

การกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบชื้น กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านป่าพงค์
อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง

Carbon Storages in Tropical Rain Forest, Case Study: Ban Papong
Community Forest, Thamod District, Phatthalung Province

อานูช คีร์รัฐนิคม¹ และสุภฎา คีร์รัฐนิคม^{1*}
Anut Kiriratnikom¹ and Suphada Kiriratnikom^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้และในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร รวมทั้งประเมินศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าดิบชื้น ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง โดยการวางแปลงสำรวจ ขนาด 40x50 เมตร จำนวน 6 แปลง โดยวิธีการวางแปลงแบบสุ่ม (random sampling) ผลการศึกษาพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีไม้ทั้งสิ้น 99 ชนิด 72 สกุล 41 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ใหญ่ 74 ชนิด 58 สกุล 34 วงศ์ พรรณไม้หนุ่ม 72 ชนิด 57 สกุล 31 วงศ์ และพรรณกล้าไม้ 50 ชนิด 44 สกุล 27 วงศ์ และพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีปริมาณคาร์บอนสะสม 158.30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยสะสมในมวลชีวภาพ 134.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และมีปริมาณคาร์บอนสะสมในพรรณไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ จำนวน 131.46 2.42 และ 0.48 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีการสะสมในดิน 23.94 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ปริมาณคาร์บอนส่วนใหญ่สะสมในมวลชีวภาพคิดเป็นร้อยละ 84.87 จะเห็นว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้ 580.43 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอน ป่าชุมชน ป่าดิบชื้น

¹ สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

* Corresponding author e-mail: ksuphada@yahoo.com

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajnstu.2024.v43i1.257076>

Received: 5 December 2022, Revised: 2 April 2023, Accepted: 24 May 2023

Abstract

The research objective was to evaluate carbon storages in tree biomass, soil (0-30 centimeter (cm) depth) and evaluate the potential for carbon dioxide adsorption in tropical rain forest, Ban Papong Community Forest, Thamod district, Phatthalung province. The random sampling for surveying of plant species was undertaken by 40x50 square meter (m²) sample plot (6 plots). The results showed that the plants in Ban Papong Community Forest composed of 99 species, 72 genus in 41 families, which were divided into the group of trees that contain 74 tree species, 58 genus in 34 families, 72 sapling species, 57 genus in 31 families and 50 seedling species, 44 genus in 27 families. Ban Papong Community Forest had a total of carbon sequestration 158.30 tonne carbon per hectare (C/ha), in plant biomass 134.36 tonne C/ha (131.46 tonne C/ha in tree, 2.42 tonne C/ha in sapling and 0.48 tonne C/ha in seedling) and 23.94 tonne C/ha of carbon sequestration in soil. Most of the carbon stored in biomass was 84.87%. The Ban Papong Community Forest can adsorb CO₂ 580.43 tonne carbon dioxide per hectare (CO₂/ha).

Keywords: Carbon storage, Community forest, Tropical rain forest

บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศมากที่สุด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทรัพยากรป่าไม้มีบทบาททั้งเป็นแหล่งปลดปล่อย (source) และแหล่งกักเก็บ (sink) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งต้นไม้ยังมีบทบาทในการดักจับมลภาวะอื่น ๆ ในอากาศได้อีกด้วย (มีทนภรณ์ และเพ็ญศิริ, 2566) ซึ่งคาร์บอนในป่าส่วนใหญ่จะสะสมในมวลชีวภาพของสิ่งที่มีชีวิตและในดิน และมีปริมาณน้อยในส่วน of เศษซากพืช (Malhi *et al.*, 2009, วสันต์ และคณะ, 2563) ทั้งนี้จะสะสมมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแต่ละพื้นที่ เช่น ป่าดิบเขาในประเทศเปรู มีคาร์บอนในมวลชีวภาพประมาณร้อยละ 40 (Gibbon *et al.*, 2010) สำหรับป่าเขตร้อนในประเทศจีน และป่าเต็งรังในประเทศมาเลเซีย ปริมาณคาร์บอนจะสะสมในมวลชีวภาพมากกว่าดิน 2 เท่า (Saner *et al.*, 2012) แต่ในป่าดิบชื้นของประเทศแอฟริกา มีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพสูงกว่าดิน 3 เท่า (Djomo *et al.*, 2011) ในขณะที่ป่าทุติยภูมิในประเทศฟิลิปปินส์ ปริมาณคาร์บอนจะสะสมในมวลชีวภาพปริมาณร้อยละ 60 (Lasco *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตามความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของป่าธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดป่า ชนิดพันธุ์ไม้ ความหนาแน่นของพรรณไม้ และปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งพบว่าป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบแล้ง จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพและในดินรวม 63.57 84.17 และ 98.05 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (วสันต์ และคณะ, 2563) ป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัด

พัทลุง มีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพ 129.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (อานูช และทิพย์ทิวา, 2556)

จากบทบาทที่สำคัญในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของระบบนิเวศป่าไม้ จึงมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้ชุมชนดูแลรักษาป่าเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมคาร์บอนในป่า ซึ่งในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการจัดตั้งป่าชุมชน จำนวน 1,640 โครงการ ใน 1,399 หมู่บ้าน (กรมป่าไม้, 2564) ซึ่งป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงระหวัด จังหวัดพัทลุง เป็นป่าที่ชุมชนตะโหนด ได้ดำเนินการฟื้นฟู เพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุ์ไม้และส่งเสริมให้เยาวชน และชุมชนได้เห็นคุณค่าของป่าไม้ เกิดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ ฟื้นฟูป่า และลดการตัดต้นไม้ เนื่องจากปัจจุบันพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความเกี่ยวข้องกับป่าไม้ และการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่าจะสามารถช่วยบรรเทา ปัญหาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพแวดล้อมได้ทางหนึ่ง เพื่อให้ชุมชนและองค์กรที่เกี่ยวข้องได้เห็นคุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ต่อการกักเก็บคาร์บอน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมิน ปริมาณการสะสมคาร์บอนในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงระหวัด จังหวัดพัทลุง เพื่อเผยแพร่ข้อมูล ศักยภาพในกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้ ซึ่งจะก่อให้เกิด ความตระหนัก ห่วงเห่นและร่วมกันฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ในป่าชุมชนมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการศึกษาและการเก็บข้อมูล

ทำการวางแผนศึกษาขนาด 40x50 ตารางเมตร จำนวน 6 แปลง โดยวิธีการ random sampling ด้วยวิธีการสุ่มกระจายตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งแต่ละแปลงแบ่งออกเป็น แปลงย่อยขนาด 10x10 ตารางเมตร รวมทั้งสิ้น 120 แปลงย่อย เพื่อศึกษาชนิดพรรณไม้ใหญ่ (tree) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง วางแปลงขนาด 4x4 ตารางเมตร เพื่อศึกษาชนิดพรรณ ไม้หนุ่ม (sapling) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง และวางแปลงขนาด 1x1 ตารางเมตร ในแปลงศึกษาขนาด 10x10 ตารางเมตร เพื่อศึกษาชนิดพรรณกล้าไม้ (seedling) และขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของไม้ที่ระดับขีดผิวดินโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper)

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงศึกษาโดยในแต่ละหลุมเก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร เพื่อเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่า ในประเทศกำลังพัฒนาตาม The UN-REDD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics, 2009) โดยเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธี core method ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน โครงสร้าง (undisturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) จำนวน 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนโครงสร้าง (disturbed sample) โดยเก็บตัวอย่างดินแบบรวม (composite sampling) ในแต่ละแปลงการศึกษา รวม 6 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของ คาร์บอนในดิน

2. การประเมินปริมาณมวลชีวภาพของพรรณไม้

ประเมินหามวลชีวภาพของพรรณไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี (allometry equation) ของป่าดิบชื้น ดังนี้

