

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของนนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne)

บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ปิยะธิดา แสงแก้ว¹, สราวุธ สังข์แก้ว¹, กนกภรณ์ แก้วสง², พิชิต ลำไย³,
พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์⁴, กิตติพงษ์ ตั้งกิจ⁴, พิชกร สุภาวงศ์⁵, ธานินทร์ คงศิลา⁶ และ วงศธร พุ่มพวง^{1*}

รับต้นฉบับ: 7 กันยายน 2568

ฉบับแก้ไข: 9 ตุลาคม 2568

รับลงพิมพ์: 14 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การสังเคราะห์แสงของต้นไม้ช่วยเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของมวลชีวภาพทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีการเติบโต ส่วนที่เหลือจากการใช้ในกระบวนการหายใจจะถูกกักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อของพืชทั้งเหนือดินและใต้ดิน ปัจจุบันการปลดปล่อยคาร์บอนไปสู่ชั้นบรรยากาศมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสนใจ การสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง โดยการส่งเสริมการปลูกต้นไม้เป็นหนึ่งในกลยุทธ์ของการแก้ปัญหาดังกล่าวที่ได้รับความนิยมมากขึ้น โดย นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) เป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่นิยมปลูกในเขตเมืองหรือบริเวณที่มีการใช้ยานพาหนะจำนวนมากของประเทศไทย เนื่องจากมีคุณสมบัติทนทานต่อมลพิษและเติบโตได้ เนื่องจากมีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในใบสูง รวมถึงใบมีขนาดเล็ก และดอกที่สวยงาม วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อตอบประเด็นคำถามวิจัย คือ 1) ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นอย่างไร? และ 2) การกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีแปรผันในแต่ละชั้นขนาดความโตเป็นอย่างไร ?

วิธีการ: ทำการสำรวจต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน แบบไม่ใช้แปลงตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2562 โดยคัดเลือกต้นนนทรีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH at 1.3 m) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดความโตและความสูงทั้งหมด ความสูงวัดโดยใช้เครื่องมือ Laser rangefinder พร้อมระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกของต้นนนทรีทุกต้นที่สำรวจ ทำการวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณ ได้แก่ ความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัด การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน และการกักเก็บคาร์บอน พร้อมทั้งเปรียบเทียบศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมดในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้วยวิธี Kruskal-Wallis non-parametric test และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดและขนาดพื้นที่หน้าตัดของนนทรี

ผลการศึกษา: ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดรวมของต้นนนทรี ($DBH \geq 4.5$ เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 1,011 ต้น และ 148.34 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีค่ามวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน เท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 ± 0.02 และ 0.17 ± 0.004 ตันต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ผลรวมศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีมีค่าเท่ากับ 454.95 ตันคาร์บอน (ค่าเฉลี่ย 0.45 ± 0.01 ตันคาร์บอนต่อต้น) เมื่อ

พิจารณาตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่านนทรีมีการกระจายในรูปแบบระฆังคว่ำเดี่ยว แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของนนทรีในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีอายุใกล้เคียงกัน โดยขนาดต้นอยู่ระหว่าง 40–50 เซนติเมตร มีจำนวนมากที่สุดคือ 305 ต้น รองลงมาคือ ขนาด 30–40 เซนติเมตร (293 ต้น) ซึ่งต้นไม้นี้ในชั้นขนาดดังกล่าวเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ดีในอนาคต ส่วนชั้นขนาดที่มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนรวมสูงที่สุดคือ ต้นไม้นี้ในชั้นขนาดใหญ่ที่สุด (DBH > 60 เซนติเมตร) มีสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดร้อยละ 44.6 ส่วนต้นไม้นี้ขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) มีสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.30 ผลการวิเคราะห์ Kruskal-Wallis test แสดงให้เห็นว่า นนทรีในแต่ละขนาดชั้นมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.001$) ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Spearman's correlation พบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดแปรผันตรงกับการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของต้นนนทรีอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.001$) โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกักเก็บคาร์บอนโดยรวม แสดงให้เห็นว่าเมื่อนนทรีมีขนาดลำต้นโตขึ้นสามารถสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณสูงขึ้น

สรุป: นนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน สามารถสะสมมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ และมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนถึง 454.95 ตันคาร์บอน โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นของนนทรีอย่างชัดเจน องค์ความรู้ที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนอนุรักษ์และจัดการต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยได้ โดยเฉพาะการดูแลรักษาต้นที่มีขนาดใหญ่ให้มีสภาพสมบูรณ์ เพื่อเป้าหมายด้านการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการจัดการต้นนนทรีขนาดเล็กก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องได้รับการวางแผนอย่างดี ในอนาคตควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของนนทรีและชนิดไม้อื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง การทราบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของชนิดไม้อื่น ๆ ในเขตเมืองจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างพื้นที่สีเขียว ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อบรรลุเป้าหมายการลดเขยคาร์บอน การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และเสริมสร้างการให้บริการของระบบนิเวศอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก ป่าในเมือง พื้นที่สีเขียว ไม้ขนาดใหญ่ การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

¹ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁴ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁵ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁶ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: fforwop@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6449>

ORIGINAL ARTICLE

**Carbon stock in biomass of *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne
in Kasetsart University, Bang Khen campus**

