

Đánh giá thực trạng và khả năng hấp thụ CO₂ của cây xanh tại Công viên Gia Định, Thành phố Hồ Chí Minh

Nguyễn Minh Cảnh¹, Võ Trường Sơn^{2*}, Mạc Văn Chăm¹, Nguyễn Thị Minh Hải¹

¹Trường Đại học Nông Lâm - Thành phố Hồ Chí Minh

²Công ty TNHH MTV Công viên Cây xanh Thành phố Hồ Chí Minh

Assessment of the current status and CO₂ sequestration potential of urban trees in Gia Dinh Park, Ho Chi Minh City

Nguyen Minh Canh¹, Vo Truong Son^{2*}, Mac Van Cham¹, Nguyen Thi Minh Hai¹

¹Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Hochiminh City Greenery Parks Company Limited

*Corresponding author: votruongsonchlh2023@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.5.2025.013-024>

TÓM TẮT

Cây xanh đô thị đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ CO₂, cải thiện chất lượng không khí và điều hòa vi khí hậu. Trong khi đó, đô thị là nguồn phát thải CO₂ chính do các hoạt động của con người, góp phần làm gia tăng biến đổi khí hậu và ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống cư dân. Cơ sở hạ tầng xanh đô thị, đặc biệt là hệ thống cây xanh, cung cấp các dịch vụ hệ sinh thái thiết yếu, trong đó có khả năng giảm nồng độ CO₂ trong khí quyển. Nghiên cứu này đánh giá hiện trạng và khả năng hấp thụ CO₂ của cây xanh tại Công viên Gia Định. Phương pháp bao gồm khảo sát thực địa, thu thập dữ liệu về thành phần loài, đường kính D_{1,3}, chiều cao và phẩm chất của 2.402 cây thuộc 50 loài, 23 họ. Sinh khối trên mặt đất được ước tính theo phương pháp của Brown năm 2002 và hệ số chuyển đổi của IPCC năm 2006, kết hợp sử dụng phần mềm i-Tree Eco để đánh giá khả năng hấp thụ CO₂. Kết quả cho thấy tổng sinh khối trên mặt đất đạt 2.809,9 tấn. Lượng carbon tích lũy ròng ước tính đạt 1.320,7 tấn, tương đương 4.842,4 tấn CO₂ theo IPCC năm 2006 và 1.484,0 tấn carbon, tương đương 5.442,0 tấn CO₂ theo i-Tree Eco. Mô hình hồi quy giữa sinh khối với đường kính và chiều cao cây có độ chính xác cao ($R^2 > 90\%$, $P < 0,001$) cho thấy độ tin cậy trong dự báo. Nghiên cứu đề xuất lựa chọn loài cây phù hợp và phát triển hệ thống cây xanh đô thị tại các công viên trên địa bàn thành phố nhằm nâng cao hiệu quả hấp thụ CO₂ của cây xanh.

ABSTRACT

Urban trees play a crucial role in absorbing CO₂, improving air quality, and regulating microclimate. Meanwhile, urban areas are major sources of CO₂ emissions due to human activities, contributing to climate change and directly impacting urban dwellers. Green urban infrastructure, especially tree systems, provides essential ecosystem services, notably the capacity to reduce atmospheric CO₂ concentrations. This study assessed the current status and CO₂ sequestration potential of urban trees in Gia Dinh Park. The methodology involved field surveys and data collection on species composition, diameter at breast height (D_{1.3}), tree height, and quality of 2,402 individual trees, representing 50 species across 23 families. Above-ground biomass was estimated using Brown's (2002) allometric equations and IPCC (2006) conversion factors, in combination with the i-Tree Eco software to quantify CO₂ sequestration. Results showed a total above-ground biomass of 2,809.9 tons. The net accumulated carbon was estimated at 1,320.7 tons, equivalent to 4,842.4 tons of CO₂ based on IPCC (2006), and 1,484.0 tons of carbon,

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 21/03/2025

Ngày phản biện: 25/04/2025

Ngày quyết định đăng: 29/05/2025

Từ khóa:

Cây xanh đô thị, i-Tree Eco, hấp thụ CO₂, hồi quy, sinh khối.

Keywords:

Biomass, CO₂ sequestration, i-Tree Eco, regression, urban trees.

equivalent to 5,442.0 tons of CO₂ according to i-Tree Eco. The regression model between biomass and tree diameter and height exhibited high accuracy ($R^2 > 90\%$, $P < 0.001$), confirming its reliability for biomass prediction. The study recommends selecting suitable tree species and expanding urban tree systems in city parks to enhance CO₂ sequestration capacity.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình đô thị hóa đang diễn ra với tốc độ nhanh trên toàn cầu, dự báo đến năm 2050 sẽ có khoảng hai phần ba dân số thế giới sinh sống tại các đô thị [1, 2]. Sự gia tăng dân số và hạ tầng đô thị làm trầm trọng thêm các vấn đề như suy giảm đa dạng sinh học [3, 4], ô nhiễm không khí [5], hiệu ứng đảo nhiệt đô thị [6-8] và nguy cơ lũ lụt [9]. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, việc mở rộng không gian xanh đô thị để gia tăng các bể hấp thụ carbon là một chiến lược quan trọng nhằm giảm nồng độ khí nhà kính trong khí quyển [10, 11].

Cây xanh đô thị đóng vai trò như một bể hấp thụ carbon hiệu quả thông qua quá trình quang hợp và tích lũy sinh khối, góp phần giảm nhẹ biến đổi khí hậu và nâng cao chất lượng môi trường sống [12]. Trong bối cảnh chất lượng không khí tại các đô thị lớn ngày càng suy giảm, vai trò của cây xanh đô thị trong việc bù đắp lượng phát thải CO₂ và chống lại biến đổi khí hậu trở nên đặc biệt quan trọng [13-15]. Nhiều nghiên cứu đã nhấn mạnh vai trò thiết yếu của cây xanh đô thị trong việc hấp thụ và lưu trữ carbon; hiện tại, cây xanh bao phủ khoảng 27% diện tích đô thị trên toàn cầu và tỷ lệ này có xu hướng giảm ở các thành phố đang phát triển [16, 17].

Tuy nhiên, việc định lượng chính xác khả năng hấp thụ và lưu trữ CO₂ của hệ sinh thái cây xanh đô thị vẫn là một thách thức, đặc biệt tại các đô thị lớn như Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM). Thành phố này đang đối mặt với tốc độ đô thị hóa cao, dân số đông, nhưng tỷ lệ cây xanh bình quân đầu người chỉ đạt khoảng 1 m²/người, thấp hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn quốc gia là 10,4 m²/người [18-20]. Trong khi đó, các đô thị như Singapore và Bắc Kinh có tỷ lệ lần lượt là 66 m² và 15 m²/người [20]. Việc thiếu không gian xanh không chỉ ảnh hưởng

đến môi trường mà còn tác động đến chất lượng sống của người dân đô thị.

