

ปริมาณคาร์บอนสะสมในพื้นที่ป่าปลูก มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง Carbon Storage of Forest Plantation Thaksin University, Phatthalung Campus

สุภา ศิริรัตนิกม¹, อุสมา หาบะฮุซ², อานูช ศิริรัตนิกม^{2*}
Suphada kiriratnikom¹, Usama habusoh², Anut kiriratnikom^{2*}

¹คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ

¹Faculty of Technology and Community Development

²คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ

²Faculty of Science and Digital Innovation Thaksin University

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและคุณภาพชีวิต การปลูกป่า และการจัดการพื้นที่สีเขียวเป็นมาตรการสำคัญในการลดก๊าซเรือนกระจก การวิจัยครั้งนี้จึงทำการประเมิน ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ และในดินระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร รวมทั้งประเมิน ศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าปลูกมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยการวางแผนสำรวจ 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่ 1 แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน พื้นที่ที่ 2 แปลงป่าปลูก อาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม และพื้นที่ที่ 3 แปลงสักหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต ในแต่ละพื้นที่วางแผนขนาด 20*20 เมตร จำนวน 3 แปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทุกต้น (ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า ≥ 4.5 เซนติเมตร) ในแปลงตัวอย่างแล้วนำมาคำนวณหามวลชีวภาพจากสมการ แอลโลเมตรี และหาปริมาณการสะสมคาร์บอนโดยใช้ค่ามวลชีวภาพคูณด้วย Conversion factor 0.47 และเก็บ ตัวอย่างดินด้วยวิธีรบกวนและไม่รบกวนโครงสร้างดิน ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อนำมาหาปริมาณ คาร์บอนอินทรีย์ในดินและความหนาแน่นรวมของดิน ผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ป่าในมหาวิทยาลัยทักษิณมีไม้ ทั้งสิ้น 27 ชนิด 14 วงศ์ มีความหนาแน่น 608.33 ต้น/เฮกเตอร์ มีปริมาณคาร์บอนสะสมรวม 72.82 ตัน คาร์บอน/เฮกเตอร์ ปริมาณคาร์บอนส่วนใหญ่สะสมในดิน คิดเป็นร้อยละ 55.09 จะเห็นว่าพื้นที่ป่าปลูกของ มหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุงสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้ 267.36 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์/เฮกเตอร์

คำสำคัญ: การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณคาร์บอนสะสม มวลชีวภาพ

* Corresponding author: anut59@hotmail.com

Abstract

Climate change is a global issue that affects ecosystems and quality of life. Reforestation and green space management are important measures to reduce greenhouse gases. The research aimed to evaluate carbon storages in tree biomass and soil (0-20 cm. depth) and assess the potential for carbon dioxide adsorption in forest plantations at Thaksin University, Phatthalung Campus. There are 3 plantation areas: 1) Faculty of Technology and Community Development 2) Environmental Laboratory Buildings, and 3) Teak plantation in front of the Student Activity Center. In each area, 3 plots measuring 20 × 20 meters were designated. The estimation method of the biomass was based on inventory for woody stem at ≥ 4.5 cm diameter at breast height (DBH). The biomass was estimated using allometric equation and the carbon stock was calculated by applying a conversion factor of 0.47. Soil sample were collected from a depth of 0-20 cm using both disturbed and non-disturbed methods, and analyzed for soil organic carbon and soil bulk density. The results showed that the overall plant community at Thaksin University composed of 27 species, 14 families, with a density of 608.33 trees/ha, with a total accumulated carbon amount of 72.82 tonne C/ha. Most of the carbon stored in the soil was 55.09%. Thaksin University, Phatthalung Campus forest plantation can absorb 267.36 tons CO₂/ha.

