

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

Soil Carbon Dioxide Emission and Soil Carbon Stock in Different Forest Types at Doi Suthep - Pui National Park, Chiang Mai Province

วรพัชร วิชัยสุชาติ (Worrapat Wichaisuchat)* ดร.สมณิมิตร พุกงาม (Dr.Somnimirt Pukngam)**

ดร.ปิยพงษ์ ทองดินนอก (Dr.Piyapong Tongdeenok)¹** ดร.นฤมล แก้วจำปา (Dr.Nauemol Kaewjampa)**

ดร.รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์ (Dr.Rochana Tangkoonboribun)***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผันแปรและเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บคาร์บอนในดิน ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าต่างๆ ประกอบด้วย ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขา โดยวางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร วัดอัตราการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากดินรายชั่วโมง โดยวิธี Close Dynamic Chamber Method ด้วยเครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Environmental Gas Monitor Infrared Gas Analyzer; EGM-4) วัดความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศและเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวน โครงสร้างดิน (Disturbed Soil Sample) ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ในแต่ละชนิดป่าเพื่อศึกษาสมบัติดินบางประการ โดยเก็บข้อมูลทุกๆ เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2559 ถึงเดือนสิงหาคม 2560 ผลการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ โดยมีค่าเท่ากับ 0.51 0.46 และ 0.43 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนในดินพบว่า ป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังเท่ากับ 0.21 0.13 และ 0.12 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อม สมบัติดินกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินรายปีพบว่า ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ความเป็นกรด-ด่างของดิน การนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีอิทธิพลสูงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน และยังพบว่า ความสัมพันธ์รายฤดูกาล มีความสัมพันธ์สูงมาก ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย และปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ มีอิทธิพลสูงกว่าสมบัติดินในทุกชนิดป่า

¹ Correspondent author: jforppt@ku.ac.th

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** หัวหน้า ห้องปฏิบัติการดินและปุ๋ย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate 1) the variation and comparison of carbon dioxide emissions and soil carbon stock and 2) the relationship between environmental factors and soil properties with carbon dioxide emissions and soil carbon stock in different forest types consist of dry dipterocarp forest, mixed deciduous forest and hill evergreen forest during September 2016-August 2017 by data collection every month. In this study squares of 40 m × 40 m was used for CO₂ emission measurement and soil sampling collection at the same time. The measure of CO₂ emissions was taken by Close Dynamic Chamber Method using EGM-4 soil moisture, soil temperature and air temperature were measurements. Disturbed soil samples were taken at 0-5 cm soil depth in different forest types for analysis of some soil properties. The results found that hill evergreen forest posed highest CO₂ emission, moderately in dry dipterocarp forest and lowest in a mixed deciduous forest which was 0.51, 0.46 and 0.43 gCO₂/m²/hr., respectively. While, soil carbon stock was highest in hill evergreen forest, moderate in mixed deciduous forest and lowest in dry dipterocarp forest which was 0.21, 0.13 and 0.12 g/m², respectively. The yearly relationship between environmental factors and soil properties with CO₂ emissions and soil carbon stock revealed that soil moisture, soil temperature, air temperature, rainfall amount, Total-N, exch. Mg, exch. Na, exch. Ca, CEC, pH, EC, OC and OM were highly influential on CO₂ emissions and soil carbon stock. Furthermore, the seasonal relationship showed a high correlation in both wet and dry seasons, while, slightly higher in the wet season. However, environmental factors such as soil moisture, soil temperature and air temperature were higher influence than soil properties in all of the forest types.

คำสำคัญ: การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การกักเก็บคาร์บอนในดิน อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

Keywords: Soil carbon dioxide emission, Soil carbon stock, Doi suthep - pui national park

บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO₂) เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) การเปลี่ยนแปลงทั้งสภาพอากาศ ภัยพิบัติและเกิดการละลายของธารน้ำแข็ง การฟอกขาวของปะการัง ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลง ฤดูกาลที่ไม่แน่นอน การเกิดอุทกภัย พายุที่รุนแรง อุณหภูมิที่สูงขึ้น ความแห้งแล้งที่ยาวนานและมีความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศกลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรคาร์บอนในพื้นที่ลุ่มน้ำและพื้นที่ป่าไม้ นับเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ทั้งในด้านการปลดปล่อยและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยระบบนิเวศป่าไม้เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนและปลดปล่อยที่มีความสมดุล เนื่องจากป่าไม้เป็นตัวควบคุมในระบบนิเวศ (Ecological regulator) ทำให้เกิดสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ โดยสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และนำมากักเก็บสะสมคาร์บอนในส่วนเหนือพื้นดินเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) และใต้พื้นดินสะสมอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter) ส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบในกระบวนการหายใจของพืช และจุลินทรีย์ในดิน โดยเป็นการหายใจของรากพืช และกระบวนการย่อยสลายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่ง Hanson [1] ได้ศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแต่ละฤดูกาลที่มีความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ป่าแต่ละชนิดของต้น โอ๊กหลายแห่งของสหรัฐอเมริกาและยุโรป สำหรับใน

ประเทศไทยข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ป่าธรรมชาตินั้นยังมีการศึกษาน้อยมาก ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ เพื่อนำไปเปรียบเทียบสัดส่วนของคาร์บอนในการศึกษาสมมูลคาร์บอนในแต่ละพื้นที่ป่าแต่ละชนิด

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑล (Biosphere reserve) ที่มีการอนุรักษ์และมีลักษณะเด่นของพื้นที่ที่มีความแตกต่างของชนิดพรรณไม้ตามระดับความสูง จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในป่าของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินของพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา บริเวณอุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