สมการหามวลชีวภาพของพรรณไม้ใหญ่ (ชิงชัย, 2546)

$$\begin{aligned} \text{stem (Ws)} &= 0.0396 \times (D^2H)^{0.9326} \\ \text{branch (Wb)} &= 0.006003 \times (D^2H)^{1.0270} \\ \text{leaf (WL)} &= [28.0 / (Ws + Wb) + 0.025]^{-1} \\ \text{root (Wr)} &= 0.0264 \times (D^2H)^{0.7750} \end{aligned}$$

สมการหามวลชีวภาพของพรรณไม้หนุ่ม (อานูช และสุภฎา, 2561)

$$\begin{aligned} \text{LogWs} &= -1.114 + 0.77\text{log}D^2H \quad (R^2 = 0.922) \\ \text{LogWb} &= -1.886 + 0.871\text{log}D^2H \quad (R^2 = 0.860) \\ \text{LogWL} &= -1.658 + 0.571\text{log}D^2H \quad (R^2 = 0.712) \\ \text{LogWr} &= -1.553 + 0.708\text{log}D^2H \quad (R^2 = 0.923) \end{aligned}$$

โดยที่ Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

WL = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

Wr = มวลชีวภาพส่วนของราก (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

สมการหามวลชีวภาพของพรรณกล้าไม้ (อานูช และสุภฎา, 2561)

$$\begin{aligned} \text{Ws} &= 13.23(D_0^2)^{1.318} \quad (R^2 = 0.848) \\ \text{Wb} &= 2.404(D_0^2)^{0.990} \quad (R^2 = 0.613) \\ \text{WL} &= 5.493(D_0^2)^{0.775} \quad (R^2 = 0.589) \\ \text{Wr} &= 8.202 (D_0^2)^{1.110} \quad (R^2 = 0.748) \end{aligned}$$

โดยที่ Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กรัม)

Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กรัม)

WL = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กรัม)

Wr = มวลชีวภาพส่วนของราก (กรัม)

D₀ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (เซนติเมตร)

3. การประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ

นำข้อมูลของปริมาณมวลชีวภาพของไม้มาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บ โดยน้ำหนักคาร์บอนของมวลชีวภาพในพรรณไม้ใหญ่ค่าเป็นร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006) สำหรับพรรณไม้หนุ่มมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักคาร์บอนของมวลชีวภาพคิดเป็นร้อยละ 51.56 โดยน้ำหนักคาร์บอนในมวลชีวภาพส่วนลำต้น กิ่ง ราก และใบ มีค่าร้อยละ 56.78 53.53 49.23 และ 46.72 ของมวลชีวภาพ ตามลำดับ ในส่วนของพรรณกล้าไม้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักคาร์บอนของมวลชีวภาพคิดเป็นร้อยละ 49.79 โดยน้ำหนักคาร์บอน

ในมวลชีวภาพส่วนลำต้น ราก กิ่ง และใบ มีคาร์บอน 51.77 50.46 49.75 และ 47.18 ของมวลชีวภาพตามลำดับ (อานูช และสุภฎา, 2558)

4. การประเมินปริมาณคาร์บอนในดิน

ทำการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของดิน โดยวิธี clod method (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2546) และความเข้มข้นของคาร์บอนโดยวิธี wet oxidation ของ Walkley and Black (1947) จากนั้นทำการคำนวณปริมาณคาร์บอนในดินต่อหน่วยพื้นที่โดยการคูณกับปริมาณมวลดิน (วสันต์ และคณะ, 2553) ดังสมการ

ปริมาณคาร์บอนในดิน = ความหนาแน่นรวมของดิน x ความเข้มข้นของคาร์บอน x ความลึก

โดย ปริมาณคาร์บอนในดิน หน่วยเป็น กรัมต่อตารางเมตร

ความหนาแน่นรวมของดิน หน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความเข้มข้นของคาร์บอน หน่วยเป็น กรัมต่อกรัมของดิน

ความลึก หน่วยเป็น เมตร

5. การคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

นำข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมาเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจากบรรยากาศโดยการคูณด้วยค่าคงที่ 3.67 ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (วิจารณ์, 2553)

$$\begin{array}{l} \text{ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ} \\ \text{(ตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{คาร์บอนกักเก็บ} \times (44/12) \\ \text{(ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)} \end{array}$$

