5

การกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี

SOIL CARBON STOCK AND ASSOCIATED FACTORS OF MIXED DECIDUOUS FOREST AND DECIDUOUS DIPTEROCARP FOREST IN ERAWAN NATIONAL PARK IN KANCHANABURI PROVINCE

วันที่รับ: 30 เมษายน 2565
วันที่แก้ไข: 27 มิถุนายน 2565
วันที่ตอบรับ: 28 มิถุนายน 2565

ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์[1*] และ ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช[1]
Bhanupong Phrommarat[1*] and Dirakrit Buawech[1]
[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000
Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University Sanamchandra Campus, Nakhon Pathom 73000
[*]Corresponding author e-mail: phrommarat_b@su.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปอินทรีย์คาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการที่อาจมีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดิน ได้แก่ ความเป็นกรด–ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ ดัชนีความหลากหลาย และประเภทของป่า แปลงตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นแปลงของป่าเบญจพรรณ 7 แปลง และป่าเต็งรัง 5 แปลง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ นำข้อมูลจากแปลงตัวอย่างมาวิเคราะห์โครงสร้างทางสังคมพืช ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลาย รวมถึงคำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินด้วยสมการแอลโลเมตรี นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินและความเป็นกรด–ด่างของดิน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยใช้ Pearson Correlation Coefficient ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) และป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าคาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจมีอิทธิพลด้านอื่น ๆ พบว่าค่าความเป็นกรด–ด่างของดินในป่าทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน

โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรด–ด่างของดินในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 6.98 และความเป็นกรด–ด่างเฉลี่ยของดินในป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 7.07 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 290 ต้น/ha และป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 360 ต้น/ha ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.41 t/ha ป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 109.42 t/ha อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยด้านอื่น พบว่าทุกปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลคาร์บอนทั้งในพื้นที่ระดับท้องถิ่นและในระดับโลก สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักแก่ประชาชนในพื้นที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุรักษ์และเพื่อบูรณาการข้อมูลในการวางแผนจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ใกล้เคียง

คำสำคัญ: คาร์บอนในดิน, การกักเก็บคาร์บอน, ป่าเบญจพรรณ, ป่าเต็งรัง

Abstract

The objectives of this research were to investigate soil carbon stock of mixed deciduous forest (MDF) and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Erawan National Park in Kanchanaburi Province, and to study some factors that could potentially influence on soil carbon content, namely soil pH, aboveground carbon, tree density, diversity index and forest type. The sampling plots included 7 plots in mixed deciduous forest and 5 plots in deciduous dipterocarp forest in Erawan National Park. Plant community structure, tree density, and diversity index were analyzed. Above-ground biomass was calculated based on allometric equations. Soil organic carbon and soil pH were analyzed. Pearson correlation coefficient was employed to investigate the relationship of variables. The results showed that the average content of soil organic carbon in MDF is 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) and in DDF is 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha). Nonetheless, there was no significant difference ($p < 0.05$) of soil carbon content between MDF and DDF. The results associated with the other potential influence factors indicated that the average pH values in soil of MDF and DDF were 6.98 and 7.07,

respectively. The average value of tree density in MDF was 290 trees/ha, and 360 trees/ha in DDF. The average diversity indices were 1.620 in MDF and 2.100 in DDF.The average values of aboveground carbon were 41.41 t/ha and 109.42 t/ha in MDF and DDF, respectively.However, according to the correlation analysis, it was found that there was no significant relationship ($p < 0.05$) between soil carbon and the other interested factors. The results pointed out the potential of MDF and DDF in sequestering carbon as the forests play a crucial role in maintaining carbon balance in both local and global scales. These research results can also be used for education, raising awareness to locals who live in adjacent areas, and integration in land-use planning and management in the area.

