

อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดินทรายที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากอ้อยเป็นยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Labile forms of organic carbon pool in sandy soil as affected by land use change from sugarcane to rubber tree plantations in Northeast Thailand

พรทิพย์ พุทรโส^{1*}, Alain Brauman³ และ พญกษา หล้าวงษา²

Porntip Puttas^{1*}, Alain Brauman³ and Phrueksa Lawongsa²

¹ สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม 48000

¹ Department of Plant science, Faculty of Agriculture and Technology, NaKhon Phanom University 48000

² สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

² Department of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002

³ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR 210 Eco&Sols LMI LUSES, place Villa, Montpellier, France

บทคัดย่อ: อินทรีย์คาร์บอนในดินมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพดินและเป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดินทั้งมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (MBC) และอินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (POXC) การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock) และความสัมพันธ์กับสมบัติดินในพื้นที่ที่เปลี่ยนจากการปลูกอ้อยเป็นยางพารา ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างดินใน 4 แปลงศึกษา ประกอบด้วย 1) ปลูกอ้อย 2) ปลูกยางพาราอายุ 4-5 ปี 3) ปลูกยางพาราอายุ 11-12 ปี และ 4) ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี ดินที่ใช้ศึกษาเป็นดินทรายปนดินร่วนซึ่งมีอนุภาคนาตรายสูง (79-83.6%) และอนุภาคนาตรดินเหนียวต่ำ (<9.34%) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายทั้ง MBC และ POXC ในดินปลูกยางพาราสูงกว่าดินปลูกอ้อย และสูงสุดในดินปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี และ POXC มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุยางพารา (22-23 ปี) และแตกต่างกันชัดเจนจากดินปลูกอ้อยมากถึง 2-3 เท่า นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณการสะสม SOC เพิ่มขึ้นตามอายุยางพารา และสูงสุดในดินปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี (304.44 Mg C ha⁻¹) การเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยเฉพาะ POXC และ SOC ที่สะสมส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นลดลง ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เป็น POXC เป็นตัวชี้วัดซึ่งไวต่อการเปลี่ยนแปลงและสามารถใช้ในการติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดินต่อคุณภาพดินเพื่อพัฒนาปรับปรุงแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมได้

คำสำคัญ อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่าย; มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน; อินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต; การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ABSTRACT: Soil organic carbon (SOC) play an important role on soil quality and act as indicator of land use change. The objective of this study aimed to investigate changes in labile organic carbon pool including soil microbial biomass carbon (MBC) and permanganate-oxidizable C (POXC), soil organic carbon stock (SOC stock), and relating to soil properties under land use change by conversion from sugarcane to rubber tree plantation at different ages. Four study plots were conducted including 1) sugarcane plantation 2) 4-5 years rubber tree plantation 3) 11-12 years rubber tree plantation and 4) 22-23 years rubber tree plantation. Soil was loamy sand with high sand (79-83.6%) and low clay (<9.34%) contents. The result of this study found that labile organic carbon pool both MBC and POXC in soil planted rubber tree had higher than sugarcane plantation, with the

* Corresponding author: puttas.p@npu.ac.th

highest in 22-23 years rubber tree plantation. The result also found the POXC was increased by rubber tree age (11-23 years) which clearly significantly different for 2-3 times from sugarcane plantation. In addition, the SOC stock was increased by rubber tree age with the highest in 22-23 years rubber tree plantation (304.44 mg C ha⁻¹). Increasing of labile carbon, especially accumulated POXC and SOC, resulted in a decrease in soil bulk density. These findings reflected the labile organic carbon pool as POXC is a sensitive indicator which can be used for monitoring and evaluation on soil quality under land use change and soil management to develop suitable guidelines for soil management.

Keywords: labile organic carbon pool; microbial biomass carbon; permanganate-oxidizable C; land use change