ผลการวิจัย

1. ชนิดและความหนาแน่นของพันธุ์ไม้

จากการศึกษาพบว่าในป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ อำเภอดำรงวิทยารัชมงคล จังหวัดพัทลุง มีไม้ทั้งสิ้น 99 ชนิด 72 สกุล 41 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ใหญ่จำนวน 651 ต้น 74 ชนิด 58 สกุล 34 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 542.5 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนใหญ่เป็นไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae ซึ่งพบพันธุ์ไม้จำนวน 8 ชนิด รองลงมา คือ พันธุ์ไม้ในวงศ์ Fabaceae พบพันธุ์ไม้จำนวน 7 ชนิด สำหรับพรรณไม้หนุมพบไม้ 664 ต้น 72 ชนิด 57 สกุล 31 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 3,457.94 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งพันธุ์ไม้ที่พบส่วนใหญ่เป็นไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae และวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งพบพันธุ์ไม้จำนวน 6 ชนิด รองลงมาคือไม้ในวงศ์ Fabaceae และวงศ์ Moraceae พบพันธุ์ไม้จำนวน 5 ชนิด และพบพรรณกล้าไม้จำนวน 671 ต้น 50 ชนิด 44 สกุล 27 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 55,916.69 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งพันธุ์ไม้ที่พบในส่วนของพรรณกล้าไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae Fabaceae และ Moraceae พบไม้จำนวน 4 ชนิด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายชื่อพันธุ์ไม้ที่อยู่ในวงศ์ที่พบมากของป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดะโหมด จังหวัดพัทลุง

วงศ์	ชนิดพันธุ์ไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	พรรณ		
			ไม้ใหญ่	ไม้หนุม	กล้าไม้
Dipterocarpaceae	กระบาก	<i>Anisoptera costata</i>	✓	✓	
	ยางนา	<i>Dipterocarpus alatus</i>	✓	✓	✓
	ตะเคียนหิน	<i>Hopea ferrea</i>	✓	✓	
	ตะเคียนทอง	<i>H. odorata</i>	✓	✓	✓
	ตะเคียนราก	<i>H. pierre</i>	✓		
	ตะเคียนสามพอน	<i>H. sangal</i>	✓		
	เคียนทราย	<i>Shorea gratissima</i>	✓	✓	✓
	ไข่เขียว	<i>Parashorea stellata</i>	✓	✓	✓
Euphorbiaceae	เหยื่อจาง	<i>Balakata baccata</i>	✓		✓
	หลอ (ตองแตบ)	<i>Macaranga denticulata</i>	✓	✓	✓
	เปล้าใหญ่	<i>Croton roxburghii</i>	✓	✓	✓
	หลอขน	<i>Mallotus macrostachyus</i>	✓	✓	
	มะไฟ	<i>Baccaurea ramiflora</i>		✓	
	เปล้าเงิน	<i>C. sepalinus</i>		✓	
	ต้นหมี	<i>Hancea subpeltata</i>		✓	
Fabaceae	เนียง (ชะเนียง)	<i>Archidendron jiringa</i>	✓		
	แซะ	<i>Callerya atropurpurea</i>	✓	✓	✓
	ก่อหมู	<i>Castanopsis javanica</i>	✓		
	ร้อยเด	<i>Cynometra malaccensis</i>	✓	✓	✓
	ก่อ	<i>Lithocarpus cantleyanus</i>	✓	✓	
	แซะควน	<i>Ormosia kerrii</i>	✓	✓	✓
	สะตอ	<i>Parkia speciosa</i>	✓	✓	✓
Moraceae	หาด	<i>Artocarpus lacucha</i>	✓	✓	
	แห้ว (แกแล)	<i>Maclura cochinchinensis</i>	✓	✓	✓
	ขี้แรด (ข่อยน้ำ)	<i>Streblus ilicifolius</i>	✓	✓	✓
	หนูนปาน (ขนุนปาน)	<i>A. rigidus</i>	✓		✓
	มะเดื่อ	<i>Ficus chartaceae</i>	✓		
	ขนุนป่า	<i>Artocarpus</i>		✓	✓
	ไทร	<i>F. subcordata</i>		✓	