Keywords: Soil Carbon, Carbon Stock, Mixed Deciduous Forest, Deciduous Dipterocarp Forest

บทนำ

ปัจจุบันโลกได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีสัดส่วนมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ (Intergovernmental Panel of Climate Change, 2014) การลดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจึงเป็นความท้าทายของมวลมนุษยชาติที่จะต้องดำเนินการอย่างจริงจังและเร่งด่วน แนวทางหลักในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทั่วโลกดำเนินการ คือ การลดการใช้และลดการปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการระบุกลไกในการกักเก็บหรือจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมา (Amundson & Biardeau, 2018) จากการประเมินแหล่งสะสมคาร์บอนบนโลก (Carbon Pool) พบว่าแหล่งสะสมคาร์บอนในดินมีปริมาณ 2,500 GT (Lal, 2008) ซึ่งสูงกว่าแหล่งสะสมคาร์บอนในชั้นบรรยากาศถึงสามเท่า (800 GT) (Oelkers & Cole, 2008) โดยแหล่งสะสมคาร์บอนปริมาณสูงที่สุดคือทะเล มีปริมาณการสะสม 38,400 GT (Houghton, 2007) ดังนั้น การกักเก็บคาร์บอนในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon: SOC) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศรูปแบบต่าง ๆ ตามธรรมชาติ (Lal, 2001; Sanderman et al., 2017) ระดับของ SOC เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์

ของกระบวนการทางระบบนิเวศหลายกระบวนการโดยมีกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการย่อยสลาย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ถูกกำหนดด้วยปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในการกระจายตัวเชิงพื้นที่ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ธาตุอาหารในดิน คุณสมบัติของดิน ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะพืชพรรณ (Wang et al., 2021) ในระบบนิเวศป่าไม้ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วในป่าเขตร้อนมี SOC อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลจากระดับผลผลิตขั้นต้น (Primary Productivity) ที่สูงและมีกระบวนการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ในดินที่สูงเช่นกัน จึงทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนบางส่วนในรูปของ CO_2 จากการหายใจของจุลินทรีย์ในสภาพอากาศที่อุ่นและมีความชื้นสูงตลอดทั้งปี ในขณะที่ป่าเขตอบอุ่นมีผลผลิตขั้นปฐมภูมิที่สูงในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และในช่วงอื่น ๆ ของปีที่อากาศหนาวเย็นลงทำให้จุลินทรีย์ในดินมีกิจกรรมการย่อยสลายที่ช้าลง ทำให้เกิดการสะสมสารอินทรีย์ในดินอย่างช้า ๆ และกักเก็บในรูปของ SOC เป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่าป่าเขตร้อน (Ontl & Shelte, 2012) นอกจากนั้นแล้วมีการศึกษาที่พบว่าปัจจุบัน SOC ในป่าเขตร้อนกำลังถูกรบกวนจากการทำลายป่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร และความแห้งแล้ง (Nave et al., 2019)

มีการศึกษาเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่าง ๆ ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เช่น รายงานการสะสมคาร์บอนในพื้นที่อุทยานแห่งชาติกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จัดทำโดย ธรรมนูญ เต็มไชย และคนอื่น ๆ (2560) ได้ทำการประเมินการสะสมคาร์บอนในดินและมวลชีวภาพของป่า 9 ประเภท ในเขตอุทยานแห่งชาติกุยบุรี โดยผลการศึกษาพบว่า ป่าดิบชื้นผสมดิบแล้งมีค่าการสะสมคาร์บอนในดินสูงที่สุด (67.8 t/ha) วสันต์ จันทร์แดง และคนอื่น ๆ (2563) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชของป่าชนิดต่าง ๆ ในเขตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่า 50.50 และ 35.51 t/ha ตามลำดับ การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าที่ได้รับการฟื้นฟูในพื้นที่อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูและพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวน พบว่าคาร์บอนในดินของป่าธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวนมีค่าสูงที่สุด (156.10 t/ha ที่ระดับความลึก 0–1 เมตร) และพื้นที่ป่าที่ได้รับการฟื้นฟูมีปริมาณคาร์บอนในดินสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูอย่างมีนัยสำคัญ (Kavinchan et al., 2015) วสันต์ จันทร์แดง และคนอื่น ๆ (2553) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น พบว่ามีการสะสมคาร์บอนในดินของสวนป่ายูคาลิปตัสอายุน้อย (1–2 ปี) สูงกว่าพื้นที่ป่าเต็งรังซึ่งมีปัจจัยมาจากการชะล้างของดินลงสู่พื้นที่สวนป่าที่มีระดับ