Keywords: Absorption of carbon dioxide, Carbon Storage, Biomass

1. บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกในปี พ.ศ. 2566 สูงถึง 35.8 พันล้านตัน (Global Carbon Project, 2023) โดยจะถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น กิจกรรมการขนส่ง การผลิตไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่า และกิจกรรมทางการเกษตร ซึ่งกิจกรรมทางการเกษตรจะมาจากการเผาตอซัง การปศุสัตว์ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไป การทำปุ๋ยอินทรีย์ การไถพรวน และการทำนาข้าว (Lal, 2004) ซึ่งปัญหาการปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นปัญหาที่ทุกภาคส่วนให้ความสำคัญเนื่องจากเป็นสาเหตุ ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศ ความหลากหลายทางชีวภาพ สุขภาพมนุษย์ และจะเชื่อมโยงไปถึงความมั่นคงทางสังคมและเศรษฐกิจ (สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ, 2565) ดังนั้นจึงมีการส่งเสริมและรณรงค์ให้ประชาชนร่วมกันลดการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เช่น การประหยัดพลังงาน การใช้พลังงานทางเลือก การรีไซเคิลขยะ รวมถึงร่วมกันปลูกต้นไม้เพื่อลดปริมาณก๊าซ CO₂ ในอากาศ เนื่องจากต้นไม้สามารถช่วยดูดและกักเก็บ CO₂ โดยจะสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ซึ่งศักยภาพของการกักเก็บ CO₂ จะขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยทางด้านนิเวศวิทยา ได้แก่ ชนิดป่า ความหนาแน่นของป่า สภาพภูมิประเทศและปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Senpaseuth et al, 2009) มหาวิทยาลัยทักษิณได้เห็นความสำคัญของการลดปริมาณ CO₂ และการสร้างความตระหนักถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในมหาวิทยาลัย จึงมีการจัดกิจกรรมการปลูกต้นไม้ตามเทศกาลต่างๆ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง เช่น ปี พ.ศ. 2547 มีกิจกรรมสร้างสวนพฤกษศาสตร์ บริเวณอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2557 ได้มีกิจกรรมการปลูกต้นไม้ ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ปี พ.ศ. 2558 ได้มีกิจกรรมปลูกต้นไม้บริเวณทางเข้าคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน เพื่อเป็นการติดตามปริมาณการสะสมคาร์บอนของพื้นที่ป่า การศึกษาครั้งนี้จึงได้วางแผนการเพื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินและต้นไม้ในพื้นที่ป่าปลูกดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินและต้นไม้ พร้อมทั้งประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศของพื้นที่ป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการศึกษาและการเก็บข้อมูล

ทำการวางแผนศึกษาในบริเวณพื้นที่ป่าปลูกบริเวณมหาวิทยาลัยทักษิณ 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่ 1 แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน พื้นที่ที่ 2 แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม และพื้นที่ที่ 3 แปลงสักหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต ในแต่ละพื้นที่วางแผนขนาด 20*20 เมตร จำนวน 3 แปลง (ภาพที่ 1) เพื่อเก็บข้อมูลชนิดและจำนวนพันธุ์ไม้ใหญ่ ไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวง (GBH) ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป รวมทั้งวัดความสูงโดยใช้ Clinometer และวัดเส้นรอบวงโดยใช้สายวัด และนำมาประเมินปริมาณคาร์บอนสะสม

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงศึกษาโดยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธี Core method จากดินที่ไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง (Undisturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk density) จำนวน 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนโครงสร้าง (Disturbed sample) โดยเก็บตัวอย่างดินแบบรวม (Composite sampling) ในแต่ละแปลงการศึกษา รวม 9 ตัวอย่าง นำดินในแต่ละแปลงตัวอย่างไปผึ่งลมให้แห้ง (Air dried) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติดินต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมีบางประการ

วิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ด้วยวิธี Core method (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2546) การกระจายขนาดอนุภาคดินและเนื้อดิน (Soil texture) ด้วยวิธี Hydrometer (Soil survey staff, 1996) และสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าปฏิกิริยาดิน (Soil reaction, pH) ใช้

pH meter ในอัตราส่วน ดินต่อน้ำ 1:1 (Soil survey staff, 1996) คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Soil organic carbon) ด้วยวิธี Wet oxidation (Walkley and Black, 1947)

