KHON KAEN AGR. J. 48 (3): 547-556 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.50.

คาร์บอนและไนโตรเจนในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของดินที่ลุ่ม ที่มีวิทยาแร่ดินเหนียวแตกต่างกันในที่ราบภาคกลางของประเทศไทย

Carbon and Nitrogen in Aggregate-Sized Fractions of Lowland Soils with Different Clay Mineralogy in Central Plain, Thailand

อัญญารัตน์ จุ่งประสพมงคล[1], วิทยา จินดาหลวง[1*], ทิมทอง ดรุณสนธยา[1], และ รฐนนท์ เจริญชาศรี[1]

Unyarat Jungprasopmongkol[1], Wittaya Jindaluang[1*], Timtong Darunsontaya[1] and Rathanont Jaroenchasri[1]

บทคัดย่อ: คัดเลือกตัวแทนดินที่ลุ่มในบริเวณภาคกลางที่มีแร่ดินเหนียวแตกต่างกัน 5 อันดับดิน ได้แก่ ดินในอันดับอินเซปทิซอลส์ แอลฟิซอลส์ และอัลทิซอลส์ มีแร่องค์ประกอบแบบผสม ดินในอันดับมอลลิซอลส์ และเวอร์ทิซอลส์ มีแร่สเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก เก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวน (Ap) และใต้ฐานชั้นไถพรวนถึงระดับความลึก 60 ซม. (Ap-60) เพื่อศึกษาปริมาณและการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียร ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ (> 0.25 มม.) และปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำของดินที่ทำการศึกษามีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินเพิ่มขึ้นตามขนาดของเม็ดดินในชั้น Ap อย่างไรก็ตามในชั้น Ap-60 ดินในอันดับแอลฟิซอลส์ อัลทิซอลส์ และเวอร์ทิซอลส์ มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินขนาดเล็ก (< 0.25 มม.) สูงกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่ โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินทุกขนาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดินแต่ละกลุ่มแร่มีปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างชัดเจน ดังนั้น แร่ดินเหนียวในดินอาจมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเม็ดดิน เม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในเม็ดดินน้อยกว่าสมบัติอื่น ๆ ของดิน

คำสำคัญ: คาร์บอน, ไนโตรเจน, การแจกกระจายของเม็ดดิน, เสถียรภาพของเม็ดดิน, แร่ดินเหนียว

Abstract: Representative lowland soils including 5 soil orders with different clay mineralogy in Central Plain of Thailand were selected for this study. Inceptisols, Alfisols and Ultisols were mixed mineralogy soils whereas Mollisols and Vertisols were smectitic soils. Soil samples were collected at plough layer (Ap) and below plough layer to the depth of 60 cm (Ap-60) for analysis of aggregate-sized distribution, water aggregate stability, (> 0.25 mm) and water aggregate stability contents of studied soils significantly correlated with organic carbon, extractable calcium and clay contents of the soil. Organic carbon and total nitrogen in aggregate-sized fractions of studied soils mainly increased with increasing size of aggregate

Received August 22, 2019

Accepted November 20, 2019

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[*] Corresponding author: fagrwyj@ku.ac.th

fractions in Ap horizon. However, Alfisols, Ultisols and Vertisols contained higher organic carbon and total nitrogen in microaggregate (< 0.25 mm) than that of macroaggregate (> 0.25 mm) in Ap-60 horizon. Organic carbon and total nitrogen contents in aggregate-sized fractions of studied soils significantly increased with increasing organic carbon content of the soil. Each mineralogical soil group clearly showed variation of aggregate-sized fractions, water aggregate stability, organic carbon and total nitrogen contents within each soil group. Therefore, clay minerals may play a minor role for soil aggregation, aggregate stability, carbon and nitrogen contents in soil aggregates in comparison to those soil properties as previously mentioned.
Keywords: carbon, nitrogen, aggregate-sized distribution, aggregate stability, clay minerals

บทนำ

ดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีขนาดประมาณ 3 เท่าของปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาค และมีขนาดประมาณ 2 เท่าของปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศภาค (Eswaran et al., 1993) ดังนั้น ดินจึงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในภาคพื้นทวีป การรบกวนดินจากกระบวนการตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการรบกวนดินซึ่งทำให้เม็ดดินเกิดการแตกตัวจะส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินและเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากภาวะโลกร้อนได้