บทนำ

อินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) เป็นสมบัติดินสำคัญที่ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของดิน (Lal, 2002) โดยมีบทบาทต่อสมบัติดินทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพซึ่งสะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตของดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Krischbaum, 2000) ดินมีบทบาทสำคัญต่อการหมุนเวียนและกักเก็บคาร์บอนโดยทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งให้ (sources) และแหล่งรับ (sinks) ของคาร์บอนที่เชื่อมกับบรรยากาศ (Smith et al., 2000; Llorente et al., 2010; Mujuru et al., 2013) ซึ่งการกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและฟื้นฟูคุณภาพดินเพื่อการผลิตอาหารปลอดภัย (Singh et al., 2007) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในทิศทางเพิ่มขึ้นและลดลงซึ่งเกิดจากกิจกรรมการใช้ที่ดิน และการจัดการดิน (Zhang et al., 2012) โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดินที่แตกต่างกันซึ่งเป็นสาเหตุของแหล่งของคาร์บอนในดินโดยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณและคุณภาพของเศษซากพืชหรือใบไม้ (plant litter) กิจกรรมสิ่งมีชีวิตในดิน และกลไกการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน (อรรณพ, 2559; Poeplau and Don, 2013)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างพืชเศรษฐกิจด้วยกัน เช่น พืชไร่ และไม้ยืน กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้รายงานพื้นที่การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2553-2556 โดยมีพื้นที่ปลูกพืชไร่มากที่สุด (ร้อยละ 16.36 ของเนื้อที่ปลูกพืชไร่ทั้งประเทศ) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด และปลูกไม้ยืนต้นร้อยละ 6.15 ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และยูคาลิปตัส และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวเป็นพืชไร่ เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง และมีการเปลี่ยนแปลงจากพืชไร่เป็นไม้ยืนต้นมากที่สุด โดยเฉพาะยางพารา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดินในระบบปลูกพืชดังกล่าวส่งผลต่อปริมาณสารอินทรีย์ที่ล่งสู่ดิน และการจัดการดินที่ส่งผลต่อสมบัติดิน อินทรีย์คาร์บอนในดิน กิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน และปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของพืชปลูกที่ให้เศษซากพืชและใบไม้ที่ร่วงหล่นสู่ดิน รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์นั้นๆ ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นต้น ประกอบกับดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อทรายโดยเฉพาะที่ดอน มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำกว่า 0.8% และมีคาร์บอนสะสมในดิน (Carbon stock) ที่ความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ประมาณ 0.8 4.6 และ 0.6 - 2.7 ตันคาร์บอนต่อไร่ (อรรณพ, 2559) ด้วยภาคนี้มีเนื้อดินเป็นดินทรายประกอบกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดินที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อสมดุลของคาร์บอนในดินทำให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนผ่านกระบวนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยเฉพาะการเปลี่ยนการใช้ที่ดินจากสภาพป่าหรือพื้นที่มีสิ่งปกคลุมคล้ายป่าไปเป็นการทำการเกษตร ส่งผลกระทบต่อสมดุลของคาร์บอนในดินทำให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนในรูป CO₂ ได้ ซึ่งการทำการเกษตรหรือการรบกวนดินทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนปริมาณ 40-90 พิกะคาร์บอน สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยเฉพาะในเขตร้อนสูญเสียประมาณ 1.6±0.8 พิกะคาร์บอนต่อปี (Smith, 2008) รวมถึงการทำกิจกรรมการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่เข้มข้น (Golchin et al., 1995)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (SOC) เกิดจากความสมดุลของการเพิ่มเติมของสารอินทรีย์และการสูญเสียคาร์บอนจากระบบดิน (Benbi et al., 2015) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการใช้ที่ดินและการจัดการดินและพืช อีกทั้งมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน ส่วนของอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเฉพาะส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (labile pool) ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามปัจจัยสภาพแวดล้อม และเกิดการสลายตัวได้ง่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Haynes, 2005) โดยเฉพาะกิจกรรมที่รบกวนดิน เช่นการไถพรวน ในขณะที่อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงยาก (non labile pool) เป็นส่วนที่ต้านทานการสลายตัวสูง และอินทรีย์

คาร์บอนในดินได้รับการป้องกันทั้งทางกายภาพ (physically protected) และทางเคมี (chemically protected) โดยกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในดินส่งผลต่อการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Christensen and Johnston, 1997) นอกเหนือจากปริมาณ SOC ทั้งหมดในดินแล้ว ยังมี อินทรีย์คาร์บอนในส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ดีในการประเมินคุณภาพของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Vieira et al., 2007) เช่น มวลชีวภาพจุลินทรีย์ (microbial biomass) ซึ่งตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณหรือการใช้ที่ดินได้ง่าย (Warembourg et al., 2003) และมีส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (Permanganate-Oxidizable Carbon, POXC) เป็นส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นกรดฮิวมิกรวมถึงสารโพลีแซคคาไรด์ที่ง่ายต่อการย่อยสลาย และเป็นส่วนที่ตอบสนองอย่างรวดเร็วเมื่อมีการจัดการดินหรือถูกเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น POXC จึงเป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงและระยะเวลาของการใช้ที่ดิน (Blair et al., 1995; Aumtong et al., 2009) และอาจใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของความเสื่อมโทรมของดินหรือตัวชี้วัดการปรับปรุงบำรุงดินเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และมีศักยภาพที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงและการจัดการใช้ที่ดิน (สุภิตา และคณะ, 2561; Weil et al., 2003) ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงสถานภาพของการเปลี่ยนแปลงส่วนของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่นำไปสู่การพัฒนาแนวทางจัดการดินในการปลูกพืชที่เหมาะสม จึงได้ทำการศึกษาโดยวัดผลกระทบเพื่อศึกษาปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน และความสัมพันธ์กับสมบัติดินบางประการภายใต้การใช้ที่ดินในการปลูกอ้อยอยู่เดิม และเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากปลูกอ้อยเป็นยางพาราที่อายุต่างกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในแปลงที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการปลูกอ้อยเป็นยางพาราในพื้นที่ของเกษตรกรในอำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น (16° 44'-16° 75' N และ 103° 07'-103° 08' E) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เริ่มปี พ.ศ.2559) สภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ดอน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 100-200 เมตร ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 168.7 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส ดินที่ใช้ในการศึกษาคือ ชุดดินชุมพวง (Cpg series; Typic Kandistults) เป็นกลุ่มดินร่วนหยาบ (coarse loamy) ที่มีเนื้อดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) สีนํ้าตาลอ่อนถึงนํ้าตาลปนแดง แปลงตัวแทนสำหรับศึกษาเป็นแปลงปลูกอ้อยซึ่งเป็นพืชดั้งเดิม และแปลงปลูกยางพาราที่มีอายุต่างกันโดยเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการปลูกอ้อย โดยมี 4 พื้นที่แปลงศึกษาประกอบด้วย 1) ปลูกอ้อย 2) ปลูกยางพาราอายุ 4-5 ปี 3) ปลูกยางพาราอายุ 11-12 ปี และ 4) ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี พันธุ์ยางพาราที่เกษตรกรปลูกเป็นพันธุ์ RRIM 600

2. การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างดินและพืช

การเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนมิถุนายน) ในพื้นที่แปลงศึกษาทั้ง 4 แปลง จำนวน 3 จุดต่อแปลง โดยแต่ละจุดเก็บมีพื้นที่ขนาด 1x1 ตารางเมตร ที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร จากผิวดิน เก็บตัวอย่างดินในแต่ละจุดจำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำผสมกันรวมเป็นหนึ่งตัวอย่าง (composite sample) แบ่งการเก็บตัวอย่างดินออกเป็น 2 แบบ ประกอบด้วย 1) เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนดินโดยใช้ส่วนเจาะดิน และ 2) เก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนดินโดยใช้กระบอกลูกเต๋า (soil core) ที่ทราบปริมาตรแน่นอน นำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dried) เก็บชิ้นส่วนปะปนที่ไม่ใช่ดินออก แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับการวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