Công viên Gia Định, với diện tích 32 ha, là một trong những công viên lớn và có hệ thực vật đa dạng tại TP. HCM. Ngoài chức năng phục vụ cảnh quan và giải trí, công viên còn có tiềm năng hấp thụ CO₂ và điều hòa khí hậu cục bộ [18, 21, 22]. Tuy nhiên, đến nay chưa có những nghiên cứu định lượng được thực hiện đầy đủ và chi tiết nhằm đánh giá khả năng hấp thụ CO₂ của hệ cây xanh tại khu vực này, vì vậy vẫn cần cung cấp và bổ sung thêm thông tin để hiểu rõ hơn về hiện trạng cây xanh tại đây, làm cơ sở cho việc quản lý và quy hoạch mảng xanh đô thị hiệu quả.

Xuất phát từ thực tiễn nêu trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm (i) xây dựng danh mục các loài thực vật, (ii) đánh giá hiện trạng phân bố số lượng cây xanh, (iii) tình hình sinh trưởng và phẩm chất của cây xanh, và (iv) đánh giá lượng carbon tích lũy và khả năng hấp thụ CO₂ của cây xanh tại Công viên Gia Định, TP. HCM. Kết quả sẽ góp phần bổ sung dữ liệu khoa học, hỗ trợ công tác quy hoạch không gian xanh và đề xuất giải pháp phát triển đô thị bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các tất cả các cây xanh phân bố trong khuôn viên của Công viên Gia Định, TP. HCM.

Công viên Gia Định, nằm trên địa bàn TP. HCM, có diện tích khoảng 32 ha. Hiện nay, công viên do Trung tâm Quản lý Hạ tầng kỹ thuật thuộc Sở Xây dựng TP. HCM quản lý và đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp không gian xanh, phục vụ nhu cầu nghỉ ngơi, giải trí và tổ chức các sự kiện cộng đồng. Khu vực nghiên cứu thuộc vùng trầm tích phù sa cổ (Pleistocen) và phù sa trẻ (Holocen), với đặc điểm địa hình

đồi gò, độ cao từ 3 – 25 m. Đất chủ yếu là đất xám, có thành phần cơ giới nhẹ, khả năng giữ nước kém, pH dao động từ 4,0 – 5,0. Công viên Gia Định nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, với nhiệt độ trung bình năm khoảng 27°C, lượng mưa trung bình 1.949 mm/năm, tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 11. Độ ẩm trung bình năm đạt 79,5%. Thành phố chịu ảnh hưởng của hai hướng gió chính: gió mùa Tây – Tây Nam vào mùa mưa và gió Bắc – Đông Bắc vào mùa khô. Nhìn chung, khu vực có điều kiện khí hậu thuận lợi cho sự phát triển của thảm thực vật đô thị.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kế thừa

Nghiên cứu thu thập thông tin thứ cấp có liên quan bao gồm các tài liệu, báo cáo chính sách và kỹ thuật liên quan đến việc quản lý và phát triển cây xanh đô thị của các bên liên quan từ Chính quyền địa phương, cộng đồng và Công ty TNHH MTV Công viên cây xanh TP. HCM. Số liệu khí tượng và ô nhiễm môi trường không khí tại TP. HCM ghi nhận trong năm 2022 bao gồm số liệu lượng mưa được lấy từ trạm quan trắc Tân Sơn Hoà, TP. HCM năm 2022. Dữ liệu này đã được nhà phát triển i-Tree cập nhật và tích hợp vào phiên bản phần mềm mới nhất, từ số liệu thực tế từ các trạm quan trắc.

2.2.2. Phương pháp điều tra các loài cây xanh tại Công viên Gia Định

Thành phần loài cây xanh tại khu vực nghiên cứu được thống kê theo loài và sắp xếp theo chi và họ. Tên, loài, chi, họ được xác định thống nhất theo Trần Hợp (2002) [23], Võ Văn Chi (2003, 2004) [24, 25].

Đo đếm các chỉ tiêu sinh trưởng của các loài cây thân gỗ tại Công viên Gia Định, cụ thể:

+ Đo đường kính thân cây ($D_{1,3}$, cm) được đo bằng thước dây tại vị trí 1,3 m với độ chính xác đến 0,1 cm (đo tất cả các cây có $D_{1,3} \geq 6$ cm). Đo chiều cao vút ngọn (H_{vn} , m) và chiều cao dưới tán (H_{tan}) các cây bằng thước đo cao Forestry Pro II, với độ chính xác là $\pm 0,1$ m. Chiều cao vút ngọn được tính từ gốc đến đỉnh sinh trưởng/đỉnh tán cây cao nhất (đo tất cả

các cây có $H_{vn} > 3$ m); chiều cao dưới tán là chiều cao được tính từ gốc đến tán cây thấp nhất còn sống và tham gia vào bộ tán. Đo đường kính tán lá (D_t) bằng thước dây 50 m, độ chính xác đến ± 1 cm theo hai hướng Đông Tây và hướng Nam Bắc.

+ Phần trăm tán bị mất (T_m) được ước lượng dựa vào phần trăm lấp đầy tán thực tế so với hình khối tán cây lý thuyết của loài cây điều tra. Phần trăm tán bị chết (T_c) được ước lượng dựa trên tán cây chết so với tán cây thực tế điều tra. Số hướng phơi sáng (P_s) được tính theo số hướng tiếp xúc trực tiếp của cây điều tra với ánh sáng mặt trời (tối đa 5, tối thiểu 0) [26].

+ Chất lượng cây ngoài thực địa được đánh giá dựa vào hình thái của thân và trạng thái tán lá và được phân chia thành 4 cấp chất lượng như sau: A: Tốt: cây có tàn lá đầy đủ, đều, không sâu bệnh, vỏ nhẵn, màu sắc lá tươi tốt (đối với cây thường xanh), cây đâm chồi nảy lộc tốt (đối với cây rụng lá). Không có dấu hiệu bị xâm hại; B: Trung bình: Cây bị xâm hại, các dấu hiệu suy giảm sức sống xuất hiện, có thể bị cắt tỉa một số cành nhưng tán còn tròn đều, lá có màu sắc tươi tốt, thân không bị sâu bệnh, có u nấm nhưng không ảnh hưởng đến hình dạng thân cây; C: Xấu: Suy giảm sức sống rõ rệt, cành nhánh bị cắt tỉa nhiều, tán không đều nhưng vẫn còn tác dụng che bóng, sâu bệnh, thân bị biến dạng do có nhiều u nấm; D: Rất xấu: Cành bị gãy hay cắt tỉa nhiều, tán lá bị vỡ không tác dụng che bóng, giảm sức sống nghiêm trọng và không thể phục hồi [27].