อุปกรณ์ในการทำวิจัยประกอบด้วย แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ราวาง 4746 I ลำดับชุด L7018 WGS1984 เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System; GPS) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ กระบอกลูกเต๋า (Soil core) เหล็กต่ง ค้อนยาง กรรไกร มีด พลั่ว จอบ ถุงพลาสติกเก็บดิน เทปขาว และปากกา อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินประกอบด้วย เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, Micro Kjeldahl Distillation Apparatus, Digestion Apparatus, Spectrophotometer, pH Meter, EC Meter, เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง โกร่งบดตัวอย่างดิน ตะแกรงร่อนดิน (Sieve) ขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร และตู้อบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Environmental Gas Monitor Infrared Gas Analyzer; EGM-4) เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Concentration) กระบอก SRC-1 Chamber เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร กระบอกทำจากท่อพีวีซี (Collar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร เครื่องมือวัดอุณหภูมิดิน (Soil Thermometer Probe) เครื่องเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ (Air Temperature Thermometer) เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Frequency Domain Reflectometry (FDR) เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ โปรแกรม Microsoft Office Version 2010 และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 21

วิธีการวิจัย

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาดังแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. วัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินด้วยวิธี Close Dynamic Chamber Method [2] มีขั้นตอนดังนี้

1.1 กำหนดและวางแผนแปลงตัวอย่างจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และแผนที่ชุดดิน รวมทั้งสำรวจพื้นที่จริง เพื่อทำการวางแผนแปลงตัวอย่างในพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา ทำการวางแผนขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 1 แปลง ในป่าแต่ละชนิดเพื่อติดตั้ง Collar ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 5



เซนติเมตร ฟัง Collar ไว้ในดินจำนวนแปลงละ 3 จุด โดยไม่รบกวนโครงสร้างดินที่อยู่ภายในกระบอกร ทำการติดตั้ง Collar ก่อนการวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินก่อน 1 เดือน

1.2 วัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแต่ละ Collar ที่ทำการฝังทิ้งไว้ด้วยเครื่อง EGM-4 โดยทำการวัดทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้งๆ ละ 1 วัน ในแต่ละวันทำการวัดทุกชั่วโมง ระหว่าง 06.00-17.00 น. โดยวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศก่อนเพื่อสอบเทียบค่าโดยระบบจะตั้งค่าให้ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เป็นค่าเปรียบเทียบหรือค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นนำ Chamber ที่ต่อกับเครื่องสวมเข้ากับ Collar ฟังไว้ในดิน สำหรับวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ซึ่งการวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเป็นระบบปิด อากาศภายใน Chamber มีการหมุนเวียนผสมกันด้วยพัดลมดูดอากาศโดย EGM-4 วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทุก 5 วินาที และหาค่าเฉลี่ย ซึ่งการวัดจะสิ้นสุดลงเมื่อเวลาครบ 120 วินาที โดยวิธีของ Elbers [3]

2. วัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดิน

วัดอุณหภูมิอากาศโดยใช้ Thermometer และวัดอุณหภูมิของดินโดยต่ออุปกรณ์เครื่องวัดอุณหภูมิดิน (Probe) ที่ใช้วัดอุณหภูมิดินเข้ากับตัวเครื่อง (EGM-4) ซึ่งมี Sensor ที่สามารถวัดอุณหภูมิดินได้ ในช่วงเวลาเดียวกันกับการวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน

3. วัดข้อมูลความชื้นในดิน

วัดความชื้นในดินด้วยเครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Frequency Domain Reflectometry (FDR) ตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกันกับการวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินโดยค่าที่ได้เป็นค่าความชื้นโดยปริมาตร (เปอร์เซ็นต์โดย ปริมาตร)

4. ปริมาณน้ำฝนรายเดือน

รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560

5. เก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ในแปลงขนาด 40 x 40 เมตร ทุกพื้นที่ป่า จำนวน 3 จุด/แปลง เป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าให้ครอบคลุมพื้นที่แปลง โดยเก็บตัวอย่างแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (Undisturbed Sample) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความชื้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และเก็บตัวอย่างแบบรบกวนโครงสร้างดิน (Disturbed Sample) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail.P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.K) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Mg) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Na) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Ca) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บตัวอย่างดินทุกเดือน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน

ทำการคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินโดยสมการ (1) Field [2] ดังนี้

$$F = \frac{dC_i}{dt} \frac{V}{A} \quad (1)$$

เมื่อ F = การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)
 V = ปริมาตรของ Chamber (ลูกบาศก์เมตร)
 A = พื้นที่หน้าตัดของ Chamber (ตารางเมตร)
 $\frac{dC_i}{dt}$ = อัตราการเพิ่มขึ้นของมวลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน Chamber ต่อหน่วยเวลา (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

6.2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดิน

ทำการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินโดยสมการ (2) Coleman [4] ดังนี้

$$C_i = K_d \times \rho \times \%C_{\text{organic}} \quad (2)$$

เมื่อ C_i = การกักเก็บคาร์บอนในดิน (กรัมต่อตารางเมตร)
 $\%C_{\text{organic}}$ = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ร้อยละ)
 ρ = ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
 K_d = ความลึกดิน (เมตร)

6.3 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลปัจจัยแวดล้อม สมบัติดินบางประการ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนของดินแต่ละชนิดป่า แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Analysis ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 21

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและสมบัติของดินกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนของดินในพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา วิเคราะห์โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) โดยแบ่งข้อมูลในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินกับปัจจัยแวดล้อมและระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินกับสมบัติดิน โดยวิเคราะห์ในช่วงฤดูฝน ฤดูแล้งและรายปี

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยแวดล้อมและระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินกับสมบัติของดิน โดยวิเคราะห์ในช่วงฤดูฝน ฤดูแล้งและรายปี

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ปัจจัยแวดล้อม สมบัติดิน ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

1.1 ปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ พบว่า ความชื้นดินเฉลี่ยรายปีมีค่าสูงสุดในป่าดิบเขา รองลงมาได้แก่ ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีค่าเฉลี่ยร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 32.94 17.25 และ 8.22 ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีมีค่าสูงสุดในป่าเต็งรัง รองลงมาได้แก่ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา โดย



อุณหภูมิดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.72 24.34 และ 20.28 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.0 24.64 และ 20.49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยแวดล้อมแต่ละดัชนีในแต่ละชนิดป่า พบว่า ปัจจัยแวดล้อมทุกปัจจัยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างป่าแต่ละชนิด (ตารางที่ 1)

1.2 สมบัติดินบางประการ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail.P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.K) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Mg) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Na) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Ca) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) การนำไฟฟ้าของดิน (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) และความหนาแน่นรวมของดิน (BD) สามารถอธิบายได้ดังนี้

1.2.1 ค่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละชนิดป่ามีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าดิบเขา รองลงมาได้แก่ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) มีค่าร้อยละ 0.41 0.20 และ 0.15 ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) โดยมีค่าร้อยละ 8.15 3.91 และ 2.94 ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) โดยมีค่าร้อยละ 4.70 2.27 และ 1.70 ตามลำดับ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) มีค่า 26.58 16.63 และ 11.40 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

1.2.2 ค่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละชนิดป่ามีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ รองลงมาได้แก่ป่าดิบเขา และป่าเต็งรัง พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.K) มีค่า 201.19 92.77 และ 70.21 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Na) มีค่า 254.41 234.58 และ 229.08 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

1.2.3 ค่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละชนิดป่ามีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ รองลงมาได้แก่ป่าเต็งรัง และป่าดิบเขา พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Mg) มีค่า 164.80 117.93 และ 42.38 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Ca) มีค่า 455.83 276.80 และ 20.49 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) มีค่า 5.38 5.18 และ 4.55 ตามลำดับ

1.2.4 ค่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละชนิดป่ามีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าเต็งรัง รองลงมาได้แก่ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา พบว่า ความหนาแน่นรวมของดิน (BD) มีค่า 1.46 1.31 และ 0.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

1.2.5 ค่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละชนิดป่ามีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าเต็งรัง รองลงมาได้แก่ป่าดิบเขา และป่าเบญจพรรณ ตามลำดับ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail.P) มีค่า 4.38 3.73 และ 3.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) มีค่า 0.04 0.03 และ 0.02 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของสมบัติดินบางประการของแต่ละดัชนีในแต่ละชนิดป่า พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.K) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Mg) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Ca) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) และความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ในป่าแต่ละชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail.P) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Na) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ทุกชนิดป่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

1.3 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน พบว่า ป่าดิบเขามีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมากที่สุดเท่ากับ 0.51 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง รองลงมาได้แก่ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 0.46 และ 0.43 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 3) โดยป่าแต่ละชนิดมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงในช่วงฤดูฝน (เม.ย.-ค.ย.) และลดลงในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.-มี.ค.) เนื่องจากมีปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ในช่วงฤดูฝนมากกว่าในช่วงฤดูแล้งทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสูง สอดคล้อง

กับ Borken [5] Lee [6] Liu [7] Shoji [8] ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมีปริมาณสูงในช่วงฤดูฝน และมีปริมาณต่ำในช่วงฤดูแล้ง และ Panuthai [9] ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในป่าเบญจพรรณผสม พบว่า มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดในเดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 2.199 และ 0.093 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อวินาที ส่วน Santhong [10] ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่บริเวณอุทยานสิ่งแวดล้อมนานาชาติสิรินธร จังหวัดเพชรบุรี และแปลงปลูกยูคาลิปตัส บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พบว่า มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงในช่วงฤดูฝนและมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำในฤดูแล้ง รวมถึง Wangluk [11] ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในสวนสักและป่าเบญจพรรณจังหวัดลำปาง พบว่า สวนสักมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 150.7 และ 117.2 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ส่วนป่าเบญจพรรณ มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 148.5 และ 106.4 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

1.4 การกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่า ป่าดิบเขามีการกักเก็บคาร์บอนในดินมากที่สุด เท่ากับ 0.21 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีค่าเท่ากับ 0.13 และ 0.12 กรัมต่อตารางเมตร หรือ 21.0 14.2 และ 12.4 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 4) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินแปรผันตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินโดยมีปริมาณการเก็บกักมากในช่วงฤดูฝน ในขณะที่ปริมาณการเก็บกักน้อยในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ รวมไปถึงการรบกวนและการย่อยสลายของเศษซากพืชที่แตกต่างกันมีผลต่อการเก็บกักคาร์บอนในดิน ซึ่ง Phajane [12] พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินมีความแปรผันขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความชื้นดิน ลักษณะของโครงสร้างดิน และระดับความลึกดิน ในขณะที่ Santhong [10] ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่อุทยานสิ่งแวดล้อมนานาชาติสิรินธร จังหวัดเพชรบุรี และแปลงปลูกยูคาลิปตัสในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มีค่าเท่ากับ 0.054 และ 0.029 กิโลกรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ Takahashi [13] ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ จังหวัดกาญจนบุรี ในชั้นอินทรีย์วัตถุ ในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร และ 0-120 เซนติเมตร พบว่า อยู่ในช่วง 0.22-0.30 5.55-6.83 และ 11.00-12.60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2. เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

2.1 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเฉลี่ยรายปี พบว่า ในป่าแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ป่าดิบเขามีค่าสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ในแต่ละเดือนของป่าชนิดต่างๆ พบว่า ในป่าแต่ละชนิดมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่เดือนพฤษภาคม และตุลาคม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยป่าดิบเขามีค่ามากที่สุดในทุกเดือน (ภาพที่ 1 และตารางที่ 3) เนื่องจาก ป่าดิบเขามีความหลากหลายและความหนาแน่นของพรรณไม้ ชนิดไม้ มวลชีวภาพของรากขนาดเล็ก และปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และสมบัติของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อกิจกรรมของรากพืช และจุลินทรีย์ รวมไปถึงสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก ทำให้มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ในขณะที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ มีลักษณะปัจจัยแวดล้อมและสมบัติของดินที่คล้ายกัน รวมไปถึงสภาพพื้นที่ป่าไม้ชนิดพรรณไม้เด่น ไม่แตกต่างกัน จึงมีผลทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใกล้เคียง