การเก็บเศษซากพืชหรือใบไม้ที่ร่วงหล่น โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชที่ร่วงหล่นอยู่ในภาชนะ (litter trap) ที่มีขนาด 1 x 1 ตารางเมตร เพื่อรองรับเศษซากพืช ทั้งหมด 5 จุด ในแต่ละแปลง โดยเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือน จากนั้นนำเศษซากพืชเป็นส่วนของใบ กิ่ง นำไปชั่งน้ำหนักสดของซากพืช แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และคำนวณปริมาณน้ำหนักรวมต่อพื้นที่

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) ด้วยวิธี hydrometer ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บดิน (Back and Harge, 1986) วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ในอัตราส่วนของดินต่อน้ำ (1:2.5 และวัดโดย pH meter ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (soil organic carbon, SOC) โดยวิธีสันดาปเปียก (wet oxidation) (Walkley and Black, 1934) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N) โดยวิธี Kjeldahl

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (labile pool) ประกอบด้วย 1) มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon, MBC) ใช้วิธีการรมแล้วสกัด (Fumigation extraction; Amato and Ladd, 1988) โดยนำตัวอย่างดินสดรมด้วยคลอโรฟอร์มที่ผ่านการล้างและกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ เป็นเวลา 36 ชั่วโมง แล้วสกัด นำดินสดที่รมและไม่รมด้วยคลอโรฟอร์มสกัดโดยใช้น้ำยาสกัด 0.5 N K₂SO₄ อัตราส่วน 1:5 (ดินสด 10 กรัม : 0.5 N K₂SO₄ 50 มิลลิลิตร) หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยวิธีสันดาปเปียกด้วย K₂Cr₂O₇ คำนวณ MBC จากผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากดินที่รมและไม่รมด้วยคลอโรฟอร์มโดยใช้ค่าคงที่ปัจจัย K_{EC} เท่ากับ 0.33 (Sparling and West, 1988) และ 2) วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (Permanganate-Oxidizable Carbon, POXC) โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.33 M KMnO₄ ในการออกซิไดส์คาร์บอนในดิน (Blair et al., 1995)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษซากใบอ้อยและใบยางพารา ประกอบด้วย ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธีของ Van Soest (Van Soest and Wine, 1967; 1968)

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂-C) โดยใช้วิธีการไตเตรต (Anderson, 1982) และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ด้วยค่า metabolic quotient (qCO₂; Anderson and Domsch, 1990) โดยคำนวณสัดส่วนระหว่างการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂-C) ต่อมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (MBC)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยศึกษา และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างปัจจัยศึกษาโดยวิธี Least Significant Different (LSD test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS 17.0 software (SPSS Inc., USA) และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างปัจจัยโดยใช้โปรแกรม R

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (Soil organic carbon stock) และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (N stock) โดยคำนวณปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดินทั้งหมด (Mg ha⁻¹) ที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร ประเมินโดยใช้ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน โดย SOC และ N คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน (g g⁻¹) BD คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (g cm⁻³) และ D คือ ความลึกของดิน (m) และ 10,000 เป็นค่าตัวแทนพื้นที่ 1 เฮกตาร์ โดยคำนวณดังสมการ

$$\text{SOC (or N) stocks (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{SOC (or N)} \times \text{BD} \times \text{D} \times 10,000 \quad (1)$$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. สมบัติดินบางประการ ปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของเศษซากพืช

จากการศึกษาสมบัติดินในแปลงปลูกอ้อยและแปลงปลูกยางพาราที่มีอายุ 4-5, 11-12 และ 22-23 ปี เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) ซึ่งมีปริมาณอนุภาคทรายสูง (sand, 79-83.6%) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (clay) ต่ำอยู่ในช่วง 4.35-9.34% (Table 1) ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.44-1.58 g cm⁻³ มีค่าต่ำสุดในดินที่ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี (1.44 g cm⁻³) และมีแนวโน้มสูงสุดในดินปลูกอ้อย (1.58 g cm⁻³) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดินปลูกยางพาราอายุ 4-5 ปี และ 11-12 ปี และจะเห็นว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงตามอายุยางพาราที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุยางพารา (0.64-0.8 g kg⁻¹) ส่งผลให้โครงสร้างดินดี ไม่แน่นทึบ อีกทั้งเกิดจากปริมาณมวลชีวภาพเศษซากพืชหรือใบยางพาราที่ร่วงหล่นสู่ดินเพิ่มขึ้นทุกปี และในแปลงปลูกยางพาราไม่มีการรบกวนดิน มีการขนไถดินของรากยางพารา และสัตว์หน้าดินช่วยให้ดินมี

ช่องว่างมากขึ้น ดินมีความพรุนที่ดีจึงทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง (Guan et al., 2015) ดินมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 4.75 - 5.22 และมีค่าการนำกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า $0.04 \mu\text{S cm}^{-1}$ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) สูงสุดในดินที่ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี (8.0 g kg^{-1}) รองลงมาคือ ยางพาราอายุ 11-12 ปี และ 4-5 ปี และต่ำสุดในดินปลูกอ้อย (4.3 g kg^{-1}) โดยปริมาณ SOC เพิ่มขึ้นตามอายุยางพารา เกิดเนื่องจากมีปริมาณการเพิ่มขึ้นของเศษใบไม้และกิ่งไม้ที่ร่วงหล่นในแต่ละปี (Table 2) ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์บอนหลักสู่ดิน อีกทั้งดินไม่ถูกรบกวนเป็นหลายปี ยิ่งส่งผลให้มีการสะสมของอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Hynes, 2005) ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินปลูกยางพาราไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบต่ำสุดในดินปลูกอ้อย (Table 1) นอกจากนี้ การสะสม SOC ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวซึ่งมีบทบาทในการป้องกันการสูญเสียของคาร์บอน (Christensen, 1992).