โดยทั่วไป อินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งของธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนที่มีความสำคัญ เมื่ออินทรียวัตถุเกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะทำให้สารที่อยู่ในรูปอินทรีย์ถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอนินทรีย์ (mineralization) และทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยอัตราการเกิดกระบวนการดังกล่าวข้างต้นจะแตกต่างกันออกไปในดินแต่ละบริเวณ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อม องค์ประกอบของอินทรียวัตถุ และการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละบริเวณ ตลอดจนสมบัติของดินทั้งสมบัติทางด้านฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ รวมถึงสมบัติทางแร่วิทยา ปริมาณเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ในดิน (อภิรักษ์ และคณะ, 2560; Barthès et al., 2008) โดยสมบัติของดินดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการกระบวนการเกิดเม็ดดิน (soil aggregation) ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจนในดิน รวมถึงกระบวนการป้องกันอินทรียวัตถุที่อยู่ภายในเม็ดดิน (physical protection) ไม่ให้ถูกจุลินทรีย์ในดินย่อยสลายได้ง่าย (Six et al., 2000; Christensen, 2001) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่ากระบวนการเกิดเม็ดดินในดินที่มีสมบัติทางแร่วิทยาแตกต่างกันมีความผันแปรไปตามชนิดของแร่ดินเหนียวในดิน โดยจากการศึกษาของ Denef et al. (2002) ซึ่งทำการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ต่อลักษณะการเกิดเม็ดดินและเสถียรภาพของเม็ดดินในดินที่มีแร่ต่างกัน พบว่า ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ของดินที่ทำการศึกษามีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยดินที่มีแร่ดินเหนียวแบบผสม (mixed mineralogy) มีปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ที่มีความเสถียรเพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาเป็นดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ และดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 1:1 เป็นองค์ประกอบ ตามลำดับ ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ชนิดของแร่ดินเหนียวอาจส่งผลต่อการเกิดกระบวนการสร้างเม็ดดินที่แตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการการเกิดเม็ดดินในดินที่มีสมบัติทางแร่วิทยาแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ จึงมีความสำคัญอย่างมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานในการจัดการอินทรียวัตถุในดินที่ทำการศึกษาได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ 1. ศึกษาปริมาณและการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของดินในบริเวณที่ลุ่มภาคกลางซึ่งมีสมบัติทางแร่วิทยาแตกต่างกันของประเทศไทย และ 2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ กับสมบัติของดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการอินทรียวัตถุที่เหมาะสมในดินที่ทำการศึกษา

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างดิน

คัดเลือกตัวแทนชุดดินที่มีสมบัติทางแร่วิทยาที่แตกต่างกัน โดยดินที่ทำการศึกษาเป็นดินที่ลุ่มในบริเวณภาคกลางซึ่งใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว ครอบคลุมอันดับดินต่าง ๆ ซึ่งพบได้ในบริเวณภาคกลาง จำนวน 5 อันดับดิน ประกอบด้วยชุดดินทั้งหมด 14 ชุดดิน ได้แก่ 1. อันดับอินเซปทิซอลส์ (Inceptisols) เก็บชุดดินสรรพยา (Sa) ชุดดินบางเขน (Bn) และชุดดินอยุธยา (Ay) 2. อันดับมอลลิซอลส์ (Mollisols) เก็บชุดดินบางเลน (Bl) และชุดดินบางแพ (Bph) 3. อันดับเวอร์ทิซอลส์ (Vertisols) เก็บชุดดินโคกกระเทียม (Kk) ชุดดินช่องแค (Ck) ชุดดินวัฒนา (Wa) และชุดดินบ้านหมี่ (Bm) 4. อันดับแอลฟิซอลส์ (Alfisols) เก็บชุดดินนครปฐม (Np) ชุดดินมโนรมย์ (Mn) และชุดดินเดิมบาง (Db) 5. อันดับดินอัลทิซอลส์ (Ultisols) เก็บชุดดินปากท่อ (Pth) และชุดดินเชียงราย (Cr) โดยดินในอันดับอินเซปทิซอลส์ แอลฟิซอลส์ และอัลฟิซอลส์ที่ใช้ทำการศึกษามีแร่องค์ประกอบเป็นแบบผสม (mixed mineralogy) ส่วนดินในอันดับ มอลลิซอลส์ และเวอร์ทิซอลส์ มีแร่สเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก (อภิรักษ์, 2561; พัสกร และคณะ, 2561) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้สว่านเจาะดินที่ความลึก 2 ระดับ ได้แก่ ชั้นไถพรวน (Ap horizon) และใต้ฐานชั้นไถพรวนถึงระดับความลึก 60 ซม. (Ap-60) จากผิวหน้าดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน

นำตัวอย่างดินที่ได้ไปผึ่งให้แห้งในร่ม หลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างดินส่วนหนึ่งไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อใช้วิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ การแจกกระจายขนาดของอนุภาคดิน พีเอชดิน อินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจนรวม (total N) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และเบสที่สกัดได้ (extractable bases) ตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996)

การวิเคราะห์ปริมาณการแจกกระจายและความเสถียรของเม็ดดิน

นำตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งอีกส่วนหนึ่งไปศึกษาการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน (Aggregate-sized distribution) จำนวน 4 ซ้ำ โดยวิธี wet sieving โดยร่อนดินผ่านชุดตะแกรงขนาด 8, 2, 0.25 และ 0.053 มม. ตามลำดับ ได้เม็ดดิน 4 ขนาด คือ Large macroaggregate (LMA: 2-8 mm), Small macroaggregate (SMA: 0.25-2 mm), Microaggregate (MiA: 0.053-0.25 mm) และเม็ดดินขนาด Silt and clay-sized fractions (SiCl: < 0.053 mm) (Elliot, 1986; Elliott et al., 1991) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดิน โดยวิธี Walkley and Black wet oxidation และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน โดยวิธี Kjeldalh (Nelson and Sommers, 1996) ศึกษาความเสถียรของเม็ดดิน (Water aggregate stability: WAS) จำนวน 4 ซ้ำ โดย วิธี wet sieving (Kemper and Rosenau, 1986) โดยใช้ wet sieving apparatus

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินมาหาสหสัมพันธ์ (correlation matrices) และวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) กับปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน วิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยปริมาณการแจกขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน โดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ทำการศึกษา

ดินที่ทำการศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนไปจนถึงดินเหนียว (Table 1) และมีค่าพีเอชดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงด่างปานกลาง โดยดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์และมอลลิซอลส์มีค่าพีเอชดินสูงกว่าดินอื่น ๆ เนื่องจากดินในอันดับดังกล่าวพัฒนาตัวมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ของดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์และมอลลิซอลส์มีค่าอยู่ในระดับสูงมากเนื่องจากเนื้อดินเป็นดินเหนียวและมีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบ ส่วนดินในอันดับอัลทิซอลส์มีค่า CEC ค่อนข้างต่ำ เนื่องมาจากเป็นดินพัฒนาการสูงกว่าดินในอันดับอื่น ๆ และปริมาณเบสที่สกัดได้ (extractable bases) มีแนวโน้มลดลงตามพัฒนาการของดินที่เพิ่มสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

Table 1 Physico-chemical properties of studied soils

Soil order	Horizon	pH	OM	Total N	CEC	Extr. Ca	Extr. Mg	Extr. K	Extr. Na	Sand	Silt	Clay	Texture[1/]
			(----g/kg----)		(----------cmol$_c$/kg----------)					(--------g/kg---------)			
Inceptisols	Ap	5.5	43.6	1.97	24.3	15.2	5.54	0.37	1.74	78	459	463	SiCL - C
	Ap-60	5.9	5.09	0.37	21.3	17.1	6.90	0.22	1.26	133	360	507	CL - C
Alfisols	Ap	6.2	26.4	1.03	14.9	12.8	2.21	0.13	0.82	253	415	331	L - C
	Ap-60	6.3	7.64	0.36	16.6	12.8	2.72	0.12	1.22	240	345	415	L - C
Ultisols	Ap	6.7	19.6	0.73	9.36	7.87	1.15	0.10	0.43	460	360	180	L
	Ap-60	6.1	5.07	0.34	10.1	8.23	0.97	0.15	1.04	311	413	277	SiL - CL
Mollisols	Ap	6.6	38.5	1.76	29.4	21.6	7.71	0.45	1.72	49	504	446	SiCL - SiC
	Ap-60	7.6	9.29	0.38	23.6	23.1	6.28	0.33	1.70	36	455	509	SiC
Vertisols	Ap	7.1	23.2	1.02	46.6	39.5	4.30	0.28	1.21	32	323	644	C
	Ap-60	7.4	8.64	0.38	43.3	41.0	3.13	0.13	1.43	56	299	645	C

[1/]L = Loam, SiL = Silt loam, CL = Clay loam, SiCL = Silty clay loam, SiC = Silty clay, C = Clay

ปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดินในดินที่ใช้ทำการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน พบว่า ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณเม็ดดินขนาด Large macroaggregate (LMA) ในชั้น Ap (27.6-68.1%) สูงกว่าชั้น Ap-60 (2.68-43.5%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 1a**) โดยดินในอันดับอินเซปทิซอลส์มีปริมาณ LMA สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม (68.1%) ส่วนดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์มีปริมาณ LMA สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก (57.1%) โดยดินแต่ละกลุ่มแร่มีปริมาณ LMA ผันแปรภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน ปริมาณเม็ดดินในขนาด LMA ในชั้น Ap ของดินในอันดับอินเซปทิซอลส์และเวอร์ทิซอลส์มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ในชั้น Ap-60 ดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์มีปริมาณ LMA สูงกว่าดินในอันดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับปริมาณเม็ดดินในขนาด Small macroaggregate (SMA) ของดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากชั้น Ap (Ap: 21.6-49.7% ; Ap-60: 32.6-55.0%) โดยดินในอันดับมอลลิซอลส์มีปริมาณ SMA สูงที่สุดในชั้น Ap ส่วนชั้น Ap-60 ของดินทั้งสองกลุ่มแร่มีปริมาณ SMA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 1b**) ปริมาณ Microaggregate (MiA) ของดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากชั้น Ap (Ap: 5.36-21.1% ; Ap-60: 7.98-38.2%) โดยในชั้น Ap ดินในอันดับอัลทิซอลส์มีปริมาณ MiA สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม (21.1%) ส่วนดินในอันดับมอลลิซอลส์มีปริมาณ MiA สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก (12.5%) โดยดินแต่ละกลุ่มแร่มีปริมาณ MiA ผันแปรภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนชั้น Ap-60 ปริมาณ MiA มีค่าต่ำที่สุดในดินอันดับเวอร์ทิซอลส์ (7.98%) (**Figure 1c**) ผลการศึกษาปริมาณเม็ดดินในขนาด Silt and clay-sized fractions (SiCl) ของดินที่ทำการศึกษามีลักษณะเช่นเดียวกับปริมาณการแจกกระจาย MiA โดยพบว่า ปริมาณ SiCl ของดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากชั้น Ap (Ap: 2.78-18.8% ; Ap-60: 2.93-34.5%) โดยในชั้น Ap ดินในอันดับอัลทิซอลส์มีปริมาณ SiCl สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม (18.8%) ส่วนดินในอันดับมอลลิซอลส์มีปริมาณ SiCl สูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก (7.81%) และดินแต่ละกลุ่มแร่มีปริมาณ SiCl ผันแปรภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์มีปริมาณ SiCl ต่ำที่สุด (2.78%) (**Figure 1d**)