ต่ำกว่า วรพัชร วิชัยสุชาติ และคนอื่น ๆ (2561) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่าป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังเท่ากับ 21.0, 14.2 และ 12.4 t/ha ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ เช่น ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน ความเป็นกรด–ด่างของดิน และการนำไฟฟ้าของดิน เป็นต้น มีอิทธิพลสูงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน และยังพบว่าความสัมพันธ์รายฤดูกาลมีความสัมพันธ์สูงมาก ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยและปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ มีอิทธิพลสูงกว่าสมบัติดินในทุกชนิดป่า อย่างไรก็ตาม การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม โดยเปรียบเทียบลักษณะของป่าชายเลนธรรมชาติและป่าปลูกทดแทน ไม่พบความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งเชิงพื้นที่ ฤดูกาล และระดับความลึก โดยในดินชั้นบนมีค่าการกักเก็บ 5.60–6.27 t/ha และในดินชั้นล่างมีค่าการกักเก็บ 5.76–7.40 t/ha (รสริน มังกะโรทัย และคนอื่น ๆ, 2561)

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ผ่านมา พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเขตร้อนในประเทศไทย มีความผันแปรตามปัจจัยทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนั้นการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าไม้แม้เป็นป่าประเภทเดียวกันแต่อยู่ในพื้นที่ที่มีอิทธิพลของปัจจัยที่แตกต่างกัน อาจมีผลทำให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเกิดความผันแปรในเชิงพื้นที่ (Spatial Variation) ได้ในระดับประเทศ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินในภาคป่าไม้รวมถึงการเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินจะช่วยให้ทราบถึงศักยภาพแหล่งในการกักเก็บคาร์บอนของประเทศ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการการปลดปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในระดับพื้นที่ สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักให้ภาคประชาชนในพื้นที่ต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อแหล่งกักเก็บคาร์บอน บทบาทของป่าไม้ในการบรรเทาผลกระทบโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นหนึ่งในบริการทางระบบนิเวศ (Ecosystem Services) ที่ได้จากป่าไม้ ซึ่งองค์ความรู้และความตระหนักนี้จะเป็นแรงจูงใจของประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอนของป่าเขตร้อนสองประเภท คือ เบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี

2. ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด–ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ และประเภทของป่า ที่อาจมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วยขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืช การวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานที่เก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ คือ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี อุทยานแห่งชาติเอราวัณมีพื้นที่ทั้งหมด 549.976 ตารางกิโลเมตร มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 165–996 เมตร โดยภูเขาส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาหินปูน บริเวณตอนกลางจะเป็นแนวเขาทอดยาวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ–ตะวันออกเฉียงใต้ สภาพภูมิอากาศของอุทยานแห่งชาติเอราวัณแบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม–ตุลาคม ฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน–มกราคม และฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์–เมษายน สภาพป่าของอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ มีร้อยละ 81.05 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ขึ้นปกคลุมตั้งแต่ระดับความสูง 100–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ป่าเต็งรังมีร้อยละ 1.68 กระจายอยู่ในระดับความสูง 100–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และป่าดิบแล้ง มีร้อยละ 14.35 อยู่บนสันเขาทอดเป็นแนวยาวตรงใจกลางของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ และอยู่ต่ำถัดลงมาในระดับความสูงระหว่าง 600–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2548)

การเก็บข้อมูลได้ดำเนินการในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 การวางแปลงตัวอย่างดำเนินการโดยหาตำแหน่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงของแปลงตัวอย่างแล้วทำการวางแปลงขนาด 20 × 20 เมตร (Cusack et al., 2018; Baldeck et al., 2013) หาพันธุ์ไม้ที่เป็นต้นไม้ โดยต้นไม้จะมีความสูงมากกว่า 1.3 เมตรขึ้นไป และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก (Diameter at Breast High: DBH) มากกว่า 10 เซนติเมตร หรือมีเส้นรอบวงที่ระดับสูงเพียงอก (Girth at Breast High: GBH) มากกว่า 30 เซนติเมตร (ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช, 2561) ทำการจำแนกประเภทและ