Table 1 Basic soil properties under sugarcane and at different ages of rubber tree plantation changed from sugarcane

Land uses	Sand	Silt	Clay	Soil texture	BD (g cm^{-3})	pH (H_2O)	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	SOC (g kg^{-1})	Total N
	-----	(%)	-----						
Sugarcane	83.60	12.05	4.35b	LS	1.58	5.13	0.01b	4.3c	0.56b
Rubber 4-5 yrs	83.36	11.14	5.50b	LS	1.55	5.22	0.02a	6.4b	0.70a
Rubber 11-12 yrs	80.53	10.13	9.34a	LS	1.51	4.93	0.02a	7.4b	0.70a
Rubber 22-23 yrs	79.05	11.95	9.00a	LS	1.44	4.75	0.02a	8.0a	0.70a
SED	2.03	2.92	1.46	-	0.06	0.31	0.01	0.16	0.01

BD = soil bulk density, LS = loamy sand, mean in the same column followed by the same lower case letters are not significantly ($p < 0.05$)

Table 2 Biomass and chemical compositions of sugarcane leaf and rubber leaf litter fall

Land uses	Biomass (Mg ha^{-1})		Chemical composition of leaf litter fall		
	Leaf	Branch	Cellulose (g kg^{-1})	Hemicellulose (g kg^{-1})	Lignin (g kg^{-1})
Sugarcane	4.05	-	42.99	31.02	5.89
Rubber 4-5 yrs	4.48	0.23	29.40	10.73	24.45
Rubber 11-12 yrs	7.38	0.28	23.69	11.21	13.36
Rubber 22-23 yrs	8.96	0.29	22.77	13.36	25.00

2. อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดินที่มีเปลี่ยนการใช้ที่ดินจากการปลูกอ้อยเป็นยางพารา

การศึกษาส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหรือส่วนที่สลายตัวได้ง่ายในดิน (labile pool) ประกอบด้วย มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon, MBC) และอินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (Permanganate-Oxidizable Carbon, POXC) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการปลูกอ้อยเป็นยางพาราที่อายุต่างกัน พบว่าปริมาณ MBC ในดินที่ปลูกยางพาราและอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1a) โดยพบสูงสุดในดินปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี ($2496.87 \text{ mg kg}^{-1}$) รองลงมาคือ ยางพาราอายุ 11-12 ปี ($2939.65 \text{ mg kg}^{-1}$) และพบว่าดินที่ปลูกยางพาราอายุ 4-5 ปี ($1541.97 \text{ mg kg}^{-1}$) มีแนวโน้มปริมาณ MBC ใกล้เคียงกันกับดินที่ปลูกอ้อย ($1467.45 \text{ mg kg}^{-1}$) จากปริมาณ MBC สูงสุดในดินปลูกยางพาราที่อายุมาก เนื่องจากยางพาราอายุมากมีทรงพุ่มและใบไม้ กิ่งไม้จำนวนมากที่ร่วงหล่นสู่ดินซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานที่ดีมากกว่ายางพาราอายุน้อย โดยปริมาณเศษซากใบไม้และกิ่งก้านที่ร่วงหล่นมากสุดในแปลงปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี (9.25 Mg ha^{-1}) สะท้อนให้เห็นว่า พื้นที่ที่ปลูกยางพาราที่มีอายุเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะคล้ายสภาพป่ามากกว่าดินที่ทำการเกษตร (Wright et

al., 2005) โดยมีโครงสร้างเป็นต้นยางพาราที่มีทรงพุ่มหนาแน่นปกคลุมผิวดินทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพของเศษซากใบไม้ กิ่งก้านยางพาราที่ร่วงหล่นสู่ดินอย่างต่อเนื่องและสะสมบนผิวดินตลอดทั้งปี รวมถึงปริมาณรากยางพาราในดินที่ย่อยสลายเป็นอินทรีย์คาร์บอนในดินมากขึ้นซึ่งถือเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานให้กับจุลินทรีย์ในดิน นอกจากนี้ ยางพาราที่อายุมากขึ้นยังทำให้ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น (15-17%) ซึ่งมีสภาพความชื้นที่เหมาะสมและส่งเสริมกิจกรรมและการเจริญเติบโตของประชากรจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (Kalambukattu et al., 2013) ซึ่งเห็นถึงปริมาณ MBC ในดินตอบสนองต่ออายุของยางพารา (Puttasu et al., 2015)

สำหรับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (POXC) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบสูงสุดในดินปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี เท่ากับ $213.57 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figure 1b) รองลงมา คือ ยางพาราอายุ 11-12 ปี ($137.82 \text{ mg kg}^{-1}$) ส่วนปริมาณ POXC ในดินที่ปลูกอ้อย (68.53 mg kg^{-1}) มีแนวโน้มสูงกว่าดินปลูกยางพาราอายุ 4-5 ปี (60.78 mg kg^{-1}) แต่เมื่อพิจารณา ดินปลูกยางพาราที่อายุ 11-12 ปี และอายุ 22-23 ปี มีปริมาณ POXC สูงกว่าเมื่อเทียบจากดินปลูกอ้อย ทั้งนี้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ POXC มีลักษณะคล้ายกับ MBC แต่มีความแตกต่างกันที่ชัดเจนระหว่างอายุยางพารามากกว่า MBC ซึ่งอาจเกิดจากความสัมพันธ์กับปริมาณของเศษซากของใบไม้และกิ่งก้านของต้นยางพาราที่ร่วงหล่นสู่ดินอย่างต่อเนื่อง ส่วนดินที่ปลูกอ้อยมีปริมาณ POXC มีปริมาณต่ำกว่าดินปลูกยางพารา อาจเนื่องจากการจัดการดินในการปลูกอ้อย เช่น การกำจัดเศษซากและมีการไถพรวนแบบเดิมในระบบการเกษตรซึ่งส่งเสริมต่อการสูญเสียคาร์บอนจากดิน (Smith, 2008) โดยเฉพาะในรูปที่สลายตัวได้ง่าย เช่นเดียวกับศุภิตา และคณะ (2561) พบว่า ดินปลูกพืชที่มีการไถพรวนอย่างเข้มข้นและการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในส่วนที่สลายง่าย (POXC) ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ภายหลังจากการเปลี่ยนการใช้ที่ดินในการปลูกอ้อยเป็นยางพาราส่งผลให้มี MBC และ POXC เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ POXC ในดินที่ปลูกยางพาราช่วงอายุ 11-23 ปี มีปริมาณเพิ่มขึ้นแตกต่างชัดเจนจากดินปลูกอ้อยมากถึง 2-3 เท่า ซึ่งมีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงมากกว่า MBC ซึ่งให้เห็นว่า ค่า POXC อาจเป็นตัวชี้วัดที่ดีและไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงและการจัดการของการใช้ที่ดิน (ศุภิตาและคณะ, 2561; Weil et al., 2003; Cullman et al., 2012)

