นิพนธ์ต้นฉบับ

ความหลากชนิดและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและไม้รุ่น ในป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุตรดิตถ์

Species Diversity and Carbon Storage in Biomass of Tree and Sapling in the Ban Nong Kwang Community Forest, Uttaradit Province

บุญสืบ เซ่งบุญตั้น[1,2]
ปิยวัตน์ ดิลกสัมพันธ์[1,*]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[1]

Boonsueb Sengbuntan[1,2]
Piyawat Diloksumpun[1,*]
Sapit Diloksumpun[1]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 3 (ลำปาง) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000
[2]Forest Resource Management Office No.3 (Lampang), Mueang District, Lampang Province 52000, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforpwd@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 13 มิถุนายน 2566 **รับแก้ไข** 28 กรกฎาคม 2566 **รับลงพิมพ์** 4 สิงหาคม 2566

ABSTRACT

This study aimed to determine the plant community characteristics and biomass carbon storage of trees and saplings in an exploited area of Ban Nong Kwang Community Forest, Uttaradit Province, spread over an area of 804 rai. Ten sample plots of size 40 m x 40 m were randomly established in three zones according to the watershed classification area. All the trees and saplings were identified and measured for their diameter at breast height (DBH) and total height. The importance value index (IVI) was used to identify the dominant species. The biomass of trees and saplings was calculated using allometric equations, and the carbon storage in the biomass was estimated.

There were 75 tree species in 61 genera and 32 families found in the study area. Among these, the Rubiaceae family had the highest number of tree species (9 species), followed by Fabaceae (8 species), Dipterocarpaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, and Bignoniaceae (5 species), while the other families had less than 5 species. Based on the IVI, *Xylia xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *xylocarpa* was the most dominant tree species. The total tree density was between 122.5–177.8 trees/rai (765.63–1,111.25 trees/ha), and the Shannon-Wiener index of species diversity was between 2.54–2.97. The total biomass (aboveground and belowground) was estimated to be between 15.04–16.93 tons/rai (94.00–105.81 tons/ha), with there being no significant differences in biomass among the watershed classes ($p>0.05$). The carbon storage in biomass was between 7.07–7.96 tons/rai (41.19–49.75 tons/ha). The total carbon stock in the study area was estimated at 6,087.93 tons, accounting for 22,322.41 tonCO_2e. These results can be used as a baseline for developing the Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER).

Keywords: Ban Nong Kwang Community Forest; Biomass; Carbon storage; Plant community

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นและไม้รุ่น ในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ ณ ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีพื้นที่ขนาด 804 ไร่ ทำการวางแปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร จำนวน 10 แปลง ให้กระจายครอบคลุมไปพื้นที่ทั้ง 3 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามสัดส่วนพื้นที่ ทำการเก็บข้อมูลชนิดพรรณไม้ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (diameter at breast height: DBH) และความสูงทั้งหมดของไม้ต้นและไม้รุ่น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ ประมาณค่ามวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตรีและคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นและไม้รุ่น

ผลการศึกษา พบพรรณไม้ต้น (tree) ทั้งหมดจำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ 9 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 8 ชนิด วงศ์ยาง(Dipterocarpaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) วงศ์ปอ (Malvaceae) และวงศ์แค (Bignoniaceae) จำนวนวงศ์ละ 5 ชนิด และพรรณไม้ในวงศ์อื่น ๆ จำนวนน้อยกว่าวงศ์ละ 5 ชนิด โดยมีแดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. *var. xylocarpa*) เป็นไม้เด่น มีค่าความหนาแน่นของไม้ต้นอยู่ระหว่าง 122.5–177.8 ต้น/ไร่ (765.63–1,111.25 ต้น/เฮกตาร์) ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener อยู่ระหว่าง 2.54 – 2.97 ปริมาณมวลชีวภาพรวม (เหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.04–16.93 ตัน/ไร่ (94.00–105.81 ตัน/เฮกตาร์) ปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม (เหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.07–7.96 ตันคาร์บอน/ไร่ (41.19–49.75 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน คิดเป็น 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของกรณีฐานในการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

คำสำคัญ: ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน สังคมพืช

คำนำ

ภาวะโลกร้อน (global warming) เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในหลากหลายมิติ และนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนคือการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในชั้นบรรยากาศซึ่งมีระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่หลังยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2015) สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดความพยายามของทั่วโลกในการแก้ไขปัญหา ทั้งจากสาเหตุ คือการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในภาคอุตสาหกรรม รวมถึงความพยายามในการจัดการการใช้ประโยชน์พื้นที่ เพื่อรักษาพื้นที่ป่าหรือการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เพื่อให้เป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยการการสร้างแรงจูงใจในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อซื้อขายคาร์บอนเครดิต (carbon credit) โดยในประเทศไทยได้มีการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) ซึ่งเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศตามความสมัครใจ สามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือการเพิ่มการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจภายในประเทศได้ การเข้าร่วมโครงการ T-VER นั้น ต้องเป็นไปตามระเบียบวิธีการและมีลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่ายด้วย (TGO, 2015) นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมภายใต้โครงการสนับสนุนกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme: LESS) เป็นการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการมอบใบประกาศเกียรติคุณ อย่างไรก็ดี การพัฒนาโครงการทั้ง T-VER และ LESS

จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับต้นไม้ในพื้นที่ป่าไม้ที่จะเข้าร่วมโครงการเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนในกรณีฐาน (baseline)

