นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด จังหวัดระยอง

Effect of Land Use on Soil Carbon Stock at Huai-Hin-Dat Subwatershed in Rayong Province

พุทธรักษ์ วงศ์สิริชัย[1]
สุภัทรา ถึกสถิตย์[1*]
นฤมล แก้วจำปา[1]
รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์[2]

Phuttarak Wongsirichai[1]
Supattra Thueksathit[1*]
Naruemol Kaewjampa[1]
Rochana Tangkoonboribun[2]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อ. คลองหลวง ปทุมธานี 12120
Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Ministry of Science and Technology, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani 12120. Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforstt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 7 พฤษภาคม 2562 **รับแก้ไข** 15 กรกฎาคม 2562 **รับลงพิมพ์** 18 กรกฎาคม 2562

ABSTRACT

The changes in land use from natural forest to agricultural area has resulted in more carbon dioxide (CO_2) being released into the atmosphere, which has been indicated as an important cause of global warming. Land use planning and management for enhanced efficiency in carbon sequestration in both forms of biomass and soil carbon stocks are of increased interest during the present times. The study of soil carbon stock in various land use types in the Huai-Hin-Dat subwatershed, Rayong province was undertaken to determine the soil carbon stocks at the study site. This site consisted of para rubber (PR), abandoned para rubber (APR), forest restoration with teak (FRT), and secondary dry evergreen forest (SDEF). The study also focused on the relationship between soil organic carbon and some soil properties. The results showed that the average soil organic carbon (SOC) under all land use was highest in the upper topsoil (0-10 cm) and decreased with soil depth. The total soil carbon stock had the maximum value in SDEF (128.17 tC ha^{-1}) followed by FRT (86.17 tC ha^{-1}), APR (79.36 tC ha^{-1}) and PR (48.42 tC ha^{-1}), respectively. Additionally, the SOC in the upper topsoil (0-10 cm) in areas under various land use was the highest in December and lowest in June, whereas the SOC in the lower topsoil (10-30 cm) and subsoil (30-50 cm) during each month was variable in all the land use areas. Comparison

of SOC among the various land use types and soil depths was highly significant at a probability < 0.01. Furthermore, the relationship between SOC and various soil properties indicated that soil moisture content was positively correlated with SOC while soil bulk density had a negative correlation.

Keywords: Soil carbon stock, Land use, Huai-Hin-Dat subwatershed

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากป่าธรรมชาติไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สู่บรรยากาศและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากขึ้น การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการพื้นที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนทั้งในรูปมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในดินนั้น นับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจในปัจจุบัน การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด จังหวัดระยอง เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย พื้นที่ยางพารา พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก และป่าดิบแล้งรุ่นสอง และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินกับสมบัติดินบางประการ จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเฉลี่ยของทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าสูงสุดที่ระดับดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) และลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณคาร์บอนสะสมในดินมีค่าสูงสุดในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง (128.17 tC ha^{-1}) รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก (86.17 tC ha^{-1}) พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง (79.36 tC ha^{-1}) และพื้นที่ยางพารา (48.42 tC ha^{-1}) ตามลำดับ โดยพบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่ระดับดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) ทุกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีปริมาณสูงสุดในเดือนธันวาคมและต่ำสุดในเดือนมิถุนายน ในขณะที่ระดับความลึกดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) และดินล่าง (30-50 ซม.) ของแต่ละเดือนต่างกันทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและแต่ละระดับความลึกดิน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติของดินบางประการ พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดิน และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นรวมของดิน

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอนในดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด

บทนำ

ปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำมีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายรูปแบบ โดยมีรูปแบบหลัก ๆ ได้แก่ พื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นนอกจากเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำ (water yield) ที่ดีแล้ว ยังสามารถเป็นพื้นที่สำคัญในการการกักเก็บคาร์บอนได้อีกด้วย โดยเฉพาะการกักเก็บคาร์บอนในดิน ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทนั้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน สมบัติทางอุทกวิทยาของดิน รวมทั้งความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในดิน จากการศึกษา พบว่า การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (Jacobs *et al*., 2001) ซึ่งสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) โดยปริมาณคาร์บอนในดินถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในพลวัตคาร์บอน

จากการสำรวจร้อยละ 40 ของคาร์บอนในดิน พบได้ในระบบนิเวศป่าไม้ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินป่าไม้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศ (Hudson *et al*., 1994) เพราะระบบนิเวศป่าไม้เป็นทั้งแหล่งกักเก็บ (sink) และปลดปล่อย (source) รวมถึงคาร์บอนในดินที่มีความเสถียรและเปลี่ยนแปลงได้ยากหรือง่ายนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของดินทั้งด้านกายภาพและกระบวนการทางชีวเคมีของดินเป็นตัวกำหนด (Benbi and Chand, 2007; Rasool *et al.,* 2008) รวมทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการทรัพยากรดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดิน (Lal, 1999) สอดคล้องกับ Wright *et al*. (2007) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมบนผิวดินมีผลต่อความสามารถในการกักเก็บและสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินได้แตกต่างกัน

สำหรับบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่ศึกษาที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ คือ พื้นที่ยางพารา พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก และป่าดิบแล้งรุ่นสอง โดยการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวในพื้นที่ลุ่มน้ำยังคงมีข้อมูลน้อย จึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบถึงปริมาณและการแปรผันของการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความเหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แผนที่ ได้แก่ แผนที่ลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร แผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1 : 100,000 และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2559 มาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน สำหรับอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์ในดิน ได้แก่ โกร่งบดดิน ตะแกรงร่อนดิน ปิเปตต์ สารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนอุปกรณ์ในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ กระบอกเก็บดิน (soil core) ตู้อบดิน เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นต้น