Piyathida Sangkaew¹, Sarawood Sungkaew¹, Kanokporn Kaewsong², Pichit Lumyai³,
Pisut Siripant⁴, Kitipong Tangkit⁴, Piteekorn Supawong⁵, Tanin Kongsila⁶ and Wongsatorn Phumphuang^{1*}

Received: 17 January 2025

Revised: 9 October 2025

Accepted: 14 October 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Forest and climate are strongly intertwined. As photosynthesis increases, more atmospheric CO₂ is converted into biomass, thereby reducing carbon in the atmosphere and sequestering it within plant tissues both above and belowground. In the global carbon cycle, biomass is an important building block, significant carbon sequestration, and is used to help quantify pools and changes of greenhouse gases (GHGs) from the terrestrial biosphere to the atmosphere associated with land use and land cover changes. In recent decades, rising carbon emissions have become a major global concern, as highlighted in the Kyoto Protocol. Consequently, urban greenery—particularly tree planting—has gained importance as a climate change adaptation and mitigation strategy. The potential benefits and services provided by greenery to the urban ecosystem from a physical point of view include removal GHGs emissions, thermal comfort, improved air quality, energy-use reduction, flood protection and improved runoff-water quality. From a social perspective, green spaces provide health and a range of recreational and psychological benefits, create environmental awareness and encourage positive actions toward climate change. As evident, the carbon sequestration potential of trees in urban landscape revolves around the important biological process of photosynthesis, respiration, and decomposition as the carbon sequestered is the difference between the carbon benefited by photosynthesis and the carbon lost by respiration. *Peltophorum pterocarpum* is a commonly planted species in heavily motorized urban areas. It tolerates vehicular pollution due to the high ascorbic acid concentration and pH levels in its leaves. It is also the symbolic tree of Kasetsart University, where numerous individuals are widely distributed across the campus. This study therefore focused on evaluating the biomass accumulation and carbon storage of *Peltophorum pterocarpum* at Kasetsart University, Bang Khen campus. Specifically, we aimed to address the following research questions: (1) What is the current status of biomass accumulation and carbon storage of *Peltophorum pterocarpum*? and (2) How do these variables differ among size classes?

Material and method: The plotless method was used to observe the tree species of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bangken campus during August to October 2019. All *Peltophorum pterocarpum* trees with a diameter at breast height (DBH) ≥ 4.5 cm were DBH and total height measured, and the spatial location (UTM) were recorded for every observed tree. The total height was measured using a laser rangefinder, while spatial coordinates were collected using a global positioning system (GPS). We analyzed quantitative stand characteristics, including stem density, basal area, diameter class distribution, aboveground biomass (AGB), belowground biomass (BGB), and total carbon storage (TC). Differences in median carbon storage among size classes were tested using the Kruskal–Wallis nonparametric test. In addition, the relationship between total carbon storage and basal area was examined using Spearman’s rank correlation.

Results and discussion: The total density and basal area of *Peltophorum pterocarpum* were 1,011 stems and 148.34 m², respectively. The estimated AGB and BGB were 668.65 t and 173.85 t, corresponding to 0.66 ± 0.02 t/stems for AGB and 0.17 ± 0.004 t/stems for BGB. The TC of *Peltophorum pterocarpum* was 454.95 tC, with an average of 0.45 ± 0.01 tC/stems. The diameter class distribution exhibited a unimodal pattern, indicating that this population represents an even-aged stand. The highest stem density occurred in the 40–50 cm diameter class (305 stems), followed by the 30–40 cm class (293 stems), suggesting that these size classes contribute most to carbon sequestration potential. In contrast, the largest trees (DBH > 60 cm) accounted for the highest proportion of total carbon stock (44.6%), whereas the smallest size class contributed only 0.30%. The Kruskal–Wallis test confirmed significant differences in carbon stock among diameter classes ($p < 0.001$). Furthermore, Spearman’s correlation analysis revealed a strong positive relationship between basal area and total carbon stock ($p < 0.001$), indicating that carbon storage increased consistently with size class. This indicated that increasing in pattern of total carbon storage was observed with increasing in size class. These findings highlight the importance of conserving and managing larger trees to sustain carbon storage in Kasetsart University.

Conclusion: This study highlights the significant role of *Peltophorum pterocarpum* in biomass accumulation and carbon storage within Kasetsart University, Bang Khen campus. The TC of the species was estimated at 454.95 tC, with an average of 0.45 ± 0.01 tC/stems, demonstrating its high potential for carbon sequestration. AGB served as the principal carbon reservoir, while larger trees contributed the most to overall carbon storage, highlighting the need to prioritize their conservation. Furthermore, trees with a DBH of 30–50 cm represent a critical component of future carbon sequestration potential and should be protected. Smaller trees should also be conserved as part of the regeneration class. The findings provide essential field-based biomass and carbon data for improving carbon flux models in urban green spaces. To strengthen these insights, long-term

monitoring and studies involving multiple tree species are recommended. Developing a species matrix optimized for carbon storage will be instrumental in advancing urban greening strategies aimed at achieving carbon offsetting targets, conserving biodiversity, and enhancing the provision of ecosystem services in a sustainable manner.