2.2.3. Phương pháp xử lý và phân tích số liệu

Sử dụng các phần mềm Microsoft Excel 2010 [28], Statgraphics Centurion XV.I [29], i-Tree Eco [26] để xử lý và tính toán số liệu từ 2.402 cây xanh tại khu vực nghiên cứu, bao gồm:

+ Tính toán các chỉ tiêu bình quân của lâm phần như: đường kính bình quân ($D_{1,3}$, cm), chiều cao bình quân (H , m), số cây hiện còn (N , cây). Sử dụng phương pháp thống kê mô tả để nhận xét và đánh giá kết quả nghiên cứu [30].

+ Lập danh lục, xác định nguồn gốc, đánh giá phẩm chất của các loài cây xanh.

+ Đánh giá hiện trạng cây xanh tại Công viên Gia Định căn cứ vào Quyết định số 3206/QĐ-UBND ngày 21 tháng 6 năm 2017 của Ủy Ban Nhân dân TP. HCM về “công tác quản lý, vận hành và bảo trì các công trình thuộc lĩnh vực chuyên ngành được phân cấp cho Sở Giao thông vận tải quản lý trên địa bàn TP. HCM” [31] để đánh giá và phân tích hiện trạng phân bố số cây, số loài theo các nhóm đường kính $D_{1,3}$ và các lớp chiều cao H cây xanh tại Công viên Gia Định. Cụ thể như sau:

- Thống kê số lượng loài, số lượng cây, trữ lượng gỗ theo các nhóm đường kính $D_{1,3}$: từ 6 đến 20 cm (ký hiệu 6 - 20 cm); 20 - 35 cm; 35 - 50 cm; 50 - 80 cm; 80 - 120 cm; và ≥ 120 cm.

- Thống kê số lượng loài, số lượng cây, trữ lượng gỗ theo các lớp chiều cao H: từ > 3 đến 6 m (ký hiệu $> 3 - 6$ m); $> 6 - 12$ m; từ > 12 m.

+ Tính toán sinh khối trên mặt đất (AGB) dựa theo phương pháp của Brown năm 2002 (công thức 1, 2) [32], tính toán lượng carbon tích tụ

và lượng CO_2 thực vật hấp thụ theo IPCC năm 2006 (công thức 3, 4) [33] kết hợp với hệ số chuyển đổi sinh khối thân (BEF) thành sinh khối cây theo đường kính $D_{1,3}$ (Bảng 1):

$$AGB = VOB * WD * BEF \quad (1)$$

$$VOB = \pi/4 * (D_{1,3})^2 * H * f_{1,3} \quad (2)$$

$$C = AGB * 0,47 \quad (3)$$

$$CO_2 = C * 44/12 \quad (4)$$

Trong đó:

VOB là thể tích thân cây cả vỏ được tính từ công thức (2) với $D_{1,3}$ là đường kính thân cây tại vị trí 1,3 m;

H là chiều cao của cây;

$f_{1,3}$ là hình số thân cây tại vị trí 1,3 m ($f_{1,3} = 0,45$, theo Thông tư Số 26/2022/TT-BNNPTNT ngày 30 tháng 12 năm 2022 của Bộ NN&PTNT quy định về quản lý, truy xuất nguồn gốc lâm sản) [34];

WD tỉ trọng gỗ các loài cây được trích dẫn từ cơ sở dữ liệu của Zanne, A.E. và cộng sự năm 2009 [35].

Bảng 1. Hệ số chuyển đổi sinh khối thân thành sinh khối cây (IPCC, 2006) theo đường kính $D_{1,3}$

TT	$D_{1,3}$ (cm)	Hệ số chuyển đổi sinh khối (BEF)
1	< 20	1,40
2	20 – 40	1,38
3	40 – 80	1,33
4	≥ 80	1,25

+ Xác định sinh khối của cây và khả năng hấp thụ CO_2 bằng phần mềm i-Tree Eco, trong đó sinh khối cây được tính toán theo công thức của từng loài do Nowak công bố năm 1994 [36] đề xuất, áp dụng cho các loài cây trồng nhiệt đới. Đối với cây đô thị, sinh khối được hiệu chỉnh bằng hệ số 0,8 để phù hợp với các loài cây trồng phân tán. Sinh khối khô được chuyển đổi thành carbon tích tụ với hệ số 0,5. Lượng carbon tích tụ hàng năm (Cs) được ước tính dựa trên mức tăng trưởng trung bình, phụ thuộc vào cấp đường kính và tình trạng sức khỏe của cây trong từng nhóm phân loại. Dữ liệu điều tra thực địa về cây xanh cùng với

thông tin về nồng độ ô nhiễm và điều kiện thời tiết tại khu vực nghiên cứu được nhập vào phần mềm i-Tree Eco thông qua biểu mẫu trực tuyến. Phần mềm này sử dụng các mô hình toán học tích hợp để phân tích cấu trúc hệ thực vật và đánh giá chức năng môi trường của hệ thống cây xanh [26].

+ Xây dựng phương trình hồi quy chung giữa sinh khối trên mặt đất (AGB) với các chỉ tiêu sinh trưởng ($D_{1,3}$, H) cho toàn bộ các loài cây xanh và phương trình hồi quy riêng cho một số loài cây xanh có số lượng lớn nhất tại Công viên Gia Định. Các hàm thử nghiệm bao gồm:

$$AGB = a + b * D + c * H; AGB = a + b * D + c * \ln(H) \text{ và } \ln(AGB) = a + b * D + c * \ln(H).$$

So sánh và kiểm định mức độ phù hợp của phương trình hồi quy dựa vào các chỉ tiêu: Hệ số xác định (R^2), sai số chuẩn ước lượng (SEE), tổng sai lệch bình phương (SSR), sai số trung bình tuyệt đối (MAE) và mức ý nghĩa thống kê (p-value) [30].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Danh mục các loài cây xanh tại Công viên Gia Định

Công viên Gia Định là một trong những khu vực có mật độ cây xanh cao tại TP. HCM, đóng vai trò quan trọng trong điều hòa không khí và cải thiện môi trường sống. Kết quả khảo sát cho thấy công viên có 50 loài cây thuộc 23 họ và 13 bộ, phản ánh mức độ đa dạng sinh học tương đối cao. Tuy nhiên, sự phân bố số lượng cây giữa các họ không đồng đều. Họ Dipterocarpaceae (Dầu) chỉ có 3 loài nhưng chiếm 43,8% tổng số cây, trong khi họ Fabaceae (Đậu) đa dạng nhất với 15 loài nhưng số lượng

cá thể thấp.

