การเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภาพ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Carbon Storage in Biomass of Trees in a Health Park at Huachiew Chalermprakiet University

นารีรัตน์ ไชยทอง, วราภรณ์ รองงาม, การะเกษ ดวงราษี, วิมลสิริ ผลเกิด, เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์,
นุชนาถ แช่มช้อย, อาภาภรณ์ บุลสถาพร*
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : apaporn.bul@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ต่างชนิดในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ การเก็บข้อมูลภาคสนามและคำนวณปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพดำเนินการตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย ประชากรในการวิจัย ได้แก่ ไม้ยืนต้นทุกต้น จำนวน 123 ต้น (12 ชนิด) และมีกลุ่มตัวอย่าง 94 ต้น (8 ชนิด) สถิติในการวิจัยได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และสถิติทดสอบครัสคัล-วอลลิส ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 32,916 กิโลกรัม (คิดเป็น 12,421 กิโลกรัมต่อไร่) และชนิดพรรณไม้ที่แตกต่างกันได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล และนนทรี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยูคาลิปตัสและจามจุรี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (median = 732 และ 583 กิโลกรัม) ในขณะที่มีความแตกต่างกับพรรณไม้ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ นนทรี พญาสัตบรรณ ขี้เหล็ก ประดู่ หางนกยูงฝรั่ง และพิกุล แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (median = 67.9, 54.3, 53.2, 30.7, 22.1 และ 9.6 กิโลกรัม ตามลำดับ)

คำสำคัญ : ไม้ยืนต้น มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

The objectives of this research were to evaluate a total amount of carbon storage in biomass of trees and to compare amount of carbon storage in biomass by different types of trees at a health park in Huachiew Chalermprakiet University, Thailand. Determining the total amount of carbon storage in biomass of trees used calculations from carbon sequestration in biomass according to a methodology of Thailand Voluntary Emission Reduction Program as a standard method. The study population was composed of 123 trees (12 species) and population samples were 94 trees (8 species). Statistics used were percentage, mean, median and Kruskal-Wallis test. The results found that 1) the total amount of carbon storage in biomass of all trees was 32,916 kg

(or 12,421 kg/rai) and 2) There was a statistically significant difference of the amount of carbon storage in biomass which classified by tree species ($p<0.05$, n=94). *Eucalyptus camaldulensis* and *Samanea saman* which were no statistically significant difference (median = 732.1, 583.2 kg), there were statistically significant differences from six species. Whereas *Peltophorum dasyrachis, Alstonia scholaris, Senna siamea, Pterocarpus macrocarpus, Delonix regia*, and *Mimusops elengi* were no statistically significant difference (median = 67.9, 54.3, 53.2, 30.7, 22.1, and 9.6 kg, respectively).

Keywords : Trees, Biomass, Carbon storage, Carbon dioxide, Greenhouse gas

บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผลกระทบจากปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความรุนแรงและทวีมากยิ่งขึ้น ดังเห็นได้จากภัยพิบัติและสภาพลมฟ้าอากาศที่รุนแรง ซึ่งมาในรูปแบบที่ไม่แน่นอนและมีความสลับซับซ้อน ทำให้สังคมโลกและรวมถึงประเทศไทยมีความตื่นตัวที่จะปรับตัวและรับมือต่อผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต ด้วยการลดต้นเหตุของปัญหาลงคือ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพต่อการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้เพื่อที่จะผลักดันให้บรรลุเป้าหมายสูงสุด ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากกิจกรรมเดิมหรือส่วนต่างที่ลดได้ต่ำกว่าเป้าหมาย จึงถูกกำหนดเป็นสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเรียกว่า คาร์บอนเครดิต และมีการกำหนดราคาเพื่อใช้เป็นสินค้าสำหรับการซื้อขายในตลาดคาร์บอน การดำเนินการเช่นนี้จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สร้างแรงจูงใจและมีผลให้ต้นทุนของการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นต่ำที่สุด ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีเศรษฐศาสตร์และกลไกการตลาด ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศนอกภาคผนวก I (Non Annex I) ได้ร่วมลงนามและให้สัตยาบันในการลดก๊าซเรือนกระจก แม้ไม่มีพันธกรณีในพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) แต่ได้นำกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ที่เป็นกลไกหนึ่งในพิธีสารเกียวโตมาใช้ และหนึ่งในวิธีการลดและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถนำไปคิดเป็นคาร์บอนเครดิตได้นั้นคือ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ หรือการกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) ในมวลชีวภาพ (biomass) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นไม้เพื่อให้คาร์บอนจึงถูกยึดอยู่กับเนื้อเยื่อของต้นไม้ได้อย่างเสถียรและยาวนาน (นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, 2547: 1-16) มวลชีวภาพของต้นไม้คือ น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่มีชีวิตประกอบด้วย มวลชีวภาพเหนือพื้นดินได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ผล และมวลชีวภาพใต้ดินได้แก่ ราก ดังนั้น การ ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศเพื่อกักเก็บเป็นคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้จึงจัดเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ดีและมีประสิทธิภาพต่อการลดก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของพรรณไม้สอดคล้องกับการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณและคณะ, 2553: 1-18) นอกจากนี้ การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพหรือประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศของพรรณไม้ในพื้นที่สีเขียวมีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อความรู้ความเข้าใจต่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ที่เน้นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เนื่องจากทำให้ทราบถึงชนิดพรรณไม้หรือชนิดของไม้ยืนต้นที่มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือกักเก็บคาร์บอนได้