บันทึกชื่อพรรณไม้เพื่อใช้สำหรับหาประเภทป่า โดยทำทั้งหมด 12 แปลง แบ่งออกเป็นป่าเบญจพรรณ 7 แปลง และป่าเต็งรัง 5 แปลง ตำแหน่งของแปลงตัวอย่างแสดงในภาพ 1 และพิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงในตาราง 1 แล้วนำข้อมูลต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามไปวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโครงสร้างของสังคมพืช ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลาย รวมถึงการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Above-Ground Carbon Stock (t/ha): AGC) ของป่าแต่ละแปลง

ภาพ 1 ตำแหน่งของแปลงตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่างดิน

ตาราง 1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแปลงตัวอย่าง

ป่าเบญจพรรณ แปลงที่	ตำแหน่ง		ป่าเต็งรัง แปลงที่	ตำแหน่ง	
	ตะวันออก	เหนือ		ตะวันออก	เหนือ
1	513638	1589467	1	513701	1589333
2	513666	1589442	2	513704	1589315
3	513717	1589442	3	513758	1589384
4	513643	1589412	4	513751	1589364
5	513705	1589489	5	513738	1589364
6	513734	1589459			
7	513770	1589445			

2. การวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืช โดยพิจารณาจาก 2 ตัวแปร ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในหน่วย ต้น/ha และค่าดัชนีความหลากหลาย ซึ่งในการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) อ้างอิงตามดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener (H') ซึ่งจะบ่งบอกถึงค่ารวมของความมากชนิดและความสม่ำเสมอของชนิด (Species Richness and Evenness) โดยมีสมการในการคำนวณ คือ

$$H' = \sum_{i=1}^{S} (p_i \ln p_i) \text{ หรือ } \sum_{i=1}^{S} \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

โดยที่ H' = ดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener

p_i = สัดส่วนจำนวนต้นของต้นไม้ชนิดที่ i (n_i) เทียบกับจำนวนต้นไม้ทั้งหมด (N)

S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบในสังคม

ดัชนีความหลากหลายจะสูงเมื่อมีความมากชนิดที่มากและความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของชนิดในพื้นที่ ค่า H' มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อมีจำนวนชนิดในสังคมเพียงชนิดเดียว และโดยทั่วไปแล้ว ค่า H' มีค่าสูงสุดไม่เกิน 5 (Washington, 1984)

3. การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินคำนวณจากผลรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Total Above Ground Biomass: AGB) จากสมการแอลโลเมตรี (Allometric Equation) (Ogawa et al., 1965) ดังต่อไปนี้

$$AGB\ (kg) = W_s + W_b + W_l$$

$$W_s\ (kg) = 0.0396 \times (DBH^2 \times H)^{0.9326}$$

$$W_b\ (kg) = 0.003487 \times (DBH^2 \times H)^{1.027}$$

$$W_l\ (kg) = \left(\frac{28}{W_s + W_b + 0.025} \right)^{-1}$$

หา AGC จากสมการ AGC = AGB × 0.47

โดยที่ W_s = มวลชีวภาพของเปลือกไม้ (Biomass of stem) (kg)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่งต้นไม้ (Biomass of branch) (kg)

W_l = มวลชีวภาพของใบไม้ (Biomass of leaves) (kg)

มวลชีวภาพเหนือดินจะถูกแปลงเป็นค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินโดยคูณกับ 0.47 (Intergovernmental Panel of Climate Change, 2007)

4. เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างที่ความลึก 30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินจาก 4 จุด ในแปลงตัวอย่าง (20 x 20 เมตร) โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (Soil Auger) นำดินตัวอย่างมารวมกันผสมดินให้เข้ากันแล้วทำ Quartering แบ่งเป็น 4 ส่วน เอา 2 ส่วนออกไป แล้วผสม 2 ส่วนที่เหลือ แล้วทำ Quartering อีกครั้ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างดิน 2 ส่วนไปวิเคราะห์หาอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนและความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เตรียมตัวอย่างดินโดยอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาร่อนโดยใช้ตะแกรงร่อนดินขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร วิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่างด้วย pH meter (Blakemore et al., 1987) และวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุด้วยวิธีการ Walkley and Black method (Walkley & Black, 1934) การคำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนในดินใช้ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ของป่าทั้งสองประเภทโดยอ้างอิงข้อมูลความหนาแน่นรวมของดินในป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความหนาแน่นรวมของดินในป่าเต็งรัง เท่ากับ 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Vicharnakorn et al., 2014)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ใช้การทดสอบ Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรการศึกษาในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในดินกับประเภทของป่า ความเป็นกรด–ด่างของดิน การสะสมคาร์บอนเหนือดิน ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลาย โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS (Version 26)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะของสังคมพืชในแปลงตัวอย่างของป่าทั้งสองประเภท ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener (ตาราง 2) พบว่าความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในแปลงตัวอย่างป่าเบญจพรรณมีค่าต่ำสุด 75 ต้น/ha และมีความหนาแน่นสูงที่สุด 600 ต้น/ha โดยมีค่าเฉลี่ย 290 ต้น/ha ในขณะที่ป่าเต็งรังมีความหนาแน่นของไม้ยืนต้นอยู่ในช่วง 275–500 ต้น/ha โดยมีค่าเฉลี่ย 350 ต้น/ha และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ยืนต้นของป่าสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตาราง 3) ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าป่าเต็งรังมีความมากชนิดและความสม่ำเสมอของชนิดพืชพรรณที่มากกว่าป่าเบญจพรรณเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์คาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือดิน พบว่าป่าเบญจพรรณมีคาร์บอน

เหนือดินน้อยกว่าป่าเต็งรัง โดยมีค่าเฉลี่ย 41.41 t/ha (10.11–108.61 t/ha) ในป่าเบญจพรรณ และ 109.42 t/ha (59.55–231.69 t/ha) ในป่าเต็งรัง อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีความหลากหลายและคาร์บอนเหนือดินของป่าทั้งสองประเภทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 2 ลักษณะของสังคมพืชและคาร์บอนเหนือดินในแปลงตัวอย่าง

ชนิดป่า	แปลงที่	จำนวนชนิด	ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น (ต้น/ha)	ดัชนีความหลากหลาย	คาร์บอนเหนือดิน (t/ha)
เบญจพรรณ	1	4	125	1.332	10.11
	2	6	150	1.792	45.73
	3	9	600	2.047	108.61
	4	5	200	1.560	12.76
	5	7	550	1.664	44.55
	6	7	325	1.845	22.00
	7	3	75	1.099	46.09
เต็งรัง	1	9	275	2.098	96.29
	2	11	500	2.155	59.55
	3	10	350	2.206	78.73
	4	8	300	1.936	80.82
	5	9	350	2.107	231.69

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในแปลงศึกษา พบว่าความเป็นกรด–ด่างของดินในป่าเบญจพรรณ มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.98 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.62–7.24 และดินในป่าเต็งรังมีค่า pH เฉลี่ยสูงกว่าป่าเบญจพรรณเล็กน้อย คือ 7.07 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.02–7.13 ซึ่งค่าความเป็นกรด–ด่างของป่าทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตาราง 3 และ 4 และผลการวิเคราะห์อินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร พบว่าค่าอินทรียวัตถุในป่าเบญจพรรณมีค่าอยู่ระหว่างช่วงร้อยละ 5.95 ถึง 10.16 ส่วนป่าเต็งรังอยู่ในช่วงร้อยละ 3.81 ถึง 9.68 และเมื่อนำค่าอินทรียวัตถุมาคำนวณเป็นอินทรีย์คาร์บอนในดิน ในป่าเบญจพรรณมีค่าอินทรีย์คาร์บอน

อยู่ในช่วง 134.53 ถึง 229.93 t/ha มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha และป่าเต็งรังมีค่าอยู่ที่ 96.15 ถึง 244.37 t/ha โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง อินทรียวัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ชนิดป่า	แปลงที่	pH	อินทรียวัตถุ (%)	อินทรีย์คาร์บอน (t/ha)
เบญจพรรณ	1	6.80	9.08	205.14
	2	7.24	9.81	221.85
	3	7.24	7.67	173.44
	4	6.62	10.16	229.93
	5	6.87	9.45	213.70
	6	7.04	5.95	134.53
	7	7.05	7.89	178.52
เต็งรัง	1	7.02	9.68	244.37
	2	7.03	7.78	196.28
	3	7.13	3.81	96.15
	4	7.05	7.13	179.87
	5	7.11	6.47	163.16

