ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Carbon Dioxide Absorption of Trees at an Outdoor Sport Court in Huachiew Chalermprakiet University

นนทิชา สนแก้ว, ปวีณ์นุช พื้นทอง, อันฐิกา นาคโถม, วรรณภา โกนกระโทก,
นุชนาถ แช่มช้อย, อาภาภรณ์ บุลสถาพร*
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : apaporn.bul@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวม และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ต่างชนิด บริเวณลานกีฬากลางแจ้งในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ดำเนินการตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก ภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ต้นไม้ที่มีเนื้อไม้ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นทุกต้น 115 ต้น (7 ชนิด) และกลุ่มตัวอย่าง 89 ต้น (4 ชนิด) สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติทดสอบครัสคัล-วอลลิส และการเปรียบ เทียบพหุคูณในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มชนิดพรรณไม้ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมเท่ากับ 100.01 ตัน (29.94 ตันต่อไร่) และชนิดพรรณไม้ที่แตกต่างกัน ได้แก่ จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง หมาก ไทร มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้จามจุรีมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งแตกต่างกับชนิดพรรณไม้อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ไทร หางนกยูงฝรั่ง และหมาก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ : ไม้ยืนต้น มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

The objectives of this research were to evaluate total amount of carbon dioxide (CO_2) absorbed by trees and to compare amount of CO_2 absorbed by different types of trees at an outdoor sport court in Huachiew Chalermprakiet University, Thailand. Determining the amount of CO_2 used calculation 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 115 trees (7 species) and population samples were 89 trees (4 species). Statistics used were percentage, mean, median, standard deviation, Kruskal-Wallis test and multiple comparisons test. The results showed that: 1) total amount of CO_2 absorbed by all trees was 100.01 tCO_2 (or 29.94 tCO_2 rai^{-1}) and 2) There was a statistically significant difference of the amount

of CO_2 absorption which classified by tree species ($p < 0.05$, n = 89). *Samanea saman* had the highest amount of CO_2 absorption, which was statistically significant difference from three species. Whereas *Ficus benjamina, Delonix regia,* and *Areca catecuhu* were no statistical differences each other.

Keywords : Trees, Biomass, Carbon storage, Carbon dioxide

บทนำ

ในปัจจุบันการเตรียมรับมือกับผลกระทบจากปัญหาภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความยากและสลับซับซ้อน เนื่องจากความรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบในอนาคตมีความหลากหลายและไม่แน่นอนสูง เช่น การเกิดภัยพิบัติที่มีความถี่และความรุนแรงมากขึ้น มีผลต่อระบบนิเวศ การเกิดโรคระบาด ภาวะเศรษฐกิจและสังคมอย่างกว้างขวาง ทำให้หลายภาคส่วนให้ความสนใจ และสร้างความสามารถในการปรับตัวมากขึ้น (กัลยา วัฒยากร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์, 2554) ดังเห็นได้จากการที่ประเทศไทยในฐานะประเทศนอกภาคผนวก I (Non Annex I) ได้ร่วมลงนามและให้สัตยาบันในการลดก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) อันเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาดังกล่าว แม้ไม่มีพันธกรณีในพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ก็ตาม คาร์บอนเครดิต (carbon credit) จึงมีความชัดเจนขึ้นในประเทศไทย

