

ปัจจัยที่มีผลต่ออินทรีย์วัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่าง ๆ ภายใต้ดินการเกษตรภาคเหนือตอนบนของไทย

Factors Affecting on Soil Organic Matter and Organic Carbon Fractions under Agricultural Soils of Upper Northern Thailand

ศุภธิดา อ่ำทอง^{1*} ชาคกริต โชติอมรศักดิ์² และ บัณฑิต สมจิตร์¹

Suphathida Aumtong^{1*} Chakrit Chotamonsak² and Bandit Somchit¹

¹ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Soil Science Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

² ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

² Department of Geography Chiang Mai University Chiang Mai 50200

* Corresponding author: Aumthongsuphathida@gmail.com

(Received: 1 September 2021; Revised: 28 April 2022; Accepted: 7 July 2022)

Abstract

This study proposed the effect of agricultural land uses on soil organic matter (SOM), soil organic carbon (SOC), and labile soil carbon fractions (LSCF), and the relationship between organic carbon fractions and SOM and SOC agricultural soil in the upper northern region. Soil samples were collected from the difference of crop-land use types (i.e. paddy soil, maize, and longan plantation) from the upper north of Thailand (i.e. Lampang, Phrae, Nan, Payao, Lamphoon, Chiang Rai, Mae Hong Son, and Chiang Mai) were sampled by the grid method (1 grid = 10×10 km²) at a depth of 0-30 cm, and then the SOM, SOC, and LSCF were analyzed by reference methods from soil samples. The soil data were analyzed by Two ways and One way ANOVA, and the relationships between LSCF to SOM and SOC were calculated by the Principal Component Analysis method. The results showed that the higher means of SOM and SCF (e.g. WSC, C-FPSF, and C-LPSF) contents in maize soil than rice soil. Meanwhile, the longan soil had the highest proportion of SFC/SOC (% of SOC) ($P<0.05$) (about 13.398-17.814%), which was higher than that of rice and maize soil samples. As for the location effects, Phrae province had the highest content of SOM,

while Chiang Rai province had the highest content of SOC. The LSCF were related to the SOC and SOM, which differ according to the crop-land uses. In this study, the amount of SOM, SOC, LSCF, and LSCF/SOC in rice soil (i.e. paddy soil) was lower than longan soil. As a result of soil management such as tillage and synthesis fertilizers could affect the LSCF a higher than longan plantation. The rice soil was plowed and contributed to a high decomposition rate. Meanwhile, possibly a high SOM formation rate in maize soil, there was high LSCF content and corresponding high SOM content. There was the highest percentage of LSCF/SOC which was consistent with high SOM content. Because the plant residues were continuing input in the longan plot area, there were minimum soil disturbances also. There was a combination of organic and chemical fertilization, that enhanced the Negative Priming. These could be the reasons that the amount of SOM and SOC in the longan soil was higher than in the paddy soil. Additionally, these soil data were the spatial study. They came from many pieces of information (i.e. soil type, quantity and type of clay mineral, geography, soil property, climate, and geomorphology of various provinces). These affect the formation and decomposition of SOM, SOC, and LSCF within crop-land types and in the condition of various provinces. The SOM, SOC, and LSCF could be assessing soil health indicators. Moreover, they were the capability of the modulators of Carbon cycling, which could be contributing to the carbon sequestration in the agricultural soils. That could be for soil health improvement and the mitigation of climate change.

Keywords: Soil organic matter, labile soil carbon fractions, management, abiotic factor

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ที่ดินทางเกษตรต่อปริมาณศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Soil organic matter, SOM) และคาร์บอนอินทรีย์ (Soil organic carbon, SOC) และคาร์บอนอินทรีย์ส่วนง่ายต่อการย่อยสลาย (Labile soil carbon fractions, LSCF) ตลอดจนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่าง ๆ และ SOM และ SOC ในดินการเกษตรภาคเหนือตอนบน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร โดยใช้วิธีการ (ขนาดพื้นที่ 10×10 km²) พื้นที่ปลูกข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย จากพื้นที่ 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา ลำพูน เชียงราย แม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่) ทำการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (SOM), คาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน (SOC) และคาร์บอนอินทรีย์ในส่วนที่ง่ายย่อยสลายได้ง่าย (Labile Organic Carbon) จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Two way ANOVA และ One way ANOVA และศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่าง LSCF ต่อ SOM และ SOC โดย Principal component analysis (PCA) การศึกษาพบว่าดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณเฉลี่ย SOM และ SOC สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ปลูกข้าว ($P < 0.05$) และลำไย ขณะที่ SCF ได้แก่ WSC, C-FPSF และ C-LPSF ของดินลำไยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($P < 0.05$) สำหรับปริมาณสัดส่วนของ SFC/SOC (เปอร์เซ็นต์ของ SOC) พบว่าดินลำไยมีสัดส่วนของ WSC, HWSC, CLPSF, CFPSF สูงสุด ($P < 0.05$) สำหรับผลของพื้นที่พบว่าจังหวัดแพร่มีปริมาณ SOM สูงสุด ส่วนจังหวัดเชียงรายมีปริมาณ SOC สูงสุด นอกจากนี้ LSCF นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ SOC และ SOM ซึ่งจะแตกต่างกันตามรูปแบบของการปลูกพืชแต่ละชนิด อาจจะกล่าวได้ว่าระบบการปลูกพืชและสภาพพื้นที่มีผลต่อปริมาณ SOM, SOC, LSCF จากการศึกษาพบว่าปริมาณ SOM, SOC, LSCF และ LSCF/SOC ในดินปลูกข้าวต่ำกว่าดินปลูกลำไย เป็นผลมาจากการจัดดิน เช่น การไถพรวนและการใส่ปุ๋ยเคมีจึงมีผลให้ต่อ LSCF ตามระบบการปลูกพืชต่าง ๆ ดินปลูกข้าวมีการไถพรวนดิน อาจเป็นอัตราการย่อยสลายมีสูงอัตราการสร้าง SOM สำหรับดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณของ LSCF สูงและสอดคล้องกับปริมาณ SOM สูงด้วย โดยปลูกดินลำไยนั้นพบว่ามีส่วนเปอร์เซ็นต์ของ LSCF/SOC สูงสุดและสอดคล้องกับปริมาณ SOM สูง เนื่องจากการจัดการที่เกษตรกรปลูกข้าวไว้พื้นที่แปลงลำไย การรบกวนดินไม่มากเพราะไม่มีการไถพรวน รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ผสมปุ๋ยเคมีซึ่งการเกิดปรากฏการณ์ Negative Priming Effect อีกทั้งลักษณะและองค์ประกอบเศษชี้นส่วน อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ SOM และ SOC ในดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณสูงกว่าดินปลูกข้าว นอกจากนี้ข้อมูลดินที่ได้เกิดจากการศึกษาเชิงพื้นที่ซึ่งได้ประเมินผลของพื้นที่ (จังหวัด) ซึ่งมาจาก ชนิดดิน ปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียว สภาพพื้นที่ สมบัติของดินต่าง ๆ ภูมิอากาศ ธรณีสัณฐานวิทยา โดยปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อการเกิดและการย่อยสลายของ SOM, SOC และ LSCF นำมาใช้เป็นดัชนีประเมินคุณภาพดิน นอกจากนี้สามารถเป็นตัวขับเคลื่อนของวัฏจักรคาร์บอนที่มีผลต่อการเก็บกักคาร์บอนโดยดินเกษตรที่ส่งผลต่อการเก็บคาร์บอนไว้ในดินเกษตรซึ่งมีผลต่อคุณภาพดินและลดผลกระทบจากเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนอินทรีย์ส่วนสลายตัวเร็ว การจัดการ อชีวปัจจัย