กัน สอดคล้องกับ Panuthai [9] พบว่า ในป่าเบญจพรรณมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน เท่ากับ 0.744 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อวินาที และ Wangluk [11] พบว่า สวนสักมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน เท่ากับ 136.7 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ส่วนป่าเบญจพรรณ มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน เท่ากับ 131.0 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และการศึกษาของ Hasin [14] พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ป่าดิบแล้งของสถานีวิจัยเวดล้อมสะแกราช อยู่ในช่วง 0.21-0.97 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้การศึกษาของ Borken [15] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าเขตร้อน พบว่า การเพิ่มขึ้นของความชื้นในดินจะส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสูงขึ้นและความชื้นในดินยังช่วยจุลินทรีย์ในดินที่พักตัวเนื่องจากอยู่ในสภาพดินที่แห้งสามารถทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Sirirat [16] ได้ทำการศึกษา พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่มาก จะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมากตามไปด้วย

2.2 การกักเก็บคาร์บอนในดินค่าเฉลี่ยรายปีที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร พบว่า ในป่าแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยป่าดิบเขาที่มีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในขณะที่ป่าดิบเขา มีความแตกต่างทางสถิติกับป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ส่วนป่าเต็งรังกับเบญจพรรณ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ยรายเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในเดือนมีนาคม พฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม และกันยายน ในขณะที่เดือน มกราคม กุมภาพันธ์ เมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยป่าดิบเขาที่มีค่ามากที่สุดในทุกเดือน (ภาพที่ 1 และตารางที่ 4) ทั้งนี้พบว่า ปัจจัยแวดล้อม สมบัติของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการรบกวนและการย่อยสลายของเศษซากพืชที่แตกต่างกันมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินสอดคล้องกับ Tangtham [17] พบว่า พื้นที่ป่าไม้กักเก็บคาร์บอนในดินนั้นมีความผันแปรไปตามชนิดของป่า ลักษณะของพื้นที่ ชนิด และโครงสร้างของดิน เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร โดยป่าดิบชื้นมีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงสุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ ป่าชายเลน ป่าสน และป่าเต็งรัง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sirirat [18] ในจังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ป่าดิบเขา มีการกักเก็บคาร์บอนในดินได้ถึงระดับความลึก 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 237.3 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.5 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนป่าดิบแล้งและป่าสนเขา มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 145.3 และ 132.0 ตันต่อเฮกตาร์ โดยป่าเต็งรังมีการกักเก็บคาร์บอนต่ำกว่าป่าธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.8 ตันต่อเฮกตาร์

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและสมบัติของดินกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินรายปี บริเวณพื้นที่ป่าต่างชนิดกันสามารถอธิบายได้ ดังนี้

3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและปัจจัยแวดล้อม พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าดิบเขา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงเท่ากับ 0.83 ในขณะที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีความสัมพันธ์น้อย โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ต่ำมาก เท่ากับ 0.38 และ 0.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและสมบัติดิน พบว่า สมบัติดินบางประการมีอิทธิพลกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ได้แก่ Total-N, exch.Mg, exch.Na, exch.Ca, CEC, pH, EC และ OM โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าเบญจพรรณ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า

สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูง เท่ากับ 0.88 ส่วนป่าเต็งรังและป่าดิบเขา พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0.75 (ตารางที่ 5)

3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยแวดล้อม พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับการเก็บกักคาร์บอนในดิน ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าดิบเขา อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ปานกลาง เท่ากับ 0.54 รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ต่ำ เท่ากับ 0.48 และป่าเต็งรังต่ำสุด พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ต่ำ เท่ากับ 0.44 (ตารางที่ 5)

3.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและสมบัติดิน พบว่า สมบัติดินบางประการมีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้แก่ Total-N, excl.Mg, excl.Na, excl.Ca, CEC, pH, EC และ OM โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าดิบเขา อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.93 รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.91 และป่าเต็งรังต่ำสุด พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูง เท่ากับ 0.86 (ตารางที่ 5)

ทั้งนี้ เนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัยรวมไปถึงสมบัติดินบางประการ ที่มีผลทางอ้อมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และสัตว์หน้าดินขนาดเล็กในดิน ทำให้มีกิจกรรมการย่อยสลายที่สูง จึงมีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงตามไปด้วย แต่เมื่อพิจารณาแยกปัจจัย พบว่า ระดับความสัมพันธ์มีค่าต่ำ-ต่ำมาก เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีอิทธิพลเด่น แต่ทุกปัจจัยเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินสอดคล้องกับ Panuthai [9] พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินคือ ความชื้นดิน ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิดิน และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าดิบแล้งมีความสัมพันธ์สูงกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดินนอกจากนี้ Takahashi [13] Wiriyatangsakul [19] Dorji [20] พบว่า ความชื้นดินและอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการศึกษาของ Santhong [10] พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คือ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน อินทรีย์วัตถุในดิน

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินรายฤดูกาล บริเวณพื้นที่ป่าต่างชนิดกัน

3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินกับปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินในช่วงฤดูฝน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินได้แก่ อินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ โดยมีค่าความสัมพันธ์สูงสุดในป่าดิบเขา อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ ป่าเต็งรัง พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.94 และป่าเบญจพรรณต่ำสุด พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.90 ส่วนช่วงฤดูแล้ง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าเต็งรังและป่าดิบเขา อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.97 ในขณะที่ป่าเบญจพรรณ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูง เท่ากับ 0.82 (ตารางที่ 6)