วิธีการ

1. การรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี และอุณหภูมิอากาศ ในปี พ.ศ. 2558-2560 ของสถานีวิจัยต้นน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จังหวัดระยอง ประกอบกับข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ แผนที่ชุดดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2559 โดยทำการเก็บข้อมูลภาคสนามตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 6 ครั้งในรอบปี ซึ่งแบ่งเป็นช่วงน้ำหลาก (wet period) ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และช่วงน้ำแล้ง (dry period) ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศในพื้นที่เป็นตัวแบ่งช่วงดังกล่าว ดังแสดงใน (Figure 1)

2. การเลือกพื้นที่และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน ทำการเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนศึกษา ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด ประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) พื้นที่สวนยางพารา 2) พื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้าง 3) พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก และ 4) พื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง โดยในพื้นที่สวนยางพารายังมีกิจกรรมในพื้นที่ ได้แก่ การกรีดยาง การแผ้วถางกำจัดวัชพืช และการดูแลพื้นที่ ขณะที่ในพื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้างไม่มีกิจกรรมการใช้ที่ดิน ปล่อยทิ้งร้างและถูกทดแทนตามธรรมชาติ รวมถึงในพื้นที่ป่าปลูกฟื้นฟูด้วยไม้สัก อายุ 20-30 ปี พื้นที่ถูกปกคลุมด้วยต้นสักเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินพิจารณาจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและแผนที่ชุดดินเป็นหลักดังแสดงใน Figure 2

3. การเก็บตัวอย่างดิน ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ระดับความลึกดิน คือ ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) ดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) และดินล่าง (30-50 ซม.) โดยในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเก็บ 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ รวมเป็น 27 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 รูปแบบ คือ เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างดิน (disturbed soil sampling) เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น ได้แก่ เนื้อดิน (soil texture) ค่าปฏิกิริยาของดิน (soil pH) อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) และคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon) และเก็บตัวอย่างดินโดยไม่รบกวนโครงสร้างดิน (undisturbed soil sampling) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) เพื่อนำไปหาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) และความชื้นในดิน (soil moisture)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างดิน

4.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน (Blake and Hartge, 1986) และความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (Gardner, 1986; Jury *et al*., 1991)

4.2 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน โดยใช้วิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1947) และคำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน (soil carbon stock) ต่อหน่วยพื้นที่ จากสมการที่ (1) (ดัดแปลงจาก Guo and Gifford, 2002)

$$SCS = \%OC \times BD \times SD \quad (1)$$

เมื่อ SCS คือ ปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)

% OC คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ร้อยละ)

BD คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

SD คือ ความหนาของชั้นดินตามระดับความลึกของดิน (เซนติเมตร)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, F-test) ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและในแต่ละระดับความลึกดิน

5.2 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินกับความหนาแน่นรวมของดิน และความชื้นในดิน

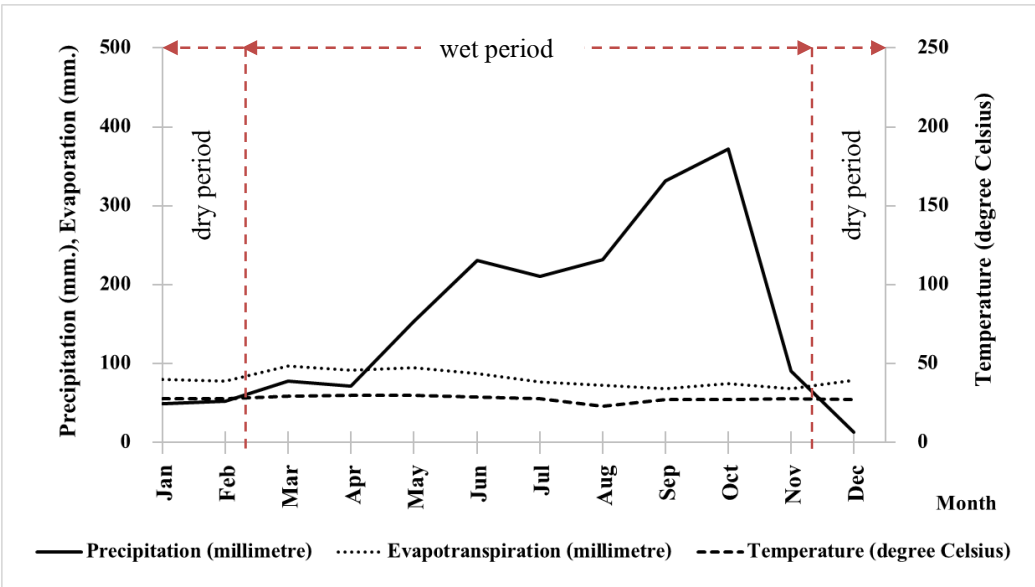


Figure 1 Wet and dry periods in the study area.