คำนำ

ความมั่นคงด้านอาหาร ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ดินเสื่อมโทรม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สิ่งเหล่านี้เป็นความท้าทายต่อความอยู่รอดของมนุษยชาติที่กำลังเผชิญอยู่และจำเป็นต้องร่วมมือเพื่อตั้งรับต่อความท้าทายดังกล่าวนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการเกษตร พื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรมีประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของ

พื้นที่ทั้งหมดของโลก และพื้นที่การเกษตรประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่เกษตรกำลังอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม ไม่ว่าจะเป็นการชะล้างพังทลายของดิน ดินแน่นแข็ง ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เป็นต้น (Chambers *et al.*, 2016) สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของภาคเหนือตอนบน มีพื้นที่ทำการเกษตรรวมทั้งสิ้น 10.56 ล้านไร่ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกข้าว

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย ประมาณ 33, 21 และ 13.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่การเกษตรของภาคเหนือ ตามลำดับ (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร, 2016; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2016)

การสูญเสียและการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรเป็นประเด็นที่มีความสำคัญ เพราะมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพดินเพื่อการเกษตรในการผลิตพืชและสัตว์ ตลอดจนมีผลต่อคุณภาพของน้ำและสภาพอากาศด้วย ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน สุขภาพของดินที่ดีสามารถส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในดินที่อาจช่วยลดการเกิดโรคและการเข้าทำลายของศัตรูพืชต่าง ๆ เป็นแหล่งของธาตุอาหารและน้ำสำหรับพืช หรือแม้กระทั่งแก้ปัญหาด้านความยากจนของคนโดยผ่านกลไกของการเติบโตทางเศรษฐกิจ ตลอดจนการใช้เป็นแนวทางการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (Singh *et al.*, 2018) SOM ซึ่งเป็นส่วนที่มีการสลายตัวต่อเนื่องของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ และอัตราการย่อยสลายจะลดลงเมื่อถูกดักจับด้วยแร่ดินเหนียวและเม็ดดิน ซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ ภายภาค และเคมี ซึ่งมีบทบาทต่อการย่อยสลาย ดังกล่าว (Lehmann and Kleber, 2015) โดยทั่วไป SOM มีคาร์บอนประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ หรือเป็นส่วนของอินทรีย์คาร์บอน (Soil organic carbon) แต่อย่างไรก็ตาม ในการหาปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จำเป็นต้องมีวิธีการที่ถูกต้องด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาเกี่ยวกับพลวัตของคาร์บอนหรือการเก็บรักษาคาร์บอนไว้ในดิน

คาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่าง ๆ (Soil carbon fractions) จำแนกตามลักษณะของในการถูก

ย่อยสลายโดยสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ส่วนที่ง่ายต่อย่อยสลาย (easily decomposable หรือ labile soil carbon fraction (LSCF)) (2) กลุ่มที่ดักจับไว้ในดินด้วยกลไกกายภาพและเคมี (Stabilized by physicochemical mechanisms หรือ semi-labile organic carbon) และ (3) กลุ่มที่ยากต่อการย่อยสลาย (Biochemically recalcitrant หรือ recalcitrant organic carbon fractions) (Qin *et al.*, 2021) การศึกษาค้นคว้านี้ได้พิจารณาบทบาทของคาร์บอนอินทรีย์ส่วนย่อยสลายง่าย หรือ (LSCF) (Chen *et al.*, 2009) ซึ่งเมื่อปริมาณ SOM และ SOC เพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ LSCF ในดินปลูกข้าว (ศุภธิดา และปวีณนุช, 2561) สำหรับที่มาของ LSCF ส่วนใหญ่มาจากเศษซากพืชที่ยังไม่ย่อยสลาย หรืออาจผ่านการย่อยสลายเพียงบางส่วน และอาจรวมถึงสารอินทรีย์ที่ได้จากรากพืช เช่น โพลีแซคคาไรด์ ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ แป้ง และเอมิเซลลูโลสของเศษซากพืช (Rovira *et al.*, 2012) ซึ่งจะเป็นการชะลอเวลาการปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศได้ โดยเฉพาะในส่วนของ Recalcitrant pool ที่อาจจะใช้เวลาเป็นพันปีในการย่อยสลาย (Qin *et al.*, 2021) การที่ LSCF มีลักษณะตอบสนองค่อนข้างชัดเจนต่อรูปแบบการใช้ที่ดิน เพราะคาร์บอนอินทรีย์ส่วนนี้เป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ตอบสนองอย่างรวดเร็ว และสะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงของการใช้ที่ดิน (Aumtong *et al.*, 2009; ศุภธิดา และคณะ, 2562ก) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพของดินได้ และสามารถเห็นการตอบสนองต่อรูปแบบการใช้ที่ดินได้ชัดเจนกว่าการใช้ค่า SOM (Rahmati *et al.*, 2020) ตลอดจนสามารถประเมินผลผลิตภาพของดินในประเด็นการหมุนเวียนของธาตุอาหารได้อีกด้วย (Kooch *et al.*,

2020) และการจัดการดิน (Kara and Bolat, 2008) ผลระบบการปลูกพืชต่อปริมาณของ LSCF ที่มีต่อปริมาณ SOM และ SOC โดย LSCF มาจากส่วนที่ไต่ดิน (ราก) และส่วนที่เหนือดิน เช่น เศษซากใบพืช กิ่งก้าน ต้น เป็นต้น และรวมถึงชิ้นส่วนที่ผ่านการย่อยสลายบางส่วนจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และสัตว์ในดินมาช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางด้านโครงสร้างของเศษซากพืชดังกล่าวไปเพียงบางส่วน ซึ่ง LSCF ส่วนนี้ได้แก่ Particulate organic matter (POM) ซึ่งมาจากเศษซากอินทรีย์ที่อาจผ่านการรบกวนของสัตว์และจุลินทรีย์ (Bioturbation) หรือการจัดการบางอย่าง เช่น การไถพรวน เช่น C-LPSF (Large particle size fraction) และ C-FPSF (Fine particle size fraction) เพราะส่วนของ POM นี้แทรกอยู่เม็ดดินขนาดต่าง ๆ (Aumtong *et al.*, 2009) สำหรับสารอินทรีย์ส่วนที่ละลายได้ (Dissolved organic matter, DOC) เป็นพวกสารอินทรีย์ที่อาจมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่หรือน้ำหนักโมเลกุลสูงไปจนโครงสร้างโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น สารในกลุ่มของ WSC (Water soluble carbon) และ HWSC (Hot water soluble carbon) และอาจพบฮิวมิก (Humic) และฟุลวิก (Fulvic acids) โปรตีน กรดอินทรีย์ และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ LSCF เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายแล้วจะมีผลต่อปริมาณ SOC (Gmach *et al.*, 2020) และปริมาณ SOM (Angst *et al.*, 2021) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการใช้ที่ดินปลูกข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไยของแปดจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยต่อปริมาณ SOM, SOC และ LSCF และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง SOM, SOC และ LSCF ในดินเกษตรแบบต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดิน วางแผนแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยเก็บตัวอย่างดินทั้ง 8 จังหวัด ได้แก่ น่าน แพร่ พะเยา ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน กำหนดการเก็บรูปแบบกริดให้มีพื้นที่ 10×10 ตารางกิโลเมตร จากนั้นใช้แผนที่การใช้ที่ดิน ได้แก่ การปลูกข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย ซ้อนทับแผนที่กลุ่มชุดดิน โดยเลือกสามอันดับแรกที่มีพื้นที่มากที่สุด ทำการกำหนดตำแหน่ง (ละติจูดและลองจิจูด) เพื่อเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร (ประกอบด้วยจำนวน 3-5 ตัวอย่างย่อย) โดยกำหนดให้ห่างจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ประมาณ 1-3 เมตร จากนั้นนำตัวอย่างดินย่อยดังกล่าวมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่างดิน (ตัวอย่างรวมต่อ 1 กริด) ซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเดือนธันวาคม 2561 ถึงมีนาคม 2562 สำหรับการจัดการดินและเศษซากพืชของข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไยในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจากการสัมภาษณ์เกษตรกรและข้อมูลทุติยภูมิแหล่งต่าง ๆ โดยการปลูกข้าวส่วนใหญ่มีปลูกสองครั้ง คือช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ไม่มีการเผาซากตอซังและไม่มีการนำออกไปเพื่อกิจกรรมอื่น แต่จะไถกลบตอซังและฟางข้าวลงดิน สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะปลูกสองครั้งต่อปีเช่นกัน มีการไถเศษต้นและเปลือกข้าวโพด มีการใส่ปุ๋ยเคมีปุ๋ยอินทรีย์ และมีการใส่ผสม และดินลำไยมีการทิ้งเศษใบ กิ่ง และต้นไว้ในพื้นที่และไม่มีการนำออกไปจากแปลงปลูก รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี แบ่งได้ 3 กลุ่มตามพื้นที่จังหวัด (Table 1)