พื้นที่ป่าไม้มีบทบาทต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ โดยที่ต้นไม้จะทำหน้าที่ในการตรึงก๊าซ-คาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเข้าไปไว้ในมวลชีวภาพผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้คาร์บอนสามารถยึดอยู่กับเนื้อเยื่อและเนื้อไม้ และถูกกักเก็บไว้ในส่วนของลำต้น ราก กิ่ง และใบ ในรูปของมวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้น โดยที่ปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนที่ถูกกักไว้ในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดของพรรณไม้ ดังนั้นความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละพื้นที่ป่าจึงแตกต่างกันไปตามชนิดพรรณไม้ ความหนาแน่น และลักษณะสังคมพืชในพื้นที่นั้น ๆ โดยมีการศึกษาพบว่าชนิดป่าในประเทศไทยที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดคือป่าดงดิบมีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 42.8 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าชายเลน ป่าสนและป่าเต็งรัง มีการกักเก็บคาร์บอน 27.6, 25.9, 18.1 และ 14.5 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ และเมื่อลักษณะสังคมพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงก็ย่อมส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน (Diloksumpun, 2007) เห็นได้ว่าการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของลักษณะสังคมพืชในพื้นที่ ใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้จากการดำเนินกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาทั้งในป่าธรรมชาติ ทั้งในรูปแบบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และป่าชุมชน

ปัจจุบันประเทศไทยมีป่าชุมชนจำนวน 11,327 ป่า ในพื้นที่รับผิดชอบ 13,028 หมู่บ้าน รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 6,295,718 ไร่ (RFD, 2022) ซึ่งพื้นที่ป่าชุมชนส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการถูกเปลี่ยนแปลงสภาพป่าและควรมีมาตรการในการป้องกันการทำลายป่า ตลอดจนกิจกรรมในการลดความเสื่อมโทรมของป่าซึ่งเป็นไปตามตามระเบียบวิธีการของ T-VER นอกจากนี้การบังคับใช้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ยังส่งผลให้ชุมชนและหน่วยงานรัฐสามารถร่วมกันบริหารจัดการป่าชุมชนได้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นป่าชุมชนแห่งแรกของจังหวัดอุตรดิตถ์ที่ได้ริเริ่มการอนุรักษ์ป่าโดยชุมชนด้วยความเข้มแข็ง มีสภาพป่าเป็นป่าเบญจพรรณที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยพรรณไม้หลากชนิด อันเกิดจากความร่วมมือร่วมใจของประชาชนในการป้องกันการตัดไม้ทำลายป่า (RFD, 2018) ทั้งนี้การศึกษาความหลากชนิดและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นของป่าชุมชนบ้านหนองกวางเป็นข้อมูลที่ชุมชนมีความต้องการเพื่อใช้ในการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนและตามวัตถุประสงค์ของชุมชน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้เป็นกรณีฐาน (baseline) ประกอบการเข้าร่วมโครงการ T-VER ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง ตำบลนายาง อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ เนื้อที่ 2,010 ไร่ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่านาอิน-นายาง ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบเนินเชิงเขา มีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ลักษณะอากาศร้อนชื้นสลับร้อนแห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีเท่ากับ 1410.3 มิลลิเมตร สะสมสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 263.5 มิลลิเมตร ลักษณะดินเป็นดินทราย ดินร่วนปนทรายและหิน พบพืชพรรณไม้นานาชนิด พันธุ์ไม้ที่พบเห็นในป่า ได้แก่ แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. var. *xylocarpa*) ยอป่า (*Morinda coreia*) มะกอก (*Spondias mombin*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ยมหิน (*Chukrasia valutina* (M. Roem) C. DC.) เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) ไผ่ (*Bambusa* sp.) พื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. พื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ มีเนื้อที่ 1,206 ไร่ เป็นพื้นที่สำหรับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ ห้ามมิให้มีการบุกรุก เข้าถึงหรือใช้ประโยชน์ใด ๆ ทั้งสิ้น พื้นที่นี้มิได้เป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้

2. พื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ มีเนื้อที่ 804 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เป็นบริเวณที่ให้ชาวบ้านสามารถเข้าใช้ประโยชน์ เช่น เป็นแหล่งไม้ใช้สอย แหล่งอาหารและสมุนไพร โดยห้ามตัดต้นไม้ พื้นที่ดังกล่าวมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 70–230 เมตร และเป็นพื้นที่อยู่ติดกับเส้นทางสัญจรและพื้นที่หมู่บ้าน มีการทำปศุสัตว์และมีร่องรอยไฟป่าในบางพื้นที่ (RFD, 2018) เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า จึงเป็นไปตามระเบียบวิธีการ REDD+ ระดับโครงการหรือของโครงการ T-VER P–REDD+ ซึ่งเป็นการลดการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่ป่า โดยมีมาตรการในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น และ/หรือมีกิจกรรมในการลดความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า และ/หรือ มีกิจกรรมในการเพิ่มพูนคาร์บอนในพื้นที่ป่า สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาในครั้งนี้ (TGO, 2016)

การวางแปลงสำรวจ

วางแปลงตัวอย่างสำรวจตามแนวทางโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER) กำหนดให้พื้นที่สำหรับวางแปลงตัวอย่างเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างน้อยร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการ (TGO, 2016) โดยมีการจำแนกชั้นภูมิ (stratification) และแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอันเนื่องมาจากพื้นที่แต่ละชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีความแตกต่างกันในด้านลักษณะภูมิประเทศ ระดับความลาดชันและพืชพรรณ และในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำจำนวน 3 ชั้นได้แก่ ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 มีพื้นที่ 145.56 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 2 แปลง ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 มีพื้นที่ 104.71 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 2 แปลง และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 มีพื้นที่ 553.73 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 6 แปลง รวมแปลงตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 10 แปลง คิดเป็นร้อยละ 1.24 ของพื้นที่ทั้งหมด สุ่มพิกัดมุมล่างซ้ายของแปลงตัวอย่างให้กระจายไปทั่วในแต่ละชั้น (Table 1)

Table 1 Area size, average slope, and location of sampling plots in different zones and their respective watershed classes.