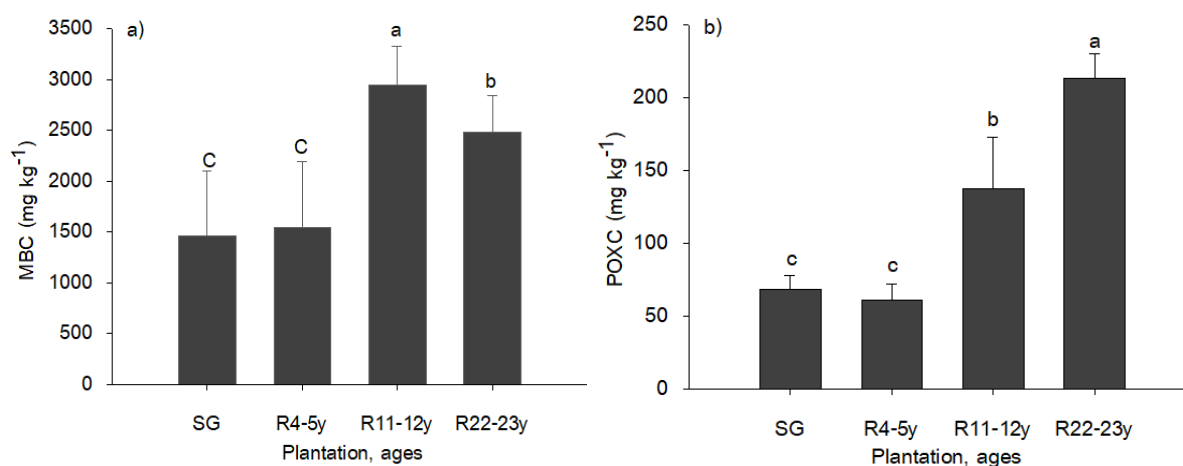


Figure 1 Soil microbial biomass carbon (a) and permanganate oxidizable C (POXC) (b) as affected by conversion from sugarcane to rubber tree plantation (SG=sugarcane, R= rubber tree) at different ages. Bars labeled with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$). Line bars indicate standard error of mean.

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของ MBC และ POXC กับ SOC ที่บ่งชี้โอกาสของความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงระหว่างดินที่ปลูกอ้อยและยางพารา ผลพบว่า ดินที่มีปลูกอ้อยมีสัดส่วน MBC/SOC และ POXC/SOC สูง (Table 3) ประกอบกับส่วนของอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบคาร์บอนในใบอ้อยซึ่งส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส (42.99 g kg^{-1}) (Table 2) ทำให้โอกาสของการเปลี่ยนแปลง

อินทรีย์คาร์บอนที่เกิดขึ้นได้ง่ายในดินปลูกอ้อย โดยเฉพาะเมื่อมีการไถพรวนบริเวณดินทำให้ดินมีปริมาณ MBC และ POXC ลดลงอย่างรวดเร็ว สำหรับอัตราส่วน MBC/SOC และ POXC/SOC ในดินที่ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี ที่มีค่าสูง อาจมีโอกาสดูดซับ MBC และ POXC เช่นกันแต่อาจเกิดขึ้นน้อยกว่า ทั้งนี้ นอกเหนือจากส่วนคาร์บอนที่มาจากส่วนที่เป็นเซลลูโลสแล้ว มีคาร์บอนส่วนหนึ่งจากรูปที่ต้านทานการสลายตัว (recalcitrant) เช่น ลิกนิน ($13-25 \text{ g kg}^{-1}$) ซึ่งมีอยู่สูงในใบยางพารา จะเห็นได้ว่า ส่วนของ MBC และ POXC สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและอาจเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซ CO_2 เห็นได้จากค่าสหสัมพันธ์สูงทางบวกระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 กับ ปริมาณ MBC ($r = 0.680^*$) และ POXC ($r = 0.837^{**}$) ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของเศษซากใบอ้อยและใบยางพารา โดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย (Wringt et al., 2005) ซึ่งจุลินทรีย์ดินเข้าย่อยสลายได้ง่าย นอกจากนี้ ยังพบว่า ดินที่ปลูกยางพาราอายุยาวนานขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ดินซึ่งสะท้อนถึงการเก็บกักคาร์บอนไว้ในมวลชีวภาพแทนที่อินทรีย์คาร์บอนจะสูญเสียไปในรูป CO_2 โดยเห็นได้จาก ค่า metabolic quotient ($q\text{CO}_2$) ที่ลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากการปลูกอ้อยเป็นยางพารา และลดลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุยางพาราเพิ่มมากขึ้น (Puttaso et al., 2015) เช่นเดียวกับ Lawongsa et al. (2016) ที่พบว่า ดินที่เปลี่ยนแปลงจากการปลูกมันสำปะหลังเป็นปลูกยางพาราที่อายุต่างกันทำให้ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ในส่วนของดินที่ปลูกอ้อยที่มีค่า $q\text{CO}_2$ สูงกว่ายางพาราอาจเกิดจากการจัดการดินหรือรบกวนส่งผลทำให้จุลินทรีย์ในดินเกิดสภาวะเครียดและลดประสิทธิภาพในการดำเนินกิจกรรมได้

Table 3 Soil moisture, substrate induced respiration, microbial quotient-C, Relative POXC and metabolic quotient ($q\text{CO}_2$) as affected by conversion from sugarcane to rubber tree plantation at different ages.

