วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อปริมาณการแจกกระจายขนาดเม็ดดินในชุดดินยโสธรที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง

Effect of organic amendments on aggregate size distribution in cassava growing Yasothon soil series

วิรญา สมอาษา[1], วิทยา จินดาหลวง[1]*, ทิมทอง ดรุณสนธยา[1] และ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1]

Wiraya Somarsa[1], Wittaya Jindaluang[1]*, Timtong Darunsontaya[1] and Somchai Anusonpornperm[1]

[1] *ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900*
[1] *Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900*

บทคัดย่อ: ศึกษาการแจกกระจายขนาดเม็ดดินในชุดดินยโสธรที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังซึ่งมีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย (1) ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน (2) ใส่มูลไก่แกลบ อัตรา 1,000 kg/rai (3) ใส่มูลไก่แกลบ อัตรา 2,000 kg/rai (4) ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง อัตรา 1,000 kg/rai และ (5) ใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง อัตรา 1,000 kg/rai ผลการศึกษาพบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ มีแนวโน้มส่งเสริมให้เกิดการสร้างเม็ดดินขนาด small macroaggregate (SMA: 0.25-2 mm) จากการเชื่อมรวมตัวกันของเม็ดดินขนาด silt and clay size fractions (SiCl: < 0.053 mm) และ microaggregate (MiA: 0.053-0.25 mm) ได้มากกว่าการไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน (ตำรับควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่สามารถส่งเสริมให้เกิดการสร้างเม็ดดินขนาด large macroaggregate (LMA: 2-8 mm) ได้อย่างชัดเจน โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบทั้งสองอัตรามีแนวโน้มส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินได้สูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของทุกตำรับการทดลองยังมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากและส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่าย (labile organic carbon (OC) fraction) มากกว่าคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่เสถียร (stable OC fraction) ดินจึงเกิดการสูญเสียอินทรียวัตถุได้ง่ายเมื่อถูกรบกวนโครงสร้างและส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุลดต่ำลงอย่างรวดเร็วหากขาดการจัดการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: รูปของคาร์บอนอินทรีย์; เม็ดดินขนาดใหญ่; ดินปลูกมันสำปะหลัง

ABSTRACT: This study determined aggregate size distribution in cassava growing Yasothon soil series which has been amended with various organic amendments for 7 consecutive years. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. Treatments included (1) no application of organic amendment (2) application of chicken manure at 1,000 kg/rai (3) application of chicken manure at 2,000 kg/rai (4) application of cassava starch waste at 1,000 kg/rai, and (5) application of cassava tails and stalks at 1,000 kg/rai. Results showed that application of all organic amendments significantly enhanced higher small macroaggregate (SMA: 0.25-2 mm) formation through cementation of silt and clay size fractions (SiCl: < 0.053 mm) and microaggregate (MiA: 0.053-0.25 mm) as compared with control. Whereas, all application of organic amendments could not clearly enhance large macroaggregate (LMA: 2-8 mm) formation. Application of chicken manure at 1,000 and 2,000 kg/rai tended to

* Corresponding author: fagrwyj@ku.ac.th

Received: date; September 28, 2022 Accepted: date; December 2, 2022 Published: date;

enhance higher accumulation of organic carbon (OC) and total nitrogen (total N) in soil aggregates than that of other organic amendments. However, OC and total N contents in soil aggregates for all treatments were still very low. Furthermore, soil aggregates of the studied soil mainly contained labile OC fraction which can easily decompose as compared with stable OC fraction. Therefore, any disturbance that results in soil aggregate breaking down would accelerate the decomposition and loss of organic matter. Organic matter management in the studied soil through application of organic amendments, thus, always recommended.
Keywords: organic carbon fractions; macroaggregates; cassava growing soil

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยตามโครงสร้างสินค้าส่งออกโลก และเป็นสินค้าเกษตรกรรมส่งออกเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ ซึ่งสามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศจากการส่งออกผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง มันเส้น และมันอัดเม็ด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) อย่างไรก็ตาม ดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินเนื้อหยาบ ชั้นดินบนมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูงแต่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ดินจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและดูดยึดธาตุอาหารพืชได้น้อย ตลอดจนเกิดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากกระบวนการชะละลายได้ง่าย นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมและขาดการจัดการดินและน้ำยังส่งเสริมให้ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังเกิดการกร่อนดิน (erosion) ส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชในดินออกไปจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง จนทำให้ดินอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมและส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำ (ปิยะ และคณะ, 2542) โดยชุดดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังเป็นบริเวณกว้างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ชุดดินยโสธร วาริณ สตึก โคราช และน้ำพอง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