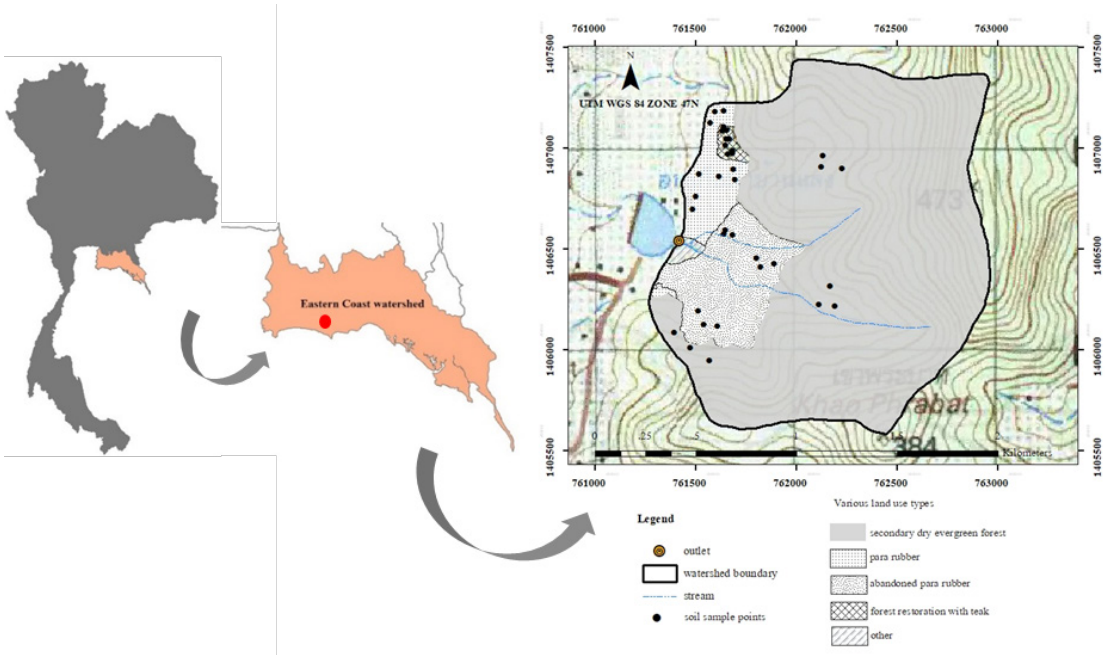


Figure 2 Location of the study area at the Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

ผลและวิจารณ์

สมบัติดินเบื้องดิน

จากการศึกษา พบว่า ระดับความลึกดินทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) ดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) และดินล่าง (30-50 ซม.) เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งจัดอยู่ในประเภทเนื้อดินกลุ่มดินร่วนชนิดหยาบ (loamy soil-coarse) ในขณะที่พื้นที่ยางพารา พบว่า ดินบนชั้นบนเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) จัดอยู่ในประเภทเนื้อดินกลุ่มทราย (sand texture) สำหรับค่าปฏิกิริยาของดิน (pH) พบว่า ทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัด (strongly acid) ถึงกรดจัดมาก (very strongly acid) มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 4.8-5.3 ยกเว้น ดินบนชั้นบนของพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักที่เป็นกรดปานกลาง (moderately acid) มีค่าเท่ากับ 5.7 สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงในระดับดินบนและลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง และต่ำสุดในพื้นที่ยางพาราดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Soil properties in the various land use types at Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

Soil depth	Land use types	Soil texture	pH	Organic matter
Upper topsoil	para rubber	Loamy sand	5.3 (strongly acidic)	1.93 (moderate)
(0-10 cm.)	abandoned para rubber	Sandy loam	5.1 (strongly acidic)	3.30 (moderately high)
	forest restoration with teak	Sandy loam	5.7 (moderately acidic)	4.43 (high)
	secondary dry evergreen forest	Sandy loam	4.9 (very strongly acidic)	5.87 (very high)
Lower topsoil	para rubber	Sandy loam	4.9 (very strongly acidic)	0.99 (low)
(10-30 cm.)	abandoned para rubber	Sandy loam	4.8 (very strongly acidic)	1.70 (moderate)
	forest restoration with teak	Sandy loam	5.2 (very strongly acidic)	1.71 (moderate)
	secondary dry evergreen forest	Sandy loam	4.8 (very strongly acidic)	2.94 (moderately high)
Subsoil	para rubber	Sandy loam	4.9 (very strongly acidic)	0.72 (low)
(30-50 cm.)	abandoned para rubber	Sandy loam	4.9 (very strongly acidic)	1.32 (moderately low)
	forest restoration with teak	Sandy loam	5.0 (very strongly acidic)	1.31 (moderately low)
	secondary dry evergreen forest	Sandy loam	4.9 (very strongly acidic)	2.05 (moderate)

ความหนาแน่นรวมของดินและความชื้นในดิน

1. ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยที่ระดับความลึกดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) พบว่า ในพื้นที่ยางพารามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง และป่าดิบแล้งรุ่นสอง โดยมีค่าเท่ากับ 1.51, 1.42, 1.39 และ 1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และที่ดินล่าง (30-50 ซม.) พบว่า มีค่าความหนาแน่นของดินในแต่ละพื้นที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับดินบนชั้นบน สำหรับที่ระดับความลึกดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) พบว่า ในพื้นที่ยางพารามีค่ามากที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก และป่าดิบแล้งรุ่นสอง มีค่าเท่ากับ 1.60, 1.54, 1.50 และ 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ยางพารามีค่าความหนาแน่นดินมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ในขณะที่พื้นที่ฟื้นฟูด้วยไม้สักและพื้นที่ยางพาราทิ้งร้างมีค่าความหนาแน่นดินที่ใกล้เคียงกัน ส่วนพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองมีค่าความหนาแน่นดินน้อยที่สุด ดังแสดงใน (Table 2) นอกจากนี้ ความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยในทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าต่ำสุดที่ระดับความลึกดินบนชั้นบนและมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยในพื้นที่ยางพารามีค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยสูงมากกว่าพื้นการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านอื่น เนื่องจากในพื้นที่ยางพารามีกิจกรรมการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้น เช่น การเข้าไปแผ้วถางกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย การลิดกิ่ง และการเข้าไปกรีดยางในพื้นที่ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวทำให้เกิดการอัดแน่นของดิน (soil compaction) โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าดิน ส่วนในพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ ที่มีความหนาแน่นดินน้อยกว่าเพราะไม่มีกิจกรรมการใช้ที่ดินใด ๆ ในพื้นที่เหมือนพื้นที่ยางพารา โดยเฉพาะพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองที่มีความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยต่ำที่สุดนั้น ผิวหน้าดินมักถูกปกคลุมด้วยซากพืชซากสัตว์ตลอดเวลา เนื่องจากโดยธรรมชาติของป่านั้นมีการปกคลุมของไม้หลายชั้นเรือนยอด รวมถึงไม้พื้นล่าง ตลอดจนมีการร่วงหล่นของซากพืชที่ผิวดินร่วมกับมีกระบวนการย่อยสลาย