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่พิจารณาและความแตกต่างทางสถิติ

	หน่วย	ค่าเฉลี่ยป่าเบญจพรรณ (n = 7)	ค่าเฉลี่ยป่าเต็งรัง (n = 5)
ความหนาแน่นของไม้ต้น	ต้น/ha	290 ± 21	350 ± 9*
ดัชนีความหลากหลาย		1.620 ± 0.322	2.100 ± 0.102
คาร์บอนเหนือพื้นดิน	t/ha	41.41 ± 33.52	109.42 ± 69.59
pH		6.98 ± 0.23	7.07 ± 0.05*
อินทรีย์คาร์บอนในดิน	t/ha	193.87 ± 33.61	175.97 ± 53.95

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ทดสอบด้วย Independent Samples t-test)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของคาร์บอนอินทรีย์กับปัจจัยด้านอื่น ๆ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) แสดงดังตาราง 5 ผลการศึกษาพบว่า คาร์บอนอินทรีย์ในดินมีแนวโน้มความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านอื่น ๆ ในทิศทางที่ตรงกันข้ามจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นที่เป็นลบ ในระดับน้อย ($r < 0.50$) และไม่มีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คาร์บอนอินทรีย์ในดินกับตัวแปรอื่น ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอื่น ๆ พบว่าประเภทของป่ามีความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายและคาร์บอนเหนือพื้นดินในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญ และค่าดัชนีความหลากหลายมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

	forest_type	Density	Diversity_index	AGC	pH	SOC
forest_type	1					
Density	0.202	1				
Diversity_index	0.710*	0.624*	1			
AGC	0.584*	0.317	0.558	1		
pH	0.254	0.244	0.486	0.485	1	
SOC	-0.220	-0.190	-0.293	-0.223	-0.414	1

* ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Two-Tailed)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโครงสร้างของสังคมพืชในพื้นที่ศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นและดัชนีความหลากหลายของป่าเต็งรังมีค่าสูงกว่าป่าเบญจพรรณซึ่งพบไผ่เป็นพืชที่โดดเด่นในพื้นที่ (ไม่ได้นับรวมในการศึกษาครั้งนี้) และยังพบว่าค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินในป่าเต็งรังมีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเส้นรอบวงลำต้นระดับอก (Girth at Breast Height: GBH) และความสูงของต้นไม้ในแปลงที่ พบว่าไม้ยืนต้นที่พบในแปลงของป่าเบญจพรรณมี GBH และความสูงเฉลี่ยที่น้อยกว่าป่าเต็งรัง จึงทำให้คาร์บอนจากชีวมวลเหนือดินที่คำนวณจากค่าทั้งสองด้วยสมการแอลโลเมตรีมีค่าแตกต่างกันด้วย และเมื่อพิจารณาค่าอินทรียวัตถุ