เป็นที่ทราบกันดีว่าอินทรียวัตถุมีบทบาทที่สำคัญต่อการปรับปรุงโครงสร้างของดิน โดยอินทรียวัตถุมีบทบาทในการทำหน้าที่เป็นสารเชื่อม (cementing agent) ที่ส่งเสริมให้เกิดการเชื่อมยึดกันระหว่างอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของดินให้เกิดเป็นเม็ดดินที่มีความเสถียร ในขณะเดียวกันกระบวนการเกิดเม็ดดินและเสถียรภาพของเม็ดดินเองก็มีความสำคัญอย่างมากต่อการกักเก็บอินทรียวัตถุไว้ภายในเม็ดดิน และเพิ่มอัตราการซาบซึมน้ำ ลดการไหล่บ่าผิวหน้าดินและการกร่อนดิน (Six et al., 2004) ดังนั้น การจัดการอินทรียวัตถุในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการรักษาผลิตภาพของดิน (soil productivity) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าโดยทั่วไปอินทรียวัตถุจะประกอบด้วยรูปของคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon fractions) ที่มีความแตกต่างกันและคาร์บอนอินทรีย์แต่ละรูปมีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงสมบัติดินที่แตกต่างกันด้วย โดยอินทรียวัตถุในดินสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูป หลัก ๆ ได้แก่ 1. รูปสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย (labile organic carbon fraction) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยเศษซากอินทรีย์สารขนาดเล็กที่มีระดับการย่อยสลายตัวแตกต่างกัน (particulate organic matter) รวมถึงสารประกอบที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (non-humic substances) ซึ่งย่อยสลายได้ง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรต พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน กรดอินทรีย์ เป็นต้น (Poirier et al., 2005) และ 2. รูปสารประกอบอินทรีย์ที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายตัว (stable organic carbon fraction) เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีที่ทนทานต่อการย่อยสลายตัว และ/หรือ สารประกอบอินทรีย์นั้นมีการปฏิสัมพันธ์ (interaction) อยู่กับวัสดุดินแร่ (soil minerals) เช่น ส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้รับการป้องกันทั้งทางฟิสิกส์ (physically protection) ไว้ภายในเม็ดดิน หรือส่วนที่ดูดซับอยู่กับแร่ดินเหนียว (chemically protection) (Sollins et al., 1996) คาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable fractions ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฮิวมิก (humic substances) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างของหมู่ฟีนอล (phenolic structure) ที่ซับซ้อนและมีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของเศษซากพืชซากสัตว์และสารสังเคราะห์จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Baldock and Nelson, 2000) เนื่องจากคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile fraction มีอัตราการหมุนเวียนเปลี่ยนรูปสั้นจึงมีบทบาทในการเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในดิน และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์บางส่วนแก่พืช นอกจากนี้ ยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการสร้างตัวของเม็ดดิน และเป็นแหล่งกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในระยะสั้น ส่วนคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable fractions มีความสำคัญต่อการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) ให้กับดิน และเป็นแหล่งกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในระยะยาว (Haynes, 2005; Strosser, 2010)

ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังจำนวนมาก และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้วจะทำให้เกิดวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้ง เช่น กากแป้งมันสำปะหลัง เปลือกล้างมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลัง เป็นต้น หลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์น้อย (สุกัญญา และ วราพันธุ์, 2552) ดังนั้น การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมการปรับปรุงโครงสร้างดินและเพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้แก่ดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระยะยาวได้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันองค์ความรู้เกี่ยวกับรูปคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้จากการใส่วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งดังกล่าวยังมีอยู่น้อย ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการแจกกระจายขนาดเม็ดดินในชุดดินยโสธรที่ปลูกมันสำปะหลัง ตลอดจนศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของรูปคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการอินทรียวัตถุที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับดินในพื้นที่ศึกษาต่อไป

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวน (Ap horizon) ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 1 เดือน จากแปลงทดลองที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งมีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 7 ปี ในพื้นที่บ้านดงกระสัง ตำบลด่านขุนทด อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา (47P 793791E, 1676013N) ซึ่งดินที่อยู่ในพื้นที่แปลงทดลองเป็นชุดดินยโสธร (Yasothon soil series) มีชื่อการจำแนกขั้นกลุ่มดินย่อยตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Typic Paleustults แปลงทดลองนี้มีการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วยตำรับการทดลองทั้งหมด 5 ตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองละ 3 ซ้ำ ซึ่งประกอบด้วย ตำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน (Control) ตำรับการทดลองที่ 2 ใส่มูลไก่แกลบ อัตรา 1,000 kg/rai (CKM1) ตำรับการทดลองที่ 3 ใส่มูลไก่แกลบ อัตรา 2,000 kg/rai (CKM2) ตำรับการทดลองที่ 4 ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง อัตรา 1,000 kg/rai (CSW) และตำรับการทดลองที่ 5 ใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง อัตรา 1,000 kg/rai (CTS) โดยการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินตามตำรับการทดลองในแต่ละปีจะทำการใส่หลังจากการเตรียมดินโดยการไถพลิกดินด้วยไถจานผาล 3 และทำการไถพรวนดินกับวัสดุปรับปรุงดินด้วยไถจานผาล 7 พักดินไว้ประมาณ 7 วัน จึงทำการยกร่องและปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งมูลไก่แกลบที่ใช้ในการศึกษามีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 466 g/kg และไนโตรเจนทั้งหมด 46.9 g/kg (C:N ratio ~ 10:1) เปลือกดินมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 197 g/kg และไนโตรเจนทั้งหมด 3.5 g/kg (C:N ratio ~ 32:1) ส่วนกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 205 g/kg และไนโตรเจนทั้งหมด 6.3 g/kg (C:N ratio ~ 56:1)

การวิเคราะห์สมบัติฟิสิกส์และเคมีของดิน

ทำการเตรียมตัวอย่างดินโดยนำดินที่ได้ไปผึ่งให้แห้งในร่มและนำตัวอย่างดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์การแจกกระจายขนาดของอนุภาคดิน พีเอชดิน ไนโตรเจนทั้งหมด อินทรียวัตถุ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและเบสที่สกัดได้ ตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996)

การวิเคราะห์ปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน

นำตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งมาศึกษาการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ด้วยวิธี wet sieving (Elliott et al., 1991) โดยนำตัวอย่างดินมาร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 8, 2, 0.25 และ 0.053 mm ตามลำดับ ได้เม็ดดิน 4 ขนาด ได้แก่ เม็ดดินขนาด Large macroaggregate (LMA: 2 – 8 mm), เม็ดดินขนาด Small macroaggregate (SMA: 0.25 – 2 mm), เม็ดดินขนาด Microaggregate (MiA: 0.053 – 0.25 mm) และเม็ดดินขนาด Silt and clay size fractions (SiCl: < 0.053 mm) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดิน โดยวิธี Walkley and Black wet oxidation และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน โดยวิธี Kjeldalh (Nelson and Sommers, 1996)