Table 1 The pattern of soil and crop residue management of soil samples

Location	Plant	Soil preparation		Fertilizer Applications			Burning stubble		Stubble management	
		Tillage	No-tillage	Chemical fertilizer	Organic fertilizer	Mixed Chemical and Organic fertilizers	Burn	Not burn	Removed from field	Incorporated In soil
Chiang Rai, Nan, Phayao, Phrae, Mae Hong Son, Lamphun	rice	/				/		/		/
	Maize	/				/		/		/
	Longan		/			/		/		/
Chiang Mai	rice	/		/	/			/		/
	Maize	/		/				/		/
	Longan		/			/		/		/
Lampang	rice	/		/	/			/		/
	Maize	/		/				/		/
	Longan		/			/		/		/

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และส่วนต่าง ๆ ของคาร์บอนในดิน: วิเคราะห์ LSCF ของตัวอย่างดิน Permanganate-Oxidizable Carbon 0.02 M และ 0.03 M (POXC 0.02 M และ POXC 0.03 M) (ดัดแปลงจาก Weil *et al.*, 2003), Water Soluble Carbon (WSC) และ Hot Water Soluble Carbon (HWSC) (Ghani *et al.*, 2003), Carbon in Large Particle Size Fraction (C-LPSF) และ Carbon in Fine Particle Size Fraction (C-FPSF) (Nelson and Sommers, 1982), Soil Organic Carbon (SOC) (Nelson and Sommers, 1982) และ Soil Organic Matter (SOM) (Walkley and Black, 1934)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) ของข้อมูลตามแผนการ

ทดลอง Two ways ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในกรณีผลของรูปแบบการปลูกและพื้นที่ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผลของระบบการปลูกพืชต่อเปอร์เซ็นต์ของ LSCF/SOC ด้วยวิธี One way ANOVA ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง LSCF ต่าง ๆ ต่อปริมาณ SOM และ SOC โดยใช้การวิเคราะห์ Principle Component Analysis โดยใช้โปรแกรม SPSS version 26

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของรูปแบบการปลูกพืชต่อปริมาณ SOM, SOC และ LSCF: จากการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พบว่า

ดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณเฉลี่ยของ SOM, SOC, POXC 0.02, HWSC สูงสุดเท่ากับ 2.46 เปอร์เซ็นต์, 1.59 เปอร์เซ็นต์, 686.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, 1069.30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, 51.68 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบดินที่ปลูกข้าวและลำไย WSC, C-FPSF และ C-LPSF ของดินลำไยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.65, 186.64 และ 344.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

(Table 2) ในขณะที่ดินปลูกข้าวพบว่า SOM และ SOC ต่ำสุด และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของ LSFC/SOC (เปอร์เซ็นต์ SOC) พบว่าดินลำไยมีสัดส่วนของ WSC, HWSC, C-LPSF, C-FPSF สูงสุด ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบดินข้าวและดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อาจจะสามารถกล่าวได้ว่าดินลำไยมี LSFC/SOC (13.3980-17.8140 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าดินข้าวและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Table 3)

Table 2 The mean of SOM, SOC, and SCF contents from Paddy, Maize, and Longan soil

Land use		SOM	SOC	POXC 0.02M	POXC 0.03M	WSC	HWSC	C-LPSF	C-FPSF
		%		(mg kg ⁻¹)					
Paddy soil	n=1014	2.33 b	1.34 b	639.44 b	966.10 b	30.47 b	44.21 b	131.04 b	235.77 c
	Max	4.93	2.99	951.79	1761.43	127.14	138.06	1179.36	1263.99
	Min	0.07	0.09	0.62	54.78	3.90	5.46	1.30	10.14
Longan	n=459	2.27 b	1.57 a	636.02 b	1064.40 a	37.65 a	49.27 a	186.64 a	344.40 a
	Max	5.24	3.25	971.27	2022.61	111.54	122.46	927.68	1037.40
	Min	0.07	0.09	53.04	53.48	3.90	7.80	8.19	22.36
Maize	n=1015	2.46 a	1.59 a	686.20 a	1069.30 a	37.13 a	51.68 a	180.09 a	286.94 b
	Max	5.54	5.33	990.22	2080.86	134.94	130.26	1465.75	1456.78
	Min	0.07	0.09	77.56	19.64	2.34	5.46	2.99	19.63

Remarks: The difference of lower-case letter within a column is land use which means the treatments differ significantly ($P < 0.05$)

พื้นที่การปลูกพืชของจังหวัดต่าง ๆ ต่อปริมาณ SOM, SOC และ LSCF: เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ SOM ของดินปลูกพืชทั้งสามชนิดของจังหวัดภาคเหนือตอนบนอยู่ในช่วง 1.84-3.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า SOM สูงสุดคือจังหวัดลำพูน ($P < 0.05$) สำหรับปริมาณ SOC พบว่าจังหวัดเชียงรายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ ($P < 0.05$) และสำหรับ LSCF พบว่าจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณของ POXC 0.02, WSC,

HWSC และ C-FPSF สูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 756.58, 73.07, 81.79 และ 449.93 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนของปริมาณ POXC 0.03 M พบว่าจังหวัดแพร่มีปริมาณสูงสุด ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น และ C-LPSF ของจังหวัดลำปาง (250.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และมีปริมาณสูงสุด ขณะที่จังหวัดพะเยามีปริมาณต่ำสุด (87.91 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (Table 4)

Table 3 The proportion of percentage of LSCF by total organic carbon (SOC) from three types of land uses

% of SOC	Paddy soil (n=1014)	Longan (n=459)	Maize (n=1015)
POXC 0.02	5.4312 A	4.7642 B	5.0244 AB
POXC 0.03	8.7046 A	7.8156 B	7.9207 B
WSC	0.2591 B	0.3473 A	0.2895 B
HWSC	0.3851 A	0.4499 A	0.3892 A
CLPSF	1.1868 B	1.6070 A	1.1868 B
CFPSF	2.2011 B	3.1781 A	2.3474 B
LSCF 0.02	9.4721 B	17.8140 A	9.4012 B
LSCF 0.03	12.7360 A	13.3980 A	12.298 A