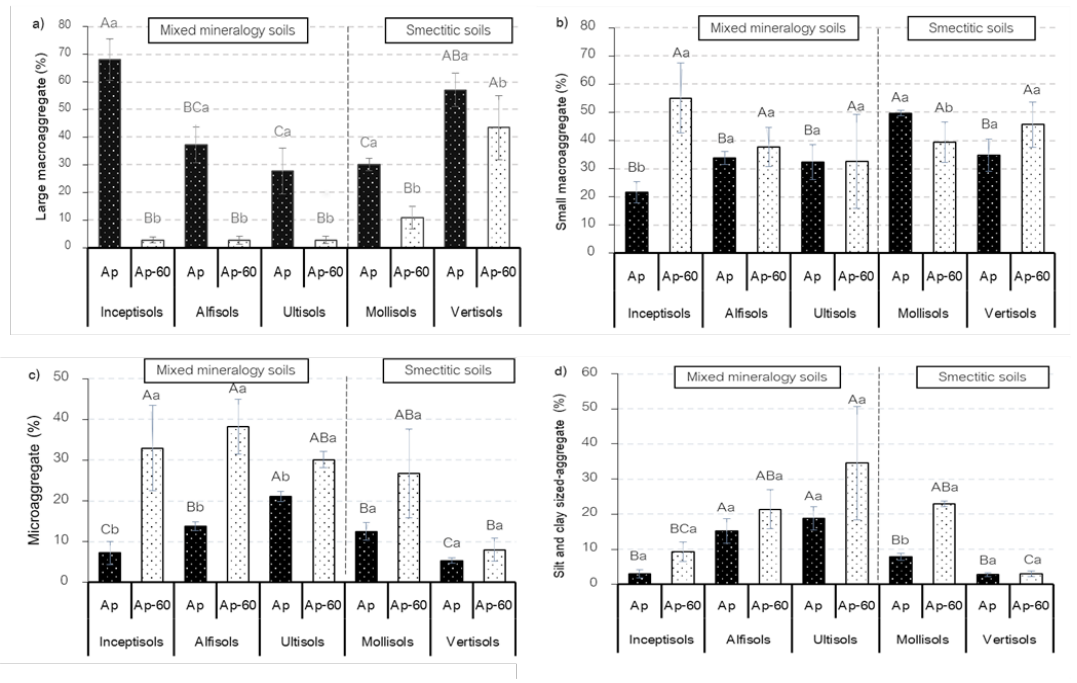

Figure 1 Aggregate-sized distribution in lowland soils of Central Plain, Thailand. Different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$. Capital letters show differences of corresponding depths among soil orders. Lower-case letters show differences between depths in each soil orders. Bars represent standard errors.

ผลการศึกษาสมบัติของดินที่ส่งผลต่อปริมาณและการแจกกระจายขนาดของเม็ดดินในดินที่ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณ LMA มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (r = 0.68***) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (r = 0.51**) และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในดิน (r = 0.43*) แต่มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณอนุภาคขนาดทราย (r = -0.38*) ในทางตรงกันข้าม ปริมาณ MiA และ SiCl มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (r = -0.48** และ-0.34 ตามลำดับ) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (r = -0.57** และ -0.40* ตามลำดับ) และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในดิน (r = -0.56** และ -0.58*** ตามลำดับ) แต่มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอนุภาคขนาดทราย (r = 0.56** และ 0.41* ตามลำดับ) (**Table 2**) ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสมบัติของดินที่ควบคุมการสร้างเม็ดดินขนาดใหญ่ (> 0.25 มม.) ของดินที่ทำการศึกษาขึ้นอยู่กับสารเชื่อมอินทรีย์และอนินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว ตลอดจนไดวาเลนซ์แคตไอออนในดิน ได้แก่ ปริมาณของแคลเซียมที่สกัดได้ ซึ่งมีสมบัติเป็น flocculating agent ที่ส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนรวมกลุ่มของอนุภาคดินให้เกิดเม็ดดิน (Amézketa, 1999; Christensen, 2001) ดังนั้น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง มีเนื้อดินละเอียด และมีปริมาณไดวาเลนซ์แคตไอออนสูง จะมีปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของเม็ดดินขนาดเล็กเป็นลักษณะเด่น ส่วนดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ มีเนื้อดินหยาบ และมีปริมาณไดวาเลนซ์แคตไอออนต่ำจะมีเม็ดดินขนาดเล็กเป็นลักษณะเด่น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสมบัติของดินดังกล่าวอาจมีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดดินมากกว่าชนิดของแร่ดินเหนียวในดินที่ทำการศึกษา

Table 2 Correlation coefficients between aggregate-sized distribution and selected soil properties

Parameter	%LMA	%SMA	%MiA	%SiCl	%WAS
OC (g/kg)	0.68***	-0.33	-0.48**	-0.34	0.45*
Ca ($cmol_c$/kg)	0.51**	0.02	-0.57**	-0.40*	0.65***
Sand (g/kg)	-0.38*	-0.21	0.56**	0.41*	-0.41*
Silt (g/kg)	-0.21	-0.15	0.15	0.47*	-0.39*
Clay (g/kg)	0.43*	0.25	-0.56**	-0.58***	0.55**

*,**,*** Significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.001$, respectively.