การวิเคราะห์ปริมาณรูปของคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดต่างๆ

นำเม็ดดินขนาดต่าง ๆ มาวิเคราะห์ปริมาณรูปของคาร์บอนอินทรีย์ ด้วยวิธี wet oxidation (Helfrich et al., 2007) โดยการชั่งตัวอย่างเม็ดดินที่บดละเอียดแล้วจำนวน 1 g ใส่ลงในหลอดเซนติฟิวส์ขนาด 50 mL เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 mL จากนั้นเติม

สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 10% จำนวน 30 mL วางตัวอย่างทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตัวอย่างไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันใน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และคนตัวอย่างเป็นระยะจนไม่เกิดฟองฟู่ นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เทสารละลายทิ้ง และทำ wet oxidation ซ้ำตามขั้นตอนเดิมอีกหลาย ๆ รอบจนตัวอย่างไม่เกิดฟองฟู่อย่างสมบูรณ์ ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณ organic carbon ที่เหลืออยู่ ซึ่งก็คือปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่เสถียร (stable organic carbon (OC) fraction) ด้วยวิธี wet digestion และ Walkley and Black Titration และคำนวณหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่ไม่เสถียร (labile OC fraction) จากการหักลบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดก่อนการ wet oxidation ด้วยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่เสถียร

การวิเคราะห์ organic carbon functional groups ของอินทรียวัตถุในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของอินทรียวัตถุในเม็ดดินด้วยเครื่อง FT–IR spectrometer วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยช่วงรังสีอินฟาเรดย่านกลาง (mid-infrared) คือ 400 – 4,000 wavenumber (cm^{-1}) ที่ค่าความแยกชัด (resolution) เท่ากับ 4 cm^{-1} และใช้ potassium bromide (KBr) เป็น background หลังจากนั้นจำแนก organic carbon functional groups จาก FTIR spectra ของสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนจากฐานข้อมูลการตีพิมพ์ (Baes and Bloom, 1989; Niemeyer et al., 1992; Stevenson, 1994)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของของพารามิเตอร์ที่สนใจด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation matrix) ระหว่างพารามิเตอร์ที่สนใจด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS (version 19)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ทำการศึกษา

ผลการศึกษา พบว่า เนื้อดินของดินที่ทำการศึกษามีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบหลักโดยมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย **(Table 1)** ดินมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.3 ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก เช่นเดียวกับปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก สอดคล้องกับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ดินจึงมีความสามารถในการดูดยึดธาตุประจุบวกที่เป็นด่างได้น้อย และเกิดกระบวนการชะละลายที่ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุดังกล่าวออกไปในอัตราที่รวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

Table 1 Physico-chemical properties of the studied soil

Soil properties	Value
Sand (g/kg)	814
Silt (g/kg)	70
Clay (g/kg)	116
pH (1:1 H_2O)	5.3
Organic matter (g/kg)	2.11
Total N (g/kg)	0.08
Extractable Ca ($cmol_c$/kg)	0.88
Extractable Mg ($cmol_c$/kg)	0.36
Extractable K ($cmol_c$/kg)	0.06
Extractable Na ($cmol_c$/kg)	0.06
CEC ($cmol_c$/kg)	1.99

ผลของการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดินในดินที่ใช้ทำการศึกษา

ดินที่ทำการศึกษาในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณเม็ดดินขนาดเล็ก ได้แก่ silt and clay size fractions (SiCl: < 0.053 mm) และ microaggregate (MiA: 0.053-0.25 mm) อยู่ในสัดส่วนที่สูงกว่า (มีค่ารวมกันประมาณร้อยละ 70-80 ของปริมาณเม็ดดินทั้งหมด) เม็ดดินขนาดใหญ่ ได้แก่ small macroaggregate (SMA: 0.25-2 mm) และ large macroaggregate (LMA: 2-8 mm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(Figure 1)** อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ระหว่างตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับควบคุม (Control) ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินมีปริมาณเม็ดดินขนาด SiCl สูงที่สุด (47.5%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาเป็นตำรับที่มีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) (38.2%) ตำรับที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) (36.1%) ตำรับที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 kg/rai (CKM1) (34.9%) และตำรับที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 kg/rai (CKM2) (30.3%) ตามลำดับ การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินในทุกตำรับการทดลองไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดดินขนาด MiA ได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 kg/rai (CKM2) มีแนวโน้มส่งเสริมให้ปริมาณเม็ดดินขนาด MiA เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินในทุกตำรับการทดลองส่งผลให้ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ คือ เม็ดดินขนาด SMA มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (21.1% – 23.5%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (12.9%) เช่นเดียวกันกับปริมาณเม็ดดินขนาด LMA ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย (ร้อยละ 2.8-5.2) ในตำรับที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน แต่ไม่สามารถวิเคราะห์พบเม็ดดินขนาดดังกล่าวได้ในตำรับควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินทุกประเภทส่งผลให้ดินที่ทำการศึกษามีปริมาณเม็ดดินขนาดเล็ก (SiCl) ลดลง และช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่โดยเฉพาะเม็ดดินขนาด SMA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ เกิดการย่อยสลายตัวกลายเป็นอินทรียวัตถุ อินทรียวัตถุนั้นจะทำหน้าที่เป็นสารเชื่อม (cementing agent) ในการเชื่อมเอาเม็ดดินขนาดเล็ก (SiCl / MiA) ให้เกิดการรวมตัวกันเป็นเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่ (SMA / LMA) (hierarchical order of soil aggregation) เพิ่มขึ้นตามลำดับได้ (Tisdall and Oades, 1982; Oades and Water, 1991) สมมุติฐานดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาสหสัมพันธ์ทางสถิติที่พบว่า ปริมาณเม็ดดินขนาด LMA และ SMA ของดินที่ทำการศึกษามีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณเม็ดดินขนาด MiA และ SiCl ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณเม็ดดินขนาด MiA ซึ่งมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณเม็ดดินขนาด SiCl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(Table 2)** แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่กว่าเพิ่มขึ้นปริมาณเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่าจะลดลง