Remarks: The differences of upper-case letter within a row that means differ significantly in land use ($P < 0.05$); LSCF 0.02 calculated by POXC fraction, and LSCF 0.03 calculated by POXC 0.03

Table 4 The content of SOM, SOC, and LSCF from each province from upper northern Thailand

Treatment		SOM	SOC	POXC 0.02M	POXC 0.03M	WSC	HWSC	C-LPSF	C-FPSF
		%		(mg kg ⁻¹)					
LP	n=339	2.05 DE	1.78 B	682.01 B	191.20 F	22.65 E	41.70 E	222.43 B	229.90 CD
	Max	4.17	5.33	990.22	588.4	81.9	97.5	1184.56	898.56
	Min	0.09	0.39	317.53	19.64	3.9	11.7	3.51	22.75
PH	n=228	3.26 A	1.71 B	663.19 BCD	1369.40 A	34.42 B	48.03 D	145.53 D	149.89 E
	Max	5.54	3.77	917.98	2080.86	62.4	124.8	797.94	923
	Min	1.17	0.39	329.15	534.04	7.8	15.6	3.38	21.19
NN	n=234	1.96 EF	1.31 CD	637.21 CD	1040.30 D	24.59 DE	57.97 C	139.12 D	262.28 C
	Max	3.43	2.6	952.94	1742.08	52.26	119.34	841.23	1163.76
	Min	0.07	0.26	121.2	197.84	5.46	10.14	3.77	19.63
PY	n=198	2.12 D	1.32 CD	594.43 E	1150.50 C	33.44 B	74.89 B	87.91 E	209.92 D
	Max	3.65	2.56	971.27	1725.43	70.2	109.2	406.38	825.37
	Min	0.29	0.09	17.24	263.89	7.8	15.6	1.95	30.68
LN	n=201	1.84 F	1.24 D	570.00 E	952.80 E	31.54 BC	25.81 H	250.35 A	389.79 B
	Max	3.65	2.38	932.16	1700.18	60.06	46.8	663.78	1263.99
	Min	0.07	0.17	0.62	492.17	5.46	7.8	12.74	43.68
CR	n=513	2.43 C	1.89 A	629.07 D	1149.00 C	25.51 D	31.55 G	107.41 E	255.22 C
	Max	3.52	2.38	932.16	1700.18	60.06	46.8	663.78	1263.99
	Min	0.38	0.17	1.56	177.72	0	5.46	1.3	36.92

Table 4 The content of SOM, SOC, and LSCF from each province from upper northern Thailand (Cont.)

Treatment		SOM	SOC	POXC 0.02M	POXC 0.03M	WSC	HWSC	C-LPSF	C-FPSF
		%			(mg kg ⁻¹)				
MS	n=468	2.69 B	1.07 E	668.70 BC	1148.20 C	30.27 C	38.95 F	186.55 C	248.49 C
	Max	4.93	2.1	927.95	1721.53	78	101.4	1465.75	979.55
	Min	0.45	0.1	138.26	183.25	0	7.8	5.07	10.14
CM	n=354	2.34 C	1.36 C	756.58 A	1223.40 B	73.07 A	81.79 A	159.95 D	449.93 A
	Max	4.19	2.43	911.58	1764.49	134.94	138.06	652.6	1456.78
	Min	0.16	0.1	138.26	183.25	0	7.8	5.07	10.14
% C.V.		31.81	33.72	29.60	29.60	42.49	36.81	89.15	69.67

Remarks: The difference of upper-case letters within a column means a difference significantly in location ($P < 0.05$)

LP=Lampang, PH=Phrae, NN=Nan, PY=Payao, LN=Lamphun, CR=Chiang Rai, MS=Mae Hong Son and CM=Chiang Mai

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (จังหวัด) กับ

รูปแบบการปลูกพืช: จากผลวิเคราะห์ปริมาณ SOM, SOC และ LSCF ทั้ง 8 จังหวัด พบว่าการปลูกลำไยในจังหวัดแพร่มีปริมาณ SOM, SOC, POXC 0.03 และ WSC สูงสุด เท่ากับ 3.67 เปอร์เซ็นต์, 2.28 เปอร์เซ็นต์, 1879.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 45.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนของ POXC 0.02 และ HWSC การปลูกข้าวในจังหวัดเชียงใหม่ (781.27 และ 82.593 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) ซึ่งสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ ในขณะที่เดียวกันปริมาณ C-LPSF ของรูปแบบการปลูกลำไยในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และ C-FPSF ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 328.68 และ 332.53 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างพื้นที่จังหวัดและรูปแบบการปลูกพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ข้อมูลไม่ได้นำเสนอ)

ความสัมพันธ์ระหว่าง LSCF ต่อปริมาณ

SOM และ SOC ในดิน: จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ PCA พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SOC และ LSCF มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณ SOM โดยดินปลูกข้าวและลำไยพบว่า ปริมาณ HWSC และ WSC สัมพันธ์กับปริมาณ SOM เท่ากับ 26 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 1 a, c) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง SOC, POXC 0.02 และ POXC 0.03 กับ SOM ในดินปลูกข้าวและลำไยเท่ากับ 20 และ 23 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1 c) ตามลำดับ และ C-LPSF และ C-FPSF มีความสัมพันธ์กับปริมาณ SOM ในดินปลูกข้าวและลำไยเท่ากับ 19 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า POXC 0.03, C-FPSF, HWSC และ WSC มีความสัมพันธ์ต่อ SOM เท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ SOC และ POXC 0.02 เท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วน C-LPSF มีความสัมพันธ์กับ SOM เท่ากับ 17 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1 a, c)

ในดินปลูกข้าว LSCF ในส่วน WSC และ HWSC (30 เปอร์เซ็นต์), POXC 0.02 และ POXC 0.03 (22 เปอร์เซ็นต์) และ C-LPSF และ C-FPSF (20 เปอร์เซ็นต์) (Figure 1 b) สำหรับของความสัมพันธ์ระหว่าง LSCF ที่มีความสัมพันธ์กับ SOC พบว่าดินปลูกกล้วยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Figure

1 d, f) พบว่า HWSC, WSC, POXC 0.02 และ POXC 0.03 มีความสัมพันธ์ SOC (39 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และพบว่า C-LPSF และ C-FPSF มีความสัมพันธ์กับ SOC (25 และ 25 เปอร์เซ็นต์)

