Study and evaluation of the compositional and structural diversity in selected parks of Tartous City

Abeer Moussa [*]
Dr. Basima Alcheikh [**]
Dr. Zuheir Shater [***]

(Received 24 / 11 / 2025. Accepted 19 / 4 /2026)

□ ABSTRACT □

The study was conducted in 2025, and aimed to estimate the compositional and structural diversity in some parks of Tartous City. Fifteen parks were chosen. All trees and shrubs in these parks were inventoried. The sustainability of these parks was evaluated using multiple biodiversity indicators. The results indicated that all parks exceeded the 10/20/30 rule, except four of them that met the rule at the family level. The diversity according to the diameter classes was good in only 20% of the parks. 67 plant species of trees and shrubs were recorded in the studied parks, belonging to 57 genera and 32 plant families. The study found a statistically significant correlation between the park area and both species richness ($R=0.87$, $P<0.001$) and Shannon's index ($R=0.68$, $P=0.005$), while no statistically significant correlation was found between area and the top diversity index (TD-50) ($R=0.42$, $P=0.12$).

Hibiscus × *rosa-sinensis* was the most abundant species, accounting for 21.78% of the total, with *Cascabela thevetia* being next at 11.61%, *Ficus nitida* at 11.47%. *Ficus nitida* was among the three dominant species in 60% of the gardens, followed by *Casuarina cunninghamiana* in 40% of them. The Malvaceae family was the most abundant, followed by Apocynaceae and Moraceae. The percentage of introduced species was 68.65%, making them the preferred species. The study. provides a database that can be used to manage parks optimally, ensuring their sustainability and the provision of their services. It also recommends utilizing local species in creating green spaces in the city based on scientific principles

Keywords: Urban Green Spaces, Biodiversity, Plant Diversity, Compositional and Structural Diversity, Sustainable Urban Parks.

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **PhD Student, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria. abeerceta@gmail.com.**
****Professor. Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria. basimaal508@gmail.com.**
*****Professor. Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria. zuheirshater@yahoo.com.**

دراسة وتقييم التنوع التركيبي والبنيوي في بعض حدائق مدينة طرطوس

عبير موسى *
د. بسيمة الشيخ **
د. زهير الشاطر ***

(تاريخ الإيداع 24 / 11 / 2025. قبل للنشر في 19 / 4 / 2026)

ملخّص

نُفذّت الدراسة عام 2025، وهدفت إلى دراسة وتقييم التنوع التركيبي والبنيوي في حدائق مدينة طرطوس. شملت الدراسة 15 حديقة. تم جرد جميع أنواع الأشجار والشجيرات. واستخدمت مؤشرات متعددة للتنوع الحيوي لمعرفة استدامة هذه الحدائق. أظهرت النتائج أن جميع الحدائق تجاوزت المعيار 30/20/10 باستثناء 4 منها حققت المعيار على مستوى الفصائل. كان التنوع حسب صفوف الأقطار جيداً في 20% من الحدائق. تم تسجيل 67 نوعاً من الأشجار والشجيرات تنتظم في 57 جنساً وتنتمي إلى 32 فصيلة نباتية.

وجدت الدراسة علاقة ارتباط ذات دلالة هامة إحصائياً بين مساحة الحدائق وكل من الغنى النوعي ($R=0.87$, $P<0.001$)، ومعامل شانون ($R=0.68$, $P=0.005$)، في حين لم تظهر علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية بين المساحة ومؤشر التنوع الأعلى TD-50 ($R=0.42$, $P=0.12$). كان النوع *Hibiscus rosa-sinensis* × هو الأكثر حضوراً من حيث الوفرة (21.78%)، تلاه النوع *Cascabela thevetia* (11.61%)، والنوع *Ficus nitida* (11.47%). كان النوع *Ficus nitida* من ضمن الأنواع الثلاثة السائدة في 60% من الحدائق، تلاه *Casuarina cunninghamiana* في 40% منها. جاءت الفصيلة الخبازية Malvaceae في المرتبة الأولى من حيث الوفرة، تلتها Apocynaceae، Moraceae. كانت الأنواع المدخلة هي المفضلة وبلغت نسبتها 68.65%. تقدم الدراسة قاعدة بيانات تسمح بإدارة الحدائق بالشكل الأمثل، بما يضمن استدامتها وتوفير خدماتها، كما توصي باستخدام الأنواع المحلية، وتشكيل المساحات الخضراء بالاستناد إلى قواعد علمية صحيحة.