3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินในช่วงฤดูฝน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าเต็งรัง โดยพบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ ป่าดิบเขา พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.94 ในขณะที่ป่าเบญจพรรณปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินมีความสัมพันธ์น้อยกับการเก็บกักคาร์บอนในดิน พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ต่ำ เท่ากับ 0.32 ส่วนช่วงฤดูแล้ง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ โดยมีความสัมพันธ์สูงสุดในป่าดิบเขา พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.97 และป่าเต็งรังต่ำสุด พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงมาก เท่ากับ 0.93 (ตารางที่ 6)

จากผลการการศึกษา พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินรายฤดูกาล มีค่าความสัมพันธ์สูงกว่าความสัมพันธ์รายปี เนื่องจากช่วงฤดูฝน จุลินทรีย์มีกิจกรรมการย่อยสลายและมีจำนวนสัตว์หน้าดินขนาดเล็กสูง ทำให้มีค่าความสัมพันธ์สูงมากในทุกชนิดป่า นอกจากนี้การศึกษาของ Adachi [21] พบว่า มวลชีวภาพของรากขนาดเล็ก ความชื้นในดิน และปริมาณคาร์บอนในดิน เป็นปัจจัยสำคัญต่อการหายใจของดิน ส่วนสมบัติของดินบางประการนั้นแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ดิน ที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในดินและการเจริญเติบโตของต้นไม้ ที่มีความสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน ซึ่ง Xu [22] พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ในขณะที่ Sahunaru [23] พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน จะแตกต่างกันไปตามสมบัติของดินและพรรณพืชที่ปกคลุม สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมต่างๆ นั้นจะทำให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินแปรผันไปอย่างมาก โดยทั่วไปแล้วเมื่อในดินมีจำนวนจุลินทรีย์สูง จะเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสูงตามไปด้วย ส่วนการศึกษาของ Samreong [24] พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมีผลมาจากปริมาณการร่วนหล่น ลักษณะของดิน และชนิดของป่าที่ต่างกัน

สรุป

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน มีค่าเฉลี่ยสูงในฤดูฝนและมีค่าเฉลี่ยต่ำในฤดูแล้ง โดยป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 0.46 และ 0.43 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในดินพบว่า ป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 0.13 และ 0.12 กรัมต่อตารางเมตร หรือ 0.21 14.2 และ 12.4 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและสมบัติดินกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินรายปี พบว่า ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีอิทธิพลสูงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน ส่วนความสัมพันธ์รายฤดูกาล พบว่า มีความสัมพันธ์สูงทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนมีค่าสูง

กว่าเล็กน้อยและปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ มีอิทธิพลสูงมากกว่าสมบัติดินในทุกชนิดป่า

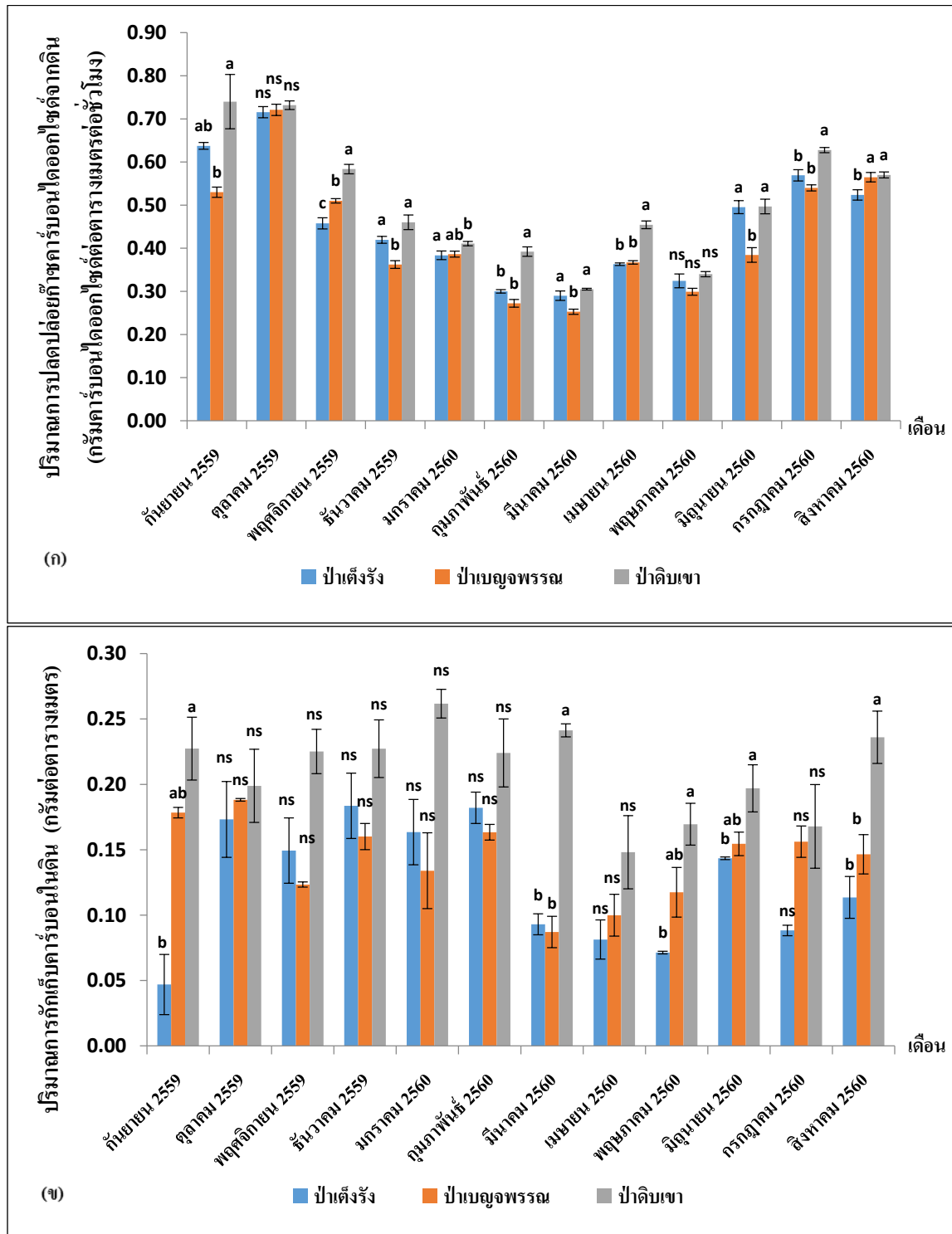
สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับชุมชนและสังคมโดยการจัดการที่ดิน การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ จัดการโครงสร้างของพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีพื้นที่ป่าไม้ในสัดส่วนที่เหมาะสม เช่น ประมาณ 2 ใน 3 หรือร้อยละ 70 ของพื้นที่ Chunkao [25] ซึ่งจะก่อให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศลุ่มน้ำ โดยการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้จะสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน และสามารถลดสาเหตุของการเกิด Greenhouse gases ลดลง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะภูมิอากาศ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโลกร้อน ที่จะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของชุมชนและสังคม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