การประเมินปริมาณคาร์บอนในดิน

คำนวณหาปริมาณคาร์บอนในดิน โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Ellert et al, 2007)

$$C_{stock} = D \times C \times T \times 0.1 \quad (1)$$

C_{stock} คือ ปริมาณคาร์บอนในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกแตร์)

D คือ ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

C คือ ความเข้มข้นของคาร์บอน (กรัมคาร์บอน/กิโลกรัมของดิน)

T คือ ความลึกของดิน (เซนติเมตร)



ภาพที่ 1 สถานที่ทำการศึกษ ปริมาณคาร์บอนสะสมในพื้นที่ป่าปลูกบริเวณมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

การประเมินปริมาณมวลชีวภาพของไม้

นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณมวลชีวภาพของไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ดังนี้

สมการหามวลชีวภาพของไม้ใหญ่ป่าดิบชื้น (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546)

$$WS = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$$

$$WB = 0.006003 (D^2H)^{1.027}$$

$$WL = (28 / (WS + WB + 0.025))^{-1}$$

สมการหามวลชีวภาพไม้สัก (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาศูวรรณ และคณะ, 2551)

$$WS = 0.0439 ((D^2H)^{0.8666})$$

$$WB = 0.0307 ((D^2H)^{0.8434})$$

$$WL = 0.0056 ((D^2H)^{0.9568})$$

$$WR = 0.1286 ((D^2H)^{0.6069})$$

$$Wr = 0.2924 ((D^2H)^{0.4255})$$

ไม้กลุ่มปาล์ม Peason et al. (2005) (อ้างถึงใน อัศมน ลิ่มสกุล และคณะ, 2561)

$$WT = 0.666 + 12.82 (H)^{0.5} (\ln H)$$

การประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ

นำข้อมูลของปริมาณมวลชีวภาพของไม้มาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บ โดยน้ำหนักคาร์บอนของมวลชีวภาพในไม้ใหญ่ค่าเป็นร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006)

การคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

นำข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมาเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจากบรรยากาศ โดยการคูณด้วยค่าคงที่ 3.67 (ค่าคงที่นี้คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (วิจารณ์ มีผล, 2553))

4. ผลการวิจัย

ชนิดและความหนาแน่นของพันธุ์ไม้

จากการศึกษาพบต้นไม้จำนวน 27 ชนิด 14 วงศ์ ส่วนใหญ่เป็นไม้วงศ์ FABACEAE ซึ่งพบจำนวน 6 ชนิด รองลงมาวงศ์ DIPTEROCARPACEAE พบ จำนวน 3 ชนิด (ตารางที่ 1) คิดเป็นความหนาแน่น 608.33 ต้น/เฮกแตร์ โดยพื้นที่ป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชนมีความหนาแน่นมากที่สุด 783.33 ต้น/เฮกแตร์ แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมมีจำนวนชนิดพันธุ์มากที่สุด จำนวน 19 ชนิด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ชนิดพันธุ์ไม้ที่พบในแต่ละพื้นที่