ประเทศไทยได้นำกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ที่เป็นกลไกหนึ่งในพิธีสารเกียวโตมาใช้ โดยมีองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เป็นผู้รับผิดชอบหลัก รวมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนในประเทศไทยมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกอย่าง สมัครใจ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหรือดูดกลับไว้ได้จากกิจกรรม เมื่อผ่านการรับรองจะสามารถนำมาคิดเป็นเครดิตในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามพันธกรณีในอนุสัญญาฯได้ (ปริญญารัตน์ เลี้ยงเจริญ, 2551) และหนึ่งในวิธีการลดและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกนั้น คือ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 absorption) จากบรรยากาศ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและกักเก็บของคาร์บอนไว้ (carbon sequestration) ในมวลชีวภาพ (biomass) ของต้นไม้ ดังนั้นคาร์บอนจึงถูกยึดอยู่กับเนื้อเยื่อของต้นไม้ได้อย่างเสถียรและยาวนาน (นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, 2547) แหล่งสะสมคาร์บอน (carbon pool) ในมวลชีวภาพของต้นไม้ ซึ่งคือ น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่มีชีวิต แบ่งออกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ผล และมวลชีวภาพใต้ดิน (below-ground biomass) ได้แก่ ราก นอกจากนี้มีงานวิจัยมากมายที่เป็นหลักฐานว่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้เป็นเทคโนโลยีการกักเก็บคาร์บอนที่ดีและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นแนวทางหนึ่งการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เนื่องจากความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของพรรณไม้มีความสอดคล้องกับการกักเก็บคาร์บอน (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ และคณะ, 2553) และการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่สีเขียวจะทำให้ทราบถึงชนิดหรือประเภทของไม้ยืนต้นที่มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และควรนำมาปลูก ซึ่งจะทำให้พื้นที่นั้น ๆ มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดียิ่งขึ้น (พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2550) ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่และของพรรณไม้แต่ละชนิดในพื้นที่จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาพื้นที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปคิดวิเคราะห์วางแผนและจัดการในเวลาต่อไป แม้ว่าทุกวันนี้มีการศึกษาด้านนี้กันอย่างมากมายและหลากหลายแล้ว แต่หลีกเลี่ยงไม่ได้ว่าการตอบสนองของระบบทางธรรมชาตินั้นมี

ความซับซ้อน ข้อมูลจากพื้นที่อื่น ๆ จะไม่สามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในอีกพื้นที่หนึ่งได้อย่างชัดเจนมากนัก เนื่องจากสิ่งรบกวนจากธรรมชาติหรือกิจกรรมของมนุษย์ (responses to disturbances) และปัจจัยจำกัด (limiting factors) ที่เกิดขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา (spatial and temporal variations) (Luo and Zhou, 2006)

ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิจัยและการได้มาซึ่งข้อมูลของพื้นที่จริงที่ศึกษาจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะสถาบันการศึกษาที่เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ดังเช่น มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ การศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ จึงมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตได้ อาทิ การจัดการพื้นที่สีเขียวให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนได ออกไซด์มากยิ่งขึ้น การประเมินคาร์บอนเครดิตเพื่อเข้าสู่ตลาดคาร์บอน และการพัฒนาสถาบันสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน เป็นต้น นอกจากนี้วิธีการศึกษาที่ใช้ในการศึกษานี้มีรูปแบบที่ง่ายต่อการเข้าใจซึ่งจะสามารถเป็นตัวอย่างและเป็นประโยชน์ต่อพื้นที่อื่นที่จะนำไปพัฒนาหรือต่อยอดในอนาคตต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวม บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ต่างชนิด บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

สมมติฐานการวิจัย

1. ชนิดพรรณไม้ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง หมาก จามจุรี และไทร มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยในการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ ดำเนินการตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร ซึ่งข้อกำหนดที่สอดคล้องกับพื้นที่ศึกษามีดังนี้คือ

1) พรรณไม้ที่นำมาประเมินคือ ไม้ยืนต้นที่มีขนาดของความโตหรือเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.3 เมตร ตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ขึ้นไป 2) รูปแบบการปลูกต้นไม้ที่มีลักษณะแบบเป็นแถวเป็นแนว (strip) ไม่เกิน 100 ต้น และลักษณะแบบกระจายทั่วไป ต้องเก็บข้อมูลทุกต้น (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่บริเวณลานกีฬากลางแจ้งในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น (ไม่รวมพื้นที่สนามหญ้า) มีขนาด 3.34 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.17 ของพื้นที่ลานกีฬากลางแจ้งทั้งหมด 8.75 ไร่ (การคำนวณขนาดพื้นที่เป็นการประมาณโดยใช้ Google Maps เวอร์ชั่น 2015) รูปแบบการปลูกต้นไม้บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มี 2 ลักษณะคือ แบบเป็นแถวเป็นแนวไม่เกิน 100 ต้น และแบบกระจายทั่วไป

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ต้นไม้ที่มีเนื้อไม้ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติทุกต้น จำนวน 115 ต้น ประกอบด้วยพรรณไม้ 7 ชนิด 7 วงศ์ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง หมาก จามจุรี ไทร ราชพฤกษ์ ลาน และหูกระจง แต่เนื่องด้วยในการนำไปศึกษาวิเคราะห์ทางสถิติจะต้องมีสุ่มตัวอย่างและด้วยข้อจำกัดของ