หมุนเวียนอยู่ในดิน ทำให้โครงสร้างของดินถูกพัฒนาขึ้น ดังนั้นการมีพืชพรรณขึ้นปกคลุมพื้นที่ประกอบกับกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินมีผลโดยตรงกับความหนาแน่นรวมของดิน ขนาดและการกระจายของช่องว่างภายในดิน ซึ่งมีความสำคัญกับสภาวะของอากาศและน้ำที่อยู่ภายในดิน (Undawatta *et al*., 2008; Franzluebbers, 2010)

2. ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินเฉลี่ยทุกระดับความลึกดินมีค่าสูงสุดในป่าดิบแล้งรุ่นสอง รองลงมาคือ พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง พื้นที่ยางพารา และพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก โดยที่ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 16.79, 16.44, 13.95 และ 13.34 ดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.96, 13.29, 12.42 และ 10.83 ในขณะที่ดินล่าง (30-50 ซม.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 12.66, 12.25, 11.88 และ 10.01 ตามลำดับ โดยค่าความชื้นในดินของพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองและพื้นที่ยางพาราทิ้งร้างมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (Table 2) นอกจากนี้ทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและทุกระดับความลึกดินมีค่าความชื้นในดินสูงสุดในเดือนตุลาคม ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี ส่งผลทำให้ความชื้นในดินสูงเกือบทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ยกเว้น ในพื้นที่ยางพารา ที่พบว่ามีความชื้นในดินสูงเฉพาะที่ระดับความลึกดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) ในเดือนมิถุนายนเท่านั้น เนื่องจากในช่วงเดือนมิถุนายนเป็นช่วงต้นฤดูฝน ประกอบกับผิวดินที่ไม่มีการปกคลุมของไม้พื้นล่างร่วมกับกิจกรรมในพื้นที่ยางพารา ได้แก่ การเผากำจัดซากกิ่งและใบยางพาราแห้งนั้น ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาสัมผัสกับผิวหน้าดินโดยตรงและไหลซึมลงไปในดินได้อย่างรวดเร็ว แตกต่างจากพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง และพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก ที่บริเวณผิวดินถูกปกคลุมด้วยซากพืชที่ร่วงหล่น รวมทั้งมีการปกคลุมของไม้พื้นล่าง ทำให้น้ำฝนในช่วงต้นฤดูฝนส่วนหนึ่งตกค้างอยู่บริเวณเรือนยอด และบางส่วนจึงค่อย ๆ ซึมผ่านชั้นซากพืช และชั้นอินทรียวัตถุลงไปในดิน ในขณะที่เดือนธันวาคม พบว่า มีปริมาณความชื้นในดินต่ำเกือบทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและทุกระดับความลึกดิน ยกเว้น ในพื้นที่ยางพาราและพื้นที่ยางพาราทิ้งร้างที่ระดับความลึกดินล่าง (30-50 ซม.) มีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากเป็นช่วงฝนแล้ง ส่งผลทำให้ระดับความลึกดินล่างมีปริมาณความชื้นในดินน้อย ประกอบกับมีความชื้นในดินสะสมอยู่น้อยในช่วงเดือนก่อนหน้า

จากผลการศึกษา ทำให้ทราบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบของป่าดิบแล้งรุ่นสองทุกระดับความลึกดินมีค่าความชื้นในดินสูงที่สุด เพราะว่าในพื้นที่ถูกปกคลุมด้วยพืชพรรณหลากหลายชนิด หลายชั้นเรือนยอด รวมถึงมีไม้พื้นล่าง และกล้าไม้ขนาดต่าง ๆ กระจายอยู่ทั่ว อีกทั้งยังมีรากขนาดต่าง ๆ ที่มีการกระจายของระบบรากทั้งแนวราบและแนวดิ่งของหน้าตัดดิน ส่งผลทำให้มีความพรุนรวมของดินสูง ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ส่งผลต่อการดูดซับและการกักเก็บน้ำไว้ในดินที่ดี เช่นเดียวกับพื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง พบว่ามีความชื้นในดินใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองทุกระดับความลึกดิน เนื่องจากในพื้นที่มีการขึ้นทดแทนของสังคมพืชดั้งเดิม มีกล้าไม้ และไม้พื้นล่างขึ้นปกคลุมผิวดิน รวมทั้งไม่มีกิจกรรมใด ๆ ในพื้นที่ ดังนั้นจึงทำให้มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ มีความชื้นในดินมาก ในขณะที่พื้นที่ยางพารามีกิจกรรมในการใช้พื้นที่เกิดขึ้น เช่น การเข้าไปเหยียบย่ำของมนุษย์ทำให้ดินมีความอัดแน่นตัวของดินสูง ส่งผลทำให้ความชื้นที่จะถูกกักเก็บไว้ในดินมีน้อย สำหรับพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักที่พบว่ามีปริมาณความชื้นในดินต่ำที่สุดทุกระดับความลึกดิน เนื่องจากพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมมีต้นสักเป็นส่วนใหญ่ มีไม้พื้นล่างน้อย และมีการร่วงหล่นของใบในช่วงการผลัดใบปกคลุมพื้นผิวดินมาก น้ำฝนที่ตกลงมาในช่วงแรกจะถูกใบสักแห้งดักไว้ก่อนไหลซึมลงดิน ประกอบกับลักษณะดินเป็นดินทรายร่วน ส่งผลทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีความชื้นในดินน้อยตลอดเวลา นอกจากนี้ ปัจจัยทางด้านสมบัติดินบางประการ และลักษณะพืชพรรณปกคลุมแล้ว ยังพบว่า ปริมาณน้ำฝน