Một số họ quan trọng về mặt sinh thái đô thị như Myrtaceae, Moraceae, Bignoniaceae có số lượng cá thể thấp (1–5%), làm giảm tính cân bằng sinh thái và khả năng chống chịu môi trường. Ngoài ra, công viên vẫn tồn tại một số loài cây bị cấm theo Quyết định số 52/2013/QĐ-UBND TPHCM như Bàng, Cao su, Gòn, Keo tai tượng, Sung, Sọ khỉ và một số cây ăn quả [37]. Một số loài có giá trị sinh thái cao nhưng số lượng ít như Tràm bông đỏ, Kèn hồng, Giáng hương cần được bổ sung để tăng tính đa dạng sinh học và nâng cao giá trị cảnh quan.

3.2. Phân bố số lượng cây xanh theo loài tại Công viên Gia Định

Kết quả khảo sát kết hợp điều tra đo đếm và tổng hợp dữ liệu tại Công viên Gia Định, nghiên cứu đã xác định được số lượng cây xanh theo loài tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Phân bố số lượng cây xanh theo loài tại Công viên Gia Định

TT	Tên loài	N (cây)	N (%)	TT	Tên loài	N (cây)	N (%)	TT	Tên loài	N (cây)	N (%)
1	Sao đen	843	35,1	18	Vên vên	18	0,7	35	Dầu lông	3	0,1
2	Sọ khỉ	470	19,6	19	Liễu	17	0,7	36	Sò đo bông tím	3	0,1
3	Dầu Rái	178	7,4	20	Xoài	16	0,7	37	Lim xanh	2	0,1
4	Lim Sét	150	6,2	21	Nhạc ngựa	15	0,6	38	Mun	2	0,1
5	Thông 3 lá	104	4,3	22	Gỗ mật	12	0,5	39	Sò đo cam	2	0,1
6	Giá tỵ	60	2,5	23	Móng bò tím	12	0,5	40	Bàng	1	0,04
7	Giáng hương	55	2,3	24	Cẩm liên	10	0,4	41	Bàng Đài Loan	1	0,04
8	Keo tai tượng	50	2,1	25	Sưa	10	0,4	42	Bồ hòn	1	0,04
9	Tràm bông đỏ	49	2,0	26	Phượng vĩ	7	0,3	43	Cao su	1	0,04
10	Bằng lăng nước	46	1,9	27	Gòn	6	0,2	44	Cau vua	1	0,04
11	Mặc nưa	44	1,8	28	Bạch Đàn	5	0,2	45	Hoàng nam	1	0,04
12	Me tây	43	1,8	29	Cườm rắn	4	0,2	46	Lòng mức	1	0,04
13	Kèn hồng	34	1,4	30	Da	4	0,2	47	Sộp	1	0,04
14	Bò cạp nước	30	1,2	31	Me	4	0,2	48	Sứ Ngọc lan	1	0,04
15	Gỗ đỏ	24	1,0	32	Muồng xiêm	4	0,2	49	Trắc	1	0,04
16	Mít	24	1,0	33	Sung	4	0,2	50	Vàng anh	1	0,04
17	Lộc Vừng	23	1,0	34	Viết	4	0,2		Tổng	2.402	100

Kết quả khảo sát xác định Công viên Gia Định có 50 loài cây xanh với tổng số 2.402 cây. Sự phân bố số lượng cây giữa các loài có sự chênh lệch đáng kể, trong đó Sao đen (*Hopea odorata*) chiếm ưu thế với 843 cây (35,1%), tiếp

theo là Sọ khỉ (*Khaya senegalensis*) chiếm 19,6% và Dầu rái (*Dipterocarpus alatus*) chiếm 7,4%. Một số loài khác như Lim sét, Thông 3 lá, Giá tỵ có tỉ lệ dưới 5%, trong khi nhiều loài chỉ có 1 cá thể, chiếm 0,04% tổng số cây.

Sự mất cân đối này phản ánh sự phụ thuộc vào một số loài chủ đạo, có thể ảnh hưởng đến tính đa dạng sinh học và khả năng chống chịu môi trường đô thị. Công viên Gia Định có số lượng cây lớn và ưu thế thuộc họ Dipterocarpaceae (43,8%), phù hợp với chiến lược tạo bóng mát, cải thiện vi khí hậu và hấp thụ CO₂. Nhằm tối ưu hóa chức năng sinh thái, cần nghiên cứu thêm về khả năng sinh trưởng, hấp thụ CO₂ và sức chống chịu của các loài cây. Việc đa dạng hóa loài cây xanh sẽ giúp nâng cao chất lượng môi trường, đảm bảo tính bền vững

và khả năng thích nghi của hệ sinh thái cây xanh đô thị.

3.3. Đặc điểm sinh trưởng và phẩm chất của cây xanh tại Công viên Gia Định

Nghiên cứu đánh giá tình hình sinh trưởng của cây xanh dựa trên đường kính D_{1,3}, chiều cao H_{vn} và phẩm chất cây, phân loại theo Quyết định 3206/2017/QĐ-UBND ngày 21 tháng 6 năm 2017 của UBND thành phố nhằm đề xuất giải pháp quản lý phù hợp. Kết quả được thể hiện ở Bảng 3, 4, 5.

Bảng 3. Phân loại cây xanh theo cấp đường kính tại Công viên Gia Định

TT	Loại cây	D _{1,3} (cm)	N (cây)	N (%)	Chỉ tiêu thống kê
1	1	< 20	459	19,1	D _{bq} = 38,4 cm
2	2A	20 - 35	944	39,3	S = 26,6 cm
3	2B	35 - 50	495	20,6	R = 233,1 cm
4	3A	50 - 80	350	14,6	D _{min} = 2,2 cm
5	3B	80 - 120	97	4,0	D _{max} = 235,4 cm
6	3C	> 120	57	2,4	Cv = 69,3%
Tổng			2.402	100	

Ghi chú: D_{bq}: đường kính bình quân; S: độ lệch tiêu chuẩn; R: phạm vi biến động; D_{min}: đường kính nhỏ nhất; D_{max}: đường kính lớn nhất; Cv: hệ số biến động.

Đường kính trung bình của cây xanh tại Công viên Gia Định đạt 38,4 cm, dao động từ 2,2 cm đến 235,4 cm. Nhóm cây có đường kính 20 – 35 cm, phản ánh nhóm cây loại 2A chiếm tỷ lệ cao nhất (39,3%), trong khi chỉ 2,4% số cây có đường kính trên 120 cm, phản ánh số lượng cây

cổ thụ (loại 3C) còn ít. Hệ số biến động đường kính cao (69,3%) cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các cây do thời điểm trồng không đồng nhất, sự khác biệt về điều kiện sinh trưởng và sự tác động của quá trình chăm sóc, cắt tỉa.