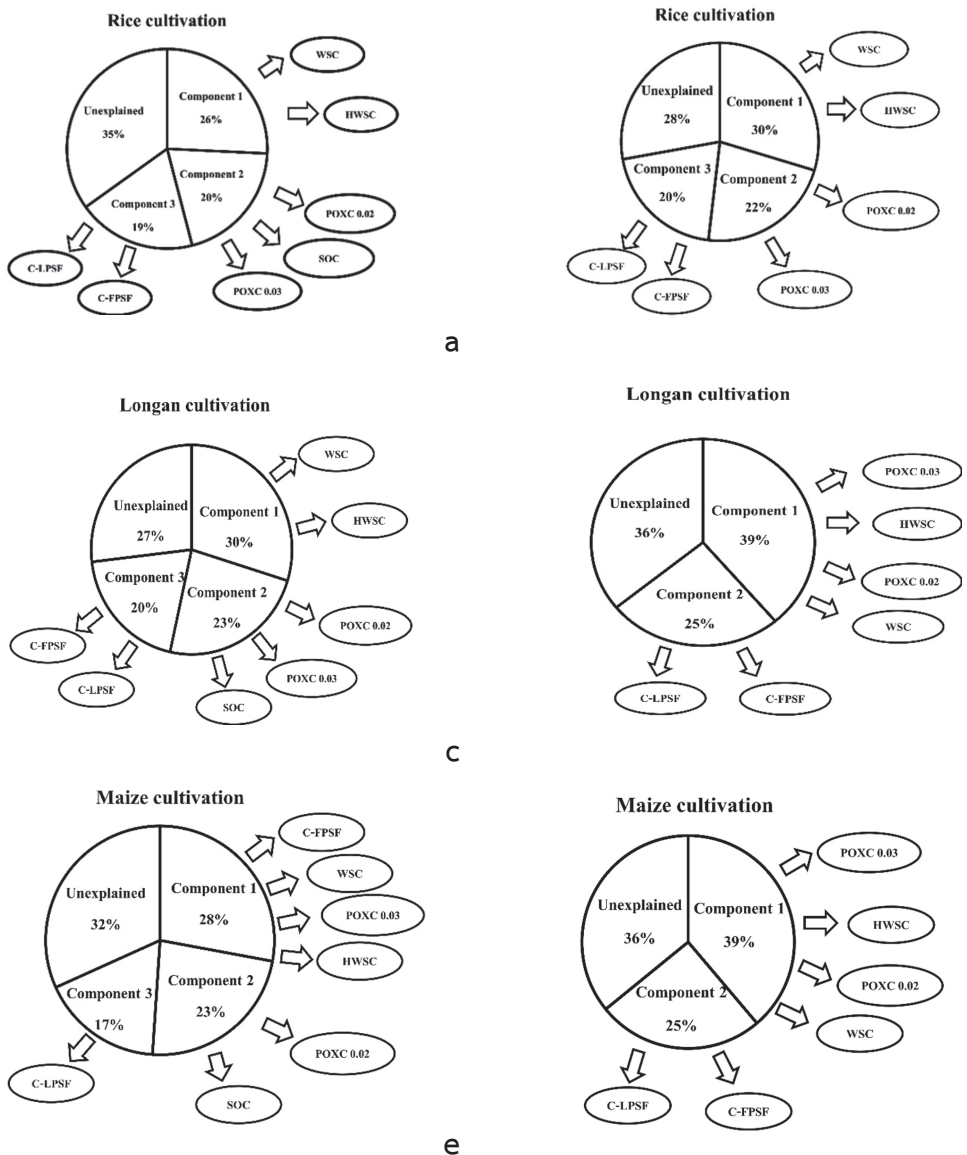


Figure 1 The principal component analysis (PCA) of relations between SOM, SOC, and LSCF from agricultural soils (1-a (rice), 1-c (longan), 1-e (maize)=SOM; 1-c (rice), 1-d (longan), 1-f (maize)=SOC)

จะเห็นได้ว่า LSCF นั้นมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณ SOC และ SOM ซึ่งจะแตกต่างกันตามรูปแบบ ของการปลูกพืชแต่ละชนิด และอาจมีความสัมพันธ์ กับการจัดการดิน พืช และปุ๋ย ตลอดจนสมบัติของดิน อชีวปัจจัยของพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชนั้น ๆ ด้วย

รูปแบบการปลูกพืชต่อปริมาณคาร์บอน อินทรีย์ส่วนที่ย่อยสลายง่ายและปริมาณคาร์บอน อินทรีย์: ปริมาณ SOC ในดินในแต่ละระบบการ ปลูกพืชขึ้นเกิดจากความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อน ระหว่างปริมาณและชนิดของสารอินทรีย์ที่เข้าไป (Input) กระบวนการที่ทำให้เกิดการเสถียรอยู่ในดิน และกระบวนการสูญหายไปจากดิน ผลการศึกษานี้ ตั้งได้กล่าวข้างต้นว่า ปริมาณ SOM, SOC, LSCF และ LSCF/SOC ในดินปลูกข้าวต่ำกว่าดินลำไย ($P < 0.05$) และสำหรับดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณ ของ LSCF สูงและสอดคล้องกับปริมาณ SOM ด้วย จากการศึกษานี้อาจจะกล่าวได้ว่า ปริมาณของเศษซาก อินทรีย์ในส่วนเหนือดินและใต้ดิน มีบทบาทสำคัญ ต่อปริมาณ SOC ของดินชั้นบน ซึ่งรายงานของ Vos *et al.* (2019) โดยรายงานว่ามีปริมาณ SOC ในบริเวณ ดินชั้นบนจำนวนสูงกว่า 2,500 ตัวอย่างดินที่เก็บ มาจากพื้นที่ทำการเกษตร และยังรายงานว่ามีปริมาณ SOC ในดินนั้นเป็นผลจากรูปแบบการปลูกพืชอีกด้วย นอกจากนี้ ประวัติการใช้ที่ดิน ปริมาณอนุภาค ดินเหนียว และค่าการนำไฟฟ้าของดิน ที่มีผลต่อ ปริมาณ SOC เช่นกัน (Vos *et al.*, 2019) ในขณะที่ ชิ้นส่วนรากพืชมีบทบาทสำคัญต่อ SOC ในดิน ชั้นล่าง (Qin *et al.*, 2021) จากการจัดการดินของ ระบบการปลูกพืชแต่ละประเภทนั้น (Table 1) อาจจะกล่าวได้ว่าระบบการปลูกลำไยมีปริมาณ การเข้าของสารอินทรีย์ที่สูงกว่าดินปลูกข้าวและดิน ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในขณะที่การไถพรวน มีระดับความรุนแรงที่ต่ำกว่าข้าวและข้าวโพด

เลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ บทบาทของ LSCF ต่อการ สร้างและย่อยสลาย SOM ที่ปลูกพืชต่าง ๆ จากการ ศึกษาครั้งนี้พบว่าดินปลูกข้าวมีการไถพรวนดิน แต่ไม่มีการนำเศษซากต่อซังออกจากพื้นที่และไม่มีการเผา (Table 1) อาจมีการย่อยสลายของ SOC ที่สูงกว่าดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพราะดินมีสภาพที่ขาด N เมื่อมีการไถกลบเศษซาก ต่อซังข้าวจึงทำให้จุลินทรีย์ต้องการใช้ N จึงเร่งไปใช้ N จาก SOM ซึ่งการไถกลบเศษชิ้นส่วนพืชไม่ว่า จะเป็นส่วนต้นหรือรากสามารถกระตุ้นการสลายตัว ของ SOM ได้ (Kuziyakov and Domanski, 2000) เพราะปริมาณคาร์บอนที่เข้าไปในระบบดินทำให้ จุลินทรีย์ต้องการธาตุอาหารชนิดอื่นเพิ่มขึ้นโดย เข้าไปย่อยสลายจาก SOM ในดิน (หรือที่เรียกว่า Positive Prime Effect) ซึ่งทำให้ปริมาณ SOM ลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากดินปลูกข้าวที่มีปริมาณ สัดส่วน LSCF/SOC (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ ปริมาณ SOM ต่ำด้วย เนื่องจาก LSCF ไปกระตุ้น หรือเร่งจุลินทรีย์ดินย่อยสลาย SOM ในดิน รวมทั้ง ส่วนรากข้าวที่นั่นชักนำให้การย่อยสลาย SOM ได้ด้วย (Shahbaz *et al.*, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน ว่าดินปลูกข้าวมีศักยภาพการปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ย สูงกว่าดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ศุภธิดา และคณะ, 2562ข) อาจส่งผลให้มีการ สูญเสีย SOM จากดินปลูกข้าวนั่นเอง จึงพบว่า ปริมาณ SOM และ SOC ต่ำในดินปลูกข้าว นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Phosphorus) สามารถทำให้ WSC และ HWSC ในสารละลายดิน เพิ่มขึ้นและทำให้การย่อยสลาย SOM เพิ่มขึ้น (Spohn *et al.*, 2022) แต่อย่างไรก็ตาม การสร้าง SOC ก็เป็นผลมาจากการจัดการเศษซากพืชของ การปลูกข้าว เช่น การทิ้งเศษซากต่อซังและฟางข้าว แล้วไถกลบในแปลง รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