ปริมาณร้อยละของเม็ดดินเสถียรในดินที่ใช้ทำการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ พบว่า ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำในชั้น Ap สูงกว่าชั้น Ap-60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ap: 62.3-89.2%; Ap-60: 41.7-79.0%) (**Figure 2**) โดยดินในอันดับอินเซปทิซอลส์มีเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม (71.9%) ส่วนดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์มีปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุดในกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก (89.2%) และมีปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดินในอันดับอื่น ๆ โดยดินแต่ละกลุ่มแร่มีปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำผันแปรภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนผลการศึกษาสมบัติของดินที่ส่งผลต่อปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำในดินที่ทำการศึกษา พบว่า ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (r = 0.45*) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (r = 0.65***) และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในดิน (r = 0.55**) แต่มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้ง (r = -0.39*) และอนุภาคขนาดทราย (r = -0.41*) เช่นเดียวกับปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่ในดินที่ทำการศึกษา (**Table 2**) อาจเนื่องมาจากอนุภาคดินเหนียวมีอนุภาคขนาดเล็ก จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูงและสามารถเกาะยึดกับอนุภาคดินเหนียวด้วยกันเองผ่านสะพานเชื่อมของไดวาเลนซ์แคตไอออน เช่น แคลเซียม (Baldock and Skjemstad, 2000; Kahle et al., 2004) นอกจากนี้ อนุภาคขนาดดินเหนียวสามารถเกาะยึดกับอนุภาคขนาดทรายแป้งและอนุภาคขนาดทรายที่ไม่มีประจุได้อย่างแข็งแรงโดยใช้พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) ร่วมกับอิทธิพลของอินทรียวัตถุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ลักษณะดังกล่าวอาจแสดงให้เห็นว่าชนิดของแร่ดินเหนียวในดินมีบทบาทต่อความเสถียรของเม็ดดินน้อยกว่าสมบัติของดินดังกล่าวเช่นเดียวกับปริมาณการแจกกระจายขนาดของเม็ดดินในดินที่ทำการศึกษา

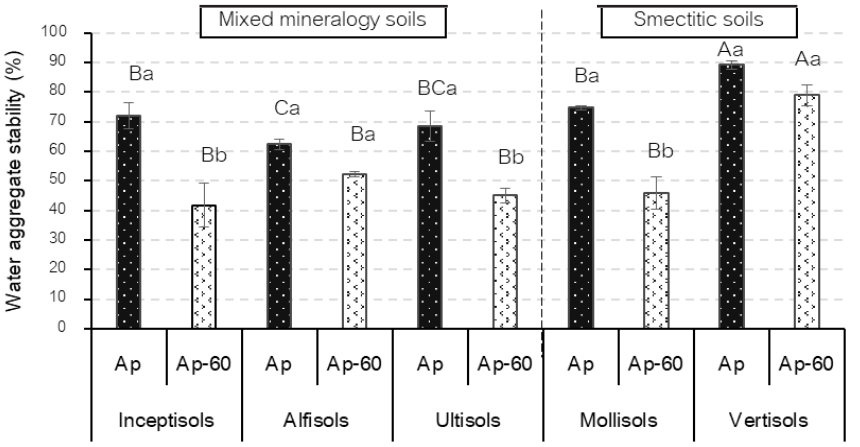

Figure 2 Water aggregate stability in lowland soils of Central Plain, Thailand. Different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$. Capital letters show differences of corresponding depths among soil orders. Lower-case letters show differences between depths in each soil orders. Bars represent standard errors.

ปริมาณการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดิน

ผลการศึกษาปริมาณการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ในชั้น Ap พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินของดินส่วนใหญ่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามขนาดของเม็ดดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3a) โดยดินในอันดับอินเซปทิซอลส์มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินทั้ง 4 ขนาดสูงที่สุดทั้งในกลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม และกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนชั้น Ap-60 พบว่า มีเพียงดินในอันดับอินเซปทิซอลส์และมอลลิซอลส์ที่มีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินที่เพิ่มสูงขึ้นตามขนาดของเม็ดดิน ส่วนดินในอันดับแอลฟิซอลส์ อัลทิซอลส์ และเวอร์ทิซอลส์ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดเล็กมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่อย่างชัดเจน (Figure 3b) โดยกลุ่มดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก มีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในเม็ดดินขนาดเล็กสูงกว่ากลุ่มดินที่มีแร่แบบผสม ส่วนผลการศึกษาปริมาณการแจกกระจายของไนโตรเจนรวมในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ พบว่าโดยทั่วไปมีลักษณะเช่นเดียวกันกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (Figure 3c, 3d) ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในชั้นดินล่างชนิดของแร่ดินเหนียวอาจมีบทบาทสำคัญมากกว่าอินทรียวัตถุในการส่งเสริมการเกิดเม็ดดินขนาดเล็กและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมไว้ในเม็ดดินขนาดเล็ก (< 0.25 มม.) เนื่องจากดินทุกอันดับมีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้น Ap-60 อยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชั้น Ap (Table 1) ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของชั้นดินบนที่ได้รับการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุจากเศษซากพืชอย่างสม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณเม็ดดินขนาดเล็ก (< 0.25 มม.) ในชั้น Ap-60 สูงกว่าชั้น Ap อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะดินในอันดับแอลฟิซอลส์และอัลทิซอลส์ที่มีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่าง