ดีและเหมาะต่อปลูกในพื้นที่ต่อไป (พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2550: 33) แม้ว่าที่ผ่านมาการศึกษาวิจัยงานด้านนี้มีอยู่มากมาย แต่ว่าระบบทางธรรมชาตินั้น มีการตอบสนองที่สลับซับซ้อน ข้อมูลหรือผลการศึกษาของพื้นที่อื่นจึงอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้ในอีกพื้นที่หนึ่งได้ดีนัก เพราะระบบธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา (spatial and temporal variations) (Luo and Zhou, 2006: 107)

ดังนั้น การศึกษาวิจัยและการได้มาซึ่งข้อมูลจากพื้นที่จริงจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ทราบและเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพในเชิงพื้นที่และชนิดพรรณไม้ ในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้ประเมินและเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภาพ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ในฐานะมหาวิทยาลัยสีเขียวที่เน้นพัฒนาพื้นที่สีเขียว ทั้งนี้ การศึกษานี้อาจก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกิจกรรมการส่งเสริมและจัดการพื้นที่สีเขียวในอนาคตต่อไปได้ เช่น การพัฒนาองค์กรสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ และการจัดการพื้นที่สีเขียวที่เน้นในเรื่องการลดภาวะโลกร้อนโดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ต่างชนิดในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยในการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้นของสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสมุทรปราการ ขนาด 2.65 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 96.35 ของพื้นที่สวนสุขภาพทั้งหมด 2.75 ไร่ (การคำนวณขนาดพื้นที่เป็นการประมาณโดยใช้ Google Maps เวอร์ชั่น 2015) รูปแบบการปลูกต้นไม้ในสวนสุขภาพมีลักษณะแบบกระจายทั่วไป ซึ่งระเบียบวิธีการฯกำหนดให้เก็บข้อมูลไม้ยืนต้นทุกต้นที่มีเส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอก (1.3 เมตร) ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไปมาใช้การประเมิน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558: 2-14)

ตารางที่ 1 พรรณไม้ที่พบในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	จำนวน (ต้น)	
			กลุ่มประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1. จามจุรี	*Samanea saman* (Jacq.) Merr.	LEGUMINOSAE - MIMOSOIDEAE	36	28
2. ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	LEGUMINOSAE - PAPILIONOIDEAE	30	23
3. ขี้เหล็ก	*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby	LEGUMINOSAE - CAESALPINOIDEAE	19	15
4. พญาสัตบรรณ	*Alstonia scholaris* (L.) R. Br.	APOCYNACEAE	18	14
5. หางนกยูงฝรั่ง	*Delonix regia* (BoJ. ex Hook.) Raf	CAESALPINIACEAE	6	5

ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	จำนวน (ต้น)	
			กลุ่มประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
6. ยูคาลิปตัส	*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.	MYRTACEAE	4	3
7. พิกุล	*Mimusops elengi* Linn.	SAPOTACEAE	3	3
8. นนทรี	*Peltophorum dasyrachis* (Miq.) Kurz	LEGUMINOSAE - CAESALPINOIDEAE	3	3
9. หมาก*	*Areca catecuhu* L.	PALMAE	1	-
10. มะกอก*	*Spondias pinnata (L.f.)* Kurz	ANACARDIACEAE	1	-
11. ปีบ*	*Millingtonia hortensis* Linn.f.	BIGNONIACEAE	1	-
12. ไทร*	*Ficus benjamina* L.	MORACEAE	1	-
		รวม	123	94

หมายเหตุ: * ชนิดพรรณไม้ที่ไม่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากมีจำนวนน้อยกว่า 2 ต้น

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ต้นไม้ที่มีเนื้อไม้ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติทุกต้น จำนวน 123 ต้น ประกอบด้วยพรรณไม้ 12 ชนิด 9 วงศ์ ได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล นนทรี หมาก มะกอก ปีบ และไทร ในการศึกษาเปรียบเทียบกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970: 607-610) และสุ่มเก็บตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามสัดส่วนของชนิดพรรณไม้ ซึ่งได้จำนวน 94 ต้น ประกอบด้วยพรรณไม้ 8 ชนิด 5 วงศ์ ได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล และนนทรี (ดังตารางที่ 1) ขั้นตอนการวิจัย มีดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล และประเมินมวลชีวภาพของพรรณไม้ ข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดพรรณไม้ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Height: H) วัดโดยครีโนมิเตอร์ (Clinometer) และขนาดความโตของต้นไม้โดยวัดเส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอกหรือ 1.3 เมตร (Girth at Breast Height: GBH) เพื่อนำไปหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at Breast Height: DBH) ทั้งนี้ ไม้ยืนต้นที่เก็บรวบรวมทุกต้นมีเส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอก ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งของพรรณไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ซึ่งเป็นการคำนวณมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน ได้แก่ ราก (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล นนทรี มะกอก ปีบ และไทร ใช้สมการของ Ogawa et al. (1965: 13-48) ดังสมการที่ (1)-(4) และพรรณไม้กลุ่มปาล์ม ได้แก่ หมาก ใช้สมการของ Pearson et al. (2005: 43) ดังสมการที่ (5)

$$W_S = 0.0396\ (D^2H)^{0.933} \quad (1)$$

$$W_B = 0.00349\ (D^2H)^{1.030} \quad (2)$$

$$W_L = (28/\ (W_S + W_B + 0.025))^{-1} \quad (3)$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L \quad (4)$$

$$W_T = 6.666 + 12.826\ (H)^{0.5}(\ln H) \quad (5)$$

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)
W_B คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)
W_L คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)
W_T คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)
D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร)
H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้หามวลชีวภาพใต้ดิน (W_R) คือ ค่า R (สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้) กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปใช้ของ IPCC (2006: 49) คือ ร้อยละ 27.0 ของน้ำหนักแห้ง และกลุ่มปาล์มใช้ของคณะวนศาสตร์ (2554: 49) คือ ร้อยละ 41.0 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558: 27-36)

2. การประเมินปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในมวลชีวภาพของพรรณไม้ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ประเมินปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในมวลชีวภาพคือ ค่า CF (สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้) กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปใช้ของ IPCC (2006: 48) คือ ร้อยละ 47.0 ของน้ำหนักแห้ง และกลุ่มปาล์มใช้ของคณะวนศาสตร์ (2554: 40) คือ ร้อยละ 41.3 ของน้ำหนักแห้ง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558: 27-36)

3. การวิเคราะห์ผล ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้จะประเมินจากข้อมูลไม้ยืนต้นทุกต้นในสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติจำนวน 123 ต้น (12 ชนิด) และการเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ต่างชนิดจะวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 ต้น (8 ชนิด) สถิติพรรณนาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติอนุมานที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สถิติทดสอบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) (Garson, 2008) และหากผลการวิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ จะวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มชนิดพรรณไม้ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับ (average rank) เป็นรายคู่แบบพหุคูณ (multiple comparisons test) ด้วยวิธีบอนเฟอโรนี (Bonferroni test) (Dunn, 1964: 241-252)