Land uses	Soil moisture (%)	Microbial respiration ($\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{day}^{-1}$)	microbial quotient-C (MBC/SOC) ($\text{mg kg}^{-1}/\text{g kg}^{-1}$)	Relative POXC to SOC ($\text{mg kg}^{-1}/\text{g kg}^{-1}$)	Metabolic quotient ($q\text{CO}_2$)
Sugarcane	14.7c	356.86a	341.20a	166b	0.243
Rubber 4-5 yrs	15.0b	326.90b	240.93b	94c	0.212
Rubber 11-12 yrs	15.2b	240.51c	397.25a	174b	0.081
Rubber 22-23 yrs	17.8a	166.61d	312.11a	288a	0.067
SED	1.72	86.23	62.76	8.27	0.09

MBC= microbial biomass, POXC=permanganate-oxidizable C. Mean in the same column followed by the same lower case letters are not significantly ($p < 0.05$)

3. ปริมาณสะสมอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน

ปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock) ที่เปลี่ยนจากการปลูกอ้อยเป็นยางพารามีปริมาณสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดินที่ปลูกอ้อยซึ่งมีค่าต่ำสุด ($170.72 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figure 2a) โดยพบว่า ปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นตามอายุของยางพารา พบสะสมสูงสุดในดินที่ปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี เท่ากับ $304.44 \text{ Mg ha}^{-1}$ จะเห็นว่า ดินที่มีการปลูกยางพาราทำให้ SOC stock เพิ่มขึ้น ในขณะที่ดินปลูกอ้อยมีปริมาณการสะสมต่ำกว่า เนื่องจากการจัดการดินในแปลงปลูกยางพารามีการรบกวนดินน้อยกว่าการปลูกอ้อยที่มีการไถพรวนทำให้โครงสร้างเม็ดดินแตกและเกิดการสูญเสียคาร์บอนได้ง่าย (Bossuyt et al., 2002) นอกจากนี้ ยางพาราที่มีอายุเพิ่มขึ้น (4-23 ปี) ทำให้มีปริมาณของเศษใบไม้ (ใบและกิ่ง) ที่ร่วงหล่นและสะสมในดินเพิ่มขึ้นทุกปี ($4.71-9.25 \text{ Mg ha}^{-1}$) โดยเฉพาะแปลงปลูกยางพาราอายุ 22-23 ปี ในขณะที่ดินที่ปลูกอ้อยมีมวลชีวภาพใบอ้อยเท่ากับ 4.05 Mg ha^{-1} นอกเหนือจากปริมาณมวลชีวภาพเศษใบไม้แล้วยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของกิ่งและใบยางพาราที่มีปริมาณลิกนินสูงซึ่งเป็นส่วนคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงยากและต้านทานการสลายตัวส่งผลต่อการสะสมคาร์บอนในดินสูงกว่าในใบอ้อย สำหรับปริมาณการสะสมของไนโตรเจนในดิน (N stock) พบสูงสุดในดินที่ปลูกยางพาราอายุ 11-12 ปี (16.1 Mg ha^{-1}) รองลงมา คือ ยางพาราอายุ 22-23 ปี และ

อายุ 4-5 ปี และมีปริมาณ N stock ต่ำสุดในดินที่ปลูกอ้อย (Figure 2b) จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงการปลูกอ้อยเป็นปลูกยางพารา ส่งเสริมต่อการสะสม SOC และ N ในดิน เนื่องจากยางพาราอายุมากมีปริมาณเศษซากใบไม้และกิ่งก้านยางพาราที่เป็นแหล่งให้คาร์บอน และไนโตรเจนที่สะสมในดินโดยเฉพาะชั้นดินบน (ระวี และคณะ, 2555; Puttaso et al., 2015, 2016; Lawongsa et al., 2016) นอกจากนี้ ปริมาณ POXC มีส่วนในการเพิ่มการสะสม SOC และ N ในดิน เห็นได้จากค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณ POXC กับ SOC stock ($r = 0.45$) และ N stock ($r = 0.559$)