วงศ์	ชนิดพันธุ์ไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ ที่ 1	พื้นที่ ที่ 2	พื้นที่ ที่ 3
ANACARDIACEAE	มะม่วงหิมพานต์	<i>Anacardium occidentale</i>		✓	
	มะกอกป่า	<i>Spondias pinnata</i>		✓	
APOCYNACEAE	ทุ้งฟ้า	<i>Alstonia matrophylla</i>	✓		
ARECAEAE	ปาล์ม	<i>Elaeis guineensis</i>			✓
BIGNONIACEAE	ชมพูพันธุ์ทิพย์	<i>Tabebuia rosea</i>		✓	
	ศรีตรัง	<i>Jacaranda mimosifolia</i>		✓	
CLUSIACEAE	ชะมวง	<i>Garcinia cowa</i>	✓	✓	
DIPTEROCARPACEAE	ตะเคียนทอง	<i>Hopea odorata</i>	✓		
	พะยอม	<i>Shorea roxburghii</i>	✓	✓	
	ยางนา	<i>Dipterocarpus alatus</i>	✓		
FABACEAE	ขึ้นเหล็ก	<i>Senna siame</i>	✓		
	กระถินเทพา	<i>Acacia leucophloea</i>		✓	
	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>		✓	
	มะขาม	<i>Tamarindus indica</i>		✓	
	ราชพฤกษ์	<i>Cassia fistula</i>		✓	
	มะมุย	<i>Dysolobium dolichoides</i>		✓	
GENTIANACEAE	กันเกรา	<i>Fagraea fragrans</i>	✓		
LAMIACEAE	สัก	<i>Tectona grandis</i>			✓
LYTHRACEAE	ตะแบก	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	✓	✓	
	เสลา	<i>Lagerstroemia loudonii</i>		✓	
MALVACEAE	พลับพลา	<i>Microcos tomentosa</i>		✓	
	มะฮอกกานีใบเล็ก	<i>Swertia mahagoni</i>	✓		
MYRTACEAE	หว้า	<i>Synsepalum dyerianum</i>		✓	
	ยูคาลิปตัส	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		✓	
RUBIACEAE	ยอป่า	<i>Morinda coreia</i>	✓	✓	
	มะนาว	<i>Citrus aurantifolia</i>		✓	
PHYLLANTHACEAE	มะเม่า	<i>Antidesma laurifolium</i>		✓	

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง การพบ

พื้นที่ 1 = แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน

พื้นที่ 2 = แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

พื้นที่ 3 = แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต

ชื่อวิทยาศาสตร์จาก เต็ม สมิตินันท์ (2557)

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของต้นไม้ในแต่ละพื้นที่

พื้นที่ศึกษา	จำนวน (ต้น)	จำนวนชนิด (ชนิด)	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกแตร์)
1. แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน	94	10	783.33
2. แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	66	19	550.00
3. แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต	59	2	491.67
คิดเป็น	219	27	608.33

มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสม

ผลการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณการสะสมคาร์บอน พบว่า ต้นไม้ในป่าปลูกรมหาวิทยาลัยทักษิณมีมวลชีวภาพเฉลี่ย 69.63 ตัน/เฮกแตร์ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนสะสม 32.72 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาในแต่ละพื้นที่จะเห็นว่าแปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิตมีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด ทั้งที่มีความหนาแน่นเพียง 491.67 ตัน/เฮกแตร์ แต่เมื่อพิจารณาถึงความสูงเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย จะพบว่าต้นไม้ในแปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิตมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมในส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้ในแต่ละพื้นที่

หน่วย : ตัน/เฮกแตร์

ตำแหน่ง	แปลงป่าปลูกคณะ		แปลงป่าปลูกอาคาร		แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต			
	เทคโนโลยีและการพัฒนา		ปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม		ต้นสัก		ต้นปาล์ม	
	มวล	ปริมาณ	มวล	ปริมาณ	มวล	ปริมาณ	มวล	ปริมาณ
	ชีวภาพ	คาร์บอน	ชีวภาพ	คาร์บอน	ชีวภาพ	คาร์บอน	ชีวภาพ	คาร์บอน
ลำต้น	18.24	8.57	55.69	26.17	39.52	18.58	-	-
กิ่ง	5.43	2.55	19.46	9.15	22.52	10.58	-	-
ใบ	0.81	0.38	2.20	1.03	11.20	5.26	-	-
ราก	4.00	1.88	9.35	4.40	17.16	8.07	-	-
รวม	28.48	13.39	86.70	40.75	90.40	42.49	3.30	1.55
เฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพ 69.63 ตัน/เฮกเตอร์ ปริมาณคาร์บอนสะสม = 32.72 ตัน คาร์บอน/เฮกเตอร์								

ตารางที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยการสะสมคาร์บอนของไม้แต่ละพื้นที่