เนื่องจากเม็ดดินขนาดเล็กเกิดการรวมตัวกันจนเกิดเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ตามลำดับเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปเม็ดดินขนาดใหญ่จะมีความเสถียรหรือมีความคงทนต่อแรงกระทำภายนอก เช่น แรงปะทะของเม็ดฝน และการไถพรวนดิน ซึ่งเป็นกระบวนการรบกวนดินตามธรรมชาติ และกระบวนการรบกวนดินโดยกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องทุกปีได้น้อยกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก จึงอาจทำให้เม็ดดินขนาดใหญ่ (LMA / SMA) เกิดการแตกตัวออกเป็นเม็ดดินที่มีขนาดเล็กลงได้ง่าย (Tisdall and Oades, 1982; Six et al., 2000) ลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่โดยเฉพาะเม็ดดินขนาด LMA ในดินที่ทำการศึกษามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นไม่ชัดเจน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การปรับปรุงโครงสร้างดินที่ทำการศึกษาโดยการใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ ยังมีความจำเป็นและควรมีการใส่เพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อส่งเสริมให้เม็ดดินขนาดเล็กเกิดการรวมตัวกันเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ตามลำดับได้ดีมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการส่งเสริมให้ดินเกิดการสร้างเม็ดดินขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะช่วยส่งเสริมให้ดินมีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศได้ดีมากยิ่งขึ้น และช่วยลดการไหลบ่าบนผิวหน้าดิน (runoff) ตลอดจนปัญหาการกร่อนดิน (erosion) ได้ในระยะยาว นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้วเม็ดดินขนาดใหญ่ยังเป็นแหล่งสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มากกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก (Mikha and Rice, 2004; Kong et al., 2005)

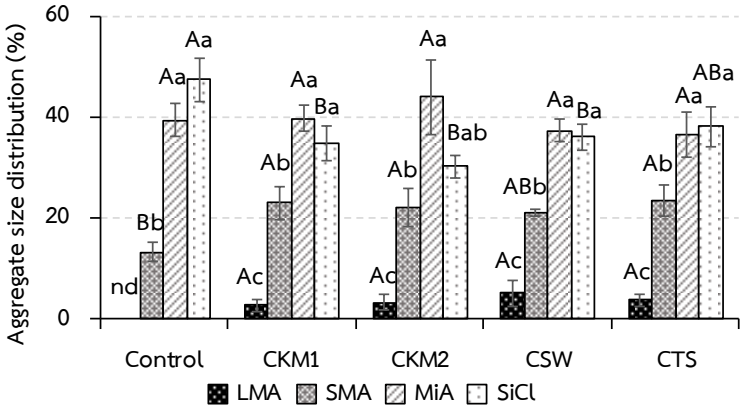

Figure 1 Aggregate size distribution of the soil amended with different organic amendments. Significant at P ≤ 0.05 by DMRT. Capital letters indicate significant difference between treatments in the corresponding aggregate size. Lower-case letters indicate significant difference between different aggregate size within each treatment. Bars represent standard errors. nd = not detected.

.

Table 2 Correlation coefficients between each aggregate size class

n=15	%LMA (2-8 mm)	%SMA (0.25-2 mm)	%MiA (0.053-0.25 mm)	%SiCl (< 0.053 mm)
%LMA (2-8 mm)	1			
%SMA (0.25-2 mm)	0.05	1		
%MiA (0.053-0.25 mm)	-0.64*	-0.18	1	
%SiCl (<0.053 mm)	-0.26	-0.65**	-0.53*	1

*, ** Significant at P ≤ 0.05, P ≤ 0.01, respectively.

ผลของการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อปริมาณการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ

เนื่องจากปริมาณเม็ดดินขนาด LMA ในแต่ละตำรับการทดลองมีปริมาณอยู่น้อยมากตามที่รายงานไปแล้วข้างต้นจึงไม่เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ผลในด้านต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการได้ ดังนั้น จึงขอรายงานเฉพาะผลการวิเคราะห์เม็ดดินขนาด SMA, MiA และ