Zone	Watershed Classification	Average slope (%)	Area (Rai)	Plot number	Coordinate	
					X	Y
1	2nd	40	145.56	1	630599	1921949
				2	630062	1920993
2	3rd	25	104.71	3	630891	1922490
				4	630412	1921300
3	5th	6	553.73	5	629843	1920544
				6	629616	1920248
				7	629056	1919880
				8	628564	1919381
				9	627926	1919179
				10	627319	1918914

จากนั้นวางแปลงตัวอย่างชั่วคราว แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ตามพิกัดแปลงที่สุ่มได้ (Figure 1) โดยภายในแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตรแต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 16 แปลง แล้วจึงวางแปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ที่มุมล่างด้านซ้ายของแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ที่อยู่ในตำแหน่งทแยงมุม จากด้านล่างซ้ายไปด้านขวาบนของแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร (Figure 1)

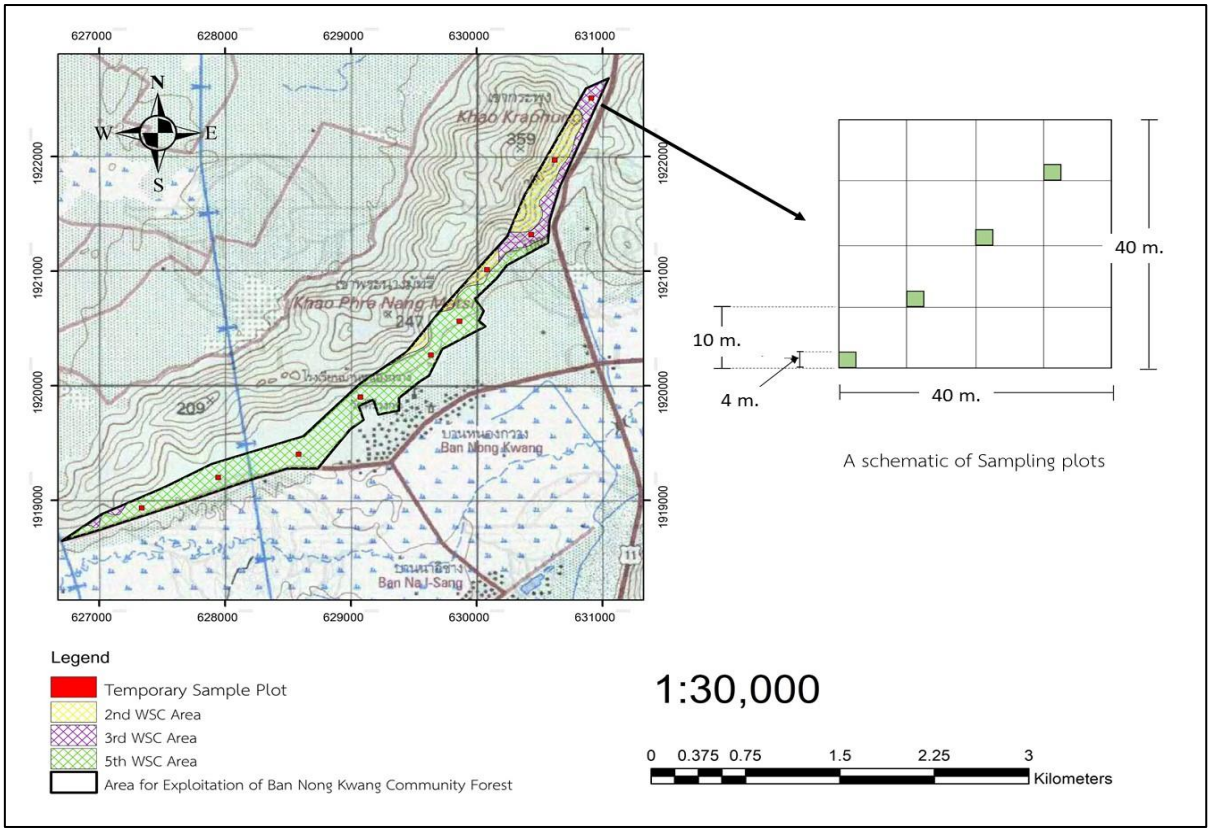

Figure 1 Study area and sampling plots at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

การเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง

1. ภายในแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เก็บรวบรวมข้อมูลของไม้ต้น (tree) คือต้นไม้ที่มีขนาด DBH ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น ระบุชนิด ตามรูปแบบของสำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช วัดขนาด DBH ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) และวัดความสูงของต้นไม้ด้วย เครื่องวัดความสูงของต้นไม้ (haga altimeter) พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบบันทึกข้อมูล