ผลการวิจัย

1. ปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภาพ พรรณไม้ที่นำมาประเมินมีจำนวน 123 ต้น (12 ชนิด 9 วงศ์) มีความสูงทั้งหมดเฉลี่ย 10.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 64.3 เซนติเมตร มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนลำต้นเท่ากับ 42,657.1 กิโลกรัม (ร้อยละ 60.90) ในส่วนกิ่งเท่ากับ 10,541.6 กิโลกรัม (ร้อยละ 15.05) ในส่วนใบเท่ากับ 1,900.1 กิโลกรัม (ร้อยละ 2.71) และมวลชีวภาพใต้ดินในส่วนรากเท่ากับ 14,895.9 กิโลกรัม (ร้อยละ 21.27) ดังนั้น ผลผลิตมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 70,041.6 กิโลกรัม (คิดเป็น 26,430.8 กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 32,915.8 กิโลกรัม (คิดเป็น 12,421.1 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งคำนวณจากขนาดพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้นในสวนสุขภาพ 2.65 ไร่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสูง ขนาดความโต ผลผลิตมวลชีวภาพ และคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภาพ

ชนิดพรรณไม้ (N=123)	ความสูงเฉลี่ย H (ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย D (ซม.)	มวลชีวภาพของพรรณไม้ (กก.)					คาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพ	
			ส่วนเหนือพื้นดิน W_T			ส่วนใต้ดิน	ผลรวม		
			ลำต้น W_S	กิ่ง W_B	ใบ W_L	ราก W_R	W_T+W_R	(กก.)	(ร้อยละ)
1. จามจุรี	17.9	151.5	31758.7	8115.1	1424.1	11150.4	52448.2	24650.7	(74.89)
2. ประดู่	12.0	48.2	3362.2	735.0	146.4	1145.8	5389.3	2533.0	(7.70)
3. ขี้เหล็ก	10.3	57.8	1665.9	336.9	71.5	560.0	2634.3	1238.1	(3.76)
4. พญาสัตบรรณ	8.3	58.4	1416.3	285.1	60.8	475.8	2238.0	1051.8	(3.20)
5. หางนกยูงฝรั่ง	11.6	54.8	568.6	119.1	24.6	192.3	904.6	425.2	(1.29)
6. ยูคาลิปตัส	24.0	128.5	3360.0	845.5	150.2	1176.0	5531.7	2599.9	(7.90)
7. พิกุล	6.7	28.0	41.6	6.8	1.7	13.5	63.7	29.9	(0.09)
8. นนทรี	7.5	68.0	223.9	43.6	9.6	74.8	351.9	165.4	(0.50)
9. หมาก	4.4	18.0	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	19.2	66.1	27.3	(0.08)
10. มะกอก	7.1	43.5	33.4	5.9	1.4	11.0	51.7	24.3	(0.07)
11. ปีบ	4.5	19.0	4.6	0.7	0.2	1.5	7.0	3.3	(0.01)
12. ไทร	11.1	96.0	222.0	48.0	9.6	75.5	355.1	166.9	(0.51)
รวม	10.5	64.3	42657.1	10541.6	1900.1	14895.9	70041.6	32915.8	(100.00)
(ร้อยละ)			(60.90)	(15.05)	(2.71)	(21.27)	(100.00)		
ค่าเฉลี่ย (ต่อไร่*)			16097.0	3978.0	717.0	5621.1	26430.8	12421.1	

หมายเหตุ : * สวนสุขภาพมีขนาดพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น 2.65 ไร่,
ไม่มี คือ ไม่มีการคำนวณเนื่องจากเป็นกลุ่มพรรณไม้ที่ใช้สมการที่ (5)

2. การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ในสวนสุขภา ผลเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง 8 ชนิด (94 ต้น) ได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล และนนทรี ด้วยการทดสอบ Kruskal-Wallis พบว่ามีชนิดพรรณไม้อย่างน้อย 1 คู่ ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.000$, $n=94$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ชนิด พรรณไม้ที่มีผลรวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงที่สุดคือ จามจุรี 19,806.5 กิโลกรัม (ร้อยละ 74.7) รองลงมาคือ ยูคาลิปตัส 2,100.1 กิโลกรัม (ร้อยละ 7.9) ประดู่ 1,996.7 กิโลกรัม (ร้อยละ 7.5) ขี้เหล็ก 1,109.3 กิโลกรัม (ร้อยละ 4.2) พญาสัตบรรณ 970.8 กิโลกรัม (ร้อยละ 3.7) หางนกยูงฝรั่ง 342.4 กิโลกรัม (ร้อยละ 1.3) นนทรี 165.5 กิโลกรัม (ร้อยละ 0.6) และพิกุล 29.9 กิโลกรัม (ร้อยละ 0.1) ตามลำดับ และผลรวมทั้งหมดเท่ากับ 26,518.2 กิโลกรัม ทั้งนี้ พรรณไม้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่ามัธยฐานปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 93.3 กิโลกรัม สูงสุดคือยูคาลิปตัส (median = 732.1 กิโลกรัม)