Keywords: Greenhouse gases, large tree, size class, urban forest, urban greenery

¹ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

² Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

³ Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

⁴ Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

⁵ Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

⁶ Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: fforwop@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6449>

คำนำ (Introduction)

เมื่อต้นไม้มีการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชนั้นมีการเจริญเติบโต (Chavan and Rasal, 2010) ส่วนที่นอกเหนือจากการใช้พลังงานเพื่อการหายใจยังถูกกักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อของพืชทั้งเหนือดินและใต้ดิน (Chavan and Rasal, 2012) เมื่อพิจารณาในภาพรวมของโลก มวลชีวภาพของวัฏจักรคาร์บอนถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกักเก็บคาร์บอน และยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจกจากระบบนิเวศบนบกไปสู่ชั้นบรรยากาศ ผลผลิตจากมวลชีวภาพในรูปแบบต่าง ๆ มีบทบาทสำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ ที่ประกอบไปด้วย มวลชีวภาพเหนือดิน (Aboveground biomass) มวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass) ไม้ตาย (Dead wood) เศษซากพืช (Litter) และอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) ทั้งหมดนี้ถือเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Cairns *et al.*, 2003; Chavan and Rasal, 2012) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของคาร์บอนที่ถูกปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศมีอัตราการที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกนั้นให้ความสนใจ (Shimel *et al.*, 2015)

ในช่วงที่ผ่านมา การสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง (Urban greenery) ได้รับความนิยม

เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพื่อบรรเทาผลกระทบจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งหลายพื้นที่ได้นำนโยบายส่งเสริมการปลูกต้นไม้ และการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวในเขตเมืองมาใช้ (Velasco *et al.*, 2016) เพื่อการพัฒนาคุณภาพอากาศดีขึ้น ทำให้อุณหภูมิลดลง รวมไปถึงเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะ CO_2 ซึ่งต้นไม้ในเขตเมืองนั้นก็มีความสำคัญในการกักเก็บคาร์บอนผ่านกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) การหายใจ (Respiration) และการย่อยสลาย (Decomposition) (Nair and Nair, 2003) ซึ่งคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้คือ ส่วนต่างระหว่างคาร์บอนที่ได้มาจากระบบการสังเคราะห์แสงและที่สูญเสียไปจากการหายใจ (Yordanov *et al.*, 1997; Behera *et al.*, 2022)

นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) เป็นไม้ยืนต้นโตเร็ว ผลัดใบ ให้ดอกที่สวยงาม (Ragula and Chandra, 2020) จึงนิยมปลูกเป็นจำนวนมากในเขตเมืองของประเทศทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย และไทย ฯลฯ และนิยมนำมาปลูกในบริเวณที่มีปัญหาด้านมลพิษสูง เช่น บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงบริเวณที่มีการใช้ยานพาหนะจำนวนมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติทนทานต่อมลพิษด้วยการมีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในใบสูง ซึ่งกรดแอสคอร์บิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยให้ต้นไม้สามารถทนทานต่อมลภาวะได้ (Rajah *et al.*, 2025) และยังสามารถปลูกเป็นแนวกันลมและ

เพื่อฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมได้อีกด้วย (Shafiq and Iqbal, 2007) การมีอยู่ของพรรณไม้ชนิดนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศในเขตเมือง อีกทั้งต้นนนทรีเป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงเป็นที่มาของการปรากฏไม้ชนิดนี้ในมหาวิทยาลัยจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการสำรวจต้นนนทรีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เพื่อตอบคำถามงานวิจัย 2 ประการคือ 1) ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นอย่างไร? และ 2) การกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีแปรผันอย่างไรในแต่ละชั้นขนาดความโต (Size class) ผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการดูแลต้นไม้ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 846 ไร่ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0.5–1 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 26 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนรายปีอยู่ระหว่าง 1,400–1,600 มิลลิเมตร โดยนนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) อยู่ในวงศ์ Fabaceae-Caesalpinioideae เป็นชนิดไม้ต้นโตเร็ว (Fast growing tree species) ขนาดกลางถึง

ขนาดใหญ่ และมีการผลัดใบพร้อมกับมีการผลิใบใหม่ทดแทนในช่วงเวลาสั้น ๆ (Replacement) (Ragula and Chandra, 2020) เป็นต้นไม้ที่นิยมปลูกมากที่สุดในพื้นที่มหาวิทยาลัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณริมถนน (Maneejantra *et al.*, 2024) และส่วนหนึ่งเป็นต้นทรงปลูกของในหลวงรัชกาลที่ 9 (Rianthakool *et al.*, 2024) จึงมีการดูแลรักษาค่อนข้างเข้มข้น โดยมีการตัดแต่งกิ่งอยู่เป็นประจำ (Figure 1)

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการสำรวจต้นนนทรี ในช่วงเดือนสิงหาคม–ตุลาคม พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกต้นนนทรีทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH at 1.3 m) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร จากนั้นวัดขนาดความโตระดับอก (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) สำหรับความสูงวัดโดยใช้เครื่องมือ Laser Rangefinder (Nikon Forestry Pro, Nikon Vision Co., Ltd) และระบุพิกัดด้วยระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, GPS) ของต้นนนทรีทุกต้นที่ทำการสำรวจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ดำเนินการวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของต้นนนทรี ได้แก่ ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าพื้นที่หน้าตัด (Basal area) การกระจายของต้นนนทรีตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter class distribution) โดยแบ่งชั้นขนาดออกเป็น 7 ชั้น (Size class) ที่อยู่ในช่วง

10 เซนติเมตร (van der Velden *et al.*, 2014) ยกเว้น
ชั้นขนาดเล็กที่สุด ได้แก่ 4.5–10, 10–20, 20–30,
30–40, 40–50, 50–60 และ > 60 เซนติเมตร
ตามลำดับ

2. การคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน
(Aboveground biomass, AGB) รายต้น ตาม
สมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินมวล
ชีวภาพของไม้เขตร้อน (Pan-tropical allometric
equation) โดย Chave *et al.* (2014) ดังนี้

$$AGB(\text{ตัน}) = 0.0673(WD \times DBH^2 \times H)^{0.976}$$

โดย WD คือ ความหนาแน่นเนื้อไม้ (กรัม
ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) DBH คือ ขนาดความโต

จากเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) H คือ ความ
สูงของต้นไม้ (เมตร)

สำหรับค่า WD ของนนทรีที่ใช้ใน
การศึกษานี้คำนวณจากห้องปฏิบัติการวน
พิ ต ภั ณ์ ฑ์ ค ณ ะ ว น ศ า ส ต ร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการสุ่มเก็บ
ตัวอย่างชิ้นไม้ จากนั้นนำมาคำนวณปริมาตรและ
ความหนาแน่นต่อไป ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.54 กรัมต่อ
ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเหตุที่เลือกใช้สมการของ
Chave *et al.* (2014) นั้นเนื่องจากเป็นสมการที่มี
สามารถให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ และใช้ได้กับไม้
ต้นในป่าเขตร้อนทั่วโลก (Manuri *et al.*, 2014)

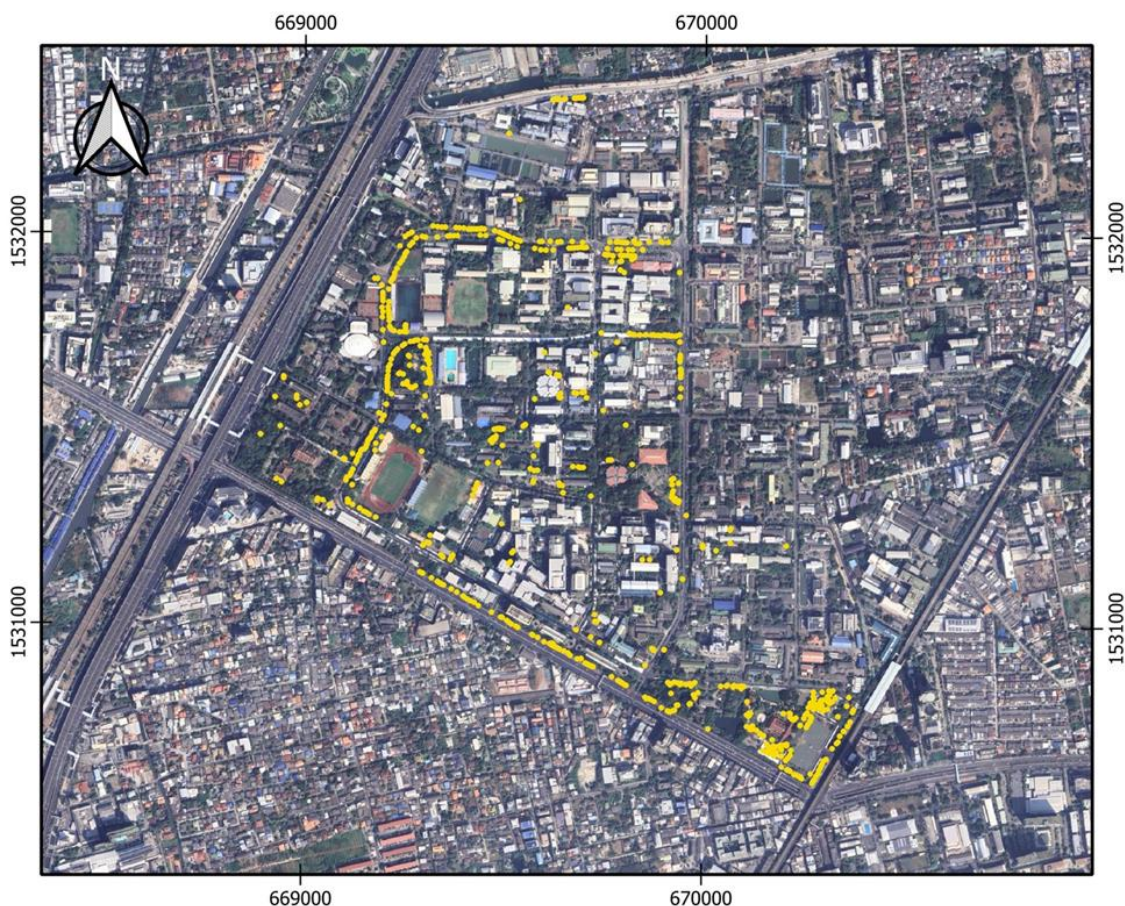


Figure 1 Study area showing *Peltophorum pterocarpum*'s locations (yellow dots) .

3. การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass, BGB) รายต้น ตามสูตรของ Cairns *et al.* (1997) ดังนี้

$$\text{BGB (ตัน)} = 0.26 \times \text{AGB}$$

จากนั้น ดำเนินการคำนวณค่าปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass, TB (ตัน)) โดยคิดจากผลรวมของ AGB และ BGB

4. การคำนวณศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมด (total carbon TC (ตันคาร์บอน)) โดยการนำค่า TB คูณกับค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนของต้นนนทรี โดยค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนดำเนินการวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยวิธี dry combustion จากตัวอย่างชิ้นไม้ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 48.24%

$$\text{TC (ตันคาร์บอน)} = \text{TB} \times 0.4824$$

5. การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมด (TC) ในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Size class) ด้วยวิธี Kruskal-Wallis non-parametric test จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Dunn's test

6. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมดและขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของนนทรี โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R (version 4.4.1) (R Core Team, 2025)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. ค่าเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยา มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของนนทรี

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density) และพื้นที่หน้าตัด (Basal area) ของต้นนนทรี ($\text{DBH} \geq 4.5$ เซนติเมตร) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 1,011 ต้น และ 148.34 ตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พบว่ามีค่า 2 ต้นต่อไร่ และ 0.18 ตารางเมตรต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 40.79 ± 12.77 เซนติเมตรต่อต้น (ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดเท่ากับ 4.50 และ 105.40 เซนติเมตร ตามลำดับ) และและมีค่าความสูงเท่ากับ 12.77 ± 0.11 เมตรต่อต้น (ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดเท่ากับ 2.00 และ 24.40 เมตร ตามลำดับ)

ผลของการประเมินมวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) และใต้ดิน (BGB) ทั้งหมดทุกต้นของนนทรีมีค่าเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 ± 0.02 และ 0.17 ± 0.004 ตันต่อต้น ตามลำดับ ผลรวมทั้งสองส่วน (TB) มีค่าเท่ากับ 842.50 ตัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 0.02 ตันต่อต้น ในขณะที่ผลรวมการกักเก็บคาร์บอน (TC) ของต้นนนทรี

ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 454.95 ตันคาร์บอน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.45 ± 0.01 ตันคาร์บอนต่อต้น

เมื่อพิจารณาตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าต้นนนทรีมีการกระจายในรูปแบบระฆังคว่ำเดี่ยว (Unimodal distribution) (Figure 2) โดยขนาดต้นไม้ระหว่าง 40–50 เซนติเมตร มีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 305 ต้น รองลงมาคือขนาด 30–40 เซนติเมตร (293 ต้น) (Table 1) อย่างไรก็ตามปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน รวมถึงผลรวมการกักเก็บคาร์บอนนั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อขนาดต้นไม้เพิ่มขึ้น (Figure 2) ชั้นขนาดที่มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโดยรวมสูงที่สุด คือ ไม้ในชั้น

ขนาดใหญ่ที่สุด (DBH > 60 เซนติเมตร) ตรงข้ามกับไม้ในชั้นขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) ที่พบการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่ำที่สุด (Table 1) นอกจากนั้น ไม้ชั้นขนาดใหญ่ที่สุดมีส่วนการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 44.6 รองลงมาคือไม้ขนาด 50–60 เซนติเมตร (ร้อยละ 24.10) ส่วนไม้ขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) มีส่วนการกักเก็บคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.30 (Figure 2)

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Kruskal-Wallis และ Dunn's tests แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบรายคู่แล้ว นนทรีในแต่ละชั้นขนาดมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$; Figure 3)

Table 1 The DBH class wise aboveground biomass (AGB), belowground biomass (BGB) and total carbon (TC) of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bangkok campus

Class (cm)	Density (stem)	Total BA (m ²)	Average BA (m ² /stem)	Total AGB (t)	Average AGB (t/stem)	Total BGB (t)	Average BGB (t/stem)	Total TC (tC)	Average TC (tC/stem)
4.5–10	23	0.11	0.00	0.31	0.01	0.08	0.00	0.21	0.01
10–20	48	0.85	0.02	2.75	0.06	0.72	0.01	1.87	0.04
20–30	121	6.41	0.05	23.62	0.20	6.14	0.05	16.07	0.13
30–40	293	29.12	0.10	122.99	0.42	31.98	0.11	83.69	0.29
40–50	305	47.45	0.16	210.45	0.69	54.72	0.18	143.19	0.47
50–60	138	31.98	0.23	145.94	1.06	37.94	0.27	99.30	0.72
>60	83	32.42	0.39	162.59	1.96	42.27	0.51	110.63	1.33
Total	1,011	148.34	-	668.65	-	173.85	-	454.95	-
Average	-	-	0.14	-	0.66	-	0.17	-	0.45

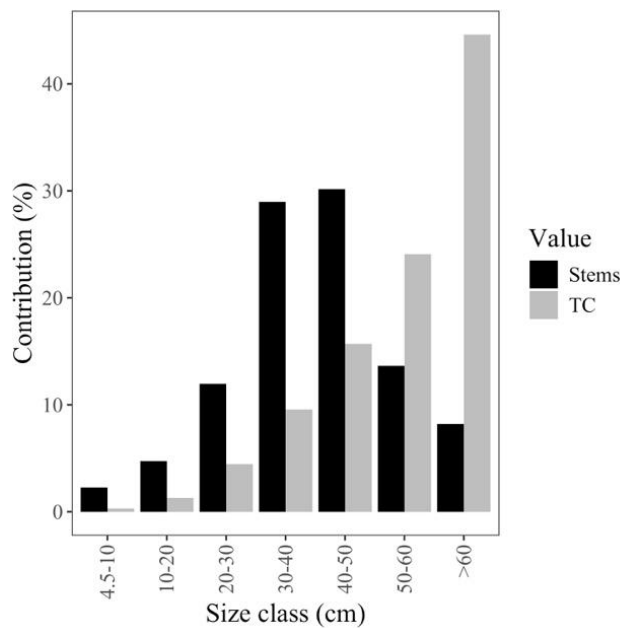


Figure 2 Contribution (%) of different DBH classes to density of stems and TC of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bang Khen campus