หมายเหตุ: - ✓ หมายถึง การพบ

2. มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสม

จากการศึกษาพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดำรงวิทยาราม จ.นครศรีธรรมราช มีปริมาณมวลชีวภาพจากไม้รวมทั้งสิ้น 285.14 ตันต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอน 134.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยพรรณไม้ใหญ่มีปริมาณคาร์บอนสะสมมากที่สุด คิดเป็น 131.46 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือ พรรณไม้หนุ่มและกล้าไม้ มีค่าปริมาณการสะสมคาร์บอนคิดเป็น 2.42 และ 0.48 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยส่วนของลำต้นจะเป็นส่วนที่มีการสะสมคาร์บอนมากที่สุด (ตารางที่ 2) และพบว่าไม้ใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 18.84 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 14.67 เมตร พรรณไม้หนุ่มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 2.22 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 3.11 เมตร พรรณกล้าไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับชิตดินเฉลี่ย 0.60 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของไม้ในพื้นที่แล้ว พบว่าพรรณไม้ใหญ่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด โดยมีความหนาแน่นเพียง 542.50 ตันต่อเฮกตาร์ มีการสะสมคาร์บอนสูงถึง 242.32 กิโลกรัมต่อตัน ส่วนพรรณไม้หนุ่มและกล้าไม้จะมีความหนาแน่นมากกว่าพรรณไม้ใหญ่ โดยพรรณไม้หนุ่มและกล้าไม้มีความหนาแน่น 3,457.94 และ 55,916.69 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ แต่มีการสะสมคาร์บอนเพียง 0.70 และ 0.01 กิโลกรัมต่อตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ดังนั้นหากมีการดูแลและจัดการให้พรรณกล้าไม้และไม้หนุ่มสามารถเจริญเติบโตเป็นพรรณไม้ใหญ่จะทำให้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 2 มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้

ตำแหน่ง	พรรณ					
	ไม้ใหญ่		ไม้หนุ่ม		กล้าไม้	
	มวล	ปริมาณ	มวล	ปริมาณ	มวล	ปริมาณ
ชีวภาพ (ตันต่อ เฮกตาร์)	คาร์บอนสะสม (ตันคาร์บอน ต่อเฮกตาร์)	ชีวภาพ (ตันต่อ เฮกตาร์)	คาร์บอนสะสม (ตันคาร์บอน ต่อเฮกตาร์)	ชีวภาพ (ตันต่อ เฮกตาร์)	คาร์บอนสะสม (ตันคาร์บอน ต่อเฮกตาร์)	
ลำต้น	176.53	82.97	2.66	1.51	0.45	0.23
กิ่ง	79.62	37.42	0.64	0.35	0.08	0.04
ใบ	3.24	1.52	0.39	0.18	0.17	0.08
ราก	20.31	9.55	0.78	0.38	0.26	0.13
รวม	279.71	131.46	4.47	2.42	0.96	0.48
รวมปริมาณคาร์บอน = 134.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์						

ตารางที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่นของพรรณไม้และค่าเฉลี่ย การสะสมคาร์บอนของไม้แต่ละกลุ่ม

พรรณ	เส้นผ่าน ศูนย์กลางเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ความสูง เฉลี่ย (เมตร)	ความหนาแน่น (ตันต่อเฮกตาร์)	ปริมาณ คาร์บอนสะสม (กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)	ค่าเฉลี่ย การสะสมคาร์บอน (กิโลกรัมต่อตัน)
ไม้ใหญ่	18.84	14.67	542.50	131,460	242.32
ไม้หนุม	2.22	3.11	3,457.94	2,420	0.70
กล้าไม้	0.60	-	55,916.69	480	0.01

3. ปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร พบว่ามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.40 ± 0.04 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และมีความเข้มข้นของคาร์บอนในดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.70 ± 0.30 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4) เมื่อคิดเป็นปริมาณคาร์บอนในดินในระดับความลึก 30 เซนติเมตร จะพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงระหวัด จังหวัดพัทลุง จะมีการสะสมคาร์บอนในดินเท่ากับ 23.94 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นรวมและปริมาณคาร์บอนในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ความหนาแน่นรวม (ตันต่อลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มข้นของคาร์บอนในดิน (กรัมต่อกิโลกรัม)
1	1.37	5.9
2	1.37	5.4
3	1.46	5.6
4	1.42	6.2
5	1.38	5.5
6	1.40	5.6
เฉลี่ย	1.40 ± 0.04	5.70 ± 0.30

4. ปริมาณคาร์บอนที่สะสมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงระหวัด จังหวัดพัทลุงพบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพของพรรณไม้ใหญ่ ไม้หนุมและกล้าไม้ 134.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสะสมในดิน 23.94 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รวมทั้งสิ้น 158.30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือคิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 580.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาจะพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงหลวง จังหวัดพัทลุง มีชนิดพรรณไม้ใหญ่มากกว่าป่าชุมชนบ้านทุ่งหลวง อำเภอดีงวิเศษ จังหวัดตรัง ซึ่งพบพรรณไม้ใหญ่เพียง 23 ชนิด พรรณไม้หนุ่ม 17 ชนิด และกล้าไม้ 7 ชนิด ในพื้นที่ที่เป็นป่าดิบชื้นดั้งเดิมหรือป่าปฐมภูมิ (primary forest) สำหรับพื้นที่ที่เป็นป่ารุ่นสองหรือป่าทุติยภูมิ (secondary forest) พบพรรณไม้ใหญ่ 44 ชนิด พรรณไม้หนุ่ม จำนวน 15 ชนิด และพรรณกล้าไม้ 3 ชนิด (สุรงค์, 2554) และมากกว่าป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอบางขัน จังหวัดพัทลุง ซึ่งเป็นป่าดิบชื้นที่พบพรรณไม้ใหญ่เพียง 40 ชนิด 27 วงศ์ (อานูช และทิพย์ทิวา, 2556) และพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงหลวง จังหวัดพัทลุง มีการสะสมปริมาณคาร์บอนของพรรณไม้ใหญ่มากกว่าป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบแล้ง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพไม้ 28.06 33.67 และ 52.71 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (วสันต์ และคณะ, 2563) แต่มีการสะสมปริมาณคาร์บอนของพรรณไม้ใหญ่ใกล้เคียงกับป่าดิบชื้นในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอบางขัน จังหวัดพัทลุง (อานูช และทิพย์ทิวา, 2556) ป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (Terakunpisut *et al.*, 2007) และป่าทุติยภูมิในประเทศสิงคโปร์ (Ngo *et al.*, 2013) ที่มีการสะสมปริมาณคาร์บอนในพรรณไม้ใหญ่ จำนวน 129.55 137.73 126.80 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ แต่มีปริมาณคาร์บอนสะสมน้อยกว่าป่าปฐมภูมิในประเทศสิงคโปร์ (Ngo *et al.*, 2013) และป่าดิบชื้น ทางตอนใต้ของประเทศเอธิโอเปีย (Mewded and Lemessa, 2020) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงถึง 210.30 และ 384.44 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงหลวง จังหวัดพัทลุง มีการสะสมปริมาณคาร์บอนในดินน้อยกว่าดินในป่าปฐมภูมิและป่าทุติยภูมิของประเทศสิงคโปร์ ในระดับความลึก 20 เซนติเมตร (Ngo *et al.*, 2013) ดินในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ จังหวัดนครศรีธรรมราช ในระดับความลึก 30 เซนติเมตร ซึ่งมีคาร์บอนในดิน 34.30 47.8 45.34 35.51 และ 50.50 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีผลมาจากลักษณะพืชพรรณที่ขึ้นอยู่และสภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน และอาจสัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ตามพื้นป่า ทั้งนี้ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันตามปัจจัยทางภูมิอากาศและทางเคมี ในสภาพพื้นที่ซึ่งมีกลุ่มจุลินทรีย์ทำงานได้ดีย่อมมีอัตราการย่อยสลายของเศษซากต่าง ๆ ได้มาก (Gonzalez and Seastedt, 2001) ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอดงหลวง จังหวัดพัทลุงเป็นพื้นที่ป่าที่อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกทำให้มีน้ำใต้ดินมากกว่าป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ซึ่งน้ำใต้ดินจะเป็นตัวขัดขวางกระบวนการย่อยสลายในสภาพมีอากาศ (Ywith *et al.*, 2009, Jauhainen *et al.*, 2005) ทำให้ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ซึ่งมีสภาพเป็นป่าดิบชื้นมีอัตราการย่อยสลายที่ต่ำกว่าจึงส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินน้อยกว่าป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง และเมื่อพิจารณาสัดส่วนคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินพบว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพร้อยละ 84.87 ซึ่งใกล้เคียงกับป่าปฐมภูมิแต่มากกว่าป่าทุติยภูมิในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพร้อยละ 85.98 และ 74.24 ตามลำดับ (Ngo *et al.*, 2013)