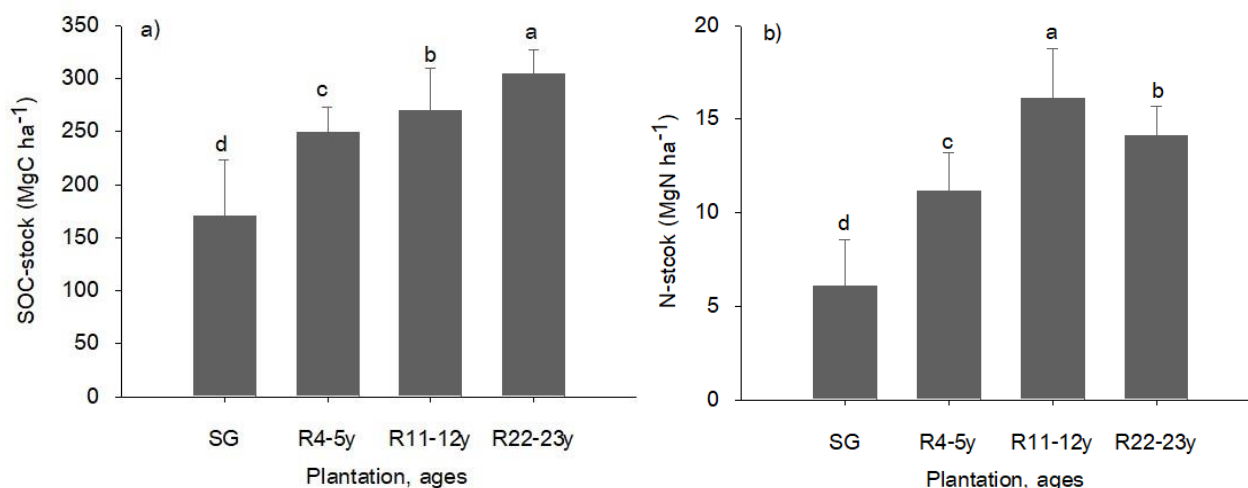


Figure 2 Organic carbon (a) and N stocks (b) in 0-25 cm soil depth affected by conversion from sugarcane to rubber tree plantation at different ages (SG=sugarcane, R=rubber tree). Bars labeled with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$). Line bars indicate standard error of mean

4. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินบางประการกับอินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนสะสมในดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (MBC และ POXC) และปริมาณ SOC stock และ N stock กับสมบัติดิน จะเห็นว่า ดินในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูง (79-83.6%) ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายลดลงโดยเฉพาะ POXC ($r = -0.669^*$) และทำให้มีการสะสมคาร์บอน ($r = -0.639^*$) และไนโตรเจน ($r = -0.747^{**}$) ลดลงด้วย (Table 4) ในขณะที่อนุภาคขนาดดินเหนียวส่งเสริมในทิศทางบวก (Table 3) โดยมีบทบาทในการกักเก็บหรือรักษาสวนของอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายโดยเฉพาะ POXC และพบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างความชื้นในดินกับทุกปัจจัย ซึ่งเห็นว่า ความชื้นในดินอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมและส่งเสริมการเกิดกิจกรรมภายในดิน นอกจากนี้ ปริมาณ POXC มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับ SOC stock ($r = 0.45$) มากกว่า MBC สะท้อนให้เห็นว่า ปริมาณ POXC เป็นส่วนที่มีผลต่อการสะสม SOC มากกว่าเมื่อเทียบกับ MBC ผลการศึกษานี้ ยังสะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (POXC และ MBC) ปริมาณ SOC และ N ที่สะสมในดินส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นลดลง เห็นได้จากค่าสหสัมพันธ์ในทางลบ โดยเฉพาะ POXC ($r = -0.798^{**}$) เช่นเดียวกับ ศุภจิตา และคณะ (2561) รายงานว่า POXC เป็นตัวชี้วัดที่มีบทบาททำให้ความหนาแน่นของดินลดลง

Table 4 Correlation coefficient (r) between some soil properties and labile organic carbon pools, soil respiration, SOC stock and N stock

Soil parameters	Soil microbial biomass (MBC; mg kg ⁻¹)	Permanganate-oxidizable C (POXC; mg kg ⁻¹)	SOC stock (Mg C ha ⁻¹)	N stock (Mg N ha ⁻¹)
Sand (%)	-0.383	-0.669*	-0.639*	-0.747**
Silt (%)	0.148	-0.021	0.147	0.253
Clay (%)	0.183	0.610*	0.409	0.394
Soil moisture (%)	0.386	0.682*	0.459	0.518
Bulk density (g cm ⁻³)	-0.640*	-0.798**	-0.267	-0.423
pH (H ₂ O)	0.703	-0.587**	-0.555	-0.539

*, ** = significantly different at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

สรุปและข้อเสนอแนะ

ดินในพื้นที่มีการใช้ดินสำหรับปลูกอ้อยและยางพาราเป็นดินเนื้อทรายซึ่งปริมาณอนุภาคทรายสูง (79-83.6%) และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว (clay) ต่ำ (<9.34%) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการปลูกอ้อยเป็นยางพาราที่อายุต่างกันมีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากปลูกอ้อยเป็นปลูกยางพาราส่งผลต่อปริมาณส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่สลายตัวได้ง่ายทั้งมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (MBC) ในดิน และอินทรีย์คาร์บอนที่ออกซิไดส์ด้วยเปอร์แมงกาเนต (POXC) โดยดินที่ปลูกยางพาราอายุมาก (22-23 ปี) มีปริมาณสูงแตกต่างชัดเจนจากดินปลูกอ้อย และเมื่ออายุยางพาราเพิ่มมากขึ้น (อายุ 11-23 ปี) ยิ่งทำให้ปริมาณ POXC เปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นมากถึง 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับดินที่ปลูกอ้อย ซึ่งเห็นว่า POXC เป็นตัวชี้วัดที่ไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีเศษซากใบอ้อย ใบและกิ่งก้านยางพารา โดยเฉพาะปริมาณเซลลูโลสและลิกนิน นอกจากนี้ ปริมาณ MBC และ POXC ในดินที่ปลูกยางพาราอายุมากขึ้นทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นของดินลดลง ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ว่า อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายโดยเฉพาะส่วนของ POXC เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สามารถนำไปใช้หรือพัฒนาเทคนิควิธีอย่างง่ายเพื่อช่วยในการติดตามและประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดินต่อคุณภาพดินโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นได้ นอกจากนี้ การใช้ที่ดินในการปลูกยางพารายังช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในดินซึ่งมีบทบาทต่อคุณภาพดินให้สามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ Jeunes Equipes AIRD program (JEA), Institut de recherche pour le développement (IRD) สำหรับทุนสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และสาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการวิจัย อุปกรณ์ และสถานที่ทำงานวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของสวนยางพาราและอ้อยในอำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ระวี เจริญวิภา, สุรชาติ เพชรแก้ว, มนต์รี แก้วดวง, และ วิทยา พรหมมี. 2555. การประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17: 91-102.