2. ภายในแปลงขนาด 4 เมตร x 4 เมตร เก็บรวบรวมข้อมูลของไม้รุ่น (sapling) คือต้นไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ทุกต้น โดยระบุชนิดพรรณไม้ ทำการวัดขนาด DBH ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier caliper) และวัดความสูงของต้นไม้ด้วยเทปวัดระยะ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์สังคมพืช ศึกษาลักษณะสังคมพืชในเชิงปริมาณโดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างมาคำนวณหาค่าความหนาแน่น (density: D) หมายถึง จำนวนพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดต่อหน่วยพื้นที่ ความถี่ (frequency: F) หมายถึง ค่าความบ่อยครั้งของชนิดพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดที่พบในแปลงตัวอย่าง ความเด่น (dominance: Do) หมายถึง ความมีอิทธิพลของพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดในสังคมพืชนั้น ๆ คำนวณได้โดยใช้พื้นที่หน้าตัด (basal area) ของพรรณพืชชนิดหนึ่งต่อหน่วยพื้นที่แปลงตัวอย่างทั้งหมด (Kutintara, 1999) จากนั้นนำค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density: RD) ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency: RF) และ ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance: RD_o) ที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (importance value index: IVI) ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งแสดงถึงการแสดงออก (performance) ในด้านต่าง ๆของพรรณไม้แต่ละชนิดที่เป็นสมาชิกในสังคมพืช โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$IVI=RD+RF+RD_0$$

โดยที่ RD = ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density)

RF = ค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency)

RD_o = ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance)

คำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย ของ Shannon and Wiener (1949) ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{s}\left(p_i \ln p_i\right)$$

โดยที่ H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener's index

P_i = สัดส่วนของจำนวนต้นไม้ชนิดที่ i เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนต้นไม้รวมทั้งหมด

โดย $P_i = \frac{n_i}{N}$

เมื่อ i = 1,2,3.....,s และ N = จำนวนต้นไม้รวมทั้งหมด

s = จำนวนชนิดที่พบในสังคม

2. การประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ต้นประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น จากการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของไม้ต้น ลงในสมการแอลโลเมตรีของ Ogawa *et al.* (1965) ที่เหมาะสมต่อการประเมินมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในประเทศไทย และเป็นไปตามแนวทางการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของโครงการ T- VER (TGO, 2016) โดยมีสมการดังนี้

$W_S = 0.0396(D^2H)^{0.933}$

$W_B = 0.00349(D^2H)^{1.03}$

$W_L = (28/(W_S+W_B+0.025))^{-1}$

$W_T = W_S+W_B+W_L$

จากนั้นประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้รุ่นจากการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของไม้ต้นในสมการแอลโลเมตรีของ Issaree (1982) โดยมีสมการดังนี้

$W_S = 0.0893059(D^2H)^{0.66513}$

$W_B = 0.0153063(D^2H)^{0.58255}$

$W_L = 0.0000140(D^2H)^{0.44363}$

$W_T = W_S+W_B+W_L$

โดยที่ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ประมาณค่ามวลชีวภาพใต้พื้นดิน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดินที่เหมาะสมต่อป่าเขตร้อน (tropical dry forest) ตามที่ IPCC (2006) กำหนดเท่ากับ 0.28

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

3. การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ นำค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกักเก็บคาร์บอนด้วยค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าเท่ากับร้อยละ 47 (IPCC, 2006) นำปริมาณกักเก็บคาร์บอนที่ได้ (ตันคาร์บอน) มาปรับหน่วยให้เป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการคูณด้วย 44/12 (TGO, 2021)

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบของสังคมพืช

จากการศึกษาพบพรรณไม้ยืนต้นในแปลงตัวอย่างจำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ จำนวนทั้งสิ้น 1,636 ต้น โดยพบพรรณไม้ในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) มีจำนวนชนิดของพรรณไม้มากที่สุดคือ 9 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 8 ชนิด วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) วงศ์ปอ (Malvaceae) และวงศ์แค (Bignoniaceae) จำนวนวงศ์ละ 5 ชนิด และพรรณไม้ในวงศ์อื่น ๆ จำนวนน้อยกว่าวงศ์ละ 5 ชนิด

ในพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) พบไม้ต้น 34 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ยหรือจำนวนไม้ต้นที่พบต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 163.50 ต้นต่อไร่ โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.54 (Table 2) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ ยมหิน ร้อยละ 33.03 รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ แดง มีความหนาแน่นเฉลี่ยสัมพัทธ์ร้อยละ 12.54 และ 10.09 โดยชนิดดังกล่าวมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 16.57, 10.65 และ 9.74 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับ

ความเด่นสัมพัทธ์คือร้อยละ 31.67, 10.34 และ 3.50 ตามลำดับ ในส่วนค่า IVI ซึ่งเป็นการรวมค่าสัมพัทธ์ของความหนาแน่น ความถี่และความเด่นของพรรณไม้แต่ละชนิดพบว่าชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุดคือ ยมหิน มีค่า IVI เท่ากับ 81.27 รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า แดง เก็ดดำ *(Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.) และแข้งกวาง *(Wendlandia tinctoria* (Roxb.) DC.) มีค่า IVI เท่ากับ 33.53, 23.05, 16.99 และ 16.98 ตามลำดับ (Table 3)

พื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) พบไม้ต้น 38 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 122.5 ต้นต่อไร่ และมีค่าดัชนีความหลากหลายในพื้นที่นี้เท่ากับ 2.97 (Table 2) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ เหียง ร้อยละ 22.45 รองลงมาได้แก่ แดง และ กาสามปีก (*Vitex peduncularis* Wall. ex Schauer) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 14.29 และ 6.53 ตามลำดับ โดยชนิดดังกล่าวมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 9.62, 10.26 และ 7.05 ตามลำดับ และมีค่าความเด่นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 15.97, 29.88 และ 3.31 ตามลำดับ ในส่วนค่า IVI พบว่าชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุด คือ แดง มีค่า IVI เท่ากับ 54.42 รองลงมาได้แก่ เหียง กาสามปีก ประดู่ป่า และยมหิน มีค่า IVI เท่ากับ 48.04, 16.89, 14.81 และ 13.30 ตามลำดับ (Table 3) เห็นได้ว่า เหียง มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุด แต่มีค่าความถี่สัมพัทธ์และความเด่นสัมพัทธ์น้อยกว่า บ่งบอกว่ามีการกระจายน้อยกว่าและมีขนาดต้นเล็กกว่า แดง ส่งผลให้แดง มีค่า IVI สูงที่สุดในพื้นที่นี้

พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) พบไม้ต้น 48 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 177.8 ต้นต่อไร่ และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.66 (Table 2) ชนิดที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ แดง ร้อยละ 22.96 รองลงมาได้แก่ เหียง และ มะพอก (*Parinari anamensis* Hance) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 13.96 และ 13.40 ตามลำดับ และมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละเท่ากับ 15.32, 10.14 และ 10.97 ตามลำดับ โดยมีค่าความเด่นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 22.40, 15.50 และ 13.37 ตามลำดับเช่นกัน ในส่วนค่า IVI พบว่าในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุด คือ แดง มีค่า IVIเท่ากับ 60.69 รองลงมาได้แก่ เหียง มะพอก พลวง และมะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania lanzan* Spreng.) มีค่า IVI เท่ากับ 39.61, 37.75, 22.69 และ 19.96 ตามลำดับ (Table 3)

เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นของไม้ต้นในพื้นที่แต่ละพื้นที่จะพบว่า พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) มีไม้ต้นหนาแน่นมากที่สุด คือ 177.8 ต้นต่อไร่ อันเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบ ชั้นดินเป็นดินร่วนปนทรายและดินทราย ส่งผลให้ต้นไม้สามารถตั้งตัวได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่โซนที่ 1 ซึ่งมีความลาดชันสูงและมีหินปกคลุมพื้นที่ ในขณะที่พื้นที่ในโซนที่ 2 นั้นมีไผ่ขึ้นปกคลุมจำนวนมาก ส่งผลให้พื้นที่นี้มีความหนาแน่นของไม้ต้นน้อยที่สุดคือ 122.5 ต้นต่อไร่ และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้จะพบว่า พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุดเท่ากับ 2.97 คือพื้นที่โซนที่ 2 เนื่องจากลักษณะพื้นที่และการใช้ประโยชน์อยู่ระหว่างพื้นที่โซนที่ 1 ซึ่งเป็นป่าเบญจพรรณ ตั้งอยู่บนที่ลาดชันและไม่ถูกรบกวนจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ และพื้นที่โซนที่ 3 ซึ่งถูกรบกวนมากเกินไปเนื่องการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อปล่อยเลี้ยงปศุสัตว์ตลอดทั้งปี ตลอดจนการเก็บหาของป่าในช่วงฤดูฝนและการเกิดไฟป่าในฤดูแล้ง

Table 2 Density and diversity index of trees and saplings in each watershed class (WSC).

Zone	WSC	Number of Species		Density/Rai		Diversity Index	
		Tree	Sapling	Tree	Sapling	Tree	Sapling
1	2^{nd}	34	4	163.5	100.0	2.54	1.26
2	3^{rd}	38	1	122.5	12.5	2.97	0.00
3	5^{th}	48	13	177.8	208.3	2.66	2.05

Table 3 Top five tree species based on relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo), and importance value index (IVI) located in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Rank	Scientific name	Local name	Family	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI
	Zone 1. the 2nd Watershed Classification						
1	*Chukrasia valutina* (M. Roem) C. DC.	ยมหิน	MELIACEAE	33.03	16.57	31.67	81.27
2	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	12.54	10.65	10.34	33.53
3	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. var. *xylocarpa*	แดง	FABACEAE	10.09	9.47	3.50	23.05
4	*Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.	เก็ดดำ	FABACEAE	5.81	5.92	5.26	16.99
5	*Wendlandia tinctoria* (Roxb.) DC.	แข้งกวาง	RUBIACEAE	4.28	5.92	6.78	16.98
	Zone 2. the 3rd Watershed Classification						
1	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W Theob. var. *xylocarpa*	แดง	FABACEAE	14.29	10.26	29.88	54.42
2	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	เหียง	DIPTEROCARPACEAE	22.45	9.62	15.97	48.04
3	*Vitex peduncularis* Wall. ex Schauer	กาสามปีก	LAMIACEAE	6.53	7.05	3.31	16.89
4	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	2.45	4.49	7.88	14.81
5	*Chukrasia valutina (M. Roem) C. DC.*	ยมหิน	MELIACEAE	3.67	4.49	5.14	13.30
	Zone 3. the 5th Watershed Classification						
1	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. var. *xylocarpa*	แดง	FABACEAE	22.96	15.32	22.40	60.69
2	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	เหียง	DIPTEROCARPACEAE	13.96	10.14	15.50	39.61
3	*Parinari anamensis* Hance	มะพอก	CHRYSOBALANACEAE	13.40	10.97	13.37	37.75
4	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	พลวง	DIPTEROCARPACEAE	8.06	4.97	9.66	22.69
5	*Buchanania lanzan* Spreng.	มะม่วงหัวแมงวัน	ANACARDIACEAE	6.94	8.28	4.74	19.96