SiCl เท่านั้น โดยผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ พบว่า เม็ดดินขนาด SiCl ของทุกตำรับการทดลองมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าเม็ดดินขนาด MiA และเม็ดดินขนาด SMA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(Table 3)** ลักษณะดังกล่าวขัดแย้งกับผลการศึกษาโดยทั่วไปซึ่งรายงานว่าดินที่มีกระบวนการเกิดเม็ดดินอย่างเป็นลำดับขั้น (hierarchical order of soil aggregation) จากการรวมตัวกันของเม็ดดินขนาดเล็กกลายเป็นเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่โดยมีอินทรียวัตถุทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมโดยทั่วไปจะมีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นตามขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น (Tisdall and Oades, 1982; Oades and Water, 1991) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากดินที่ทำการศึกษามีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบหลัก แต่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและอินทรียวัตถุซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมเสถียรภาพของเม็ดดินอยู่น้อย และลักษณะตามธรรมชาติของเม็ดดินขนาดใหญ่ที่โดยทั่วไปจะมีความเสถียรหรือความคงทนน้อยกว่าเม็ดดินขนาดเล็กตามที่รายงานไปแล้วข้างต้น ดังนั้น เมื่อเม็ดดินขนาดใหญ่เกิดการแตกตัวได้ง่ายก็จะทำให้อินทรียวัตถุที่ถูกกักเก็บไว้ภายในเม็ดดิน (physical protection) เกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดลดต่ำลงได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดดินขนาดเล็ก นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าอินทรียวัตถุในเม็ดดินขนาดเล็กส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอินทรีย์สารที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายตัวมามากแล้ว และองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ทนทานหรือมีความเสถียร (stable OC fraction) (Christensen, 1992; Christensen., 2001) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนของเม็ดดินขนาด SiCl ของตำรับการทดลองส่วนใหญ่ที่มีค่าต่ำกว่าเม็ดดินขนาด MiA และ SMA อย่างชัดเจน ยกเว้นตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบทั้ง 2 อัตรา (CKM1 และ CKM2) ที่ค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนในเม็ดดินทุกขนาดมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากมูลไก่แกลบมีค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนที่แคบกว่าวัสดุอื่น ๆ มากจึงอาจส่งเสริมให้อินทรียวัตถุในเม็ดดินทุกขนาดเกิดการย่อยสลายได้ง่ายและเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และเปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) โดยเม็ดดินขนาด SiCl ของทุกตำรับการทดลองประกอบด้วยสารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ในกลุ่มอะลิฟาติกคาร์บอน (aliphatic-C; fats, wax, lipids; 2920 cm^{-1}) **(Figure 2c)** ที่สูงกว่าเม็ดดินขนาด SMA และ MiA อย่างชัดเจน **(Figure 2a-b)** โดยเฉพาะตำรับการทดลองที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และเปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) ที่เม็ดดินขนาด SiCl มีปริมาณสารประกอบในกลุ่มอะลิฟาติกคาร์บอนสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีรายงานว่าสารประกอบในกลุ่มอะลิฟาติกคาร์บอนดังกล่าวมักจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่ทนทานต่อการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์มากกว่าสารประกอบในกลุ่มอื่น ๆ ส่วนเม็ดดินขนาด SMA และ MiA ของทุกตำรับการทดลองประกอบด้วยสารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่าย (labile OC fraction) ได้แก่ สารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccarides; 1180 และ 1070 cm^{-1}) (Baldock et al., 1992; Zech et al., 1997) ที่สูงกว่าเม็ดดินขนาด SiCl **(Figure 2a และ 2b)** ดังนั้น อินทรียวัตถุในเม็ดดินขนาด SMA และ MiA ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่สูงแต่มีสารประกอบอินทรีย์ที่มีความทนทานต่อการย่อยสลายได้ยากอยู่น้อยกว่าจึงอาจเกิดการย่อยสลายตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดดินขนาดเล็ก และอาจส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาด SMA และ MiA ของดินที่ทำการศึกษาลดต่ำลงได้ง่ายกว่าเม็ดดินขนาด SiCl นอกจากนี้ ลักษณะของเม็ดดินขนาด SMA และ MiA ของดินที่ทำการศึกษาซึ่งประกอบด้วย labile OC fraction ได้แก่ สารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ในปริมาณที่สูงกว่าเม็ดดินขนาด SiCl แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนอินทรีย์ในรูปดังกล่าวอาจมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมให้เม็ดดินขนาดเล็กเกิดการรวมตัวกันเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ ตามลำดับขั้นมากขึ้น โดยมีรายงานว่ากระบวนการเชื่อมตัวของเม็ดดินขนาดเล็ก (< 0.25 mm) ไปเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ (> 0.25 mm) โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นโดยคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile OC fraction เช่น สารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์จากการสังเคราะห์โดยพืชและจุลินทรีย์ ตลอดจนรากพืชและเส้นใยราเป็นส่วนใหญ่ (Tisdall and Oades, 1982; Oades and Water, 1991)

Table 3 Distribution of organic carbon, total nitrogen contents and carbon to nitrogen ratio in different aggregates size classes

Treatment	Aggregate size class	OC (g/kg)	Total N (g/kg)	C:N ratio
Control	SMA	2.33 Ab	0.19 BCb	12.3 ABa
	MiA	2.09 Ab	0.21 Bb	9.95 ABa
	SiCl	7.48 ABa	0.89 Ba	8.40 Ba
CKM1	SMA	3.04 Ab	0.32 ABb	9.50 Ba
	MiA	2.29 Ab	0.35 Ab	6.54 Ba
	SiCl	8.97 Aa	1.11 Aa	8.08 Ba
CKM2	SMA	3.25 Ab	0.41 Ab	7.92 Ba
	MiA	2.80 Ab	0.35 Ab	8.00 ABa
	SiCl	8.81 ABa	0.98 ABa	8.98 Ba
CSW	SMA	2.25 Ab	0.12 BCb	18.8 Aa
	MiA	2.33 Ab	0.13 Bb	17.9 Aa
	SiCl	7.23 Ba	0.66 Ca	10.9 Aa
CTS	SMA	2.25 Ab	0.10 Cb	22.5 Aa
	MiA	2.14 Ab	0.19 Bb	11.3 ABab
	SiCl	7.27 Ba	0.71 Ca	10.2 ABb

Significant difference at P ≤ 0.05 by DMRT. Capital letters indicate significant difference between treatments in the corresponding aggregate size. Lower-case letters indicate significant difference between different aggregate size within each treatment.