الكلمات المفتاحية: المساحات الخضراء الحضرية ، التنوع الحيوي، التنوع النباتي، التنوع التركيبي والبنيوي، الحدائق الحضرية المستدامة.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* طالب دكتوراه – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا. abeerceta@gmail.com .
** أستاذ – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا. basimaal508@gmail.com.
*** أستاذ – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا. zuheirshater@yahoo.com.

مقدمة:

تغطي المناطق الحضرية 3% من سطح اليابسة [1]، ويعيش أكثر من 50% من سكان العالم حالياً في هذه المساحة، ومن المتوقع أن تصل هذه النسبة إلى 68% (6.7 مليار نسمة) في العام 2050 [2]. يؤدي النمو السكاني المتزايد في المدن إلى زيادة المناطق المصطنعة وزيادة حركة المرور على الطرق [3] والنقل وتركيز الأنشطة البشرية، الأمر الذي يسبب خلق مشاكل بيئية هائلة وأنواع مختلفة من التلوث [4]، من ناحية أخرى تؤثر هذه التغييرات البيئية في صحة الإنسان، وتسبب ارتفاع عدد الوفيات، الناجمة عن تلوث الهواء، وارتفاع درجات الحرارة وموجات الحرارة [3، 4].

تعد الحلول القائمة على الطبيعة ضرورية لتخفيف هذه التأثيرات في المناطق الحضرية [3]، وهذا الخيار ليس جديداً، فقد أدركت المجتمعات البشرية منذ القرن الثامن عشر أهمية زراعة الأشجار ودورها في تحسين المناخ المحلي، وفي القرن التاسع عشر تم تجهيز المدن الكبرى بشبكة من المنتزهات والحدائق بهدف تحسين نوعية الهواء بالدرجة الأولى، وفي القرن الحالي عزز التحدي المناخي العودة إلي الطبيعة في المدينة [5]، وبشكل يرتكز على دراسات دقيقة ومحددة تظهر الخدمات التي تقدمها المساحات الخضراء ضمن إطار التنظيم المناخي والتنوع الحيوي وإدارة المياه [6]، ودعم رفاهية المجتمعات البشرية من خلال تأثيراتها العلاجية [7] وفوائدها الصحية لسكان المدن وتعزيز الروابط الاجتماعية [8].

إن دور المساحات الخضراء في تحسين الصحة العامة للسكان يتم من خلال وظائفها البيئية [9]، إذ تدعم هذه المساحات مجموعات متنوعة من النباتات التي تسهم في تقديم خدمات لمليارات الأفراد في العالم [10]، بل وتؤدي دوراً مهماً في التوازن البيئي، بسبب تنوعها الوظيفي وبفضل الخصائص والميزات المختلفة التي تتمتع بها [11]، يشير [12] في دراسة في منطقة USA –Arizona –Phoenix إلى دور النباتات في تبريد سطح التربة بمقدار 25م° مقارنة بالتربة العارية في أيام الصيف الحار ذات الرطوبة المنخفضة، ووجد [13] في دراسة قام بها أن وجود النباتات في المناطق المحيطة بالمدن يؤدي إلى تسريع عملية التبريد أثناء الليل، وعلى مستوى درجات حرارة الهواء تم تسجيل فروقات بلغت نحو 3 م° بين محيط حديقة Teparura (صفاقس– شرقي تونس) والأحياء المجاورة.