สำหรับไม้รุ่นในพื้นที่ศึกษาพบว่าในพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) พบไม้รุ่นจำนวน 13 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้รุ่นสูงที่สุด จำนวน 208.33 ต้นต่อไร่ (Table 2) โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่นี้เท่ากับ 2.05 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นในพื้นที่เดียวกัน และชนิดที่มีค่า IVI สูงที่สุดคือ กระทุ่มเนิน (*Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze) มีค่า IVI เท่ากับ 64.24 รองลงมาได้แก่ คำรอก (*Ellipanthus tomentosus* Kurz) เปล้าแพะ (*Croton hutchinsonianus* Hosseus) มะดูก (*Siphonodon celastrineus* Griff.) และ เหมือดจี้ (*Memecylon scutellatum* (Lour.) Hook. & Arn. var. *scutellatum*) มีค่า IVI เท่ากับ 61.80, 44.22, 31.49 และ 22.87 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติแล้ว นอกจากความหลากหลายที่ลดลงแล้ว ไม้ต้นและไม้รุ่นมีชนิดไม้เด่นไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากไม้เด่นมีชั้นอายุใกล้เคียงกันและมีการปกคลุมเรือนยอดเต็มพื้นที่ ส่งผลให้ลูกหลานไม่สามารถเติบโตทดแทนสมาชิกในสังคมได้ โดยเมื่อพิจารณาจากสภาพพื้นที่ พบว่ามีการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อปล่อยเลี้ยงปศุสัตว์ตลอดทั้งปีและพบร่องรอยการเกิดไฟป่าซึ่งส่งผลกระทบต่อการรอดตายของลูกไม้และไม้รุ่นตลอดจนการทดแทนสังคมพืชในพื้นที่ เช่นเดียวกันกับผลการศึกษาในพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) พบไม้รุ่นเพียงชนิดเดียว คือ ปอแก่นเทา

(*Grewia eriocarpa* Juss.) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 12.50 ต้น/ไร่ ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นที่ศึกษาในที่นี้ แสดงให้เห็นถึงการทดแทนของสังคมไม้ต้นที่ไม่ประสบความสำเร็จอันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ แตกต่างจากพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) ซึ่งมีขนาดและจำนวนแปลงตัวอย่างเท่ากันกับพื้นที่โซนที่ 2 พบไม้รุ่นจำนวน 4 ชนิด โดยมีไม้เด่นคือ ยมหิน, เก็ดดำ *(Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.) ประดู่ป่า และกระทุ่มเนิน มีค่า IVI เท่ากับ 105.10, 75.35, 61.96 และ 57.59 ตามลำดับ (Table 4) โดยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 100 ต้นต่อไร่ ซึ่งเห็นได้ว่าชนิดไม้รุ่นดังกล่าวสอดคล้องกับชนิดของไม้ต้นที่เป็นไม้เด่นแสดงให้เห็นว่าไม้เด่นในพื้นที่มีการทดแทนที่ดี แต่เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.26 ซึ่งน้อยกว่าไม้ต้นในพื้นที่เดียวกันมาก (Table 2) แสดงถึงความหลากหลายที่จะลดลงอย่างมากเมื่อผ่านกระบวนการทดแทน แต่ไม้เด่นจะยังคงรักษาความสามารถในการปกคลุมพื้นที่ไว้ได้ อันเนื่องมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะสูงชันและอยู่ห่างจากเส้นทางสัญจร จึงไม่มีการรบกวนพื้นที่จากการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมนุษย์ดังเช่นพื้นที่อื่น ๆ

Table 4 Top five sapling species based on relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo), and importance value index (IVI) located in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Rank	Scientific name	Local name	Family	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI
	Zone 1. the 2nd Watershed Classification*						
1	*Chukrasia valutina* (M. Roem) C. DC.	ยมหิน	MELIACEAE	37.50	40.00	27.60	105.10
2	*Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.	เก็ดดำ	FABACEAE	37.50	20.00	17.85	75.35
3	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	12.50	20.00	29.46	61.96
4	*Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze	กระทุ่มเนิน	RUBIACEAE	12.50	20.00	25.09	57.59
	Zone 2. the 3rd Watershed Classification**						
1	*Grewia eriocarpa* Juss.	ปอแก่นเทา	FABACEAE	100.00	100.00	100.00	300.00
	Zone 3. the 5th Watershed Classification						
1	*Mitragyna rotundifolia (*Roxb.) Kuntze	กระทุ่มเนิน	RUBIACEAE	28.00	18.18	18.06	64.24
2	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	คำรอก	CONNARACEAE	24.00	18.18	19.62	61.80
3	*Croton hutchinsonianus* Hosseus 162	เปล้าแพะ	EUPHORBIACEAE	16.00	13.64	14.58	44.22
4	*Siphonodon celastrineus Griff.*	มะดูก	CELASTRACEAE	6.00	4.55	20.95	31.49
5	*Memecylon Scutellatum (Lour.) Hook. & Arn. Var.*	เหมือดจี้	MELASTOMATACEAE	4.00	4.55	14.32	22.87