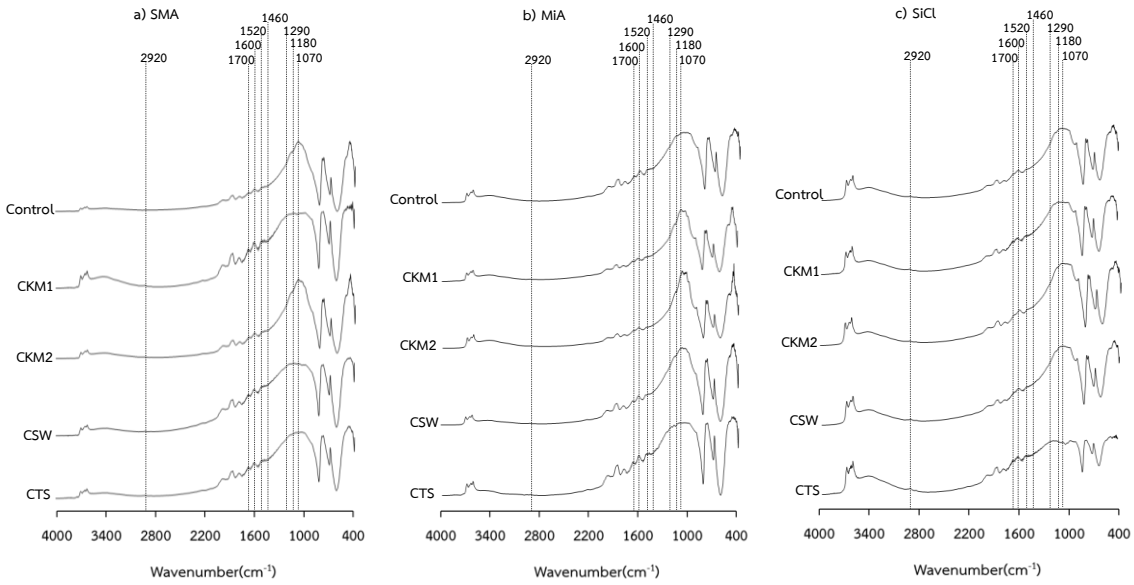

Figure 2 Chemical composition of organic carbon compounds in a) SMA, b) MiA and c) SiCl. Band assignments are 2920 and 1470 cm^{-1} for aliphatic-C (C-H stretching and C-H bending); 1700 and 1290 cm^{-1} for carboxylic-C; 1520 cm^{-1} for amide II (N-H deformation + C=N stretching); 1600 cm^{-1} for aromatic-C (C-C stretching and/or asymmetric –COO stretching); 1180 and 1070 cm^{-1} for polysaccharides (Baes and Bloom, 1989; Niemeyer et al., 1992; Stevenson, 1994)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์แต่ละประเภทต่อปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ พบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 kg/rai และ 2,000 kg/rai มีแนวโน้มส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดได้สูงกว่าการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และเปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) ในเม็ดดินทุกขนาด โดยเฉพาะเม็ดดินขนาด SiCl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(Table 3)** ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ซึ่งพบว่ามูลไก่แกลบนั้นมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ นอกจากนี้ เนื่องจากมูลไก่แกลบมีค่า C:N ratio แคบกว่าวัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ประเภทอื่นมาก เมื่อใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ดังกล่าวลงไปในดินจึงส่งเสริมให้เกิดกระบวนย่อยสลาย (decomposition) และการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนอินทรีย์ไปเป็นไนโตรเจนอนินทรีย์ (mineralization) ได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งหากมีปริมาณเกินกว่าความต้องการของจุลินทรีย์ดินก็อาจทำให้ไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาหลงเหลือและถูกกักเก็บไว้ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ได้ดี ส่วนการใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ ซึ่งมีค่า C:N ratio กว้าง อาจส่งเสริมให้เกิดกระบวนการที่ไนโตรเจนอนินทรีย์ถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นไนโตรเจนอินทรีย์ (immobilization) ได้มากกว่ากระบวนการ mineralization เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในวัสดุอินทรีย์อยู่ในระดับที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ดิน จุลินทรีย์ดินจึงต้องใช้ไนโตรเจนที่มีอยู่ในเม็ดดินทดแทนเพื่อช่วยให้เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงอาจส่งผลให้ไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินแต่ละขนาดลดลงได้ สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาด SiCl, MiA และ SMA ของตำรับการทดลองที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลัง มีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบ (CKM) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ ส่งเสริมให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมไม่มากนักและยังมีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำมาก เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาเป็นดินเนื้อค่อนข้างหยาบและมีปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชที่สำคัญอยู่น้อยและเม็ดดินมีความเสถียรต่ำ จึงส่งเสริมให้วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ต่าง ๆ เกิดการย่อยสลายและสูญหายไปจากดินได้รวดเร็ว จึงยังมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์เพิ่มเติมต่อไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

ผลของการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปของคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของดินปลูกมันสำปะหลังที่ใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile OC fraction ในเม็ดดินของทุกตำรับการทดลองสะสมอยู่ในเม็ดดินขนาด SiCl สูงที่สุด (6.16 –7.75 g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดดินขนาด MiA (1.34 – 1.99 g/kg) และ SMA (1.79 – 2.70 g/kg) **(Table 4)** ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาโดยทั่วไปซึ่งรายงานว่าอินทรียวัตถุที่อยู่ภายในเม็ดดินเม็ดดินขนาดใหญ่โดยทั่วไปมักเป็นรูปที่เกิดการย่อยสลายได้ง่ายและมีความเสถียรน้อย (labile OC fraction) เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดดินขนาดเล็กกว่าที่อินทรียวัตถุที่อยู่ภายในเม็ดดินจะเปลี่ยนรูปได้ยากและมีความเสถียร (stable OC fraction) (Puget et al., 1995; Jastrow et al., 1996) **(Table 4)** ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเม็ดดินขนาดใหญ่ที่โดยทั่วไปมีความเสถียรน้อยเมื่อเกิดการแตกตัวโดยกระบวนการรบกวนดินจะทำให้ labile OC fraction ได้แก่ particulate organic matter ที่เคยเกิด physical protection ไว้ในเม็ดดินเกิดการย่อยสลายตัวได้รวดเร็วเนื่องจากเป็นรูปของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายและมีอัตราหมุนเวียนเปลี่ยนรูปในเวลาสั้น (Golchin et al., 1994; Haynes, 2005) จึงอาจส่งผลให้เม็ดดินขนาดใหญ่มีปริมาณ labile OC fraction ต่ำกว่าเม็ดดินขนาดเล็กซึ่งเป็นเม็ดดินที่มีความเสถียรมากกว่า อัตราการย่อยสลาย labile OC fraction จึงอาจเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และเกิดการสะสม labile OC fraction ในเม็ดดินขนาดเล็กได้ดี ส่วนผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable fraction ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable fraction ในเม็ดดินของทุกตำรับการทดลองมีการสะสมอยู่ในเม็ดดินขนาด SiCl สูงที่สุด (0.75 –1.46 g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดดินขนาด MiA (0.20 –0.75 g/kg) และ SMA (0.42 –0.66 g/kg) และการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable OC fraction ในเม็ดดินขนาด SiCl ได้สูงกว่า (0.92 – 1.19 g/kg) ตำรับควบคุม (0.99 g/kg) แม้ว่าปริมาณการสะสมจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable OC