เป็นปัจจัยสำคัญมากต่อความชื้นในดิน โดยมีผลต่อความชื้นในดินที่ระดับความลึกดินบนและลดลงเมื่อระดับความลึกดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยของการระเหยน้ำ ลักษณะพืชพรรณ และกิจกรรมของมนุษย์ดังกล่าว (Choi and Jacobs, 2007; Gao *et al*., 2015; Chunlei *et al*., 2017; Guoce *et al*., 2017)

Table 2 Soil bulk density and soil moisture content in various land use types at the Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

Land use types	Soil depth (cm.)	Avg. BD (g/cm^3)	SMC (% by weight)						
			Wet period				Dry period		Avg.
			Apr	Jun	Aug	Oct	Dec	Feb	
para rubber	0 - 10	1.51	11.95	16.37	15.52	16.87	7.82	15.19	13.95
	10 - 30	1.60	11.28	14.71	13.45	14.09	8.93	12.07	12.42
	30 - 50	1.60	11.40	13.91	13.09	14.25	9.67	8.95	11.88
abandoned para rubber	0 - 10	1.39	11.45	17.87	20.31	21.36	11.18	16.15	16.44
	10 - 30	1.54	10.63	14.09	15.49	16.44	9.93	13.16	13.29
	30 - 50	1.55	10.92	13.44	14.78	14.83	9.23	10.29	12.25
forest restoration with teak	0 - 10	1.42	9.91	15.31	14.89	17.94	9.08	12.90	13.34
	10 - 30	1.50	8.07	12.91	11.90	14.01	7.60	10.50	10.83
	30 - 50	1.56	8.25	11.94	11.92	12.86	7.60	7.51	10.01
secondary dry evergreen forest	0 - 10	1.32	11.04	18.99	20.15	22.61	10.03	17.90	16.79
	10 - 30	1.45	9.09	15.38	16.33	17.70	9.16	14.50	13.69
	30 - 50	1.47	8.89	14.08	15.09	15.61	8.63	13.62	12.66

Remarks: BD= Bulk density, SMC= Soil moisture content, Wet period= April to October, Dry period= December and February.

การกักเก็บคาร์บอนในดิน

1. ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง และพื้นที่ยางพารา โดยที่ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.40, 2.57, 1.91 และ 1.12 ตามลำดับ (Table 3) โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของทุกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดที่ระดับดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) และลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ในพื้นที่ป่าธรรมชาติจะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูง โดยเฉพาะบริเวณดินชั้นบนที่มีการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์เกิดขึ้นมาก อีกทั้งในพื้นที่ป่ามีรากพืชหลายขนาดกระจายตัวตลอดชั้นความลึกดิน รากบางส่วนผุสลายและถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในดิน กลายเป็นแหล่งอินทรียวัตถุในดินและคาร์บอนอินทรีย์สะสม

อยู่ในดินตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ยางพารามีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์น้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่ยางพาราเป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว มีระบบรากและระบบเรือนยอดเพียงชั้นเดียว ประกอบกับผิวดินปราศจากพืชชั้นล่างปกคลุมดิน รวมทั้งปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในพื้นที่ยางพาราส่วนใหญ่มักจะถูกกำจัดออกจากพื้นที่ ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อย ทำให้มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินน้อยด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ Vatanagan (2012) ที่พบว่า ในแปลงว่างเปล่าที่ไม่มีพืชปกคลุมผิวดินมีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนในดินลดลง เนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินได้โดยง่าย ประกอบกับไม่มีมาตรการในการอนุรักษ์ดินละน้ำในพื้นที่ ส่วน Pattrawoot (2011) กล่าวว่า การปลูกแฝกคลุมผิวดินที่ระดับความลึกดิน 0-15 ซม. ช่วยลดการสูญเสียดินและช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าธรรมชาติไปเป็นพื้นที่ยางพารามีผลต่อปริมาณคาร์บอนในดินลดลงจากร้อยละ 2.9 เหลือ 2.1 เพราะปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินได้โดยง่าย และส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลงตามลำดับ (Mena *et al*., 2008; De Blecourt *et al*., 2013)

สำหรับในพื้นที่ยางพาราทิ้งร้างและพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พบว่า มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินทุกระดับความลึกดินใกล้เคียงกัน ยกเว้น ที่ระดับดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) ที่พบว่า พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มากกว่าในพื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง เพราะพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักมีการร่วงหล่นของใบในทุก ๆ ปี ทำให้บริเวณผิวหน้าดินของพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักมีใบสักแห้งร่วงหล่นเป็นจำนวนมาก และเกิดการย่อยสลายสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับดินบนชั้นบนมาก

Table 3 Monthly variations in soil organic carbon in each land use type at the Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

Land use types	Soil depth (cm)	Soil organic carbon (%)						
		Feb	Apr	Jun	Aug	Oct	Dec	Avg.
para rubber	0 - 10	1.25	1.13	0.82	1.16	1.06	1.29	1.12
	10 - 30	0.68	0.43	0.39	0.66	0.61	0.67	0.57
	30 - 50	0.40	0.36	0.30	0.50	0.51	0.42	0.42
abandoned para rubber	0 - 10	1.89	1.82	1.75	1.97	1.94	2.11	1.91
	10 - 30	0.96	0.90	0.88	1.02	0.95	1.22	0.99
	30 - 50	0.80	0.66	0.65	0.83	0.77	0.88	0.76
forest restoration with teak	0 - 10	2.53	2.68	2.09	2.45	2.68	2.99	2.57
	10 - 30	1.07	1.14	0.96	0.85	0.87	1.08	0.99
	30 - 50	0.73	0.67	0.64	0.67	0.58	0.65	0.66
secondary dry evergreen forest	0 - 10	3.33	3.38	3.28	3.40	3.43	3.61	3.40
	10 - 30	1.87	1.70	1.64	1.49	1.51	2.02	1.70
	30 - 50	1.20	1.34	1.15	1.17	1.06	1.27	1.20

จากการศึกษาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินรวม (0-50 ซม.) พบว่า ในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง และพื้นที่ยางพารา มีค่าเท่ากับ 128.17, 86.17, 79.36 และ 48.42 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในดินในทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีปริมาณมากที่สุดที่ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) และลดลงตามความลึกของดิน (Table 4 and Figure 3)

Table 4 Soil carbon stock in the various land use types at the Huai Hin Dat subwatershed in Rayong province.