ในดินของป่าเบญจพรรณซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างช่วงร้อยละ 5.95 ถึง 10.16 และป่าเต็งรังซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 3.81 ถึง 9.68 โดยประเมินเทียบกับมาตรฐานร้อยละของอินทรียวัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) จะพบว่าป่าทั้ง 2 ประเภท มีค่าอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงสูงมาก (เกินกว่าร้อยละ 4.5) ความเป็นกรด–ด่างในดินของป่าสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการสะสมอินทรียวัตถุในดินของป่าเบญจพรรณมีปริมาณที่มากกว่าป่าเต็งรัง ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ของอินทรียวัตถุในดินประกอบไปด้วยสารฮิวมิก (Humic Substances) (Stevenson, 1994) สารฮิวมิกมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดฮิวมิก (Humic Acid) และกรดฟูลวิก (Fulvic Acid) ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเป็นกรด–ด่างของดินลดลงได้ (Ali & Mindari, 2016)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยการกักเก็บคาร์บอนของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ของวรพัชร วิชัยสุชาติ และคนอื่น ๆ (2561) พบว่าในป่าเบญจพรรณมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินที่เฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2559 ถึงสิงหาคม 2560 ระดับความลึก 5 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าป่าเต็งรังอยู่ที่ 0.0013 และ 0.0012 t/ha และยังพบว่าป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากงานวิจัย ธรรมนูญ เต็มไชย และคนอื่น ๆ (2560) ที่ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร ของอุทยานแห่งชาติกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าป่าเต็งรังมีค่าการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 39.3 t/ha ส่วนป่าดิบแล้งผสมเบญจพรรณมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ที่ 67.20 t/ha ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ที่มีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าที่ไม่มีความแตกต่างกันกับประเภทของป่าเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างของป่าที่อยู่ในเขตรอยต่อของป่าทั้งสองประเภท หรือเป็นเพราะปัจจัยอื่น ๆ เช่น ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณคาร์บอนในดินมากกว่า นอกจากนั้นในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พบค่าดัชนีความหลากหลาย มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีผลสอดคล้องกับกรณีศึกษาหลายกรณีที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ (Gardner et al., 2012; Sangermano et al., 2012)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าเขตร้อนสองประเภท คือ เบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี โดยเน้นการศึกษาความผันแปรในเชิงพื้นที่ (Spatial Variation) และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้แก่ ความเป็นกรด–ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ ดัชนีความหลากหลาย และประเภทของป่า จากการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนในดินที่คำนวณจากอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุของป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) และป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สูง และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า คาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่น ๆ พบว่าค่าความเป็นกรด–ด่างของดินในป่าทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรด–ด่างของดินในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 6.98 และความเป็นกรด–ด่างเฉลี่ยของดินในป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 7.07 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 290 ต้น/ha และป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 360 ต้น/ha ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.41 t/ha ป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 109.42 t/ha อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยด้านอื่น พบว่าทุกปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างของป่าที่อยู่ในเขตรอยต่อของป่าทั้งสองประเภท เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงสถานที่และระยะเวลาในการศึกษา หรือเป็นเพราะปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณา เช่น ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ ฤดูกาล ลักษณะเนื้อดิน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกรณีศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังซึ่งเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลคาร์บอนทั้งในพื้นที่ระดับท้องถิ่นและในระดับโลก และสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักแก่ประชาชนในพื้นที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุรักษ์ได้

2. กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการเกษตรในพื้นที่รอบเขตแนวป่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ป่าไม้เป็นอย่างมาก ส่งผลให้แหล่งสะสมคาร์บอนเกิดการรบกวน ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนลดลง ซึ่งข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้

เพื่อการวางแผนในการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจนำข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อช่วยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยวางแผนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่รอบเขตอุทยานได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้ การเพิ่มแปลงตัวอย่างในการเก็บข้อมูลในป่าแต่ละประเภทให้มีระยะห่างมากยิ่งขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงกรณีป่าที่เป็นพื้นที่รอยต่อซ้อนทับกัน

2. พิจารณาการเก็บข้อมูลที่มีความแปรผันตามช่วงเวลา (Temporal Variation) เช่น ระยะเวลาแต่ละเดือนในช่วงปี ตามช่วงฤดูกาล เป็นต้น

3. ควรขยายพื้นที่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดินโดยรอบพื้นที่อุทยานที่อาจมีผลการปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *คู่มือการปฏิบัติงานการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี*. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2564, จาก http://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2548). *โครงการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเอราวัณ*. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2564, จาก https://www.dnp.go.th/nprd/detailproject/cc_erawan.php

ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช. (2561). *ปฏิบัติการนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธรรมนูญ เต็มไชย, เพชรรัตน์ ดีแก้ว, มยุรี แสงสว่าง, พันธุ์ทิพา ใจแก้ว, ดำรงศักดิ์ เฮงสว่าง, ชุมพล แก้วเกตุ, สว่างพงษ์ วรรณมณี, ณัฐนันท์ จิตรา, ปิยธิดา ทองสุข, ปิยภรณ์ มาตผาง, ตะหลก ทองเกิด, สุมาลี จีวพงษ์, ชะนุ้ย บัวศรี, ณัฐชานนท์ ปุ๊ล๊ะ, สุขวินัย คำกลั่น, และเชฐพงษ์ ทับทิมแดง. (2560). รายงานการศึกษาการสะสมคาร์บอนในพื้นที่มรดกอาเซียน: อุทยานแห่งชาติกุยบุรี. *วารสารนภาเพชร*, (1), 38–52.