1. Hanson PJ, Wullschelger SD, Bohlman SA, Todd DE. Seasonal and topographic patterns of forest floor CO₂ efflux from an upland oak forest. *Tree Physiology*. 1993; 13: 1-15.
2. Field CB, Ball JT, Berry JA. Field Methods and Instrumentation, Principles and field techniques. *Plant Physiological Ecology*. 1989; (1): 209-253.
3. Elbers IJ, Hoosbeek MR. A Comparative Field Study of Four Soil Respiration Systems. Netherlands: Earth System Science Group; 2008.
4. Coleman DC, Bledsoe CS, Sollins P. Standard methods for long-term ecological research. England: Oxford University Press; 2001.
5. Borken W, Davidson EA, Savage K. Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons. *Soil Science Society of America Journal*. 2003; 67: 1888-1896.
6. Lee M, Kakine L, Nakatsubo T. Seasonal changes in the contribution of root respiration to total soil respiration in a cool-temperate deciduous forest. *Plant and Soil*. 2003; 255: 311-318.
7. Liu XZ, Wan SQ, Su B, Hui DF, Luo YQ. Response of soil CO₂ efflux to water manipulation in a tall grass prairie ecosystem. *Plant and soil*. 2002; 24(2): 213-223.
8. Shoji H, Tanaka N, Suzuki M, Inoue A, Takizawa H, Kosaka I, *et al.* Soil respiration and soil CO₂ concentration in a tropical forest, Thailand. *Journal of Forest Research*. 2004; 9: 75-79.
9. Panuthai S. Estimation of soil Carbon Dioxide Emission in Mixed Deciduous Forest with Bamboo: A Case Study of Mae Klong Watershed Research Research Station, Kanchanburi Province [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2007. Thai.
10. Santhong A. Carbon Stock and Emission in Forest Soils [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2009. Thai.
11. Wangluk S, Boonyawat S, Boonyawat S, Diloksumpun S, Tongdeenok P. Role soil of temperature and moisture on soil respiration in a teak plantation and mixed deciduous forest in Thailand. *Journal of Tropical Forest Science*. 2013; 25(3): 339-349.
12. Phajanee V, Wiensin T. Carbon in soils of Thailand. Bangkok: Land Development Department, 1998. Thai.



13. Takahashi M, Limtong KHP, Leungvutivirog C, Panuthai S, Suksawang S, Anusontpornperm S, *et al.*
Topographic variation in heterotrophic and autotrophic soil respiration in a tropical seasonal forest in Thailand.
Soil Science Plant Nutrition. 2011; 57: 452-465.
14. Hasin S, Ohashi M, Yamaada A, Hashimoto Y, Tasen W, Kume T, *et al.* CO₂ efflux from subterranean nests of
communities in a seasonal tropical forest, Thailand. Ecology and Evolution. 2014; 20(4): 3929-3939.
15. Borken W, Xu YJ, Brumme R, Lamersdorf N. A Climate Change Scenario for Carbon Dioxide and Dissolved
Organic Carbon Fluxes from a Temperate Forest Soil. Soil Science Society America Journal. 1999; 63: 1848-1855.
16. Sirirat J, Siripa P, Wilawan W. Study on Soil Carbon in Dry Evergreen and Mixed Deciduous Forest
Ecosystems. In: Proceedings of the Climate Change in the Forest: The potential of the forest in support the Kyoto
protocol; 2004 August 16-17. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant; 2004. Thai.
17. Tangtham N, Tantasirin C. An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with
emphasis on forest protection and reforestation for Conservation. In: Proceedings of the FORTROP: Tropical
Forestry in the 21st Century; 1997 November 25-28. Bangkok: Faculty of forestry: Kasetsart University.
p. 100-121.
18. Sirirat J, Siripa P. Study on Soil Carbon in Dry Evergreen and Mixed Deciduous Forest Ecosystems. In:
Proceedings of the Climate change in the forest: The potential of the forest in support the Kyoto protocol;
Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant; 2001. Thai.
19. Wiriyaangsakul S. Soil Respiration in Tropical Upland Responded to Temperature and Moisture Changes.
[MSc thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2004. Thai.
20. Dorji K. The Effect of Soil Water Content and Temperature on Tropical Soil Respiration [MSc thesis].
Nakhon Ratchasima: Suranaree University; 2010.
21. Adachi M, Bekku YS, Rashidah W, Okuda T, Koizumi H. Differences in soil respiration between different
tropical ecosystems. Applied Soil Ecology. 2006; 34: 258-265.
22. Xu M, Qi Y. Soil-surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation
in northern California. Global Change Biology. 2001; 7: 667.
23. Sahunaru P. Production and nutrient cycling in forest ecosystems. Faculty of forestry: Kasetsart University.
Bangkok; 1995. Thai.
24. Samreong P. Soil CO₂ Emissions in the Sakaerat Dry Evergreen Forest and the Maeklong Mixed Deciduous
Forest. In: Proceedings of the Climate change in the forest: The potential of the forest in support the Kyoto
protocol; 2005 August 4-5. Bangkok: Maruay Garden Hotel; 2005. Thai.
25. Chunkao K. Principles of Watershed Management. Bangkok: Kasetsart University; 2008.