พื้นที่ทำการศึกษา	เส้นผ่าน ศูนย์กลางเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ความสูง เฉลี่ย (เมตร)	ปริมาณ คาร์บอนสะสม (กิโลกรัม/เฮกเตอร์)	ค่าเฉลี่ยการ สะสมคาร์บอน (กิโลกรัม/ตัน)
1. แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน	9.42	7.68	13,387.25	17.09
2. แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	17.67	10.29	40,750.68	74.09
3. แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต				
- สัก	19.72	15.46	42,487.93	92.70
- ปาล์ม	-	10.59	1,549.96	98.93

สมบัติของดิน และปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน

ผลการศึกษาสมบัติดินในพื้นที่มหาวิทยาลัยทักษิณ 3 พื้นที่ ได้แก่ แปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน แปลงป่าปลูกอาคารปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิต พบว่าในแต่ละพื้นที่มีอนุภาคดินที่ใกล้เคียงกัน โดยเนื้อดินส่วนใหญ่มีอนุภาคดินเหนียวและทรายสูง (ตารางที่ 5) โดยมีความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.64 ± 0.33 - 1.72 ± 0.18 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับค่าปฏิกิริยาดินพบว่ามีความเป็นกรดจัดทุกพื้นที่ โดยอยู่ในช่วง 4.54 ± 0.23 - 5.28 ± 0.06 และพบว่าแปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชนมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด 1.65 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ แปลงต้นสักและปาล์มหน้าศูนย์กิจกรรมนิสิตปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด 0.90 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน จะพบว่าป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณ จะมีปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน 40.13 ตันคาร์บอน/เฮกเตอร์ โดยแปลงป่าปลูกคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชนจะมีปริมาณคาร์บอนสะสมในดินสูงที่สุด 56.70 ตันคาร์บอน/เฮกเตอร์

ตารางที่ 5 สมบัติของดินและการสะสมคาร์บอนของดินในแต่ละพื้นที่

พื้นที่ศึกษา	แปลงป่าปลูกคณะ เทคโนโลยีและการพัฒนา ชุมชน	แปลงป่าปลูกอาคาร ปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	แปลงต้นสักและปาล์ม หน้าศูนย์ กิจกรรมนิสิต
pH	4.54 ± 0.23	4.94 ± 0.13	5.28 ± 0.06
Bulk density (g/cm ³)	1.72 ± 0.18	1.64 ± 0.33	1.72 ± 0.08
ปริมาณ SOC (%)	1.65 ± 0.15	1.00 ± 0.17	0.90 ± 0.15
Sand (%)	49.53 ± 8.78	41.45 ± 6.62	57.65 ± 4.89
Silt (%)	10.53 ± 1.88	16.21 ± 1.62	8.67 ± 1.79
Clay (%)	39.93 ± 6.93	42.33 ± 5.66	33.68 ± 3.81
ปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกเตอร์)	56.70 ± 5.15	32.77 ± 5.68	30.93 ± 5.15
ปริมาณคาร์บอนสะสมในดินเฉลี่ย 40.13 ตันคาร์บอน/เฮกเตอร์			