รองลงมาคือ จามจุรี นนทรี พญาสัตบรรณ ขี้เหล็ก ประดู่ หางนกยูงฝรั่ง และพิกุล (median = 583.2, 67.9, 54.3, 53.2, 30.7, 22.1, 9.6 กิโลกรัม) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่างในสวนสุขภาพ จำแนกตามชนิดพรรณไม้

ชนิดพรรณไม้ (n=94)	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง (กก.)			Kruskal Wallis (χ^2)	P-value
	ผลรวม	(ร้อยละ)	ค่ามัธยฐาน		
1. จามจุรี (28)	19806.5	(74.7)	583.2	60.877*	0.000
2. ประดู่ (23)	1996.7	(7.5)	30.7		
3. ขี้เหล็ก (15)	1109.3	(4.2)	53.2		
4. พญาสัตบรรณ (14)	970.8	(3.7)	54.3		
5. หางนกยูงฝรั่ง (5)	342.4	(1.3)	22.1		
6. ยูคาลิปตัส (3)	2100.1	(7.9)	732.1		
7. พิกุล (3)	29.9	(0.1)	9.6		
8. นนทรี (3)	165.5	(0.6)	67.9		
รวม	26518.2	(100.00)	93.3		

*** ผลการทดสอบมีความแตกต่างของค่ามัธยฐานที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$)**

นอกจากนี้ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับเป็นรายคู่ด้วยการทดสอบ Bonferroni เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มชนิดพรรณไม้ 8 กลุ่ม หรือ 28 คู่ (k=28) พบว่าชนิดพรรณไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$, n=94) มีทั้งหมด 12 คู่ ได้แก่ คู่ของจามจุรีกับประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง พิกุล นนทรี และคู่ของยูคาลิปตัสกับ ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง พิกุล และนนทรี ส่วนอีก 16 คู่ ที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p>0.05$, n=94) ได้แก่ คู่ของจามจุรีกับยูคาลิปตัส คู่ของประดู่กับขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง พิกุล นนทรี คู่ของขี้เหล็กกับพญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง พิกุล นนทรี คู่ของพญาสัตบรรณกับหางนกยูงฝรั่ง พิกุล นนทรี คู่ของหางนกยูงฝรั่งกับพิกุล นนทรี และคู่ของพิกุลกับนนทรี โดยเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของอันดับจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยอันดับของยูคาลิปตัสและจามจุรีมีค่าสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างกับชนิดพรรณไม้อื่น รองลงมาคือ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ นนทรี ประดู่ หางนกยูงฝรั่ง และพิกุล ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่างในสวนสุขภาพเป็นรายคู่ จำแนกตามชนิดพรรณไม้ (n=94)

ชนิดพรรณไม้	ค่าเฉลี่ยอันดับ	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ							
		จามจุรี	ประดู่	ขี้เหล็ก	พญาสัตบรรณ	หางนกยูงฝรั่ง	ยูคาลิปตัส	พิกุล	นนทรี
1. จามจุรี	62.7	-	41.5*	37.6*	38.1*	43.9*	-1.3	59.0*	38.4*
2. ประดู่	21.2		-	-3.9	-3.4	2.4	-42.8*	17.5	-3.1
3. ขี้เหล็ก	25.1			-	0.5	6.3	-38.9*	21.4	0.8
4. พญาสัตบรรณ	24.6				-	5.8	-39.4*	20.9	0.3
5. หางนกยูงฝรั่ง	18.8					-	-45.2*	15.1	-5.5
6. ยูคาลิปตัส	64.0						-	60.3*	39.7*
7. พิกุล	3.7							-	-20.6
8. นนทรี	24.3								-

*** ผลการทดสอบมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอันดับที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$)**

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้ 1) ผลการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ 123 ต้น (12 ชนิด) พบว่าสวนสุขภาพมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น (2.65 ไร่) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 32,915.8 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 12,421.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าพื้นที่ป่าไม้เล็กน้อย เช่น ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา มีเท่ากับ 15,418.9 กิโลกรัมต่อไร่ (ชัญษา กันฉิ่งและคณะ, 2559: 89-95) และ 2) ผลการเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ต่างชนิด มีพรรณไม้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน 8 ชนิด (94 ต้น) ได้แก่ จามจุรี ประดู่ ขี้เหล็ก พญาสัตบรรณ หางนกยูงฝรั่ง ยูคาลิปตัส พิกุล และนนทรี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้ ยูคาลิปตัสและจามจุรีมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (median = 732.1 และ 583.2 กิโลกรัม) ชนิดพรรณไม้อีก 6 ชนิดได้แก่ นนทรี พญาสัตบรรณ ขี้เหล็ก ประดู่ หางนกยูงฝรั่ง และพิกุล มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (median = 67.9, 54.3, 53.2, 30.7, 22.1 และ 9.6 กิโลกรัม ตามลำดับ) แต่ยูคาลิปตัสและจามจุรีเป็น 2 ชนิดที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงสุดจึงมีความแตกต่างกับพรรณไม้ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากยูคาลิปตัสมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด จามจุรีมีขนาดความโตเฉลี่ยและจำนวนมากที่สุด จึงทำให้ยูคาลิปตัสและจามจุรีมีมวลชีวภาพรวมและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นที่พบว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีหรือการเติบโตของพรรณไม้สอดคล้องกับการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ และคณะ, 2553: 1-18) และจากการศึกษาในพื้นที่สวนสันติภาพกทม. ที่พบว่าจามจุรีมีการเติบโตมากที่สุดแต่ก็มีขนาดพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยมากที่สุด (ชมพูนุช แสนภพ, 2554: 33) ทำให้ใช้พื้นที่ปลูกมาก ทั้งนี้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต คืออาจศึกษาเกี่ยวกับอัตราคาร์บอนที่กักเก็บได้ในมวลชีวภาพต่อพื้นที่เรือนยอดของชนิดพรรณไม้ หรือศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาพื้นที่กักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุดและยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

คณะวนศาสตร์. (2554). *คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้*. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

ชมพูนุช แสนภพ. (2554). *การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นในสวนสันติภาพ กรุงเทพมหานคร*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัญษา กันฉิ่ง, ณัฐพงษ์ ฟองมณี, ปาริฉัตร ประพัฒน์, สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล, เกื้อกูล กุสสลานุภาพ และบัณฑิตา ใจปินตา. (2559). การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการการบริหารจัดการความหลาก หลายทางชีวภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 3*, 15-17 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน จังหวัดน่าน. จังหวัดน่าน: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

นาฏสุดา ภูมิจำนงค์. (2547). แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารโตเกียว. *เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ : ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*, 16-17 สิงหาคม 2547 ณ โรงแรมมารวย การ์เดน กรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ดุริยะ สถาพร และเจด็จ รัตนแก้ว. (2553). *การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้บางชนิดที่ปลูก ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร*. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561, จาก มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เว็บไซต์: http://frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/ws_ document/ R195301.pdf

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. (2550). *ต้นไม้และสภาวะโลกร้อน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2558). *คู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร*. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

Dunn, O. J. (1964). Multiple comparisons using rank sums, *Technometrics, 6*, 241-252.

Garson, D.G. (2008). *Tests for more than two independent samples: Kruskal-Wallis H, Median, and Jonckheere-Terpstra Tests*. Retrieved February 22, 2018, from Statnotes: Topics in Multivariate Analysis Website: http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/pa765/statnote.htm

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Chapter 4 Forestland*. Japan: National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES.

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*, 607- 610.

Luo, Y., & Zhou, X. (2006). *Soil respiration and the environment*. California: Elsevier Academic Press.

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

Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. (2005). *Sourcebook for land use change and forestry projects*. Arlington: Winrock International.