Remarks: * 4 species found ** only 1 species found

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ผลการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพดังแสดง Table 5 พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยรวม 16.93±4.66 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 16.37±3.57 ตันต่อไร่ โดยพื้นที่ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 15.04±8.03 ตันต่อไร่ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละโซนที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แสดงให้เห็นถึงผลของการจัดการป่าชุมชน ถึงแม้จะมีการใช้ประโยชน์พื้นที่ต่างกันในแต่ละโซนของพื้นที่ศึกษา แต่การที่ป่าชุมชนได้มีกฎในการห้ามตัดต้นไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนเด็ดขาด ส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพในพื้นที่โซนต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยในพื้นที่แต่ละโซนมีค่าอยู่ระหว่าง 11.75±6.28 – 13.22±3.64 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีสังคมพืชคล้ายกันที่ผ่านมาพบว่า มีค่ามากกว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 7.94 และ 10.96 ตันต่อไร่ ตามลำดับ อันเนื่องมาจากพื้นที่ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์มีการเกิดไฟป่า (Boonrodklab and Teejuntuk, 2008) และพื้นที่ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานที่ศึกษามีชุมชนตั้งอยู่ใกล้ มีการใช้ประโยชน์จากไม้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (Nuanurai, 2005) ส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ดังกล่าวน้อยกว่าพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าในพื้นที่ป่าเบญจพรรณในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง ที่มีค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 14.08 ตันต่อไร่ (Charoenniyom, 1989) และป่าเบญจพรรณบริเวณวนอุทยานน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงรายที่มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 31.72 ตันต่อไร่ (Nukool, 2002)

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณมวลชีวภาพรวมในพื้นที่แต่ละโซน พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.52±2.95 – 6.22±1.71 ตันคาร์บอนต่อไร่ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.55±0.83 – 1.74±0.48 ตันคาร์บอนต่อไร่ รวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีค่าอยู่ระหว่าง 7.07±3.78 – 7.96±2.19 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Table 5) ซึ่งถือว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าประเภทเดียวกันบริเวณอื่นในภูมิภาคเดียวกัน เช่น ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และป่าเบญจพรรณในบริเวณเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนกักเก็บในไม้ต้น เท่ากับ 12.85 และ 16.87 ตันต่อไร่ตามลำดับ (Khamyong, 2009) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าชุมชนพื้นที่อื่น ๆ พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยมากกว่าป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ตันคาร์บอนต่อไร่ (TGO, 2015) และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยน้อยกว่าป่าชุมชนบ้านเขาวง จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์เท่ากับ 14.37 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Ounkerd *et al.*, 2015)

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีขนาด 804 ไร่ เป็นพื้นที่ในโซนที่ 1 จำนวน 145.56 ไร่ พื้นที่ดังกล่าวมีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.96 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 1,158.66 ตันคาร์บอน พื้นที่ในโซนที่ 2 จำนวน 104.71 ไร่ พื้นที่นี้มีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.07 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 740.30 ตันคาร์บอน ในส่วนของพื้นที่โซนที่ 3 จำนวน 553.73 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถให้ต้นไม้เติบโตได้เนื่องจากการใช้ประโยชน์พื้นที่เป็นแนวทางผ่านสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง จึงมิได้นำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่จำนวน 9 ไร่ คงเหลือพื้นที่ 544.73 ไร่ โดยพื้นที่นี้มีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.69 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 4,188.97 ตันคาร์บอน รวมปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน หรือ 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Table 5 Biomass and carbon storage of trees and saplings in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Zone	Watershed Classification	Plot Number	Biomass (ton/Rai)			Carbon stock (ton/Rai)		
			Aboveground	Belowground	Total	Aboveground	Belowground	Total
1	2nd	1	10.65	2.98	13.63	5.01	1.40	6.41
		2	15.80	4.42	20.22	7.43	2.08	9.50
		Mean±SD	13.22±3.64	3.7±1.02	16.93±4.66	6.22±1.71	1.74±0.48	7.96±2.19
2	3rd	3	7.31	2.05	9.36	3.44	0.96	4.40
		4	16.19	4.53	20.72	7.61	2.13	9.74
		Mean±SD	11.75±6.28	3.29±1.76	15.04±8.03	5.52±2.95	1.55±0.83	7.07±3.78
3	5th	5	11.41	3.20	14.61	5.36	1.50	6.87
		6	9.77	2.73	12.50	4.59	1.29	5.88
		7	10.14	2.84	12.99	4.77	1.34	6.10
		8	16.84	4.72	21.56	7.92	2.22	10.13
		9	14.17	3.97	18.14	6.66	1.87	8.53
		10	14.40	4.03	18.43	6.77	1.89	8.66
		Mean±SD	12.79±2.79	3.58±0.78	16.37±3.57	6.01±1.31	1.68±0.37	7.69±1.68

Remark: A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

สรุป

พื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ ในป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุตรดิตถ์ ลักษณะสังคมพืชเป็นป่าเบญจพรรณ มีพรรณไม้ป่าเต็งรังขึ้นปะปนในบางส่วนของพื้นที่ พบพรรณไม้ยืนต้น (tree) จำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 5) เท่ากับ 177.8 ต้นต่อไร่ มีไม้เด่นคือแดง, เหียง และมะพอก รองลงมาได้แก่พื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2) มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 163.5 ต้นต่อไร่ มีไม้เด่นคือ ยมหิน, ประดู่ป่าและแดง โดยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3) เท่ากับ 122.5 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ มีไม้เด่นคือ แดง เหียงและกาสามปีก มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon – Wiener ในพื้นที่แต่ละโซนอยู่ระหว่าง 2.54 – 2.97

ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา มีค่าเท่ากับ 15.04±8.03 – 16.93±4.66 ตันต่อไร่ โดยพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2) มีปริมาณมวลชีวภาพต่อไร่สูงที่สุด โดยปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละโซนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.52±2.95 – 6.22±1.71 ตันคาร์บอนต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 1.55±0.83 – 1.74±0.48 ตันคาร์บอนต่อไร่ รวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 7.07±3.78 – 7.96±2.19 ตันคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อไร่สูงที่สุดเช่นกัน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน คิดเป็น 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นค่าการกักเก็บคาร์บอนของกรณีฐานในการดำเนินโครงการ T-VER