ปริมาณคาร์บอนสะสมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าปลูกมหาวิทยาลัยทักษิณ พบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพในไม้ใหญ่ 32.72 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ และสะสมในดิน 40.13 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ รวมทั้งสิ้น 72.85 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ หรือคิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 267.36 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มีไม้ทั้งสิ้น 27 ชนิด 14 วงศ์ คิดเป็นความหนาแน่น 608.33 ตัน/เฮกแตร์ จะเห็นว่าต้นไม้ในมหาวิทยาลัยทักษิณมีจำนวนชนิดพันธุ์น้อยกว่าแต่ความหนาแน่นสูงกว่าต้นไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (วัฒนรงค์ มากพันธ์ และคณะ, 2561) และป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ (อานูช ศิริรัฐนิคม และ สุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) ซึ่งมีไม้ 57 และ 99 ชนิด และมีความหนาแน่น 275.5 และ 542.5 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ เนื่องจากป่าในมหาวิทยาลัยทักษิณเกิดจากกิจกรรมการปลูกต้นไม้ในเทศกาลต่างๆ ซึ่งมีระยะห่างของต้นไม้ไม่มากนักจึงทำให้มีความหนาแน่นที่สูงกว่าแต่มีความหลากหลายชนิดน้อยกว่า สำหรับปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่พบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสม 32.72 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ ซึ่งน้อยกว่าป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ (อานูช ศิริรัฐนิคม และ สุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) ป่าในพื้นที่ปกปักษ์รักษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี (พงษ์ชัย ดำรง-โรจน์วัฒนา, 2661) ป่าดิบแล้ง จังหวัดนครราชสีมา (วสันต์ จันทร์แดง และคณะ, 2563) ป่าเต็งรัง ในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ในพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ (ธนิษฐา กันทะวงศ์ และคณะ, 2567) และป่าดิบชื้น ทางตอนใต้ของประเทศเอธิโอเปีย (Mewded and Lemessa, 2020) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสะสม 131.46 80.85 52.71 81.71 และ 384.44 ตันคาร์บอน/ เฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งมีผลมาจากป่าทั้งสามพื้นที่เป็นป่าดั้งเดิมที่มีอายุมากทำให้ต้นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงมากกว่า จึงส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพและการสะสมคาร์บอนที่มากกว่าป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณ ทั้งนี้มวลชีวภาพและปริมาณธาตุคาร์บอนสะสมของป่าแต่ละประเภทจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของต้นไม้ อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำฝน คุณสมบัติของดิน และการรบกวนที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ เป็นต้น (ดอกรัก มารอด และอุทิศ ภูอินทร์, 2552)

สำหรับคุณสมบัติของดินจะพบว่าแต่ละพื้นที่มีอนุภาคดินที่ใกล้เคียงกัน โดยเนื้อดินส่วนใหญ่มีอนุภาคดินเหนียวและทรายสูง มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.64 - 1.72 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าดินทางการเกษตร 1.29 - 1.57 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (Chanlabut and Nahok, 2023) และดินในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ 1.40 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (อานูช ศิริรัฐนิคม และสุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) เนื่องจากพื้นที่การเกษตรมีการไถพรวนดิน ซึ่งการไถพรวนมีอิทธิพลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าลดลง Hao et al. (2013) สำหรับพื้นที่ในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์เป็นพื้นที่บนภูเขาซึ่งไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินใด ๆ จึงทำให้เนื้อดินไม่อัดแน่นเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณซึ่งมีชาวบ้านนำวัวเข้าเลี้ยงและมีการตัดหญ้าเพื่อปรับปรุงภูมิทัศน์จึงทำให้เนื้อดินอัดแน่นกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าดินในป่าปลูกมหาวิทยาลัยทักษิณมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 0.90-1.65 % หรือคิดเป็น 9.00-16.50 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่า

ดินในพื้นที่เกษตร และดินในป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ซึ่งมีความเข้มข้นของคาร์บอนเพียง 3.29–11.71 กรัม/กิโลกรัม (Chanlabut and Nahok, 2023) และ 5.70 ± 0.30 กรัม/กิโลกรัม (อานูช ศิริรัฐนิคม และสุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) ทั้งนี้เนื้อภาคดินเหนียวจะมีความสามารถในการดูดซับคาร์บอนอินทรีย์ (Chanlabut and Nahok, 2023) ดังนั้นเนื้อดินที่มีเนื้อภาคดินเหนียวมากจะมีปริมาณคาร์บอนสูงเช่นกัน เมื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินจะพบว่าป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณ จะมีปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน 40.13 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ ซึ่งสูงกว่าดินในป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ จังหวัดพัทลุง (อานูช ศิริรัฐนิคม และสุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) ป่าปฐมภูมิ ของประเทศสิงคโปร์ (Ngo et al., 2013) ป่าเต็งรัง และสวนป่ายูคาลิปตัส จังหวัดนครราชสีมา (วสันต์ จันทร์แดง และคณะ, 2563) ซึ่งมีคาร์บอนสะสมในดิน 23.94 34.30 35.51 และ 29.28 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีผลมาจากลักษณะพืชพรรณ สภาพอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อปริมาณคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในดิน (อานาจ ชิดไธสง และ ญัณพล ลิขัยกุล, 2548) และอาจสัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ตามพื้นป่า ทั้งนี้ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันตามปัจจัยทางภูมิอากาศ และทางเคมี ในสภาพพื้นที่ซึ่งมีกลุ่มจุลินทรีย์ทำงานได้ดีย่อมมีอัตราการย่อยสลายของเศษซากต่าง ๆ ได้มาก (Gonzalez and Seastedt, 2001)