fraction ในเม็ดดินขนาด SMA และ MiA ได้สูงกว่า (SMA = 0.33 – 0.53 g/kg; MiA = 0.46 – 0.78 g/kg) ตำรับควบคุม (SMA = 0.39 g/kg; MiA = 0.20 g/kg) โดยเฉพาะในเม็ดดินขนาด MiA ที่พบว่า ตำรับที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และเปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) มีปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable fraction สูงที่สุด (CSW = 0.66 g/kg; CTS = 0.78 g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) (0.20 g/kg) อาจเนื่องมาจากกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกดินมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นมีองค์ประกอบที่ทนทานต่อการย่อยสลายและจึงเกิดการย่อยสลายยาก เมื่อเกิดการสะสมในเม็ดดินและเกิดกระบวนการ physical protection จึงส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable OC fraction ได้ดี

Table 4 Distribution of soil organic carbon fractions in different aggregates size classes

Treatment	Aggregate size class	Labile OC (g/kg)	Stable OC (g/kg)
Control	SMA	1.92 Ab	0.42 Ab
	MiA	1.90 Ab	0.20 Bb
	SiCl	6.60 ABa	0.88 Aa
CKM1	SMA	2.62 Ab	0.42 Ab
	MiA	1.79 Ab	0.51 ABb
	SiCl	7.88 Aa	1.09 Aa
CKM2	SMA	2.60 Ab	0.66 Aa
	MiA	2.09 Ab	0.70 ABa
	SiCl	7.49 ABa	1.32 Aa
CSW	SMA	1.77 Ab	0.48 Ab
	MiA	1.59 Ab	0.75 Ab
	SiCl	5.77 Ba	1.46 Aa
CTS	SMA	1.77 Ab	0.48 Aa
	MiA	1.48 Ab	0.65 Aa
	SiCl	6.52 ABa	0.75 Aa

Significant difference at P ≤ 0.05 by DMRT. Capital letters indicate significant difference between treatments in the corresponding aggregate size. Lower-case letters indicate significant difference between different aggregate size within each treatment.

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณ soil organic carbon fractions ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตราต่ำ (CKM1) ส่งผลให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile OC fraction ในเม็ดดินขนาด SiCl สูงที่สุด (7.75 g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตราสูง (CKM2) (7.31 g/kg) ตำรับควบคุม (control) (7.54 g/kg) และตำรับที่มีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) (6.27 g/kg) ส่วนตำรับที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile fraction ในเม็ดดินขนาด SiCl ต่ำที่สุด (6.55 g/kg) **(Table 4)** สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนของมูลไก่แกลบซึ่งเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนแคบที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของมูลไก่แกลบส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย (labile OC fraction) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน จึงส่งเสริมให้เกิดการสะสม labile OC fraction ในเม็ดดินขนาด SiCl ซึ่งมักมี

ความเสถียรกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่ได้ดี ส่วนการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (CTS) ซึ่งมีค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนค่อนข้างกว้างซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกดินมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบที่ทนทานต่อการย่อยสลายและเกิดการย่อยสลายยากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลไก่แกลบ จึงส่งผลให้มีปริมาณการสะสม labile OC fraction ได้น้อย ส่วนปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile OC fraction ในเม็ดดินขนาด MiA และ SMA ของแต่ละตำรับการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้น คือ เม็ดดินขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะมีความเสถียรน้อยกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก เมื่อเม็ดดินเกิดการแตกตัวออก labile OC fraction ซึ่งเป็นคาร์บอนอินทรีย์ภาพที่ย่อยสลายได้ง่ายจึงลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน โดยทั่วไป การใส่มูลไก่แกลบทั้งสองอัตรา (CKM1 และ CKM2) มีแนวโน้มที่จะส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile OC fraction ในเม็ดดินขนาด SMA ได้สูงกว่า (2.59 – 2.70 g/kg) ตำรับการทดลองอื่น ๆ (1.79 – 1.99 g/kg) อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมจะเห็นได้ว่า soil organic carbon fractions ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในรูป labile OC fraction ซึ่งเป็นรูปที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างเม็ดดินขนาดใหญ่ แต่คาร์บอนอินทรีย์ในรูปดังกล่าวยังมีปริมาณอยู่ในระดับที่ต่ำมาก และยังเป็นรูปที่มีอัตราการหมุนเวียนเปลี่ยนรูป (turnover rate) ที่รวดเร็วและสูญหายออกไปจากดินได้ง่าย ดังนั้น การใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอจึงยังมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อส่งเสริมกระบวนการเกิดเม็ดดินขนาดใหญ่และสร้างเสถียรภาพให้แก่เม็ดดิน นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป stable OC fraction จากกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน ซึ่งเป็นคาร์บอนอินทรีย์รูปที่มีบทบาทต่อการส่งเสริมค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินให้เพิ่มสูงขึ้นได้ในระยะยาว ในทางตรงกันข้ามหากขาดการจัดการอินทรียวัตถุอย่างเหมาะสม ดินที่ทำการศึกษาจะมีปริมาณอินทรียวัตถุลดต่ำลงอย่างรวดเร็วและเกิดความเสื่อมโทรมทั้งทางฟิสิกส์และเคมีได้ง่าย