Bảng 4. Phân loại cây xanh theo cấp chiều cao tại Công viên Gia Định

TT	Loại cây	H _{vn} (m)	N (cây)	N (%)	Chỉ tiêu thống kê	
1	1	> 3	118	4,9	H _{bq} = 14,6 m	H _{min} = 3 m
2	2	> 6	685	28,5	S = 4,9 m	H _{max} = 25 m
3	3	> 12	1.599	66,6	R = 22 m	Cv = 33,6%
Tổng			2.402	100		

Ghi chú: H_{bq}: chiều cao bình quân; S: độ lệch tiêu chuẩn; R: phạm vi biến động; H_{min}: chiều cao nhỏ nhất; H_{max}: chiều cao lớn nhất; Cv: hệ số biến động.

Chiều cao trung bình của cây xanh tại Công viên Gia Định đạt 14,6 m, dao động từ 3 m đến 25 m. Khoảng 66,6% số cây có chiều cao trên 12 m, đảm bảo khả năng tạo bóng mát và điều hòa không khí, chỉ có 4,9% số cây có chiều cao

trên 3 m, phản ánh tỷ lệ cây non (loại 1) còn thấp. Hệ số biến động chiều cao thấp hơn đường kính (33,6%), cho thấy sự ổn định trong phát triển cây do quá trình chăm sóc và cắt tỉa thường xuyên.

Bảng 5. Phân loại cây xanh theo phẩm chất tại Công viên Gia Định

TT	Phẩm chất cây	N (cây)	N (%)
1	A	2.366	98,5
2	B	34	1,4
3	C	2	0,1
	Tổng	2.402	100

Kết quả khảo sát cho thấy, đánh giá phẩm chất cây cho thấy 98,5% số cây thuộc loại A (tốt), 1,4% thuộc loại B (trung bình) và 0,1% thuộc loại C (xấu), không có cây thuộc phẩm chất D (rất xấu). Điều này phản ánh công tác quản lý và chăm sóc bảo dưỡng cây xanh khá tốt, cây được bón phân, tưới nước và cắt tỉa thường xuyên nên đa số cây có phẩm chất tốt.

Nhìn chung, tình hình sinh trưởng của cây xanh tại Công viên Gia Định khá tốt, với phần lớn cây có đường kính trung bình, chiều cao ổn định và phẩm chất tốt. Tuy nhiên, cần có chính sách bảo tồn và trồng bổ sung cây lâu năm để gia tăng số lượng cây có kích thước lớn, theo dõi cây cao để đảm bảo an toàn đô thị và đa dạng hóa loài cây nhằm tăng khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu và nâng cao hiệu quả sinh thái.

3.4. Sinh khối cây cá thể và tương quan giữa sinh khối cây cá thể với các chỉ tiêu sinh trưởng

Tổng sinh khối ước tính của 2.402 cây thuộc 50 loài tại Công viên Gia Định là 2.809,9 tấn, với giá trị trung bình $1.169,8 \pm 48,3$ kg/cây. Sinh khối biến động từ 6,6 kg đến 34.002,4 kg/cây, phản ánh sự khác biệt về kích thước, tuổi cây và tốc độ sinh trưởng giữa các loài. Nhóm cây gỗ lớn như Sao đen, Dầu rái và Sọ khỉ có AGB cao hơn, đóng vai trò quan trọng trong hấp thụ CO₂ và cải thiện môi trường đô thị.

Phân tích hồi quy cho thấy phương trình logarit dạng $\ln(AGB) = a + bD + c\ln H$ có hệ số xác định cao nhất ($R^2 > 90\%$) và mức ý nghĩa thống kê $P < 0,001$ (Bảng 6). Phương trình chung cho toàn công viên và các phương trình riêng cho ba loài chính được xác định như sau:

Bảng 6. Kết quả mô phỏng về quy luật tương quan giữa sinh khối cây cá thể (AGB) với đường kính và chiều cao cây tại Công viên Gia Định

Dạng hàm hồi quy	R ² , %	±SEE	SSR	MAE	P_value
$\ln AGB = a + b \cdot D + c \cdot \ln H$					
+ Công viên Gia Định (50 loài)	90,31	0,4338	451,588	0,3064	0,0000
. Loài Sao đen	94,07	0,2947	72,856	0,1926	0,0000
. Loài Sọ khỉ	91,54	0,3703	64,044	0,2427	0,0000
. Loài Dầu rái	94,87	0,2953	15,258	0,2213	0,0000

+ Phương trình chung:

$$\ln(AGB) = -6,43495 + 0,0321136 \cdot D_{1,3} + 1,68503 \cdot \ln(H)$$

$$6,0 \text{ (cm)} \leq D_{1,3} \leq 235,4 \text{ (cm)}; 3 \text{ (m)} \leq H \leq 25 \text{ (m)}$$

+ Phương trình của loài Sao đen:

$$\ln(AGB) = -6,26885 + 0,0543291 \cdot D_{1,3} + 1,37118 \cdot \ln(H)$$

$$6,0 \text{ (cm)} \leq D_{1,3} \leq 138,5 \text{ (cm)}; 4 \text{ (m)} \leq H \leq 25 \text{ (m)}$$

+ Phương trình của loài Sọ khỉ:

$$\ln(AGB) = -5,50525 + 0,0236764 \cdot D_{1,3} + 1,5443 \cdot \ln(H)$$

$$6,1 \text{ (cm)} \leq D_{1,3} \leq 235,4 \text{ (cm)}; 6 \text{ (m)} \leq H \leq 25 \text{ (m)}$$

+ Phương trình của loài Dầu rái:

$$\ln(AGB) = -6,31432 + 0,0452882 \cdot D_{1,3} + 1,48082 \cdot \ln(H)$$

$$9,2 \text{ (cm)} \leq D_{1,3} \leq 97,1 \text{ (cm)}; 5 \text{ (m)} \leq H \leq 22 \text{ (m)}$$

Đối với toàn bộ Công viên Gia Định (bao gồm 50 loài), phương trình có $R^2 = 90,31\%$, mức sai số SEE = 0,4338, MAE = 0,3064, cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa sinh khối cây cá thể và các chỉ tiêu sinh trưởng ($D_{1,3}$, H).

Đối với loài Sao đen, phương trình có $R^2 = 94,07\%$, chứng tỏ sinh khối của loài này có sự phụ thuộc lớn vào đường kính và chiều cao cây.

Đối với loài Dầu rái, mô hình đạt hệ số xác định cao nhất ($R^2 = 94,87\%$), cho thấy mô hình dự báo sinh khối có độ chính xác cao nhất đối với loài này.