เครื่องมือวิเคราะห์ ชนิดพรรณไม้ที่มีน้อยกว่า 2 ต้น (n<2) จะไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้ ดังนั้นชนิดพรรณไม้ที่นำไปศึกษาเปรียบเทียบจึงมี 4 ชนิด 4 วงศ์ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง หมาก จามจุรี ไทร และอีก 3 ชนิดไม่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้แก่ ราชพฤกษ์ ลานหูกระจง เนื่องจากมีชนิดละ 1 ต้น ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970) ได้จำนวน 89 ต้น และสุ่มเก็บตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามสัดส่วนของชนิดพรรณไม้ ประกอบด้วยพรรณไม้ 4 ชนิด 4 วงศ์ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง หมาก จามจุรี และไทร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พรรณไม้ที่พบบริเวณลานกีฬากลางแจ้งในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	จำนวน (ต้น)	
			กลุ่มประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1. หางนกยูงฝรั่ง	*Delonix regia* (BoJ. ex Hook.) Raf	CAESALPINIACEAE	43	34
2. หมาก	*Areca catecuhu* L.	PALMAE	39	31
3. จามจุรี	*Samanea saman* (Jacq.) Merr.	LEGUMINOSAE - MIMOSOIDEAE	28	22
4. ไทร	*Ficus benjamina* L.	MORACEAE	2	2
5. ราชพฤกษ์*	*Cassia fistula* L.	CAESALPINIACEAE	1	
6. ลาน*	*Corypha lecomtei* Becc.	ARECACEAE (PALMAE)	1	
7. หูกระจง*	*Terminate ivorensis* A. Chev.	COMBRETACEAE	1	
		รวม	115	89

หมายเหตุ: * ชนิดพรรณไม้ที่ไม่ได้นำไปศึกษาวิเคราะห์ทางสถิติ (เนื่องจากมีจำนวนน้อยกว่า 2 ต้น)

ขั้นตอนการวิจัย มีดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

เก็บรวบรวมข้อมูลไม้ยืนต้นที่มีขนาดของความโตหรือเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.3 เมตร ตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ขึ้นไปทุกต้น ข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดพรรณไม้ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Height: H) วัดโดยครีโนมิเตอร์ (Clinometer) และขนาดความโตของต้นไม้โดยวัดเส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอกหรือ 1.3 เมตร (Girth at Breast Height: GBH) เพื่อนำไปหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at Breast Height: DBH)

2. การประเมินน้ำหนักแห้งของต้นไม้หรือมวลชีวภาพ (Biomass)

การประเมินมวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตรี (Allometric Equation) คำนวณมวลชีวภาพทั้งส่วนที่อยู่เหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน ได้แก่ ราก (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) โดยกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง จามจุรี ไทร ราชพฤกษ์ หูกระจง ใช้สมการของ Ogawa et al. (1965) ดังสมการที่ (1)-(4) และพรรณไม้กลุ่มปาล์มได้แก่ หมาก และลาน ใช้สมการของ Peason et al. (2005) ดังสมการที่ (5)

สมการของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป

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

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

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

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

สมการของกลุ่มปาล์ม

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

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในทั้งหมด (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องใช้หามวลชีวภาพใต้ดิน (W_R) คือ ค่า R (สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้) โดยค่า R ของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปใช้ของ IPCC (2006) คือ ร้อยละ 27.0 ของน้ำหนักแห้ง และกลุ่มปาล์มใช้ของคณะวนศาสตร์ (2554) คือ ร้อยละ 41.0 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

3. การประเมินปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในมวลชีวภาพ

ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ที่ประเมินมาจากสมการแอลโลเมตรีสามารถนำมาประเมินปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในมวลชีวภาพของต้นไม้ได้ ค่าสัมประสิทธิ์ที่จำเป็นต้องใช้คือ ค่า CF (สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้) โดยค่า CF ของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปใช้ของ IPCC (2006) คือ ร้อยละ 47.0 ของน้ำหนักแห้ง และกลุ่มปาล์มใช้ของ คณะวนศาสตร์ (2554) คือร้อยละ 41.3 ของน้ำหนักแห้ง(องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

4. การคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้

การแปลงหน่วยจากตันคาร์บอน ไปเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถแปลงได้โดยการคูณด้วยมวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน คือ 44/12 หรือ 3.667

5. การวิเคราะห์ผล

ในการประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวมนั้นคือ ผลรวมที่ได้จากการคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ทุกต้นบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง 115 ต้น ซึ่งเป็นไปตามระเบียบวิธีการฯ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) และการเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพรรณไม้ต่างชนิดบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 89 ต้น (4 ชนิด) ทั้งนี้ สถิติพรรณนาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติอนุมานที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สถิติทดสอบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) (Garson, 2008) และหากผลการวิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ จะวิเคราะห์ความ

แตกต่างระหว่างกลุ่มชนิดพรรณไม้ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับ (average rank) เป็นรายคู่แบบพหุคูณ (multiple comparisons test) ด้วยวิธีดันน-บอนเฟอโรนี (Dunn-Bonferroni test) (Dunn, 1964)

ผลการวิจัย

1. ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวม บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง

พรรณไม้ทั้งหมดบริเวณลานกีฬากลางแจ้งมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่นำมาประเมิน จำนวน 115 ต้น (7 ชนิด 7 วงศ์) มีขนาดความโตหรือเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 30.83 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย 8.82 เมตร มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนลำต้นเท่ากับ 32,791.45 กิโลกรัม (ร้อยละ 55.97) ในส่วนกิ่งเท่ากับ 8,283.89 กิโลกรัม (ร้อยละ 14.14) ในส่วนใบเท่ากับ 1,467.04 กิโลกรัม (ร้อยละ 2.50) ซึ่งมีผลรวมของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 42,542.38 กิโลกรัม (ร้อยละ 72.61) และมวลชีวภาพใต้ดินในส่วนรากเท่ากับ 12,811.45 กิโลกรัม (ร้อยละ 21.87) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ขนาดความโต ความสูง และผลผลิตมวลชีวภาพของพรรณไม้บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง

ชนิดพรรณไม้ (N = 115)	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย D (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย H (ม.)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน W_T ส่วนลำต้น W_S (กก.)	ส่วนกิ่ง W_B (กก.)	ส่วนใบ W_L (กก.)	มวลชีวภาพใต้ดินส่วนราก W_R (กก.)
1. หางนกยูงฝรั่ง (43)	25.93	6.78	5354.49	1131.94	231.70	1813.89
2. หมาก (39)	14.74	7.85	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	1284.48
3. จามจุรี (28)	61.68	10.85	27112.15	7087.65	1221.45	9563.74
4. ไทร (2)	23.20	8.81	222.27	45.26	9.56	74.81
5. ราชพฤกษ์ (1)	15.92	8.76	52.49	9.77	2.22	17.41
6. ลาน (1)	58.92	9.86	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	40.52
7. หูกระจง (1)	15.45	8.85	50.06	9.27	2.12	16.59
รวม	30.82	8.82	32791.45	8283.89	1467.04	12811.45
(ร้อยละ)			(55.97)	(14.14)	(2.50)	(21.87)

ดังนั้นผลผลิตมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 58,585.54 กิโลกรัม (คิดเป็น 17,540.58 กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 27,275.47 กิโลกรัม (คิดเป็น 8,166.31 กิโลกรัมต่อไร่) ทั้งนี้ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวมบริเวณลานกีฬากลางแจ้งมีเท่ากับ 100,010.07 กิโลกรัม หรือ 100.01 ตัน (คิดเป็น 29.94 ตันต่อไร่) โดยคำนวณจากขนาดพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้นบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง 3.34 ไร่ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ สามารถจำแนกได้เป็นปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินเท่ากับ 78.21 ตัน (หรือ 23.42 ตันต่อไร่) และ 21.80 ตัน (หรือ 6.53 ตันต่อไร่)

ตารางที่ 3 ผลผลิตมวลชีวภาพรวม คาร์บอนที่กักเก็บ และปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ของพรรณไม้โดยรวม บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง

ชนิดพรรณไม้	มวลชีวภาพทั้งหมด	คาร์บอนที่กักเก็บ	ปริมาณ CO_2 ที่ดูดซับ		
	(กก.)	(กก.)	(กก.)	(ตัน)	(ร้อยละ)
1. หางนกยูงฝรั่ง	8532.01	4010.04	14703.50	14.70	(14.70)
2. หมาก	4417.36	1824.37	6689.35	6.69	(6.69)
3. จามจุรี	44984.99	21142.94	77524.13	77.52	(77.52)
4. ไทร	351.90	165.39	606.44	0.61	(0.61)
5. ราชพฤกษ์	81.89	38.49	141.12	0.14	(0.14)
6. ลาน	139.36	57.55	211.03	0.21	(0.21)
7. หูกระจง	78.05	36.68	134.50	0.13	(0.13)
รวม	58585.54	27275.47	100010.07	100.01	(100.00)
ค่าเฉลี่ย (ต่อไร่*)	17540.58	8166.31	29943.13	29.94	

หมายเหตุ: * บริเวณลานกีฬากลางแจ้งมีขนาดพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น 3.34 ไร่

2. การเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ต่างชนิด

ชนิดพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 89 ต้น มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมเท่ากับ 77.13 ตัน สูงสุดคือ จามจุรี รองลงมาคือ หางนกยูงฝรั่ง หมาก และไทร ซึ่งเท่ากับ 59.37 ตัน (ร้อยละ 76.97) 11.58 ตัน (ร้อยละ 15.02) 5.57 ตัน (ร้อยละ 7.22) และ 0.61 ตัน (ร้อยละ 0.79) ตามลำดับ ชนิดพรรณไม้กลุ่มตัวอย่างมีค่ามัธยฐานปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.20 ตัน สูงสุดคือ จามจุรี รองลงมาคือ ไทร หางนกยูงฝรั่ง และหมาก ซึ่งเท่ากับ 1.79, 0.30, 0.26 และ 0.18 ตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง 4 ชนิด ได้แก่ จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง ไทร และหมาก บริเวณลานกีฬากลางแจ้งมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ด้วยการทดสอบ Kruskal-Wallis พบว่ามีชนิดพรรณไม้อย่างน้อย 1 คู่ ที่มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 **(**p = 0.000, n = 89**)** ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ กลุ่มตัวอย่างบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง จำแนกตามชนิดพรรณไม้ (n=89)

ชนิดพรรณไม้ (n = 89)	ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง (ตัน)			Kruskal Wallis (χ^2)	P-value
	ผลรวม	(ร้อยละ)	ค่ามัธยฐาน		
1. จามจุรี (22)	59.37	(76.97)	1.79		
2. หางนกยูงฝรั่ง (34)	11.58	(15.02)	0.26	45.584*	0.000
3. หมาก (31)	5.57	(7.22)	0.18		

ชนิดพรรณไม้ (n = 89)	ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่าง (ตัน)			Kruskal Wallis (χ^2)	P-value
	ผลรวม	(ร้อยละ)	ค่ามัธยฐาน		
4. ไทร (2)	0.61	(0.79)	0.30		
รวม	77.13	(100.00)	0.20		

* ผลการทดสอบมีความแตกต่างของค่ามัธยฐานที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (p<0.05)

ดังนั้น จึงนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับเป็นรายคู่ ด้วยการทดสอบ Dunn-Bonferroni เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มชนิดพรรณไม้ 4 กลุ่ม หรือ 6 คู่ (k = 6) ซึ่งพบว่าชนิดพรรณไม้ที่มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (p<0.05, n = 89) มีทั้งหมด 3 คู่ ได้แก่ จามจุรีกับหางนกยูงฝรั่ง จามจุรีกับไทร และจามจุรีกับหมาก ส่วนอีก 3 คู่ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่งกับหมาก หางนกยูงฝรั่งกับไทร และหมากกับไทร ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p>0.05, n = 89) ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของอันดับจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยอันดับของจามจุรีมีค่าสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างกับชนิดพรรณไม้อื่น รองลงมาคือหางนกยูงฝรั่ง ไทร และหมาก ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับของปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้กลุ่มตัวอย่างบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง เป็นรายคู่ จำแนกตามชนิดพรรณไม้ (n=89)