وقد أثبت [14] قدرة النباتات النامية في الحديقة النباتية في روما على احتجاز CO_2، إذ انخفض تركيزه بنسبة 4%، وكذلك انخفضت درجة حرارة الهواء بمقدار 1 م° على بعد 150 م من مركز الحديقة. وفي دراسة شملت 32 مساحة خضراء في مدينة بوبو– ديولاسيو في جنوب السودان تراوح حجم الكربون المحتجز في الكتلة الحيوية للأنواع الخشبية 3.22 طن/ هكتار و356.98 طن/ هكتار حسب المساحات [15]، ويمكن للأشجار أيضاً أن تخفض سرعة الرياح، وتقلل الضوضاء [16].

بالنظر إلى مجمل هذه الخدمات فإن المساحات الخضراء تمثل فرصاً لتنمية المدن [17]، وترتبط باستدامتها [18]. إن مصطلح المساحات الخضراء (Green Spaces) واسع وغير محدد، وحسب [19] تعرف المساحات الخضراء بأنها مساحة نباتية تضم الأشجار والشجيرات والأعشاب، وبهذا تشمل المساحات العامة (منتزهات وأشجار الشوارع والغابات الطبيعية أو شبه الطبيعية والبنى التحتية الرياضية وساحات الألعاب والمساحات الأخرى العشبية أو ذات الطبقات الشجيرية)، والخاصة (حدائق، أسطح وواجهات نباتية) [20]، لتقدم بذلك مساحات مفتوحة من الخضرة تدار لأغراض ترفيهية وجمالية وبيئية [17]. تعد المساحات الخضراء مكوناً أساسياً للنظم البيئية الحضرية، وقد يكون للتنوع الحيوي في هذه المساحات تأثير في الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية [21]. ويعد الحفاظ على التنوع الحيوي في المدن أمراً أساسياً لوقف فقدان التنوع في العالم من خلال تخطيط وإدارة المساحات الخضراء، والذي يدعم العديد من الوظائف التي تقدمها [22]. تؤكد العديد من البحوث على الدور الكبير لهذه المساحات كملجأ للعديد من الأنواع النباتية والحيوانية

[23,24,5]، وحسب نتائج الدراسات فالمدن لا تؤوي فقط الأنواع المحلية بل والنادرة [25]. وتؤوي ما نسبته 28% من أنواع النباتات الغريبة على المستوى العالمي، و3% من الطيور الغريبة [26]، الأمر الذي يجعل المدن تؤدي أدواراً مهمة في الحفاظ على التنوع الحيوي العالمي [27].

يعد التنوع الحيوي النباتي أمراً بالغ الأهمية لتنظيم النظام البيئي الحضري، ويقدم العديد من الفوائد [28]. ويشير بعض الباحثين إلى أن المساحات الحضرية الخضراء Urban Green Spaces (UGS) تشكل مناطق حيوية [29]، ونقاطاً ساخنة للتنوع الحيوي [30] وذلك حسب خصائصها مثل المساحة وكثافة وارتفاع الأشجار وكثافة الشجيرات والأنواع النباتية والمياه [29]. ويعرف التنوع الحيوي الحضري بأنه تنوع الكائنات الحية (تنوع الأنواع) بما في ذلك الاختلافات الوراثية (تنوع المورثات)، وتعدد الموائل (تنوع الأنظمة البيئية) داخل المنشآت البشرية وحولها. يتم تشجيع التنوع الحيوي من خلال زيادة الغطاء النباتي [31]، مع الإشارة إلى أن المساحات التي يدخل في تركيبها الأشجار والشجيرات تمتلك قدرة أكبر على صون وحماية التنوع الحيوي بشكل مستدام [17].