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินและในมวลชีวภาพของต้นไม้ จะพบว่าป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณมีปริมาณคาร์บอนสะสม 72.82 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับจากบรรยากาศ 267.36 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ จังหวัดนครราชสีมา (วสันต์ จันทร์แดง และคณะ, 2563) ป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ (อานูช ศิริรัฐนิคม และสุภาว ศิริรัฐนิคม, 2567) ป่าปฐมภูมิ ป่าห้วยภูมิของประเทศสิงคโปร์ (Ngo et al., 2013) มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 383.25 314.92 580.43 897.68 และ 680.89 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์/เฮกตาร์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบว่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าปลูกในมหาวิทยาลัยทักษิณยังมีค่าสูงกว่าป่าเต็งรัง และสวนป่ายูคาลิปตัส ที่รวมถึงไม้ตายและซากพืช โดยมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 240.51 และ 248.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์ ตามลำดับ (วสันต์ จันทร์แดง และคณะ, 2563) ทั้งนี้การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง และการสะสมคาร์บอนในต้นไม้ จะมีผลมาจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยแวดล้อม และลักษณะของป่า เช่น สภาพดิน ลักษณะภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ เป็นต้น รวมถึง ชนิดพันธุ์ของต้นไม้ โครงสร้างของเรือนยอด ความหนาแน่นของต้นไม้ อัตราการเจริญเติบโต ขนาดความสูง ความโต และความสามารถในการดึงคาร์บอนของต้นไม้แต่ละชนิด รวมถึงปัจจัยคุกคามต่างๆ ก็มีผลต่อการสะสมปริมาณคาร์บอนของต้นไม้ด้วยเช่นกัน (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2563)

จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชและศักยภาพในการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่าปลูกของมหาวิทยาลัยทักษิณ ข้อมูลนี้เป็นฐานสำคัญในการจัดการพื้นที่สีเขียวอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัยที่มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การติดตามอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมคาร์บอนของต้นไม้แต่ละชนิดอย่างต่อเนื่องจึงจำเป็น เพื่อวางแผนปลูกต้นไม้ที่เหมาะสมและเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในอนาคต

7. เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. (2546). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). *คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ม้า*. กรุงเทพฯ: ฝายวนวัฒนวิจัยและ
พฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2563). *คู่มือการศึกษาแหล่งสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่าธรรมชาติ*. กลุ่มงานวิจัยระบบนิเวศป่า
ไม้และสิ่งแวดล้อม, สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
<https://www.nstda.or.th/library/opac/Book/49477?c=1707328020>
- ดอกรัก มารอด และ อุทิศ ภูฏินทร์ (2552). *นิเวศวิทยาป่าไม้*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์
กองทุนจัดพิมพ์ตำราป่าไม้.
- เต็ม สมิตินันท์. (2557). *ชีวมวลไม้แห่งประเทศไทย เต็มสมิตินันท์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนา
แห่งชาติ.
- ธนิษฐา กันทะวงศ์, นิสา เหล็กสูงเนิน และ สุวิมล อุทัยรัมย์. (2567). การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นบริเวณ
เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ ในพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์
จังหวัดนครสวรรค์. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*,
16(24), 12-27. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/253840>
- ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ดุริยะ สถาพร และ เจตต์จ รัตน์แก้ว. (2551). *การศึกษา
ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าบางชนิดในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนา
พวนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร* [รายงานการวิจัย: การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ].
กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.
- พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา, พัชรธิดา เพชรทองเกลี้ยง และ ชุตานา คุณสุข. (2561). การสะสมธาตุคาร์บอนใน
มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในพื้นที่ปลูกปศุสัตว์การ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. *วารสาร
วิจัยรำไพพรรณี*, 12(3), 190-200. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RRBR/article/view/206061>
- วสันต์ จันทรแดง, อดาว์วัลย์ พวงจิตร, นพพร จันเกิด และ นริธร จำวงศ์. (2563). การกักเก็บคาร์บอนในสังคม
พืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. *วารสาร
วารสารไทย*, 39(1), 57-70. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/245961>
- วิจารณ์ มีผล. (2553). การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลน บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง. *วารสารการ
จัดการป่าไม้*, 4(7), 33-47. [https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?BKN_FOR/search_detail/
result/35172](https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?BKN_FOR/search_detail/result/35172)
- วัฒนรงค์ มากพันธ์, จิตติมา รับไทรทอง และ สุภาวดี แซ่อาหลี. (2561). ปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้
บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ศรีธรรมราช. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 10(20), 119-128.
<https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/10872>