สรุป

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ในชุดดินยโสธรที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังโดยทั่วไปสามารถส่งเสริมให้เกิดการปรับปรุงโครงสร้างของดินได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่ คือ วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินประเภทต่าง ๆ สามารถส่งเสริมให้เม็ดดินขนาดเล็ก ได้แก่ เม็ดดินขนาด SiCl และ MiA เกิดการรวมตัวกันเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ (SMA) ได้มากขึ้น แต่ยังไม่สามารถส่งเสริมให้เกิดเม็ดดินขนาด LMA ได้ชัดเจน โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินของดินที่ทำการศึกษาพบว่ามีการสะสมอยู่ในเม็ดดินขนาด SiCl เป็นส่วนใหญ่ โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตราทั้งสองอัตรามีแนวโน้มส่งเสริมการเกิดเม็ดดินขนาดใหญ่และส่งเสริมการเสริมการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในรูป labile fraction และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ สูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินอื่น ๆ แต่ในภาพรวมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ยังมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากและส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในรูปซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและมีอัตราการหมุนเวียนเปลี่ยนรูปได้เร็ว (labile OC fraction) จึงเกิดการสูญเสียได้ง่ายเมื่อดินถูกรบกวนโครงสร้างและจะส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุลดต่ำลงอย่างรวดเร็วหากขาดการจัดการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียมจำนรรจา, เอ็จ สโรบล และวัชรี เลิศมงคล. 2542. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ฉบับที่ 2. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งข้อมูล: https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%A8%E0%B8%A3%E0%B8%A9%E0%B8%90%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%88%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3/TH-TH. ค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2565.

Baes, A.U., and P.R. Bloom. 1989. Diffuse reflectance and transmission Fourier infrared spectroscopy of humic and fulvic acids. Soil Science Society of America Journal. 53: 695–700.

Baldock, J.A., J.M. Oades, A.G. Waters, X. Peng, A.M. Vassallo, and M.A. Wilson. 1992. Aspects of chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state 13C NMR spectroscopy. Biogeochemistry 16: 1-42.

Baldock, J.A., and P.N. Nelson. 2000. Soil organic matter. P. B25–B84. In: M.E. Sumner. Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL.

Christensen, B.T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. Advances in Soil Science. 20: 1-90.

Christensen, B.T. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European Journal of Soil Science. 52: 345-353.

Elliott, E., C. Palm, D. Reuss, and C. Monz. 1991. Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: correction for sand and light fraction. Agriculture, Ecosystems and Environment. 34 (1): 443–451.

Golchin, A., J.M. Oades, J.O. Skjemstad, and P. Clarke. 1994. Soil structure and carbon cycling. Australian Journal of Soil Research. 32: 1043–1068.

Haynes, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. Advances in Agronomy. 85: 221–268.

Helfrich, M., H. Flessa, R. Mikutta, A. Dreves, and B. Ludwig. 2007. Comparison of chemical fractionation methods for isolating stable soil organic carbon pools. European Journal of Soil Science. 58 (6): 1316–1329.

Jastrow, J.D., T.W. Boutton, and R.M. Miller. 1996. Carbon dynamics if aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance. Soil Science Society of America Journal. 49:25-28.

Kong, A.Y.Y., J. Six, D.C. Bryant, R.F. Denison, and C. van Kessel. 2005. The relationship between carbon input aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. Soil Science Society of America Journal. 69: 1078–1085.

Mikha, M.M., and C.W. Rice. 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal. 68: 809–816.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Invest Report No. 42, Version 3.0 U.S. Dept Of Agr., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, and organic matter. P.961-1010. In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, and R.H. Loeppert. Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Method. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Niemeyer, J., Y. Chen, and J.M. Bollag. 1992. Characterization of humic acids, composts, and peat by diffuse reflectance Fourier-transform infrared spectroscopy. Soil Science Society of America Journal. 56: 135–140.

Oades, J.M., and A.G. Waters. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Australian Journal of Soil Research. 29: 815–828.

Poirier, N., S.P. Sohi, J.L. Gaunt, N. Mahieu, E.W. Randall, D.S. Powlson, and R.P. Evershed. 2005. The chemical composition of measurable soil organic matter pools. Organic Geochemistry. 36: 1174–1189.

Puget, P., C. Chenu, and J. Balesdent. 1995. Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. European Journal of Soil Science. 46: 449–459.

Six, J., H. Bossuyt, S. Degryze, and K. Denef. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research. 79(1): 7–31.

Six, J., K. Paustian, E.T. Elliott, and C. Combrink. 2000. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. Soil Science Society of America Journal. 64: 681-689.

Sollins, P., P. Homann, and B.A. Caldwell. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. Geoderma. 74: 65–105.

Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.

Strosser, E. 2010. Methods for determination of labile soil organic matter: an overview. Journal of Agrobiology. 27 (2): 49–60.

Tisdall, J.M., and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. European Journal of Soil Science. 33: 141–163.

Zech, W., N. Senesi, G. Guggenberger, K. Kaiser, J. Lehmann, T.M. Miano, A. Miltner, and G. Schroth. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. Geoderma. 79: 117–161.