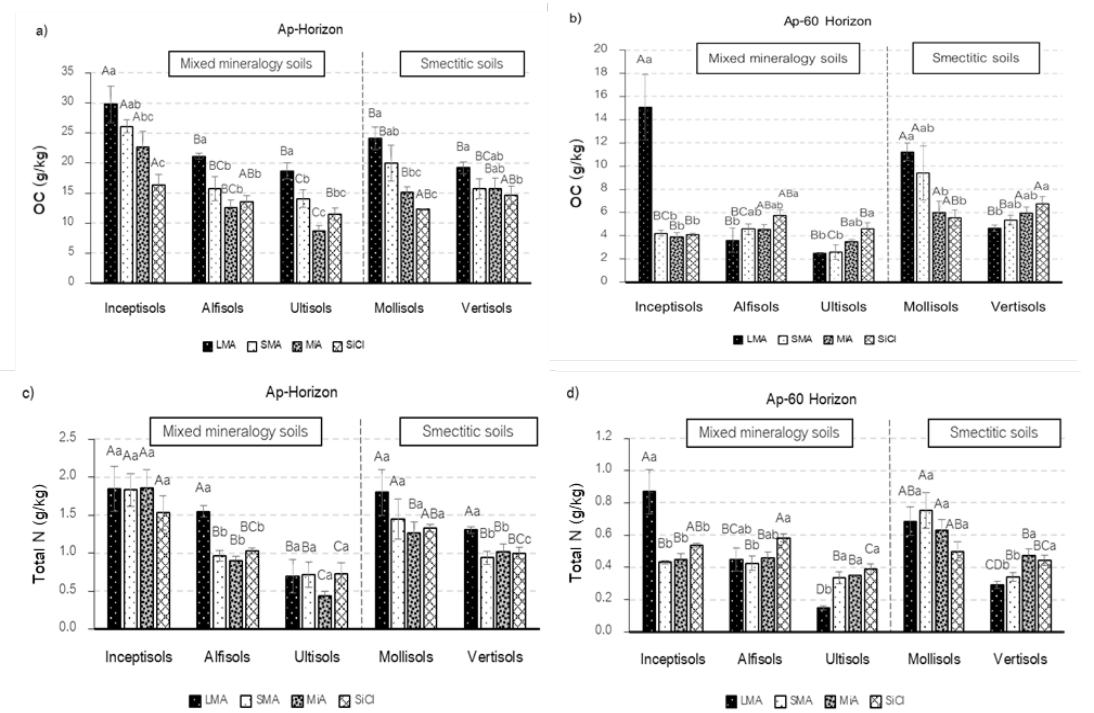

Figure 3 Organic carbon and total nitrogen contents in different aggregate-sized fractions in lowland soils of Central Plain, Thailand. Different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$. Capital letters show differences of corresponding depths among soil orders. Lower-case letters show differences between depths in each soil orders. Bars represent standard errors.

การศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินแต่ละขนาดของดินที่ทำการศึกษามีปริมาณมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OC: R^2 = 0.83*** - 0.92***; total N: R^2 = 0.77*** - 0.88***) **(Figure 4)** ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมที่มีความสำคัญต่อปริมาณการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินทุกขนาด นอกจากนี้ ลักษณะดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของเม็ดดินต่อการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจน โดยเม็ดดินจะทำให้เกิดกระบวนการปกป้องอินทรียวัตถุทางฟิสิกส์ (physical protection) ไว้ภายในเม็ดดินไม่ให้ถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (Feller and Beare, 1997; Six et. al. 2000)