ภาพที่ 1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ก) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (ข)

บริเวณพื้นที่ป่า ชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

หมายเหตุ : I แสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันบนกราฟแท่งแสดงความแตกต่างทางสถิติ

ns บนกราฟแท่งแสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ตารางที่ 1 ปัจจัยแวดล้อม บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดป่า	ปัจจัยแวดล้อม		
	ความชื้นดิน (ร้อยละ)	อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)
ป่าเต็งรัง	8.222c±0.096	27.729a±0.333	28.004a±0.216
ป่าเบญจพรรณ	17.259b±0.243	24.341b±0.145	24.647b±0.009
ป่าดิบเขา	32.949a±0.220	20.287c±0.080	20.491a±0.017

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันข้างตัวเลขที่อยู่ในแนวดัง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จากการทดสอบโดยใช้ Turkey's Analysis

ตารางที่ 2 สมบัติดินบางประการ บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดป่า	สมบัติดิน											
	Total Nitrogen (ร้อยละ)	avail.P (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	exch.K (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	exch.Mg (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	exch.Na (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	exch.Ca (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	CEC (โมลต่อ กิโลกรัม)	pH	EC (มิลลิซีเมนต์ ต่อเซนติเมตร)	Organic matter (ร้อยละ)	Organic Carbon (ร้อยละ)	Bulk density (กรัมต่อ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ป่าเต็งรัง	0.15b±0.005	4.38ns±0.397	70.21b±7.228	117.93b±11.217	229.08ns±8.152	276.80b±41.241	11.40c±0.704	5.18a±0.084	0.02ns±0.001	2.94b±0.108	1.70b±0.063	1.46a±0.033
ป่าเบญจพรรณ	0.20b±0.007	3.41ns±0.379	201.19a±6.112	164.80a±10.600	253.41ns±4.637	455.83a±6.627	16.63b±0.943	5.39a±0.017	0.03ns±0.002	3.91b±0.136	2.27b±0.079	1.31b±0.022
ป่าดิบเขา	0.41a±0.30	3.73ns±0.403	92.77b±4.926	42.38c±4.832	234.58ns±5.10	20.49c±4.682	26.582a±0.583	4.55b±0.026	0.04ns±0.006	8.15a±0.601	4.73a±0.349	0.87c±0.016

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันข้างตัวเลขที่อยู่ในแนวดัง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแนวดัง จากการทดสอบโดยใช้ Turkey's Analysis

ตารางที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)													
พ.ศ. 2559					พ.ศ. 2560								
ชนิดป่า	กันยาร	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	เฉลี่ย
ป่าเต็งรัง	0.64ab±0.008	0.72ns±0.013	0.46c±0.013	0.42a±0.008	0.38a±0.01	0.30b±0.004	0.29a±0.011	0.36b±0.003	0.32ns±0.016	0.50a±0.015	0.57b±0.013	0.52b±0.012	0.46a±0.04
ป่าเบญจพรรณ	0.53b±0.012	0.72ns±0.013	0.51b±0.005	0.36b±0.009	0.39ab±0.007	0.27b±0.009	0.25b±0.006	0.37b±0.004	0.30ns±0.008	0.38b±0.017	0.54b±0.007	0.56a±0.011	0.43a±0.04
ป่าดิบเขา	0.74a±0.063	0.73ns±0.01	0.58a±0.011	0.46a±0.017	0.41b±0.005	0.40a±0.011	0.31a±0.002	0.45a±0.009	0.34nsa±0.006	0.50a±0.017	0.63a±0.006	0.57a±0.007	0.51a±0.04

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันข้างตัวเลขที่อยู่ในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแนวดิ่ง จากการทดสอบโดยใช้ Turkey's Analysis

ตารางที่ 4 ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)													
พ.ศ. 2559					พ.ศ. 2560								
ชนิดป่า	กันยาร	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	เฉลี่ย
ป่าเต็งรัง	0.05b±0.001	0.17ns±0.001	0.15ns±0.005	0.18ns±0.017	0.16ns±0.023	0.18ns±0.030	0.09b±0.025	0.08ns±0.066	0.07b±0.045	0.14b±0.013	0.09ns±0.009	0.11b±0.016	0.12b±0.013
ป่าเบญจพรรณ	0.18ab±0.019	0.19ns±0.009	0.12ns±0.013	0.16ns±0.016	0.13ns±0.004	0.16ns±0.002	0.09b±0.003	0.10ns±0.011	0.12ab±0.04	0.15ab±0.01	0.16ns±0.013	0.15b±0.016	0.14b±0.008
ป่าดิบเขา	0.23a±0.016	0.20ns±0.018	0.23ns±0.033	0.23ns±0.021	0.26ns±0.024	0.22ns±0.029	0.24a±0.017	0.15ns±0.023	0.17a±0.012	0.20a±0.026	0.17ns±0.005	0.24±0.029	0.21a±0.009

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันข้างตัวเลขที่อยู่ในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแนวดิ่ง จากการทดสอบโดยใช้ Turkey's Analysis