สามารถเป็นแหล่งของ SOM ได้เช่นกัน ในขณะที่ การใส่ปุ๋ยเคมีสามารถเพิ่ม SOC โดยจากการเพิ่มมวลชีวภาพของส่วนต่อซังและฟางข้าวทำให้ได้เศษซากพืชเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถเป็นแหล่งของ SOC ได้ รวมทั้งสภาพการขังน้ำเป็นสาเหตุสำคัญทำให้มีการสะสม SOC มีสูงกว่าดินปลูกพืชอื่น (Qin *et al.*, 2021) สำหรับดินปลูกลำไยนั้นพบว่ามีส่วนเปอร์เซ็นต์ของ LSCF/SOC สูงสุด และปริมาณ SOM สูงเช่นกัน อาจกล่าวได้ว่าการจัดการทิ้งเศษซากพืชในพื้นที่แปลงลำไยมีผลต่อปริมาณ LSCF ดังกล่าว เนื่องจากปริมาณของชิ้นส่วนอินทรีย์ที่มีปริมาณมากโดยไม่มีการนำออกจากแปลงลำไย การจัดการเศษเหลือทางการเกษตรในดินปลูกลำไย โดยการใส่ซากต้นและรากชำต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน จัดว่าเป็นการส่งเสริมการสร้างของ SOC โดยกระบวนการย่อยสลายของ SOC อาจเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะวันที่ 0-7 ภายหลังจากใส่อินทรีย์เข้าไปในดิน หรือเรียกว่า “triggering” effect” แต่หลังจากวันที่ 7 เป็นต้นไปการย่อยสลายจะลดลง ซึ่งสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปนั้นไปเพียงการกระตุ้นกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น หรือเป็นการตอบสนองต่อปริมาณสารอินทรีย์ ในปริมาณที่เพียงเล็กน้อยหรือปริมาณสูงซึ่งอาจจะใช้เวลาเป็นชั่วโมงถึงหลายวัน โดยจากการศึกษา ด้วยวิธีการ Mass Balance ซึ่งใช้เทคนิคไอโซโทป ^{14}C พบว่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของ ^{14}C ที่ใส่ลงให้กับดินชนิดต่าง ๆ พบว่าภายหลังจากใส่ไป 60 วัน ^{14}C ที่ถูกใส่เข้าไปใหม่ไม่สามารถวิเคราะห์ออกมาได้ โดยเรียกสารอินทรีย์กลุ่มนี้ว่า Microbial residues mass ถึงแม้ว่าจะมีการเติมซูโครส (Sucrose) และ เซลลูโลส (Cellulose) ซ้ำไปอีกก็ไม่ได้ทำให้การย่อยสลายของ ^{14}C เพิ่มขึ้น (Aumtong *et al.*, 2011) ซึ่ง Mass residues ดังกล่าวนี้นำไปสร้าง

เป็น SOM ต่อไป การรบกวนดินไม่มากเพราะไม่มีการไถพรวนและไม่มีการเผา รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี อีกทั้งลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีเศษชิ้นส่วนพืชที่มีผลต่อการย่อยสลายที่เกิดขึ้นช้าเมื่อเปรียบเทียบกับดินปลูกข้าวและดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยชิ้นส่วนใบลำไยและรากลำไยมีสารในกลุ่ม acid-insoluble fraction, ลิกนิน แทนนิน หรือซูเบอร์ลิน เป็นต้น (Bertrand *et al.*, 2006) ซึ่งจุลินทรีย์ดินไม่ชอบสารเหล่านี้ เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อนจึงทำให้เกิดปรากฏสภาพ Negative Priming Effect (negative PE) โดยจุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อย SOC ได้ โดยเกิดเกิดขึ้นเพียงระยะเวลานั้น ๆ ทำให้จุลินทรีย์เปลี่ยนรูปแบบการเติบโตจากเร็วมา เป็นช้าและเปลี่ยนใช้ SOC แทน จึงมีอัตราการย่อยสลาย SOM ลดลง แต่อาจจะเกิดขึ้นเพียงระยะเวลานั้น ๆ ภายหลังจากใส่เศษซากพืช (Blagodatsky *et al.*, 2010) ซึ่งอาจสะท้อนถึงความชอบของจุลินทรีย์ที่มีต่อซากอินทรีย์ด้วย ซึ่งการศึกษานี้จะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์ของ LSCF/SOC สูงในดินปลูกลำไย นอกจากนี้การเกิดปรากฏการณ์ Negative Priming Effect อาจเป็นผลมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ปริมาณธาตุอาหารมีเพียงพอจึงทำให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลาย SOC ลดลง (Liu *et al.*, 2018) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ปริมาณ SOM และ SOC ในดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณสูงกว่าดินปลูกข้าว จากผลการศึกษา นี้กล่าวได้ว่า ปริมาณ SOM, SOC, LSCF และ LSCF/SOC ในดินปลูกข้าวต่ำกว่าดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และลำไย อาจเป็นอัตราการย่อยสลาย มีสูงอัตราการสร้าง SOM นั่นเอง สำหรับดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณของ LSCF สูง และ

สอดคล้องกับปริมาณ SOM สูงด้วย อาจเนื่องจากการมีการไถกลบเศษซากพืช รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณ N สูง ทำให้การย่อยสลายของ SOM ลดลงด้วย โดยเป็นผลมาจากการไถพรวนดิน การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ การจัดการเศษเหลือทางเกษตร ที่มีผลต่อการย่อยสลายและการสร้าง SOC โดยเป็นผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของส่วนของ LSCF จากการศึกษาครั้งนี้โดยการวิเคราะห์ข้อมูล PCA พบว่า POXC 0.02 และ POXC 0.03 มีศักยภาพที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินได้ใกล้เคียงกับ SOM (ศุภธิดา และคณะ, 2562g; Aumtong *et al.*, 2009) สำหรับข้อมูลของสัดส่วนของ LSCF/SOC ที่สูงในดินปลูกลำไยและปริมาณธาตุอาหารที่สูง เช่น N, P, K, Ca, Mg ซึ่งอาจให้เห็นถึงการส่งเสริมการสร้าง SOM จากปรากฏการณ์ Negative Priming effects (Liu *et al.*, 2018) และกลไกการดูดยึด LSCF เช่น WSC และ HWSC ไว้บนแร่ดินเหนียว เป็นการลดการถูกย่อยสลายและเสริมสร้าง SOM ในดินเมื่อเวลาผ่านไป

ผลของจังหวัดต่อการเกิดและการย่อยสลาย

SOM ในดิน: การพิจารณาในเรื่องนี้จะมีปัจจัยต่าง ๆ ประกอบ เช่น ภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ กระบวนการกำเนิดของดินในพื้นที่นั้น ความสูงของพื้นที่ ตลอดจนความลึกของดิน ซึ่งเป็นสภาพที่พบในงานวิจัยในเชิงพื้นที่ การศึกษานี้ได้ประเมินผลของพื้นที่ (จังหวัด) ซึ่งมีชนิดดิน (กลุ่มชุดดินหรืออันดับดิน) ที่มีความหลากหลาย ซึ่งชนิดดินมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้าง (Formation) การเก็บรักษา และการย่อยสลายของ SOM ในดินแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Kogel-Knabner and Amelung, 2021) สำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก (Plot scale) อาจมีความแตกต่างชนิดดิน เนื้อดิน และสภาพพื้นที่