- ศุภธิดา อ่ำทอง, ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์. 2561. ความสัมพันธ์ของคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธีเพอร์แมนังกานอออกไซด์สเคเบิลกับอินทรีย์วัตถุเพื่อเป็นดัชนีคุณภาพของดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 36: 1-10.
- อรรณพ พุทธิโส. 2559. การกักเก็บคาร์บอนในดินตัวแทนหลักภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารวิชาการเลขที่ 01/06/59. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Amato, M., and J.N. Ladd. 1988. Assay for microbial biomass based on ninhydrin reactive nitrogen in extracts of fumigated soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 20: 107-114.
- Anderson, J.M, and K.H. Domsch. 1990. Application of ecophysiological quotiens (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*. 22: 251-255.
- Aumtong, S., J. Magid, S. Bruun, and A.de. Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 131: 229-239.
- Back, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. P. 363-375. In: A. Klute, Ed. *Methods of soil analysis*. Part 1, Agronomy No.9, 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Benbi, D.K., K. Brar, A. S. Toor, and P. Singh. 2015. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. *Geoderma*. 237-238: 149-158.
- Blair, G.J., R.D. Lefroy, and L. Lisle. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Crop Pasture Science*. 46: 1459-1466.
- Bossuyt, B., M. Heyn, and M. Hermy. 2002. Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central Belgium: consequences for regeneration of ancient forest vegetation. *Plant Ecology*. 162: 33-48.
- Christensen, B.T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in soil science*. Springer New York.
- Christensen, B.T., and A. E. Johnston. 1997. Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-Term experiments at Askov and Rothamsted. *Development of Soil Science*. 25: 399-430.
- Cullman, S.W., S.S. Snapp, M.A. Freeman, M.E. Schipanski, J. Beniston, R. Lal, L.E. Drinkwater, A.J. Franzluebbers, J.D. Glover, A.S. Grandy, J. Lee, S.B. Mirsky, J.T.Spargo, and M.M. Wander. 2012. Permanganate oxidizable carbon reflects a processes soil fraction that is sensitive to management. *Soil Science Society of America Journal*. 76: 494-504.
- Golchin A., P. Clarke, J.M. Oades, and J.O. Skjemstad. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Australian Journal of Soil Research*. 33: 975-993.
- Guan, F., X. Tang, S. Fan, J. Zhao, and C. Peng. 2015. Changes in soil carbon and nitrogen stocks followed by the conversion from secondary forest to Chinese fir and Meso bamboo plantations. *Catena*. 133: 455-460.
- Haynes, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Advances of Agronomy*. 85: 221-268.
- Kalambukattu, J.G., R. Singh, A.K. Patra, and K. Arunkumar. 2013. Soil carbon pools and carbon management index under different land use systems in the central Himalayan region. *Acta Agriculturae Scandinavica B-S P*. 63: 200-205.
- Krischbaum, M.U.F. 2000. Will changes in soil organic carbon act as as a positive or negative feed-back on global Warming? *Biogeochem*. 48: 21-51.
- Lal, R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental Pollution*. 116: 353-362.

- Lawongsa, P., P. Puttaso, and N. Kaewjampa. 2016. Carbon stock assessment under different ages of rubber tree plantation. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*. 21: 1-7.
- Llorente, M., B. Glaser, and M.B. Turron. 2010. Storage of organic and black carbon in density fractions of calcareous soils under different land uses. *Geoderma*. 159: 31-38.
- Mujuru, L., A. Mureva, E.J. Velthorst, and M.R. Hoosbeek. 2013. Land use and management effect on soil organic matter fraction in Rhodic Ferralsols and Haplic Arenosols in Bindura and Shamva district of Zimbabwe. *Geoderma*. 209-210: 262-272.
- Poeplau, C., and A. Don. 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land use changes across Europe. *Geoderma*. 192: 189-201.
- Puttaso, P., P. Panomkhum, R. Rungthong, A. Promkhumbut, N. Kaewjampa, and P. Lawongsa. 2015. Microbial biomass and activity under different ages of rubber tree plantations in northeast Thailand. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 43(Suppl 2): 963-967.
- Singh, S.K., A.K. Singh, B.K. Sharma, and J.C. Tarafdar. 2007. Carbon stocks and organic carbon dynamics In soils of Rajasthan. *Journal of Arid of environmental*. 68: 408-421.
- Smith P. 2008. Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutrient Cycle Agroecosystems*. 81: 169-178.
- Smith, P., D.S. Powlson, J.U. Smith, P. Falloon, and K. Coleman. 2000. Meeting Europes climate change commitments: quantitative estimates of the potential for carbon mitigation by agriculture. *Global Change Biology*. 6: 525-539.
- Sparling G.P., and A.W. West. 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ^{14}C labelled cells. *Soil Biology Biochemistry*. 20: 337-343.
- Van Soest, Van Soest 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*. 50: 50-55.
- Van Soest. Van Soest. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*. 51: 780-785.
- Vieira, F.C.B., C. Bayer, J.A. Zanatta, J. Dieckow, J. Mielniczuk, and Z.L. He. 2007. Carbon management index based on physical fraction of soil organic matter in as Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil and Tillage Research*. 96: 317-327.
- Walkley, A., and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.
- Warembourg, F.R., C. Roumet, and F. Lafont. 2003. Differences in rhizosphere carbon-partitioning among plant species of different families. *Plant and Soil*. 256: 347-357.
- Weil, R.R., K.R. Islem, M.A. Stien, J.J. 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: 1-17.
- Wright, A.L., F.M. Hons, and J.E. Matocha. 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Apply Soil Ecology*. 29: 85-92.
- Zhang, L., Z. Xie, R.F. Zhao, and Y.J. Wang. 2012. The impact of land use change on soil organic carbon and labile organic carbon stocks in the Longzhong region of Loess Plateau. *Journal of Arid Land*. 4: 241-250.