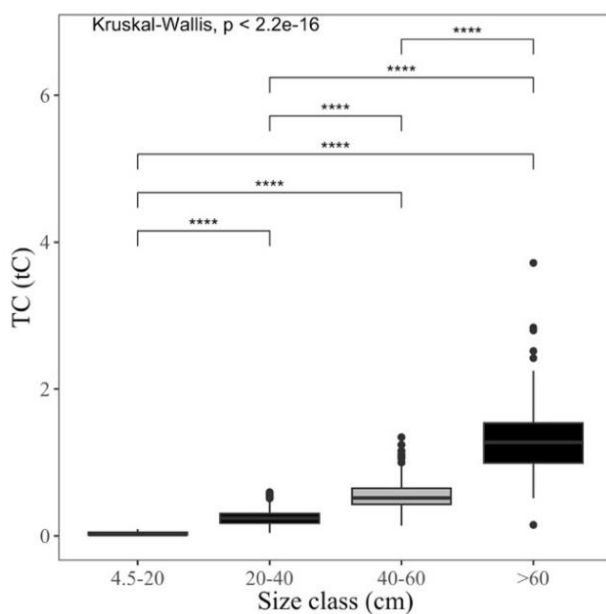


Figure 3 Comparison of TC across trees size classes

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบ Spearman's correlation ยังพบอีกว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้แปรผันตรงเชิงบวก ($R = 0.89$) กับการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของต้นนั้นหรืออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยชั้นขนาดความโตที่มีค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด (1.33 ตันคาร์บอน) คือ ชั้นขนาดความโตขนาด $DBH > 60$ เซนติเมตร ซึ่งมีผลรวมของขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 32.42 ตารางเมตร (Figure 4) อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณคาร์บอนที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นขนาดอาจมีผลมาจากการตัดแต่งกิ่งร่วมด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสูงต้นไม้

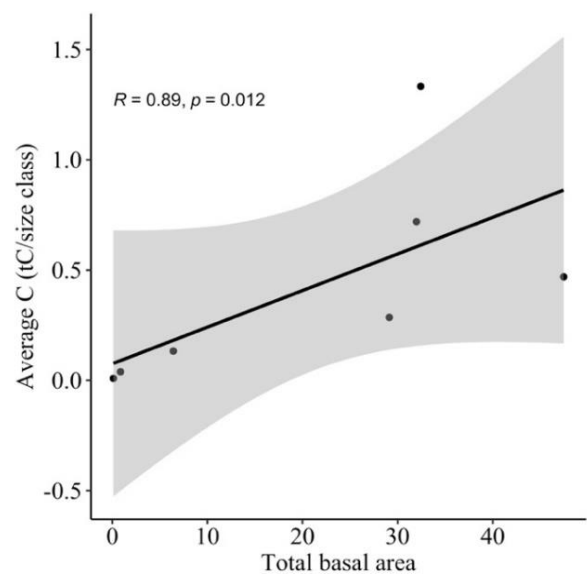


Figure 4 Spearman's correlation analysis between average C and basal area

นนทรีที่ปลูกไว้เป็นจำนวนมากภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนนั้นแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการคงอยู่ รวมถึงแสดงการบริการทางระบบนิเวศในด้านการ

ควบคุม (Regulating services) มลภาวะได้เป็นอย่างดี นนทรีทั้ง 1,011 ต้น มีการกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นแบบระฆังคว่ำเดี่ยว โดยมีต้นขนาด 30–50 เซนติเมตร มากที่สุด ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านนทรีส่วนใหญ่ภายในมหาวิทยาลัยมีช่วงอายุใกล้เคียงกัน (Marod *et al.*, 2022) เนื่องจากอาจมีการปลูกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้น การที่นนทรีเป็นชนิดที่ทนทานต่อระบบนิเวศเขตเมือง อาจพิจารณาการปลูกเสริมเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อทดแทนไม้ขนาดใหญ่ที่อาจตายได้ในอนาคต ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนจากการศึกษาก่อนหน้านี้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการศึกษาในเขตเมืองอื่น ๆ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายต้นถึงแม้ว่าการศึกษานี้ได้คำนวณการกักเก็บคาร์บอนรวม (เหนือดินและใต้ดิน) กลับพบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม (0.45 ต้นคาร์บอนต่อต้น) นั้นต่ำกว่าค่าของต้นนนทรีจากการศึกษาที่สวนสันติภาพ กรุงเทพมหานคร เล็กน้อย (0.70 ต้นคาร์บอนต่อต้น) ซึ่งอาจสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงจากการศึกษานี้ที่มีค่าต่ำกว่า (44.79 เซนติเมตร และ 17.66 เมตร) (Kliangsaaard *et al.*, 2020) อาจเป็นไปได้ว่า ทั้งสองบริเวณที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้อาจมีความแตกต่างกันในวิธีการดูแลรักษาต้นไม้ และการตัดแต่งกิ่ง ที่ส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างของต้นไม้