ชนิดพรรณไม้	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ			
		จามจุรี	หางนกยูงฝรั่ง	ไทร	หมาก
จามจุรี	14.36	-	10.10*	10.36*	11.39*
หางนกยูงฝรั่ง	4.26		-	0.26	1.29
ไทร	4.00			-	1.03
หมาก	2.97				-

* ผลการทดสอบมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอันดับที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (p<0.05)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลการประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โดยรวมทั้งหมด 115 ต้น บริเวณลานกีฬากลางแจ้งในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (ไม่รวมพื้นที่สนามหญ้า) ขนาดพื้นที่ 3.34 ไร่ พบว่าปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมของพรรณไม้เท่ากับ 100.01 ตัน (หรือ 29.94 ตันต่อไร่) แบ่งเป็นปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินเท่ากับ 78.21 ตัน (หรือ 23.42 ตันต่อไร่) และ 21.80 ตัน (หรือ 6.53 ตันต่อไร่) ซึ่งผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องและใกล้เคียงกันกับปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในพื้นที่สวนลุมพินี กทม. ที่มีเท่ากับ 21.03 ตันต่อไร่ (อาริสา สาดิษฐ์ และปิยะกาญจน์ เที้ยธิทรัพย์, 2558) ทั้งนี้ เนื่องจากลักษณะพื้นที่มีการใช้ประโยชน์คล้ายคลึงกัน และยังพบอีกว่าชนิดพรรณไม้ที่มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดในบริเวณลานกีฬากลางแจ้ง คือ จามจุรี และในสวนลุมพินีคือ แปลงที่มีจามจุรีผสมกับนนทรี

อย่างไรก็ตาม สวนในชุมชนเมืองเช่นนี้ยังคงปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของ พรรณไม้โดยรวมต่ำกว่าในพื้นที่ป่าไม้อยู่มาก เช่น ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ซึ่งเท่ากับ 56.43 ตันต่อไร่ (ชัญษา กันฉิ่ง และคณะ, 2559) ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับพื้นที่ซึ่งเป็นการพัฒนาเชิงคุณภาพสามารถทำได้โดยการนำชนิดพรรณไม้ที่มีศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดีมาปลูกในพื้นที่อย่างเป็นไปตามหลักการ และคำนึงถึงความสมดุลทางธรรมชาติที่เหมาะสม

2. ผลการเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ต่างชนิด บริเวณลานกีฬากลางแจ้ง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ พบว่าชนิดพรรณไม้ที่แตกต่างกัน ได้แก่ จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง หมาก และไทรมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่จามจุรีมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดและแตกต่างกับชนิดพรรณไม้อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากจามจุรีมีขนาดความโตเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงที่สุด จึงทำให้จามจุรีมีปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพและปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ในขณะที่ ไทร หางนกยูงฝรั่ง และหมากมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทำให้ผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยบางส่วน ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุช แสนภพ (2554) ที่ได้ศึกษาการเติบโตของพรรณไม้ยืนต้นแต่ละชนิดในสวนสันติภาพ กทม. และพบว่าจามจุรีมีศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด เนื่องจากเป็นพรรณไม้ที่มีการเติบโตมากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและขนาดพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคตคือ การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ควรประเมินจากพื้นที่ทั้งหมดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการและการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในอนาคต โดยอาจประเมินทั้งก่อนและหลังการพัฒนาเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการพัฒนาพื้นที่นั้น ๆ และอาจประเมินคาร์บอนเครดิตซึ่งสามารถนำไปสู่การจำหน่ายในตลาดคาร์บอนในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วัฒยากร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2554). วัฏจักรคาร์บอน. *รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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

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

นาฏสุดา ภูมิจ านงค์. (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, จากมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เว็บไซต์: http://frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/ws_ document/ R195301.pdf

ปริญญารัตน์ เลี้ยงเจริญ. (2551). เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก. *วารสารร่มพฤกษ์, 27*, 21-51.

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

อาริสา สาดิษฐ์ และปิยะกาญจน์ เที้ยธิทรัพย์. (2558). *การกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่สวนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร: กรณีศึกษาสวนลุมพินี*. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2561, จากมหาวิทยาลัยเกษตร ศาสตร์ เว็บไซต์: http://www.conference.forest.ku.ac.th/iDocument/edit_20150405_123151.pdf

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.