Đối với loài Sọ khỉ, hệ số xác định đạt $R^2 = 91,54\%$, tuy thấp hơn hai loài trên nhưng vẫn đảm bảo tính chính xác cao.

Mô hình hồi quy được lựa chọn có ý nghĩa thống kê với $P < 0,001$, chứng tỏ các biến độc lập ($D_{1,3}$, H) có ảnh hưởng đáng kể đến sinh khối cây cá thể. Việc sử dụng phương trình phù hợp giúp giảm thiểu sự chênh lệch về kích thước cây, cải thiện độ chính xác của mô hình dự báo.

Điều này đồng nghĩa rằng, mô hình này có khả năng dự báo sinh khối và hấp thụ CO_2 của các loài cây trong công viên dựa trên đường kính và chiều cao và có thể được sử dụng để ước tính lượng sinh khối cây cá thể trong các công viên tương tự. Điều này có thể giúp ích trong việc quản lý cây xanh và dự báo sự biến đổi của môi trường, hỗ trợ việc quy hoạch và lựa chọn loài cây trồng tối ưu. Việc xây dựng phương trình riêng cho một số loài giúp nâng cao độ chính xác khi ước tính sinh khối và có cơ sở khoa học để đề xuất chiến lược quản lý, bảo tồn các loài cây này hiệu quả.

3.5. Lượng carbon tích lũy và lượng CO_2 hấp thụ của cây xanh tại Công viên Gia Định theo phương pháp của IPCC năm 2006

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tính toán theo hướng dẫn của IPCC (2006) để xác định lượng carbon tích lũy và khả năng hấp thụ CO_2 của từng loài cây tại Công viên Gia Định. Kết quả được thể hiện ở Bảng 7.

Bảng 7. Lượng carbon tích lũy và lượng CO_2 hấp thụ của từng loài cây xanh tại Công viên Gia Định theo phương pháp của IPCC (2006)

TT	Tên loài	N (cây)	V (m^3)	AGB (tấn)	C (tấn)	CO_2 (tấn)
1	Sọ khỉ	470	2.187,1	1.451,4	682,1	2.501,2
2	Sao đen	843	712,7	651,2	306,1	1.122,3
3	Lim sét	150	214,8	167,8	78,9	289,1
4	Dầu rái	178	159,0	134,6	63,2	231,9
5	Me tây	43	96,5	71,3	33,5	122,9
6	Keo tai tượng	50	90,0	56,7	26,6	97,7
7	Tràm bông đỏ	49	47,9	36,9	17,4	63,6
8	Thông 3 lá	104	46,3	32,4	15,2	55,8
9	Me	4	16,1	19,2	9,0	33,1
...	...	...	...	...	...	...
50	Sứ Ngọc Lan	1	0,0	0,02	0,01	0,04
Tổng		2.402	3.817,9	2.809,9	1.320,7	4.842,4

Kết quả cho thấy, tổng lượng CO_2 hấp thụ hàng năm của toàn bộ hệ thống cây xanh đạt 4.842,4 tấn. Dữ liệu phân tích từ Bảng 7 cho thấy Sọ khỉ (*Khaya senegalensis*) là loài có khả năng hấp thụ CO_2 cao nhất, đạt 2.501,2 tấn/năm, chiếm 51,7% tổng lượng CO_2 hấp thụ,

mặc dù chỉ chiếm 19,6% tổng số cây. Điều này phản ánh hiệu suất quang hợp cao và tốc độ sinh trưởng mạnh của loài này. Sao đen (*Hopea odorata*), mặc dù có số lượng nhiều nhất (843 cây), nhưng lượng CO_2 hấp thụ chỉ đạt 1.122,3 tấn/năm (23,2%) do mật độ phân bố dày đặc,

dẫn đến cạnh tranh dinh dưỡng. Các loài khác như Lim sét (*Peltophorum pterocarpum*) và Dầu rái (*Dipterocarpus alatus*) lần lượt hấp thụ 289,1 tấn/năm và 231,9 tấn/năm, cho thấy tiềm năng đáng kể trong chiến lược bảo tồn và bổ sung cây xanh đô thị. Ngược lại, các loài có số lượng hạn chế hoặc kích thước nhỏ như Sứ Ngọc Lan (*Magnolia grandiflora*) và Bàng Đài Loan (*Terminalia mantaly*) có mức hấp thụ thấp (< 0,2 tấn/năm), do sinh khối và diện tích tán lá hạn chế. Kết quả này nhấn mạnh vai trò của Công viên Gia Định trong giảm CO₂ đô thị, đồng thời cho thấy sự cần thiết của việc bảo tồn và

bổ sung các loài cây có hiệu suất hấp thụ cao như Sọ khỉ, Sao đen và Dầu rái. Ngoài ra, có thể xem xét trồng thêm các loài sinh trưởng nhanh như Giáng hương, Muồng đen để tối ưu hóa hiệu suất sinh thái của công viên.

3.6. Lượng carbon tích lũy và CO₂ hấp thụ của hệ thống cây xanh tại Công viên Gia Định tính theo phần mềm i-Tree Eco

Kết quả phân tích khả năng tích lũy carbon và CO₂ hấp thụ của hệ sinh thái cây xanh tại Công viên Gia Định bằng phần mềm i-Tree Eco được trình bày ở Bảng 8.

Bảng 8. Tổng lượng carbon tích lũy và CO₂ hấp thụ của hệ thống cây xanh tại Công viên Gia Định theo phần mềm i-Tree Eco

TT	Loài	Khối lượng tích lũy carbon (tấn)	Khối lượng tích lũy carbon (%)	Khối lượng CO ₂ tương ứng (tấn)
1	Sọ khỉ	805,8	54,3	2.954,8
2	Sao đen	295,8	19,9	1.084,6
3	Lim sét	78,0	5,3	285,9
4	Dầu rái	71,1	4,8	260,9
5	46 loài khác	233,3	15,7	855,8
	Tổng	1.484,0	100,0	5.442,0

Kết quả phân tích bằng phần mềm i-Tree Eco cho thấy tổng lượng carbon tích lũy đạt 1.484 tấn, tương ứng với 5.442 tấn CO₂. Trong đó, loài Sọ khỉ chiếm 54,3% tổng lượng tích lũy carbon, tiếp theo là Sao đen (19,9%), Lim sét (5,3%) và Dầu rái (4,8%).

Sự khác biệt này phản ánh sự vượt trội của Công viên Gia Định về số lượng cây xanh, mật độ và cấu trúc thảm thực vật. Việc duy trì cơ cấu loài hợp lý và chăm sóc cây trưởng thành có thể tối ưu hóa khả năng hấp thụ CO₂ của cây xanh đô thị, góp phần giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu và nâng cao chất lượng môi

trường sống.