ในป่าเขตร้อน มีรายงานว่าต้นไม้ขนาด DBH > 40 เซนติเมตร สามารถสะสมมวลชีวภาพ

เหนือดินได้มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด (Brown and Lugo, 1992; Mohanta *et al.*, 2020; San-José *et al.*, 2021) สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าต้นนนทรีขนาดใหญ่ (DBH > 50 เซนติเมตร) มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนทั้งหมด โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน นอกจากนั้น ชั้นขนาดที่มีจำนวนต้นนนทรีมากที่สุดคือ 40–50 เซนติเมตร (ประมาณร้อยละ 16) สะท้อนให้เห็นว่าต้นไม้ในชั้นขนาดนี้สามารถเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนชั้นดีในอนาคตได้ การดูแลรักษาต้นนนทรีในช่วงความโต 40–50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดแม่ไม้ จึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการตัดแต่งรูปทรง การตัดแต่งกิ่ง การจัดการผลของลำต้น การกำจัดโรคและแมลง (Choothong *et al.*, 2022) ในขณะเดียวกัน ถึงแม้ว่าไม้ขนาดเล็กจะมีการกักเก็บคาร์บอนต่ำ แต่อัตราการเติบโต (Growth rate) ในช่วงต้นจะมีอัตราที่เร็วกว่า ทำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณมวลชีวภาพอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ก็เป็นกลุ่มที่มีโอกาสตายได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้น นอกเหนือจากการดูแลไม้ขนาดใหญ่แล้ว การบริหารจัดการต้นนนทรีขนาดเล็กก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องได้รับการวางแผนอย่างดี

นอกจากนั้น การศึกษานี้ยังพบอีกว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกักเก็บคาร์บอน โดยรวม สอดคล้องกับการศึกษา

ของ Mohanta *et al.* (2020) ที่ระบุว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการระบุศักยภาพของปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินในไม้แต่ละชนิด แสดงให้เห็นว่าต้นนนทรีเมื่อมีลำต้นขนาดโตขึ้นสามารถสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณสูงขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะขนาดความโตมากกว่า 60 เซนติเมตร ดังนั้นการอนุรักษ์ ดูแล และรักษาให้ต้นนนทรีขนาดใหญ่ จึงถือเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการควบคู่กัน เพื่อให้ต้นไม้ดังกล่าวมีสุขภาพที่ดี สามารถให้ประโยชน์แก่มนุษย์ได้ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ดีที่สุด (Luyssaert *et al.*, 2008; Stephenson *et al.*, 2014)

สรุป (Conclusion)

การศึกษครั้งนี้พบต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวนทั้งหมด 1,011 ต้น มีมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตันตามลำดับ ในขณะที่ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมดพบมากถึง 454.95 ตันคาร์บอน โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน

ดังนั้น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการอนุรักษ์และจัดการต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อเพิ่มคุณค่าในด้านการกักเก็บคาร์บอน และคุณค่าในด้านจิตใจของชาวเกษตรศาสตร์ที่มีต้นนนทรีเป็นต้นไม้ประจำ

มหาวิทยาลัย ในอนาคตควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของต้นนนทรีและชนิดอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง การทราบถึงชนิดไม้ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกักเก็บคาร์บอนจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง เพื่อบรรลุเป้าหมายการลดเข้คาร์บอน อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และเสริมสร้างการให้บริการของระบบนิเวศอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง (References)

- Behera, S. K., S. Mishra, N. Sahu, N. Manika, S. N. Singh, S. Anto, R. Kumar, R. Husain, A. K. Verma & N. Pandey. 2022. Assessment of carbon sequestration potential of tropical tree species for urban forestry in India. **Ecological Engineering** 181: 106692. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106692>
- Brown, S. & A. E. Lugo. 1992. Above ground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian amazon. **Interciencia** 17: 8–18.
- Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer & G. A. Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia** 111(1): 1–11. <https://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Cairns, M. A., I. Olmsted, J. Granados & J. Argaez. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. **Forest Ecology**

- and Management** 186(1–3): 125–132.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00229-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00229-9)
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi & T. Kira. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia** 145: 87–99.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P. M. Fearnside & R. C. Goodman. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology** 20(10): 3177–3190.
<https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Chavan, B. L., & G. B. Rasal. 2010. Sequestered standing carbon stock in selective tree species grown in University campus at Aurangabad, Maharashtra, India. **International Journal of Engineering Science and Technology** 2(7): 3003–3007.
- Chavan, B. L., & G. B. Rasal. 2012. Carbon sequestration potential and status of *Peltophorum pterocarpum* (D C) K. Heyne. **Science Research Reporter** 2(1): 51–55.
- Choothong S., J. Hatthong, W. N. Nakon, P. Sinumporn. 2022. Study of species and threat status of street trees in an urban landscape in Nakhon Si Thammarat province. **Rajabhat Chaing Mai Research Journal** 23(1): 198–212.
<https://doi.org/10.14456/rcmrj.2022.24699>
 9 (in Thai)
- Kliangsard, T., L. Puangchit & W. Suanpaga. 2020. Carbon dioxide sequestration and carbon storage in trees at the Santiphap park Bangkok. **Thai Journal of Forestry** 39(1): 86–96. (in Thai)
- Luyssaert, S., E. D. Schulze, A. Börner, A. Knohl, D. Hessenmöller, B. E. Law, P. Ciais & J. Grace. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. **Nature** 455(7210): 213–215.
<https://doi.org/10.1038/nature07276>
- Maneejantra, S., T. Charoenpun, S. Bualert, P. Choomanee, S. Janyasuthiwong & W. Chommon. 2024. Potential Estimation of Secondary Pollutant Formation of BVOC from *Peltophorum pterocarpum* in Urban Area. **Current Applied Science and Technology**: e0260120–e0260120.
<https://doi.org/10.55003/cast.2024.260120>
- Manuri, S., C. Brack, N. P. Nugroho, K. Hergoualc’h, N. Novita, H. Dotzauer, L. Verchot, C. A. S. Putra & E. Widyasari. 2014. Tree biomass equations for tropical