อาจไม่มาก ซึ่งความแตกต่างของกลุ่มชุดดินหลักที่พบมีมายน้อยแตกต่างกันไปตามขนาดพื้นที่ (Bekele *et al.*, 2013; Gessesse *et al.*, 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ขนาดใหญ่ การศึกษาครั้งนี้ชนิดดินที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มดิน Ultisol, Entisol และ Alfisol เป็นส่วนใหญ่ และกระจายในพื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิด สำหรับอันดับดิน Ultisol สามารถพบแร่ดินเหนียวหรือคอลลอยด์ดินชนิดต่าง ๆ เช่น Fe-oxides, Kaolinitic และ Gibbsite ซึ่งเป็นคอลลอยด์ดินที่มีความสามารถในการดูดซับ SOC ค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีพื้นที่ผิวไม่สูง (Kogel-Knabner and Amelung, 2021) นอกจากนี้ รายงานว่า hydroxypoly cations ของ Fe^{3+} และ Al^{3+} เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเก็บรักษา SOC ไว้กับเนื้อผิวแร่ (Mineral matrix) ของอินทรีย์สารเหล่านี้ รวมทั้งสารเซสควิออกไซด์ ซึ่งมี Al และ Fe เป็นส่วนหนึ่งของการจับยึด SOC ซึ่งอาจทำให้ SOC เหล่านี้อยู่ในดินได้ยาวนานเป็นพันปี (Kogel-Knabner and Amelung, 2021) ถือว่าเป็นการชะลอการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมาจากดินด้วย นอกจากนี้ บทบาทของปริมาณอนุภาค silt และ clay ต่อปริมาณ SOC โดยเนื้อดินละเอียดจะใช้เวลาการย่อยสลาย SOC ที่ยาวนานกว่าดินเนื้อหยาบ เนื่องจาก silt และ clay มีการดูดซับของ LSCF เช่น WSC และ HWSC ไว้ที่พื้นผิวของอนุภาคดังกล่าวซึ่งจุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ยาก ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลาย LSCF ลดลง (Kalbitz *et al.*, 2003) รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ถูกดูดซับไว้บนพื้นผิวของแร่ดินเหนียวอาจเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีโมเลกุลขนาดใหญ่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของโมเลกุล (Conformational changes) เช่น การที่โมเลกุลของกรดอะมิโนมีการแทรกในโครงข่ายของอนุภาคดินเหนียวซึ่งทำให้การ

ย่อยสลายลดลง นอกจากนี้ ค่า CEC มีความสัมพันธ์กับชนิดและปริมาณอนุภาค Clay หมู่ acidic functional group (COO⁻) ของพวกแอนไอออนอินทรีย์ (Organic anions) ซึ่งเป็นตำแหน่งประจุลบบนพื้นผิวแร่ดินเหนียวและเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการดูดซับพวก polyvalent cations สำหรับดินปลูกข้าวที่มีปริมาณ SOM และ SOC ที่ต่ำสาเหตุอาจจะเป็นไปได้ว่าเกิดจากการที่ปริมาณ SOC ถูกชะลงสู่ดินชั้นล่างโดยน้ำชลประทานและน้ำฝนของแต่ละพื้นที่ในอุทกวิทยาดิน (Soil hydrology) ของดินปลูกข้าว ซึ่งประเด็นนี้จะเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศของแต่ละพื้นที่และความลึกของดินด้วย (Qin *et al.*, 2021) อาจจะได้กล่าวได้ว่าการประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณภาพดินและการเก็บรักษาคาร์บอนในดิน โดยเฉพาะการศึกษารุ่นนี้ ข้อมูลในเชิงพื้นที่เป็นปัจจัยที่สำคัญจำเป็นต้องพิจารณาขนาดของพื้นที่ศึกษาเพราะมีความสัมพันธ์กับชีวปัจจัย (Abiotic factor) ต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณ SOM และ SOC เช่น ชนิดดิน ปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียว สภาพอากาศ ธรณีสัณฐานวิทยา สภาพพื้นที่ ตลอดจนสมบัติของดินต่าง ๆ โดยจำเป็นต้องพิจารณาไปพร้อมกับการจัดการดิน ซึ่งมีผลต่อการสร้างและย่อยสลาย SOC ซึ่งในการศึกษาพลวัตของคาร์บอนในดินมีสิ่งที่ควบคุมหลายประการซึ่งเป็นการยากในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ SOM, SOC และ LSCF ที่จะอธิบายเพียงปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะการศึกษาในระดับเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ที่จะมีปัจจัยดังนั้นขนาดพื้นที่ (Scale issue) ควรนำไปพิจารณาในการคาดการณ์ (Modeling) สำหรับการเก็บรักษาคาร์บอน (Delgado-Baguerzo *et al.*, 2018) สำหรับบทบาทของปริมาณ LSCF นั้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อ SOM และ

SOC อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นอัตราเร็วการย่อยสลายที่เร็วและมีการตอบสนองที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น ระบบการปลูก อุณหภูมิ ความชื้น การจัดการดิน การจัดการปุ๋ย เป็นต้น (McLauchlan and Hobbie, 2004) ดังนั้นความเข้าใจปริมาณ SOM, SOC และ LSCF ใช้เป็นดัชนีประเมินคุณภาพดินโดยเฉพาะการจัดการดินต่าง ๆ ทางเกษตร และบทบาทของ SOM, SOC และ LSCF ต่อเก็บรักษาคาร์บอนในดินซึ่งสามารถใช้เป็นพิจารณาเป็นแนวทางในการเก็บรักษาคาร์บอนไว้ในดินเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินภาคเกษตรสู่บรรยากาศ

สรุปผลการวิจัย

ผลของการใช้ที่ดินทางเกษตรภายใต้ดินปลูกพืชสามรูปแบบ ได้แก่ ข้าว ข้าวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย ในพื้นที่แปดจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยต่อปริมาณ SOM, SOC และ LSCF พบว่า การปลูกพืชทั้งสามรูปแบบนี้ ลำไยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลต่อปริมาณ SOM, SOC และ SCF สูงกว่าดินปลูกข้าว ในขณะที่ผลของพื้นที่พบว่า ปริมาณเฉลี่ยสูงสุด SOM คือจังหวัดลำพูน แต่จังหวัดเชียงรายปริมาณของ SOC ค่าเฉลี่ยสูงสุดและส่วนของ LSCF พบว่าจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณเฉลี่ยของ POXC 0.02, WSC, HWSC และ C-FPSF สูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง SOM, SOC และ LSCF พบว่า SOC, POXC 0.02, POXC 0.03, WSC และ HWSC มีความสัมพันธ์ต่อ SOM ในดินปลูกลำไยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งสูงกว่าดินปลูกข้าว แต่ C-LPSF และ C-FPSF มีความสัมพันธ์กับ SOM และ SOC รองลงมา การพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ SOM, SOC และ LSCF โดยจำเป็นต้องพิจารณาการจัดการดิน

เช่น ชนิดพืช การไถกลบเศษซากพืช และ/หรือ การใส่ปุ๋ย เป็นต้น ร่วมกับข้อมูลจากพื้นที่เพราะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดและการย่อยสลายของปริมาณ SOM, SOC และ LSCF เช่น ชนิดดิน ปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียว สภาพอากาศของแต่ละพื้นที่ ธรณีสัณฐานวิทยา สภาพพื้นที่ ตลอดจนสมบัติของดินต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

ศุภธิดา อ่ำทอง และปวีณ์นุช ปวงวงศ์คำ. 2561. ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่าง ๆ และการเก็บสะสมภายใต้ดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 34(2):1-13.