3.7. So sánh khả năng hấp thụ CO₂ theo phương pháp IPCC (2006) và phần mềm i-Tree Eco tại Công viên Gia Định

Nghiên cứu so sánh khả năng hấp thụ CO₂ của cây xanh tại Công viên Gia Định bằng hai phương pháp: IPCC (2006) và phần mềm i-Tree Eco. Phương pháp của IPCC (2006) sử dụng hệ số mặc định để tính toán carbon tích lũy từ sinh khối cây, trong khi i-Tree Eco sử dụng dữ liệu thực địa kết hợp với mô hình hấp thụ CO₂ động theo từng cây. Kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 9.

Bảng 9. Khả năng tích lũy carbon và lượng CO₂ tương ứng theo phương pháp của IPCC (2006) và phần mềm i-Tree Eco

Phương pháp	Carbon tích lũy (tấn)	Lượng CO ₂ tương ứng (tấn)
IPCC	1.320,7	4.842,4
i -Tree Eco	1.484,0	5.442,0

Kết quả cho thấy, theo phương pháp IPCC, tổng lượng CO₂ hấp thụ tại công viên là 4.842,4 tấn, trong khi i-Tree Eco tính toán 5.442,0 tấn. Sự chênh lệch này xuất phát từ cách tiếp cận khác nhau: IPCC dựa trên ước tính sinh khối theo nhóm đường kính, còn i-Tree Eco tính toán theo từng loài cây. Trong trường hợp này, phương pháp i-Tree Eco có xu hướng cho kết quả cao hơn so với phương pháp của IPCC do sử dụng dữ liệu thực đo tại hiện trường và mô hình sinh trưởng động, trong khi phương pháp của IPCC chưa phản ánh đầy đủ sự đa dạng loài và điều kiện sinh trưởng cụ thể tại khu vực nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh vai trò quan trọng của cây xanh đô thị trong việc giảm nhẹ tác động của biến đổi khí hậu và cải thiện chất lượng môi trường sống tại TP. HCM.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống cây xanh tại Công viên Gia Định đóng vai trò quan trọng trong cải thiện môi trường đô thị, với tiềm năng lớn trong hấp thụ CO₂ và cung cấp các dịch vụ sinh thái. Tuy nhiên, sự mất cân đối về thành phần loài và phân bố sinh khối cho thấy cần có chiến lược quản lý hợp lý để nâng cao hiệu quả sinh thái và đảm bảo tính bền vững của hệ thống cây xanh trong tương lai.

Nghiên cứu hệ thống cây xanh tại Công viên Gia Định cho thấy sự đa dạng loài đáng kể với 2.402 cây thuộc 50 loài, phân bố trong 23 họ và 13 bộ thực vật. Họ Dầu (Dipterocarpaceae) và loài Sao đen chiếm ưu thế về số lượng. Chất lượng cây xanh tại công viên đạt mức cao, với 98,5% cây đạt phẩm chất A, phản ánh công tác quản lý tốt. Cây xanh tại công viên đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ CO₂, tích lũy carbon và cải thiện chất lượng không khí, với tổng sinh khối trên mặt đất của cây cá thể đạt 2.809,9 tấn. Lượng carbon tích lũy ước tính đạt 1.320,7 tấn, tương đương 4.842,4 tấn CO₂ theo IPCC công bố năm 2006 và 1.484,0 tấn carbon,

tương đương 5.442,0 tấn CO₂ theo i-Tree Eco.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Buettner Thomas (2015). Urban estimates and projections at the United Nations: The strengths, weaknesses, and underpinnings of the world urbanization prospects. *Spatial Demography*. 3(2): 91-108.
- [2]. Esperon-Rodriguez Manuel, Rymer Paul D, Power Sally A, Barton David N, Cariñanos Paloma, Dobbs Cynnamon, Eleuterio Ana Alice, Escobedo Francisco J, Hauer Richard & Hermy Martin (2022). Assessing climate risk to support urban forests in a changing climate. *Plants, People, Planet*. 4(3): 201-13. 10.1002/ppp3.10240
- [3]. Seto K. C., Güneralp B. & Hutyrá L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 109(40): 16083-8. 10.1073/pnas.1211658109
- [4]. Deljouei A., Abdi E., Marcantonio M., Majnounian B., Amici V. & Sohrabi H. (2017). The impact of forest roads on understory plant diversity in temperate hornbeam-beech forests of Northern Iran. *Environmental monitoring and assessment*. 189(8): 392. 10.1007/s10661-017-6105-1
- [5]. Farzadkia M., Yavary Nia M., Yavari Nia M., Shacheri F., Nourali Z. & Torkashvand J. (2024). Reduction of the environmental and health consequences of cigarette butt recycling by removal of toxic and carcinogenic compounds from its leachate. *Environmental science and pollution research international*. 31(16): 23942-50. DOI: 10.1007/s11356-024-32703-5
- [6]. Gill Susannah E, Handley John F, Ennos A Roland & Pauleit Stephan (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment* 33(1): 115-33. DOI: 10.2148/benv.33.1.115
- [7]. Bindajam A. A., Hang H. T., Alshayeb M. J., Shohan A. A. & Mallick J. (2024). Evaluating the impact of urbanization on the urban heat islands through integrated radius and non-linear regression approach. *Environmental science and pollution research international*. 31(31): 44120-35. DOI: 10.1007/s11356-024-34051-w
- [8]. Trần Thị Vân & Hoàng Thái Lan (2011). Nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt đô thị dưới tác động của quá trình đô thị hóa ở Thành phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp viễn thám. *Tạp chí Khoa học Trái Đất*. 33(3): 347-59. DOI: 10.15625/0866-7187/33/3/342
- [9]. Nejatian Niloofar, Yavary Nia Mohsen, Yousefyani Hooshyar, Shacheri Fatemeh, Yavari Nia Melika (2023). The improvement of wavelet-based

multilinear regression for suspended sediment load modeling by considering the physiographic characteristics of the watershed. *Water Science & Technology*. 87(7): 1791-802. DOI: 10.2166/wst.2023.089

[10]. Schulze E. D. & Schulze I. (2010). Sustainable foresting: easier said than done. *Science* (New York, NY). 327(5968): 957. DOI: 10.1126/science.327.5968.957-a

[11]. Lee Hoesung, Calvin Katherine, Dasgupta Dipak, Krinner Gerhard, Mukherji Aditi, Thorne Peter, Trisos Christopher, Romero José & Aldunce Paulina (2023) IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 1-34. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

[12]. Yin Shiwen, Gong Zhiwen, Gu Li, Deng Yuanjie & Niu Yujia (2022). Driving forces of the efficiency of forest carbon sequestration production: Spatial panel data from the national forest inventory in China. *Journal of Cleaner Production*. 330. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129776