รสริน มังกะโรทัย, ศิรประภา เปรมเจริญ, ศศิธร หาสิน, และฝอยฝา ชุติดำรง. (2561). สภาพป่าและการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม. *PSRU Journal of Science and Technology*, 3(3), 39–49.

วรพัชร วิชัยสุชาติ, สมนิมิตร พุกงาม, ปิยพงษ์ ทองดีนอก, นฤมล แก้วจำปา, และรจนา ตั้งกุลบริบูรณ์. (2561). การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 18(4), 61–77.

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร, นพพร จันเกิด, และนรินธร จำวงษ์. (2563). การกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวนศาสตร์ไทย*, 39(1), 57–70.

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงพิจิตร, และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์*, 29(3), 36–44.

Ali, M., & Mindari, W. (2016). Effect of humic acid on soil chemical and physical characteristics of embankment. *MATEC Web of Conferences*, 58, 1–6.

Amundson, R., & Biardeau, L. (2018). Soil carbon sequestration is an elusive climate mitigation tool. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 115(46), 11652–11656.

Baldeck, C. A., Harms, K. E., Yavitt, J. B., John, R., Turner, B. L., Velencia, R., Navarrete, H., Davies, S. J., Chuyong, G. B., Kenfack, D., Thomas, D. W., Madawala, S., Gunatilleke, N., Gunatilleke, S., Bunyavejchewin, S., Kiratiprayoon, S., Yaacob, A., Supardi, M. N., & Dalling, J. W. (2013). Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forest. *Proceedings of the Royal Society B*, 280, 20122532.

Blakemore, L. C., Searle, P. L., & Daly, B. K. (1987). *Methods for chemical analysis of soils*. Department of Scientific and Industrial Research.

Cusack, D. F, Markesteijn, L., Condit, R., Lewis, O. T., & Turner, B. L. (2018). Soil carbon stocks across tropical forests of Panama regulated by base cation effects on fine roots. *Biochemistry*, 137, 253–266.

Gardner, T. A., Burgess, N. D., Aguilar-Amuchasegui, N., Barlow, J., Berenguer, E., Clements, T., Danielson, F., Ferreira, J., Foden, W., Kapos, V., Khan, S. M., Lees, A. C., Parry, L., Roman-Cuesta, R. M., Schmitt, C. B., Strange, N., Theilade, I., & Vieira, I. C. G. (2012). A framework for integrating biodiversity concerns into national REDD+ programmes. *Biological Conservation*, 154, 61–71.

Houghton, R. A. (2007). Balancing the global carbon budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35, 313–347.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC.* Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers.* IPCC.

Kavinchan, N., Wangpakapattanawong, P., Elliot, S., Chairuangsri, S., & Pinthong, J. (2015). Soil organic carbon stock in restored and natural forests in northern Thailand. *KKU Research Journal*, 20(3), 294–304.

Lal, R. (2001). Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Climate Change*, 15, 35–72.

Lal, R. (2008). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 815–830.

Nave, L., Marin-Spiotta, E., Ontl, T., Peters, M., & Swanston, C. (2019). Soil carbon management. *Developments in Soil Science*, 36, 215–257.

Oelkers, E. H., & Cole, D. R. (2008). Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. *Elements*, 4, 305–310.

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand II Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 49–80.

Ontl, T. A., & Schulte, L. A. (2012). Soil Carbon Storage. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 35.

Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114, 9575–9580.

Sangermano, F., Toledano, J., & Eastman, J. R. (2012). Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD plus and endemic biodiversity. *Landscape Ecology*, 27, 571–584.

Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. New York: John Wiley.

Vicharnakorn, P., Shrestha, R., Nagai, M., & Salam, P. (2014). Carbon Stock Assessment Using Remote Sensing and Forest Inventory Data in Savannakhet, Lao PDR. *Remote Sensing*, 6(6), 5452–5479.

Walkley, A. J., & Black, I. A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.

Wang, X., Li, Y., Duan, Y., Wang, L., Niu, Y., Li, X., & Yan, M. (2021). Spatial variability of soil organic carbon and total nitrogen in desert steppes of China's Hexi corridor. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1–14.

Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18, 653–694.