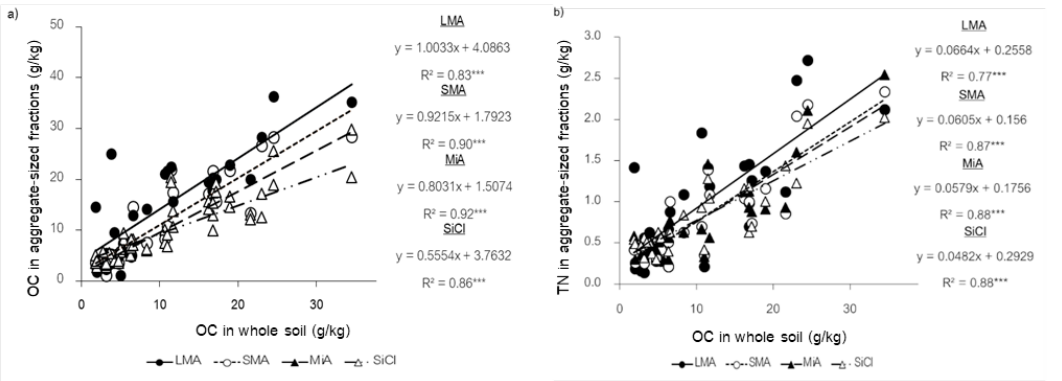

Figure 4 Relationships between a) organic carbon (OC) content in whole soil and OC in aggregate-sized fractions; b) organic carbon (OC) content in whole soil and TN in aggregate-sized fractions. LMA = Large Macroaggregate, SMA = Small Macroaggregate, MiA = Microaggregate, SiCl = Silt and clay-sized fractions. *** significant at $P \leq 0.001$.

สรุป

ปริมาณและการแจกกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินเสถียรน้ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ของดินที่ทำการศึกษาผันแปรไปตามสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว และปริมาณไดวาเลนซ์แคตไอออนในดิน โดยชนิดของแร่ดินเหนียวในดินมีบทบาทสำคัญน้อยกว่าสมบัติดินดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ชนิดของแร่ดินเหนียวอาจมีบาทสำคัญในการส่งเสริมการเกิดเม็ดดินขนาดเล็กและส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมไว้ในเม็ดดินขนาดเล็กของชั้นดินล่าง และเนื่องจากเม็ดดินโดยเฉพาะเม็ดดินขนาดใหญ่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนรวมที่มีความสำคัญในดินที่ทำการศึกษา ดังนั้น การส่งเสริมให้เกิดการสร้างเม็ดดินขนาดใหญ่ให้เพิ่มสูงขึ้นโดยการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมในการสร้างเม็ดดินอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะดินในอันดับอัลทิซอลส์และแอลฟิซอลส์ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว และปริมาณไดวาเลนซ์แคตไอออนที่ต่ำกว่าดินในอันดับอื่น ๆ จึงมีความสำคัญอย่างมากในการส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์และศักย์ผลิตภาพของดินในระยะยาวต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยรหัส ป-3.1(ด)13.60 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักวิจัย

และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการและให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ดินในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัสกร ทะสานนท์, ทิมทอง ดรุณสนธยา, วิทยา จินดาหลวง, และ ชัยภัทร คงแก้ว. 2561. รูปของโพแทสเซียมในดินนาที่ราบภาคกลางของประเทศไทย. ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 5: 58-66.

อภิรักษ์ จงเหลืองสะอาด. 2561. คาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนในอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของดินตะกอนน้ำพาในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิรักษ์ จงเหลืองสะอาด, วิทยา จินดาหลวง, และ ทิมทอง ดรุณสนธยา. 2560. ปัจจัยทางดินที่ส่งผลต่อปริมาณและการแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนน้ำพา บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย, น. 1-8. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Amézketa, E. 1999. Soil aggregate stability: a review. J. Sustain. Agr. 14: 83–151.

Baldock, J.A., and J.O. Skjemstad. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. Org. Geochem. 31: 697-710.

Barthès, B.G., E. Kouakoua, M.C. Larré-Larrouy, T.M. Razafimbelo, E.F. de Luca, A. Azontonde, S.V.J. Carmen, P.L. de Freitas, and C.L. Feller. 2008. Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. Geoderma 143: 14-25.

Christensen, B.T. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. Eur. J. Soil Sci. 52: 345–353.

Denef, K., J. Six, R. Merckx, and K. Paustian. 2002. Short-term effects of biological and physical forces on aggregate formation in soils with different clay mineralogy. Plant Soil. 246: 185-200.

Elliott, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorous in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 627–633.

Elliott, E.T., C. Palm, D. Reuss, and C. Monz. 1991. Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: correction for sand and light fraction. Agr. Ecosyst. Environ. 34: 443-451.

Eswaran, H., E. van den Berg, and P. F. Reich. 1993. Organic carbon in soils of the world. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 193-194.

Feller, C., and M.H. Beare. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma 79: 69-116.

Kahle, Kahle, M., M. Kleber, M. S. Torn, and R. Jahn. 2004. Retention of dissolved organic matter by phyllosilicate and soil clay fractions in relation to mineral properties. Org. Geochem. 35: 269-276.

Kemper, W.D., and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. pp. 425-442. In: A. Klute. Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods. Agronomy, No. 9 (Part 1). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin USA.

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, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. In: A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney. Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Methods Properties. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.

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 Sci. Soc. Am. J. 64: 681-689.