ป่าชุมชนบ้านหนองกวางสามารถเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยการปลูกพื้นฟูป่าในบริเวณที่มีการทดแทนตามธรรมชาติได้ไม่ดี ได้แก่พื้นที่ในโซนที่ 2 และ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 และ 5) และมีการจัดการไฟป่าในพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) ซึ่งมีความเสี่ยงอันเนื่องมาจากตั้งอยู่ติดถนน ใกล้แหล่งชุมชนและเป็นพื้นที่ราบ ตลอดจนการอนุญาตให้นำไม้ที่ยืนต้นตายออกมาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการเปิดพื้นที่สำหรับกล้าไม้ใหม่ ๆ และไม้รุ่นได้เจริญเติบโตต่อไป โดยการเพิ่มแรงจูงใจ เช่น การอนุญาตให้สามารถตัดไม้ตายมาใช้ประโยชน์ได้โดยมีเงื่อนไขว่าผู้ตัดจะต้องปลูกและดูแลลูกไม้และไม้รุ่นซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับไม้ดั้งเดิม หรือไม้เด่นในพื้นที่นั้น ๆ นอกจากเป็นการเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนแล้วยังส่งผลดีต่อการรักษาความหลากหลายของไม้ในพื้นที่อีกด้วย การเพิ่มปริมาณคาร์บอนจะเป็นการเพิ่มรายได้แก่ชุมชนในกรณีที่ป่าชุมชนได้เข้าร่วมโครงการ T-VER และมีการซื้อ-ขายคาร์บอนเครดิตในอนาคต การรักษาความหลากหลายทำให้ป่าอุดมสมบูรณ์จะทำให้ชุมชนได้รับนิเวศบริการที่ดียิ่งขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ 1) ควรมีการติดตามปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงทุก 3 – 5 ปี ตามคำแนะนำของโครงการ T- VER เพื่อทราบถึงปริมาณคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่ต่อไป 2) การศึกษาในครั้งนี้เลือกศึกษาเฉพาะต้นไม้ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนหลักในพื้นที่ป่า มิได้ศึกษาไผ่และเถาวัลย์ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนทางเลือกตามแนวทางโครงการ T-VER ในอนาคต หากมีความต้องการข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นเห็นควรศึกษาไผ่และเถาวัลย์ร่วมด้วย และ 3) การศึกษาในครั้งนี้มิได้เลือกศึกษาในพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์อันเนื่องมาจากลักษณะของพื้นที่เป็นป่าชั้นในอยู่ห่างจากถนน หมู่บ้านและพื้นที่ทำการเกษตรของชาวบ้าน ขึ้นไปบนสันเขายากต่อการบุกรุกแผ้วถางหรือกระทำการให้ป่าเสื่อมโทรม นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์เป็นแนวกันชนป้องกันการบุกรุกตลอดแนวพื้นที่ จึงถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่ไม่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า โดยทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงแนวเขต กฎระเบียบ หรือลักษณะอื่นใดอันเป็นเหตุให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า ก็ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย

REFERENCES

Boonrodklab, C., Teejuntuk, S. 2008. Structure and aboveground biomass of forest community in Doi Inthanon national park, Chiang Mai province, pp. 411-419. In **Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference (Natural Resources and Environment).** Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Charoenniyom, A. 1989. **Regeneration Process in a Mixed Deciduous Forest with Teak at Mae Huad, Changwat Lampang.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2015. **Climate Change and REDD Plus.** Bangkok, Thailand. (in Thai)

Diloksumpun, S. 2007. Carbon sequestration of forests and global warming**. Journal of Soil and Water Conservation,** 22(3): 40-49. (in Thai)

IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forest Land**. National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.

Issaree, M. 1982. **Primary Production of Plant Communities in Old Clearing Areas at Sakaerat Environmental Research Station, Pakthongchai, Nakhon Ratchasima**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Khamyong, N. 2009. **Plant Species Diversity, Soil Characteristics and Carbon Accumulation in Different Forests, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Nuanurai, N. 2005. **Comparison of Area Index, Above – Ground Biomass and Carbon Sequestration of Forest Ecosystems by Forest Inventory and Remote Sensing at Kaeng Krachan National Park, Thailand.** M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Nukool, T. 2002. **Structural Characteristics of Three Forest Types at Khun Korn Waterfall Forest Park, Changwat Chiang Rai.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia,** 1: 21-157.

Ounkerd, K., Sunthornhao, P., Puangchit, L. (2015). Valuation of carbon stock in trees at Khao Wong Community Forest, Chaiyaphum province. **Thai Journal of Forestry,** 34(1), 29–38.

Royal Forest Department (RFD). 2018. **Ban Nong Kwang Community Forest Information**. 35p. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Royal Forest Department (RFD). 2022. **Community Forest Project Approval Information.** https://www.forest.go.th/community-extension/2017/02/02/ผลการอนุมัติโครงการป่า, 8 August 2022.

Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. *Cited by* Ludwig, J.A., Reynolds, J.H. 1988. **Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing.** John and Wiley & Sons Inc., New York, USA.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2015. **Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Ban-Kong-Tabang community forest, Petchaburi Province (P-REDD+).** https://ghgreduction.tgo.or.th/en/database-and-statistics/registered-projects/item/809-reducing-emission-from-deforestation-and-forest-degradation-and-enhancing-carbon-sequestration-in-ban-kong-tabang-community-forest-petchaburi-province-p-redd-in-ban-kong-tabang-community-forest-pe.html, 24 June 2023.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector**. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2021. **Calculation for Carbon Sequestration (Number 4)**. Bangkok, Thailand. (in Thai)