Land use types	Soil carbon stock (tC ha^{-1})			
	0 - 10 cm. (10 cm.)	10 - 30 cm. (20 cm.)	30 - 50 cm. (20 cm.)	Total (50 cm.)
para rubber	16.89±2.59	18.23±4.24	13.30±2.86	48.42
abandoned para rubber	26.57±1.78	29.79±3.71	23.01±3.10	79.36
forest restoration with teak	35.99±4.29	29.79±3.51	20.39±1.36	86.17
secondary dry evergreen forest	44.25±2.65	49.00±6.06	34.92±2.46	128.17

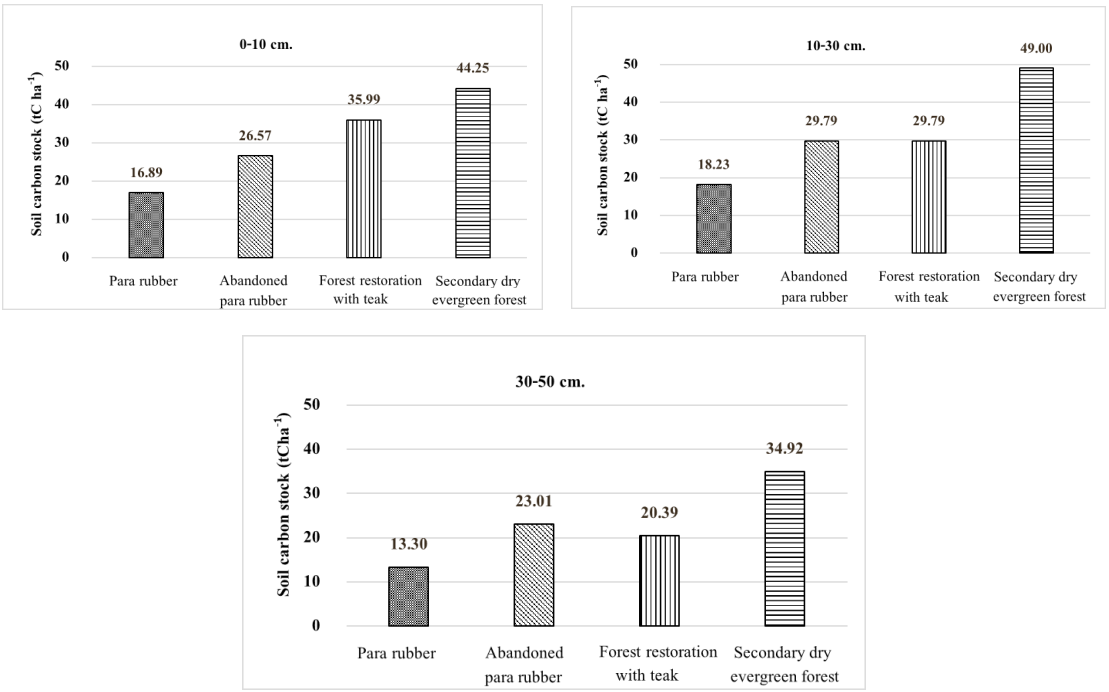


Figure 3 Soil carbon stock in various land use types at the Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในดินระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน และระหว่างความลึกของดินที่แตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ดังนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือพืชพรรณปกคลุมดินที่แตกต่างกัน รวมทั้งความลึกของดินนั้น จะมีผลต่อปริมาณคาร์บอนในดิน (Table 5)

Table 5 Analysis of variance (ANOVA) for soil organic carbon among the different land use types and soil depths.

Soil organic carbon	F - value
different land use types	
0 - 10 cm.	75.403**
10 - 30 cm.	76.132**
30 - 50 cm.	60.681**
different soil depths	
para rubber	98.128**
abandoned para rubber	77.462**
forest restoration with teak	156.310**
secondary dry evergreen forest	133.193**

Remark: ** Significance level at probability < 0.01

2. การแปรผันของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

จากการศึกษาการแปรผันของคาร์บอนอินทรีย์ในดินในรอบปี พบว่า ที่ดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) ของทุกรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงสุดในเดือนธันวาคม และมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินต่ำสุดในเดือนมิถุนายน โดยในป่าดิบแล้งรุ่นสองมีค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่ยางพาราทิ้งร้าง และพื้นที่ยางพารา ตามลำดับ (Table 3 and Figure 4) โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สะสมอยู่ที่ระดับความลึกดินบนมาก เนื่องจากมีการผุพังสลายตัวซากพืชซากสัตว์ ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดินมากกว่าระดับความลึกดินที่ลึกลงไป โดยเฉพาะในดินป่าไม้ (Thompson and Troch, 1978) และในเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่อินทรียวัตถุในดินมีการผุสลายตัวได้มากที่สุด ประกอบกับเดือนกันยายนและเดือนตุลาคมเป็นช่วงเดือนที่มีฝนตกมาก ส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นในดินมาก เป็นอีกปัจจัยที่หนึ่งเอื้อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์เพื่อย่อยซากพืชในดินได้ดีขึ้น ประกอบกับภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงทำให้เกิดอัตราการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นด้วย (Department of Soil Science, 1998; Irb, 2005; Brady and Weil, 2008; Hongxi *et al.*, 2016) ขณะที่ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินต่ำสุดในเดือนมิถุนายน เนื่องจากเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่ใบไม้ร่วงหล่นจำนวนมาก ประกอบกับเป็นช่วงที่พึ่งเข้าสู่ฤดูฝน ส่งผลทำให้กิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินยังมีไม่มากนัก เมื่อผ่านเดือนมิถุนายนปริมาณน้ำฝนตกในพื้นที่มีมากขึ้น ส่งผลทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้นและเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งให้เกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินและสะสมในเดือนถัดไป ในขณะที่ระดับความลึกดินบนชั้นล่าง (10-30 ซม.) และดินล่าง (30-50 ซม.) มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์แปรผันในแต่ละเดือนแตกต่างกัน เพราะปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากการชะละลาย

ของน้ำจากระดับความลึกดินบนสู่ระดับความลึกดินล่าง สอดคล้องกับ Guo and Gifford (2002) นอกจากนี้ พบว่าที่ระดับความลึกดิน 0-10 เซนติเมตร ปริมาณคาร์บอนในดินของพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง พื้นที่ยางพาราทิ้งร้างและพื้นที่ยางพารา จะมีความแปรผันในรอบปีค่อนข้างน้อยกว่าพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก

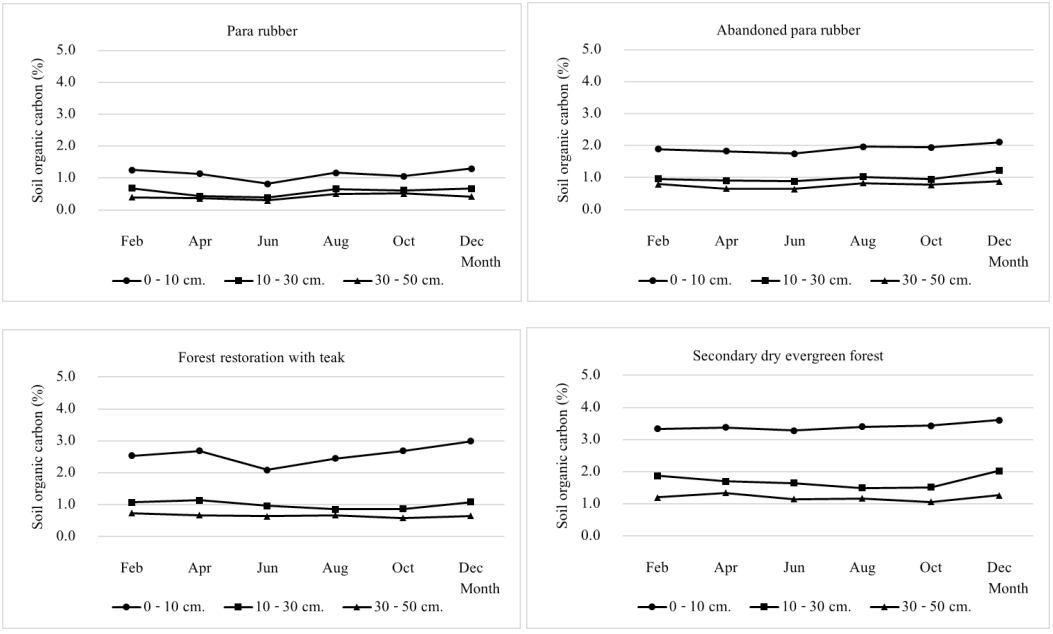


Figure 4 Variations of soil organic carbon in various land use types at the Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province.

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดินบางประการ

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณความชื้นในดิน แต่มีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย ในขณะที่พื้นที่สวนยางพาราไม่มีความสัมพันธ์กัน (Table 6) นั่นคือเมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้นปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เพราะความชื้นในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินสูง ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงขึ้นตาม อย่างไรก็ตาม หากมีความชื้นในดินที่สูงเกินหรือต่ำเกินไปอาจทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินลดลง ในขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน โดยมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง กล่าวคือ เมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินจะลดลง เนื่องจากดินที่มีการอัดแน่นตัวดินสูง ส่งผลทำให้ความพรุนรวมของดินต่ำ การระบายน้ำและอากาศลดลง ทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินลดลง ขณะเดียวกันการที่ดินมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดินและความคงทนของเม็ดดิน ดังนั้น สมบัติของดินจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ได้แก่ ความชื้นในดินที่เหมาะสม การระบายน้ำและอากาศในดินที่ดีที่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในดิน โดยมีผลต่อกระบวนการหมุนเวียนของธาตุอาหารและเกิดการพัฒนาโครงสร้างของดินที่ดีอยู่ตลอดเวลา (De Blecourt *et al*., 2013; Duchicela *et al.*, 2013; Häring *et al.*, 2013; Hongxi *et al.*, 2016)

Table 6 Correlation between soil organic carbon and various soil properties.

Land use types	Pearson correlation coefficients; r	
	Soil properties	
	Soil moisture content (% by weight)	Bulk density (g/cm^3)
para rubber	0.088^{ns}	-0.360**
abandoned para rubber	0.476**	-0.674**
forest restoration with teak	0.352**	-0.674**
secondary dry evergreen forest	0.403**	-0.676**

Remarks: ** Significance level at probability < 0.01, ^{ns} Non significance

สรุป

ในพื้นที่ศึกษา เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ขณะที่พื้นที่สวนยางพาราที่ระดับความลึกดินดินบนชั้นบนเป็นดินทรายร่วน ที่มีค่าปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัด ยกเว้น ที่ระดับความลึกดินบนชั้นบนของป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักมีค่าปฏิกิริยาของดินปานกลาง โดยทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุดในระดับดินบนและลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในพื้นที่สวนยางพารา รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้าง และป่าดิบแล้งรุ่นสอง โดยความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยมีค่าต่ำสุดที่ดินชั้นบนและมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความความลึกของดินที่เพิ่มขึ้นในทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับความชื้นในดินเฉลี่ยในทุกระดับความลึกดินมีค่าสูงสุดในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง รองลงมาคือ พื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้าง พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สักตามลำดับ โดยค่าความชื้นในดินมีค่าสูงสุดที่ดินบนและลดลงตามความลึกดินที่เพิ่มขึ้น ความชื้นในดินมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมและมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม ซึ่งสอดคล้องกับการตกของฝนในพื้นที่ ปริมาณคาร์บอนในดิน พบว่า ปริมาณคาร์บอนสะสมมากที่สุดในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง รองลงมาคือ พื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยไม้สัก พื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้าง และพื้นที่สวนยางพารา ตามลำดับ โดยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์เฉลี่ยมีค่าสูงสุดที่ระดับดินบนและลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน อีกทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดินและระดับความลึกดิน มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน นอกจากนี้ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดินแต่อยู่ในระดับน้อยในทุกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ยกเว้น ในพื้นที่สวนยางพาราที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของดินในระดับปานกลาง

จะเห็นได้ว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันมีผลต่อสมบัติดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้ส่งผลต่อสมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนในดินดีที่สุด ในขณะที่พื้นที่ฟื้นฟูด้วยไม้สักและพื้นที่สวนยางพาราทิ้งร้าง โดยรวมให้ผลที่ดีกว่าพื้นที่สวนยางพารา

คำนิยม

การศึกษาในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง สำหรับความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์ในดิน และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์สมบัติดินด้านอื่น ๆ

REFERENCES

Benbi, D.K. and M. Chand. 2007. Quantifying the effect of soil organic matter on indigenous soil N supply and wheat productivity in semiarid sub-tropical India. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 79: 103-112.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods.** 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Choi, M. and J.M. Jacobs. 2007. Soil moisture variability of root zone profiles within SMEX02 remote sensing footprints. **Advances in Water Resources** 30: 883-896.

Chunlei, Z., X. Jia, Y. Zhu and M. Shao. 2017. Long-term temporal variations of soil water content under different vegetation types in the Loess Plateau, China. **Catena** 158: 55-62.

De Blecourt, M., R. Brumme, J. Xu, M.D. Corre and E. Veldkamp. 2013. Soil carbon stock decrease following conversion of secondary forests to rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations. **PLoS One** 8: 69357.

Department of Soil Science. 1998. **Introduction to Soil Science**. 9th ed. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok.

Dokpikul, V. 2012. **Estimation of Soil Loss and Soil Organic Carbon Content in Different Vetiver Experimental Plots at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Duchicela, J., S.T. Sullian, E. Bontti and J.D. Bever. 2013. Soil aggregate stability increase is strongly related to fungal community succession along an abandoned agricultural field chronosequence in the Bolivian Altiplano. **Journal of Applied Ecology** 50: 1266-1273.

Franzluebbers, A.J. 2010. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern United States. **Soil Science Society of America Journal** 74: 347-357.

Gao, L., M.A. Shao X.H. Peng and D.L. She. 2015. Spatial-temporal variability and temporal stability of water contents distributed within soil profiles at a hillslope scale. **Catena** 132: 29-36.

Gardner, W.H. 1986. Water content, pp. 1-21. *In* A. Klut, ed. **Method of Soil Analysis. Part 1 Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Guo, L.B. and R.M. Gifford. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. **Global Change Biology** 8: 345-360.

Guoce, X., T. Zhang, Z. Li, P. Li, Y. Cheng and S. Cheng. 2017. Temporal and spatial characteristics of soil water content in diverse soil layers on land terraces of the Loess Plateau, China. **Catena** 158: 20-29.

Häring, V., H. Fischer, G. Cadisch and K. Stahr. 2013. Implication of erosion on the assessment of decomposition and humification of soil organic carbon after land use change in tropical agricultural system. **Soil Biology and Biochemistry** 65: 158-167.

Hongxi, L., S. Blagodatsky, M. Giese, F. Liu, J. Xu and G. Cadisch. 2016. Impact of herbicide

application on soil erosion and induced carbon loss in a rubber plantation of Southwest China. **Catena** 145: 180-192.

Hudson, J.M., S.A. Gherini and R.A. Goldstein. 1994. Modelling the global carbon cycle: nitrogen fertilization of the terrestrial biosphere and the "missing" CO_2 sink. **Global Biogeochemical Cycles** 8: 307-333.

Jacobs, G.K., R.C. Dahlman and F.B. Metting. 2001. Carbon sequestration in terrestrial ecosystems: A status report on R&D Progress. *In* **Proceedings of the First National Conference on Carbon Sequestration**. Washington, D.C.

Jury, W.A., W.R. Gardner and W.H. Gardner. 1991. **Soil Physics**. 5th ed. John willey & Sons, Inc., New York.

Kheoruenromne, I. 2005. **Soil Survey**. 2nd ed. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok.

Lal, R. 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. **Progress in Environmental Science** 1(4): 307-326.

Mena, M.M., J. Lopez, M. Almagro, C.B. Fayos and J. Albaladejo. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. **Soil and Tillage Research** 99: 119-129.

Rasool, R., S.S. Kukul and G.S. Hira. 2008. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize–wheat system. **Soil and Tillage Research** 101: 31-36.

Sripo, P. 2011. **Efficiency of Vetiver in Preventing Soil Loss and Soil Carbon Storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaingn Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Thompson, L.M. and F.R. Troch. 1978. **Soil and Soil Fertility**. 4th ed. McGraw-Hill Inc., New York.

Undawatta, R.P., S.H. Anderson, C.J. Gantzer and H.E. Garrett. 2008. Influence of prairie restoration on CT-measured soil pore characteristics. **Journal of Environmental Quality** 37: 219-228.

Walkley, A. and I.A. Black. 1947. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil. Sci.** 37: 29-38.

Wright, J.T., G.W. Marcy, D.A. Fischer, R.P. Butler, S.S. Vogt, C.G. Tinney, H.R. Jones, B.D. Carter, J.A. Johnson, C. McCarthy and K. Apps. 2007. Four new exoplanets and hints of additional substellar companions to exoplanet host stars. **The Astrophysical Journal** 657: 533-545.