ตารางที่ 5 สมการถดถอยเชิงเส้นพหุระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและการกักเก็บคาร์บอนในดินรายปี บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ
อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดป่า			สมการ	R ²	F	SE
ปัจจัยแวดล้อม	ป่าเต็งรัง	1	$CO_2 = 0.71584 + 0.01341 SM + 0.08529 ST - 0.097515 AT - 0.00115 RF$	0.20	0.434	1.547
	ป่าเบญจพรรณ	2	$CO_2 = 0.66451 + 0.00838 SM - 0.01944 ST + 0.00362 AT + 0.002490 RF$	0.38	1.050	0.139
	ป่าดิบเขา	3	$CO_2 = -0.68589 - 0.00103 SM + 0.15580 ST - 0.09301 AT - 0.00387 RF$	0.83	8.233*	0.075
สมบัติดิน	ป่าเต็งรัง	4	$CO_2 = 0.70400 - 43.53753 N - 0.00295 Mg + 0.00033 Na + 0.00062 Ca + 0.01384 CEC - 0.07067 pH + 17.58108 EC + 2.0491 OM$	0.75	1.108	0.133
	ป่าเบญจพรรณ	5	$CO_2 = 0.78261 - 7.46555 N - 0.00234 Mg + 0.00006 Na + 0.00025 Ca + 0.00627 CEC - 0.07531 pH + 7.67094 EC + 0.36377 OM$	0.88	2.841	0.092
	ป่าดิบเขา	6	$CO_2 = 1.14118 - 24.60627 N + 0.00256 Mg + 0.00023 Na - 0.00181 Ca - 0.00748 CEC - 0.02511 pH + 2.29479 EC + 1.17760 OM$	0.75	1.144	1.357
ปัจจัยแวดล้อม	ป่าเต็งรัง	7	$CS = 25.46498 - 1.90082 SM - 7.39838 ST + 8.04733 AT + 1.07354 RF$	0.44	1.363	12.099
	ป่าเบญจพรรณ	8	$CS = 83.43613 - 0.53978 SM - 4.18885 ST + 2.33184 AT + 0.33634 RF$	0.48	1.606	6.680
	ป่าดิบเขา	9	$CS = 98.64105 - 3.61594 SM + 3.980001 ST + 1.85605 AT + 0.16173 RF$	0.54	0.024	21.306
สมบัติดิน	ป่าเต็งรัง	10	$CS = -44.33881 + 0.17013 Mg + 0.00467 Na - 0.00581 Ca + 0.46452 CEC + 8.15950 pH - 185.45139 EC - 4.05192 OM + 16.02986 OC$	0.86	2.207	9.394
	ป่าเบญจพรรณ	11	$CS = 113.20095 + 0.10114 Mg + 0.02024 Na - 0.00665 Ca - 1.39106 CEC - 11.26869 pH - 10.51928 EC - 4.45983 OM + 0.09829 OC$	0.91	3.668	4.304
	ป่าดิบเขา	12	$CS = -81.12989 - 0.19997 Mg - 0.06060 Na + 0.26044 Ca + 0.72297 CEC + 9.90754 pH + 703.14152 EC - 1.96589 OM + 25.91860 OC$	0.93	4.716	12.971

หมายเหตุ CO_2 = ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง), CS = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (กรัมต่อตารางเมตร), N = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ), Mg = ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), Na = ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), Ca = ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), CEC = ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (โมลต่อกิโลกรัม), pH = ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน, EC = การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร), OM = ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ), OC = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ร้อยละ), SM = ความชื้นดิน (เปอร์เซ็นต์), ST = อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส), AT = อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส), RF = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 6 สมการถดถอยเชิงเส้นพหุปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและการกักเก็บคาร์บอนในดินรายฤดูกาล บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ
อุทยานแห่งชาติ คอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดป่า		สมการ		R ²	F	SE
ฤดูฝน	ป่าเต็งรัง	13	$CO_2 = 4.9585 - 0.02099 OM - 0.01056 SM + 0.12844 ST - 0.27881 AT$	0.94	3.639	0.078
	ป่าเบญจพรรณ	14	$CO_2 = 10.36865 + 0.09221 OM - 0.00824 SM - 0.63666 ST + 0.21032 AT$	0.60	0.366	0.210
	ป่าดิบเขา	15	$CO_2 = 9.43991 + 0.16846 OM - 0.08419 SM - 0.33069 ST - 0.00925 AT$	0.99	96.598	0.017
ฤดูแล้ง	ป่าเต็งรัง	16	$CO_2 = 0.71495 - 0.0389 OM + 0.02206 SM - 0.18183 ST + 0.16620 AT$	0.99	72.184	1.723
	ป่าเบญจพรรณ	17	$CO_2 = 0.12334 + 0.01899 OM + 0.01472 SM - 0.00819 ST + 0.008224 AT$	0.32	56.400*	16.063
	ป่าดิบเขา	18	$CO_2 = 0.12022 - 0.01548 OM + 0.00497 SM + 0.07361 ST - 0.05672 AT$	0.94	3.833	8.765
ฤดูฝน	ป่าเต็งรัง	19	$CS = -95.30823 + 19.89869 OC + 2.01446 SM - 5.21562 ST + 7.92600 AT$	0.97	7.799	0.026
	ป่าเบญจพรรณ	20	$CS = -344.59517 + 11.66903 OC + 0.12892 SM + 24.79983 ST - 10.07937 AT$	0.82	0.118	0.088
	ป่าดิบเขา	21	$CS = -6893.30576 + 7.79152 OC - 2.87277 SM + 43.67434 ST - 3.51495 AT$	0.97	6.820	0.037
ฤดูแล้ง	ป่าเต็งรัง	22	$CS = 37.68458 + 18.49989 OC - 1.04138 SM - 0.68235 ST - 0.33944 AT$	0.93	3.380	8.120
	ป่าเบญจพรรณ	23	$CS = 38.16226 + 8.80586 OC - 0.26555 SM - 2.71989 ST + 1.70378 AT$	0.97	6.822	2.256
	ป่าดิบเขา	24	$CS = -51.00698 + 25.92043 OC + 1.13001 SM - 14.02934 ST + 13.62988 AT$	0.99	39.004*	4.746

หมายเหตุ CO_2 = ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง), CS = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (กรัมต่อตารางเมตร), OM = ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ), OC = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ร้อยละ), SM = ความชื้นดิน (ร้อยละ), ST = อุณหภูมิในดิน (องศาเซลเซียส), AT = อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)