ศุภธิดา อ่ำทอง ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์. 2562. ความสัมพันธ์ของคาร์บอนอินทรีย์โดยเพอร์แมนังกาเนตออกซิไดร์เซเบิลกับอินทรีย์วัตถุเพื่อเป็นดัชนีคุณภาพของดินไร่และดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 36(1): 1-10.

ศุภธิดา อ่ำทอง ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์. 2562. ศักยภาพการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากดินทำการเกษตรของภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. E-Proceeding ในการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. น. 392-403.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. พื้นที่ปลูกข้าว ข้าวโพด และลำไยของประเทศไทย. แหล่งข้อมูล <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0>

<http://www.ndoae.doe.go.th/zoning/data/2017/files/pdf4.pdf> (25 สิงหาคม 2564).

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร. 2529. ข้อมูลพื้นฐานของภาคเหนือตอนบน. แหล่งข้อมูล <http://www.ndoae.doe.go.th/zoning/data/2017/files/pdf4.pdf> (25 สิงหาคม 2564).

Angst, G., K.E. Mueller, K.G.J. Nierop and M.J. Simpson. 2021. Plant- or microbial-derived? A review on The molecular composition of stabilized soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* (156): 108-189.

Aumtong, S., J. Magid, S. Bruun and A. Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (131): 229-239.

Aumtong, S., A. Neergaard and J. Magid. 2011. Formation and remobilization of soil microbial residue. Effect of clay content and repeated additions of cellulose and sucrose. *Biology and Fertility of Soils* (47): 863-874.

Bekele, A., L. Kellman and H. Beltrami. 2013. Plot level spatial variability of soil organic carbon, nitrogen, and their stable isotopic compositions in temperate managed forest soils of Atlantic Canada. *Soil Science Journal* (178): 400-416.

- Bertrand, I., B. Chabbert, B. Kurek and S. Recous. 2006. Can the Biochemical Features and Histology of Wheat Residues Explain their Decomposition in Soil?. *Plant and Soil*. (281): 291-307.
- Blagodatsky, S., E. Blagodatskaya, T. Yuyukina and Y. Kuzyakov. 2010. Model of apparent and real priming effects: linking microbial activity with soil organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* 42(8): 1275-1283.
- Chambers, L.E., P. Barnard, E.S. Fzanska, A.J. Hobday, M.R. Keatley, N. Allsopp and L.G. Underhill. 2016. Southern Hemisphere biodiversity and global change: Data gaps and strategies. *Austral Ecology* 42(1): 20-30.
- Chen, H., R. Hou, Y. Gong, H. Li, M. Fan, and Y. Kuzyakov. 2009. Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* (106): 85-94.
- Delgado-Baquerizo, M., S.B. Karunaratne, P. Trivedi and B.K. Singh. 2018. Climate, geography, and soil abiotic properties as modulators of soil carbon storage. *Soil Carbon Storage. Modulators, Mechanisms and Modeling* 137-165.
- Gessesse, T.A., A. Khamzina, G. Gebresamuel and W. Amelung. 2020. Terrestrial carbon stocks following 15 years of integrated watershed management intervention in semi-arid Ethiopia. *CATENA*. (190): 104543.
- Ghani, A., M.M. Dexter and K. Perrott. 2003. Hot-Water Extractable Carbon in Soil: A Sensitive Measurement for Determining Impacts of Fertilization, Grazing and Cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35(9): 1231-1243.
- Gmach, M.R., M.R. Cherubin, K. Kaiser and C.E.P. Cerri. 2020. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. *Scientia Agricola* 77(3).
- Kalbitz, K., J. Schmerwitz, D. Schwesig and E. Matzner. 2003. Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties. *Geoderma* (113): 273-291.
- Kara, O. and I. Bolat. 2008. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartın Province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* (32): 281-288.
- Kogel-Knabner, I. and W. Amelung. 2021. Soil organic matter in major pedogenic soil groups. *Geoderma* (384): 114785.
- Kooch, Y., M.A. Mehr and S.M. Hosseini. 2020. The effect of forest degradation intensity on soil function indicators in northern Iran. *Ecology Indicator* (114): 106324.

- Kuzyakov, Y. and G. Domanski. 2000. Carbon Input by Plants into the Soil. Review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* (163): 421-431.
- Lehmann, J. and M. Kleber. 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature* 528(7580): 60-68.
- Liu, Y., H. Zang, T. Ge, J. Bai, S. Lu, P. Zhou, P. Peng, O. Shibistova, Z. Zhu, J. Wu and G. Guggenberger, 2018. Intensive fertilization (N, P, K, Ca, and S) decreases organic matter decomposition in paddy soil. *Applied Soil Ecology* (127): 51-57.
- McLaughlan, K.K. and S.E. Hobbie. 2004. Comparison of Labile Soil Organic Matter Fractionation Techniques. *Soil Science Society of America Journal* (68): 1616-1625.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommer. (1982) Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition*. ASA-SSSA, Madison, 595-579.
- Qin, Z., X. Yang, Z. Song, B. Peng, L.V. Zwieter, C. Yu, S. Wu, M. Mohammad and H. Wang, 2021. Vertical distributions of organic carbon fractions under paddy and forest soils derived from black shales: Implications for potential of long-term carbon storage. *Catena* (198): 105056.
- Rahmati, M., I. Eskandari, M. Kouselou, V. Feiziasl, G.R. Mahdavinia, N. Aliasgharzad and B. McKenzie. 2020. Changes in soil organic carbon fractions and residence time five years after implementing conventional and conservation tillage practices. *Soil & Tillage Research* (200): 104632.
- Rovira, P., J. Romanya` and B. Duguay. 2012. Long-term effects of wildfires on the biochemical quality of soil organic matter: a study on Mediterranean shrublands. *Geoderma* (179-180): 9-19.
- Singh, M., B. Sarkar, S. Sarkar, J. Churchman, N.S. Bolan, S. Mandal, M. Menon, T.J. Purakayastha and D.J. Beerling. 2018. Stabilization of soil organic carbon as influenced by clay mineralogy. *Advanced Agronomy* (148): 33-84.
- Spohn, M., K. Diakov, F. Aburto, S. Doetterl and J. Borovec. 2022. Sorption and desorption of organic matter in soils as affected by phosphate. *Geoderma* (405): 115377.
- Shahbaz, M., A. Nasir and D. Roubaud. 2018. Environmental Degradation in France: The Effects of FDI, Financial Development, and Energy Innovations. *Energy Economics* 74: 843-857.
- Shahbaz, M., H. Shahzad, S. Alam, and N. Apergis. 2018. Globalization, Economic Growth, and Energy Consumption in the BRICS Region: The Importance of

- Asymmetries. *Journal of International Trade & Economic Development* 27(8): 985-1009.
- Vos, C., A. Don, E.U. Hobbey, R. Prietz, A. Heidkamp and A. Freibauer. 2019. Factors controlling the variation in organic carbon stocks in agricultural soils of Germany. *European Journal of Soil Science* (70): 550-564.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1): 29-38.
- Weil, R.R., M.A. Islem, J.J. Stien, J.B. Gruver and S.E. Samson-Liebig. 2003. Estimate active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture* 18(1): 1-17.