- สุรางค์รัตน์ พันแสง, บุญยสฤทธ์ บุญสวน, สุภัทรพร เดชรักษา และ พวงผกา แก้วกรม. (2565). การประเมินการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้ยืนต้น กรณีศึกษาพื้นที่ป่าชุมชนบ้านห้วยลาน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 7(2), 83-91. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/sciencenrrujournal/article/view/245581>
- อานุษ ศิริรัฐนิคม และ สุภา ศิริรัฐนิคม. (2567). การกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบชื้น กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านป่าพงศ์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 43(1), 41-53.
- อัศมน ลิ้มสกุล, สุนทร ทองาม, นันทธีรา ศรีบุรินทร์, ภาฤทธิดา สุวรรณ และ รัชนิกร ไพศาล. (2561). *สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามชนิดป่าและกลุ่มไม้แต่ละชนิด*. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. <https://search.tci-thailand.org/article.html?b3BlbkFydGlybGUmaWQ9NzcwMDYx>
- อำนาจ ชิตไธสง และ ณัฐพล ลิไชยกุล. (2548). การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร. ใน *รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ ศักยภาพของป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต”* (หน้า 95-105). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์.
- Chanlabut, U., & Nahok, B. (2023). Soil carbon stock and soil properties under different land use types of agriculture. *Environment and Natural Resources Journal*, 21(5), 417-427. <https://doi.org/10.32526/enrj/21/20230056>
- Ellert B.H., Janzen H.H., Vandenbygaart, A.J., & Bremer, E. (2007). Measuring change in soil organic carbon storage. In M. Carter, & E. Gregorich (Eds), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (pp.25-38). Boca Raton: CRC Pres.
- Global Carbon Project. (2023). *Global carbon budget (2023)*. <https://www.globalcarbonproject.org>
- Gonzalez, G., & Seastedt, T.R. (2001). Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Ecology*, 82(4), 955-964. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0955:SFAPLD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0955:SFAPLD]2.0.CO;2)
- Hao, Q., Cheng, B., & Jiang, C. (2013). Long-term tillage effect on soil organic carbon and dissolved organic carbon in a purple paddy soil of southwest China. *Acta Ecologica Sinica*. 33(5), 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.07.005>
- 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.
- LaI, R. (2004). Soil carbon sequestration impact on global climate change and food security. *Science*, 304, 1623-1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>

- Mewded, B., & 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, <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., & Lum, S. (2013). Carbon stocks in primary and secondary tropical forests in Singapore. *Forest Ecology and Management*, 296, 81-89, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.004>.
- Senpaseuth, P., Navanugraha. C., & Pattanakiat, S. (2009). The estimation of carbon storage in dry evergreen and dry dipterocarp forests in Sang Khom District, Nong Khai Province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 7(2), 1-11. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ennrj/article/view/82564>
- Soil Survey Staff. (1996). *Soil survey laboratory methods manual version* (3rd ed.). USDA: NRCS.
- Walkley, A., & Black. I.A. (1947). Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Science*, 63, 257. <http://doi.org/10.4236/ojss/1947.63257>.