นอกจากนี้ยังพบว่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ จังหวัดนครราชสีมา ที่รวมถึงไม้ตายและซากพืช โดยมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 383.25 240.51 และ 314.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สาเหตุที่การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการศึกษารั้งนี้มีความมากกว่าการดูดซับคาร์บอนได้จากป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ เนื่องจากป่าดิบชื้นมีความหนาแน่นของไม้มากกว่า และมีความชื้นในดินสูงกว่า จึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงและการกักเก็บคาร์บอนมากกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีค่าน้อยกว่าป่าปฐมภูมิและป่าทุติยภูมิของประเทศสิงคโปร์ที่มีคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพและในดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร อยู่ที่ 244.6 และ 185.53 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Ngo *et al.*, 2013) หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ 897.68 และ 680.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช ความหนาแน่นของต้นไม้ จุลินทรีย์ในดิน และกระบวนการจัดการป่าไม้ตลอดจนอายุของต้นไม้ที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง มีไม้ทั้งสิ้น 99 ชนิด 72 สกุล 41 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ใหญ่ จำนวน 651 ต้น 74 ชนิด 58 สกุล 34 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 86.80 ต้นต่อไร่ พบพรรณไม้หนุม จำนวน 664 ต้น 72 ชนิด 57 สกุล 31 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 553.27 ต้นต่อไร่ และพบพรรณกล้าไม้ จำนวน 671 ต้น 50 ชนิด 44 สกุล 27 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 8,946.67 ต้นต่อไร่ และมีปริมาณคาร์บอนสะสม 158.30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยสะสมในมวลชีวภาพ จำนวน 134.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยพรรณไม้ใหญ่มีปริมาณคาร์บอน 131.46 ตันต่อเฮกตาร์ พรรณไม้หนุม 4.42 ตันต่อเฮกตาร์ และพรรณกล้าไม้ 0.48 ตันต่อเฮกตาร์ และมีการสะสมในดิน 23.94 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งเมื่อคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พรรณไม้ดูดซับจากบรรยากาศ โดยคิดเป็น 3.67 เท่าของปริมาณการสะสมคาร์บอน (วิจารณ์, 2553) ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 580.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ จะเห็นได้ว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์มีบทบาทในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความช่วยเหลือจาก นายอัศนี นาคันธุ์ และนายสว่างพงษ์ วรรณมณี นิสิตสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ความร่วมมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. (2564). *สรุปการจัดตั้งป่าชุมชนรายปี*. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2565, จาก: https://forestinfo.forest.go.th/fCom_Year.aspx.
- คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. (2546). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). *คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหญ้าไม้*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- มีทันภรณ์ ใหม่คามิ และเพ็ญศิริ ไพจิตร. (2566). ความสามารถในการดักจับฝุ่นละออง PM₁₀ ของใบพืชสกุลกะเพรา 4 ชนิด. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 42(1), 64-76, doi: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.254874>.
- วสันต์ จันทร์แดง ลดาวัลย์ พวงจิตร นพพร จันเกิด และนริธร จำวงษ์. (2563). การกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวนศาสตร์ไทย*, 39(1), 57-70.
- วสันต์ จันทร์แดง ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป้ามัญญาจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์*, 29(3), 36-44.
- วิจารณ์ มีผล. (2553). การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลน บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง. *วารสารการจัดการป่าไม้*, 4(7), 33-47.
- สุรางค์ เขียวหิรัญ. (2554). *รายงานแผนงานวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นในพื้นที่ป่าชุมชน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ กรมป่าไม้.
- อานุช ศิริรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร. (2556). ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 16(1), 34-40.
- อานุช ศิริรัฐนิคม และสุภฎา ศิริรัฐนิคม. (2558). ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และศักยภาพการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจนในป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. *รายงานวิจัย*. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- อานุช ศิริรัฐนิคม และสุภฎา ศิริรัฐนิคม. (2561). ปริมาณไนโตรเจนสะสมในป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 28*. สงขลา.
- Djomo, A.N., Knohl, A. and Gravenhorst, G. (2011). Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 261(8), 1448-1459, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.031>.
- Gibbon, A., Silman, M.R., Malhi, Y., Fisher, J.B., Meir, P., Zimmermann, M., Dargie, G.C., Farfan, W.R. and Garcia, K.C. (2010). Ecosystem carbon storage across the grassland-forest transition in the high Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems*, 13(7), 1097-1111, doi: <http://doi.org/10.1007/s10021-010-9376-8>.

- Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics. (2009). *A source book of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting, GOFC-GOLD report version COP14-2. GOFC-GOLD project office*, Alberta: GOFC-GOLD Project Office.
- Gonzalez, G. and Seastedt, T.R. (2001). Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Ecology*, 82(4), 955-964.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. International Panel on Climate Change*. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies.
- Jauhainen, J., Takahashi, H., Heikkinen, J.E.P., Martilainen, P.J. and Vasanders, H. (2005). Carbon fluxes from tropical peat swamp forest floor. *Global Change Biology*, 11(10), 1788-1797, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001031.x>.
- Lasco, R.D., Guillermo, I.Q., Cruz, R.V.O., Bantayan, N.C. and Pulhin, F.B. (2004). Carbon stocks assessment of a secondary forest in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines. *Journal of Tropical Forest Science*, 16(1), 35-45.
- Malhi, Y., Aragão, L.E.O.C., Metcalfe, D.B., Paiva, R., Quesada, C.A., Almeida, S., Anderson, L., Brando, P., Chambers, J.Q., Da Costa, A.C.L., Hutyra, L.R., Oliveira, P., Patiño, S., Pyle, E.H., Robertson, A.L. and Teixeira, L.M. (2009). Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. *Global Change Biology*, 15(5), 1255-1274, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01780.x>.
- Mewded, B. and Lemessa, D. (2020). Factors affecting woody carbon stock in Sirso moist evergreen Afromontane forest, southern Ethiopia: Implications for climate change mitigation. *Environment, Development and Sustainable*, 22(5583), 6363-6378, doi: <http://doi.org/10.1007/s10668-019-00483-5>.
- Ngo, K.M., Turner, B.L., Muller-Landau, H.C., Davies, S.J., Larjavaara, M., Nik Hassan, N.F.B. and Lum, S. (2013). Carbon stocks in primary and secondary tropical forests in Singapore. *Forest Ecology and Management*, 296, 81-89, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.004>.
- Saner, P., Loh, Y.Y., Ong, R.C. and Hector, A. (2012). Carbon stocks and fluxes in tropical lowland dipterocarp rainforests in Sabah, Malaysian Borneo. *Plos One*, 7(1), doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029642>.
- Terakunpisut, J., Gajasen, N. and Ruankawe, N. (2007). Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum National forest, Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(2), 93-102, doi: https://doi.org/10.15666/aeer/0502_093102.

- Walkley, A. and Black, I.A. (1947). Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Science*, 63, doi: <http://doi.org/10.4236/ojss/1947.63257>.
- Ywith, C.H., Ahmed, O.H., Majid, N.M.A. and Jalloh, M.B. (2009). Effects of converting secondary forest on tropical peat soil to oil palm plantation on carbon storage. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(2), 123-130, doi: <https://doi.org/10.3844/.2009.123.130>.