[13]. Estruch Carme, Curcoll Roger, Morguà Josep-Anton, Segura-Barrero Ricard, Vidal Verònica, Badia Alba, Ventura Sergi, Gilabert Joan & Villalba Gara (2024). Exploring how the heterogeneous urban landscape influences CO₂ concentrations: The case study of the Metropolitan Area of Barcelona. *Urban Forestry & Urban Greening*. 99: 128438. DOI: 10.1016/j.ufug.2024.128438

[14]. Guo Y., Ren Z., Wang C., Zhang P., Ma Z., Hong S., Hong W. & He X. (2024). Spatiotemporal patterns of urban forest carbon sequestration capacity: Implications for urban CO₂ emission mitigation during China's rapid urbanization. *The Science of the total environment*. 912: 168781. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168781

[15]. Lisboa Maria Amanda Nobre, da Silva Leonardo Vítor Alves, da Silva Nascimento Arthur, de Oliveira Silva Alana, Teixeira Maria Rayssa Alves, Ferreira Mardônio Freitas Rodrigues, Ferreira Sara Cardoso, da Silva Antônio César Vieira, Colares Aracélio Viana & Júnior João Tavares Calixto (2024). Diversity, structure, and carbon sequestration potential of the woody flora of urban squares in the Brazilian semiarid region. *Trees, Forests and People*. 16: 100561. DOI: 10.1016/j.tfp.2024.100561

[16]. Nowak David J, Crane Daniel E & Stevens Jack C (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry & urban greening*. 4(3-4): 115-23. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007

[17]. Nowak David J, Cumming Anne B, Twardus Daniel, Hoehn Robert E, Oswalt Christopher M & Brandeis Thomas J. (2012) Urban forests of Tennessee, 2009. General Technical Report. Gen. Tech. Rep. SRS-149. Asheville, NC: US Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 52. DOI: 10.2737/SRS-GTR-149

[18]. Nguyễn Hồng Diệp (2019). Thực trạng và giải pháp phát triển mảng cây xanh đô thị Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Xây dựng*. 99: 56-61. <https://tailieuhoc.vn/thuc-trang-va-giai-phap-phat-trien-mang-cay-xanh-do-thi-thanh-pho-ho-chi-minh-2574/>

[19]. Thẩm Thị Ngọc Hân, Trần Võ Thiên Trang & Trần Thị Vân (2019). Mảng xanh đô thị trong quản lý và phát triển bền vững khu đô thị phía Đông Thành phố Hồ Chí Minh. *Nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực Khoa học Trái đất và Môi trường* 2019. DOI: 10.15625/vap.2019.000156.

[20]. Lê Việt Nhân (2024). Vấn đề thiếu cây xanh ở Thành phố Hồ Chí Minh: góc nhìn từ quản lý đô thị và ý thức xã hội. *Tạp chí KH&CN Trường Đại học Xây dựng Miền Tây* (ISSN: 2525-2615). 10(9): 55-63.

[21]. Viên Ngọc Nam & Huỳnh Thái Thảo (2013). Nghiên cứu hấp thụ CO₂ của thực vật thân gỗ tại Công viên Tao Đàn Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Rừng và Môi trường*. 55: 49-55. <https://www.researchgate.net/publication/311777563>

[22]. Nguyễn Thị Hạnh (2015). Công viên cây xanh Thành phố Hồ Chí Minh: Sự hình thành, xu hướng sử dụng, phát triển và các vấn đề tồn tại. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học xã hội và Nhân văn*. 31(3): 48-59. <https://js.vnu.edu.vn/SSH/article/view/229>

[23]. Trần Hợp (2002). Tài nguyên cây gỗ Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 767 trang.

[24]. Võ Văn Chi (2003). Từ điển thực vật thông dụng. Tập 1. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, 1.252 trang.

[25]. Võ Văn Chi (2004). Từ điển thực vật thông dụng. Tập 2. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, 2.670 trang.

[26]. USDA Forest Service (2021). i-Tree Eco v6 User's Manual [pdf]. v6.0, 22 September 2021. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Forest Service. <https://www.itreetools.org>.

[27]. Ủy Ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh (2023). Hướng dẫn ứng xử khi cây xanh nằm trong phạm vi ảnh hưởng của công trình. www.soxaydung.hochiminhcity.gov.vn.

[28]. Microsoft Corporation. Microsoft Excel (Version 2010) [Computer software]. Microsoft. 2010.

<https://www.microsoft.com>.

[29]. StatPoint Technologies Inc. Statgraphics Centurion XV.I [Computer software]. StatPoint Technologies, Inc. 2005. <https://www.statgraphics.com>.

[30]. Gomez Kwanchai A. (1984). Statistical Procedures for Agricultural Research. New York: John Wiley & Sons. 680 pages. Available from: https://books.google.co.in/books?id=PVN7_XRhpUC.

[31]. Ủy Ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh (2017). Quyết định số 3206/QĐ-UBND ngày 21 tháng 6 năm 2017 của Ủy Ban Nhân dân TPHCM về “công tác quản lý, vận hành và bảo trì các công trình thuộc lĩnh vực chuyên ngành được phân cấp cho Sở Giao thông vận tải quản lý trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh.

<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Bo-may-hanh-chinh/Quyết-dinh-3206-QĐ-UBND-2017-cong-tac-quan-ly-van-hanh-bao-tri-cong-trinh-Ho-Chi-Minh-353409.aspx>.

[32]. Brown S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987). 116(3): 363-72. DOI: 10.1016/S0269-7491(01)00212-3

[33]. Eggleston HS, Buendia Leandro, Miwa Kyoko, Ngara Todd & Tanabe Kiyoto (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>

[34]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2022). Thông tư Số 26/2022/TT – BNNPTNT ngày 30 tháng 12 năm 2022 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định về quản lý, truy xuất nguồn gốc lâm sản. <https://chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=207247&cl-assid=1&typegroupid=6>.

[35]. A.E. Zanne, G. Lopez-Gonzalez, D.A. Coomes, J. Ilic, S. Jansen, S.L. Lewis, R.B. Miller, N.G. Swenson, M.C. Wiemann, J. & Chave (2009). Global wood density database: Dryad.

<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

[36]. Nowak D. J. (1994). Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project. Research Forester USDA Forest Service Northeastern Forest Experiment Station Chicago IL 83-94.

[37]. Ủy ban Nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh (2013). Quyết định số 52/2013/QĐ-UBND ngày 25 tháng 11 năm 2013 của UBND TP Hồ Chí Minh: Ban hành Danh mục cây cấm trồng trên đường phố thuộc địa bàn TP. Hồ Chí Minh.

<https://chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=171125>.