

ทุนวิจัยจากงบประมาณวิจัยประจำปี 2560 กรมพัฒนาที่ดิน ภายใต้แผนงานวิจัย การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อฟื้นฟูและพัฒนาการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มบริเวณแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

1. อรรถพร พุทธิโส. 2559. การกักเก็บคาร์บอนในดินตัวแทนหลักภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กลุ่มศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ทรัพยากรดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ
2. ปัทมา วิทยากร. วิทยา. ตรีโลเกศ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2554. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการจัดการเศษซากพืชในระบบทำฟาร์มเพื่อฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน. 211 หน้า.
3. ปัทมา วิทยากร. 2547ค. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 423 หน้า
5. พิมพ์พันธ์ เจิมสวัสดิพงษ์. 2549. สมบัติและสภาวะทางฟิสิกส์ของดิน. ขอนแก่น: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
6. สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์. 2560. เสถียรภาพเม็ดดิน: การเกิด การพังทลาย และการประเมน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 48 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน.

7. กิตติมา ศิวาทิตย์กุล. 2554. การสะสมคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกหญ้าแฝกบางพันธุ์ กรณีศึกษา: จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
8. ศกุนตลา สุภาสัย, วิทยา ตริโลเทศ และอรรณพ พุทธิโส. 2566. การใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันต่อรูปแบบการสลายตัว กิจกรรมจุลินทรีย์ และสมบัติดินบางประการในพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือที่มีเนื้อดินเหนียว. วารสารแก่นเกษตร 51 ฉบับที่ 1: 187-209./doi:10.14456/kaj.2023.15.
9. กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
10. Gregorich, E.G., R.G. Kachanoski and R.P. Voroney. 1989. Carbon mineralization in soil size fractions after various amounts of aggregate disruption. *Journal of Soil Science* 40: 649-659.
11. Tisdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science* 33: 141-163.
12. Beare, M.H., M.L. Cabrera, P.F. Hendrix and D.C. Coleman. 1994. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional – and no tillage soils. *Soil Science Society of American Journal* 58: 787-795.
13. Pulleman, M.M. and J.C.Y. Marinissen. 2001. Carbon mineralization as affected by natural aggregation in pasture versus arable soils, submitted.
14. Feller, C. and M.H. Beare. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma* 79: 69-116.
15. Hassink, J. 1997. The capacity of soil to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil* 197: 77-87.