- peat swamp forest ecosystems in Indonesia. **Forest Ecology and Management** 334: 241–253.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>
- Marod, D., P. Dueangkae, S. Sungkaew, P. Racharak, W. Suksavate, S. Uthairatsamee, L. Asanok, T. Kamyo, S. Thinkampheang, S. Hermhuk, P. Kachina, J. Thongsawi, W. Phumpuang, P. Paansri, W. Nuipakdee, P. Nakmuenwai & S. Pattanakiat. 2022. Population structure and spatial distribution of tree species in lower montane forest, Doi Suthep-Pui national park, northern Thailand. **Environmental and Natural Resources Journal** 20(6): 644–663.
 10.32526/enrj/20/202200139
- Mohanta, M. R., A. Mohanta, U. Mohapatra, R. C. Mohanty & S. C. Sahu. 2020. Carbon stock assessment and its relation with tree biodiversity in Tropical Moist Deciduous Forest of Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. **Tropical Ecology** 61(4): 497–508. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00111-8>
- Nair, P.K.R., & V.D. Nair. 2003. Carbon storage in North American Agroforestry systems. In: Kimble, J., L.S. Heath, R.A Birdsey & R. Lal. (eds.). **The Potential of U.S. forest soils to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 333–346.
- R Core Team. 2025. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available source: <https://www.R-project.org/>. (Accessed: July 15, 2025)
- Ragula, A., & K. K. Chandra. 2020. Tree species suitable for roadside afforestation and carbon sequestration in Bilaspur, India. **Carbon Management** 11(4): 369–380.
<https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1790243>
- Rajah, R. A., K. T. Parthiban, M. Prasanthrajan, M. Vijayabhama, P. Patil, I. Sekar, S. R. Varadha, K. S. Umesh, P. S. S. Devanand, B. Sivakumar, R. B. Nilav, P. Niazi & Y. K. Virendra. 2025. Evaluation of air pollution tolerance index of selected tree species to combat air pollution in urban areas of Mettupalayam, Tamil Nadu, India. **Environmental Pollutants and Bioavailability** 37(1): 2524085.
<https://doi.org/10.1080/26395940.2025.2524085>
- Rianthakool, L., J. Yingdee, T. Chumsangsri, C. N. Takuathung, P. Diloksumpun, T. Lakkanasri, C. Tosophon & N. Intim. 2024. The study of 3D modelling of *Peltophorum pterocarpum* with terrestrial laser scanner. **Thai Science and Technology Journal** 32(5): 79–91. doi: 10.14456/tstj.2024.40. (in Thai)

- San-José, M., L. Werden, C. J. Peterson, F. Oviedo-Brenes & R. A. Zahawi. 2021. Large tree mortality leads to major aboveground biomass decline in a tropical forest reserve. **Oecologia** 197(3): 795–806. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-05048-w>
- Shafiq, M., & M. Z. Iqbal. 2007. Germination and seedling behaviours of seeds of *Peltophorum pterocarpum* DC Baker Ex K. Heyne growing under motor vehicle emission. **Turkish Journal of Botany** 31(6): 565–570.
- Schimel, D., B. B., Stephens, & J. B. Fisher. 2015. Effect of increasing CO₂ on the terrestrial carbon cycle. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 112(2): 436–441. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407302112>
- Stephenson, N. L., A. J. Das, R. Condit, S. E. Russo, P. J. Baker, N. G. Beckman, D. A. Coomes, E. R. Lines, W. K. Morris, N. Rüger, E. Álvarez, C. Blundo, S. Bunyavejchewin, G. Chuyong, S. J. Davies, Á. Duque, C. N. Ewango, O. Flores, J. F. Franklin, H. R. Grau, Z. Hao, M. E. Harmon, S. P. Hubbell, D. Kenfack, Y. Lin, J.-R. Makana, A. Malizia, L. R. Malizia, R. J. Pabst, N. Pongpattananurak, S.-H. Su, I.-F. Sun, S. Tan, D. Thomas, P. J. van Mantgem, X. Wang, S. K. Wiser & M. A. Zavala. 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature** 507(7490): 90–93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- van der Velden, N., J. F. Slik, Y. H. Hu, G. Lan, L. Lin, X. Deng & L. Poorter. 2014. Monodominance of *Parashorea chinensis* on fertile soils in a Chinese tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 30(4): 311–322. doi:10.1017/S0266467414000212
- Velasco, E., M. Roth, L. Norford & L. T. Molina. 2016. Does urban vegetation enhance carbon sequestration? **Landscape and urban planning** 148: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.003>
- Yordanov, I., T. Tsonev, V. Goltsev, M. Merakchiiska-Nikolova & K. Georgieva. 1997. Gas exchange and chlorophyll fluorescence during water and high temperature stresses and recovery. Probable protective effect of carbamide cytokinin 4-PU30. **Photosynthetica** 33(3): 423–431.