إن دراسة بنية وتركيب المجتمعات النباتية وتنوع النباتات الخشبية في حدائق المدن له أهمية في بناء البيئة الحضرية والتنمية المستدامة [32]. إذ يمكن للتنوع التركيبي والوظيفي للمساحات الحضرية الخضراء أن يعزز صحة الإنسان، وجودة البيئة، وكذلك تقليل بعض التحديات التي ازدادت بسبب التحضر، لذا من المهم دراسة تنوع الأشجار وبنية النبت ضمن هذه الحدائق، لأنها تستطيع رفع الوعي البيئي من جهة، وتساعد صناع السياسات على تحسين الادارة لتحقيق الأهداف البيئية المرغوبة [33]. كما تتأثر الاستدامة البيئية ووظيفة المناظر الطبيعية الحضرية بشدة بتركيب وبنية مجتمعات النباتات المحلية. يشير التنوع التركيبي عموماً إلى هوية الأنواع التي يتألف منها المجتمع، بينما تعرف البنية على أنها وجود طبقات متعددة بالإضافة إلى جذوع متفاوتة الأقطار والأعمار [34].

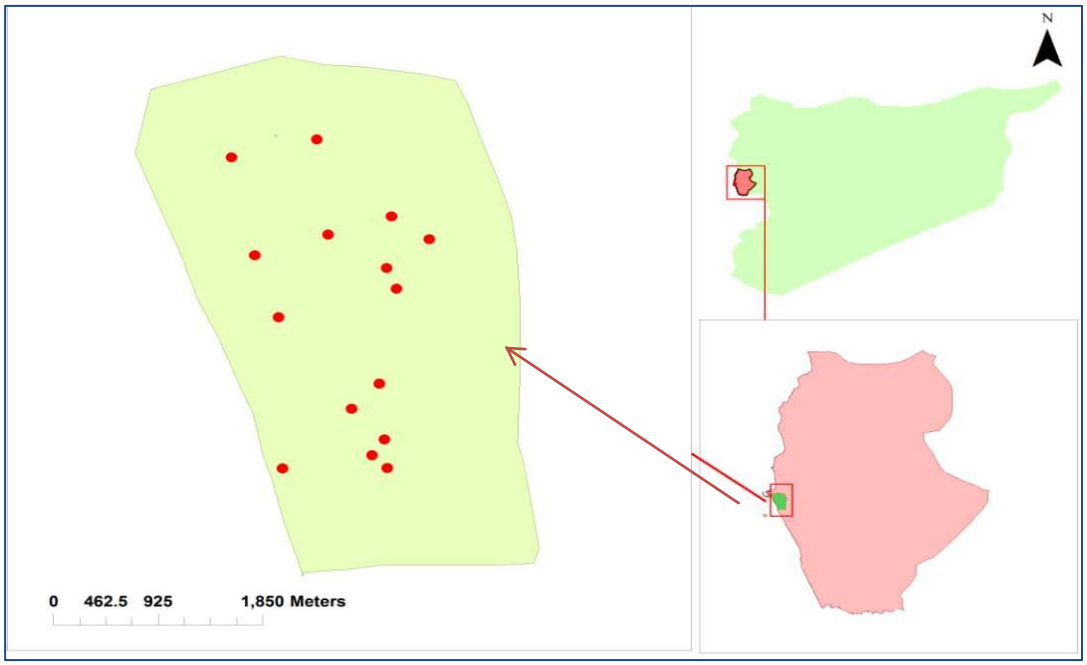
أهمية البحث وأهدافه:

يتم التركيز على زراعة الأشجار في المناطق الحضرية من أجل تعزيز فوائد النظام البيئي، والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره، إذ تشكل المساحات الخضراء مكوناً أساسياً في المنظر الطبيعي المدني، وتقدم العديد من الفوائد الصحية والاجتماعية والجمالية، والبيئية، وخاصة فيما يتعلق بالتنوع الحيوي، ما يستوجب دراسة تركيب وبنية النبت في هذه المساحات بغية تحسين نوعيتها ودمجها بشكل فعال في أجندة الاستدامة البيئية، إذ تعد المساحات الخضراء واحدة من أهم الأدوات لتحسين التنمية الحضرية المستدامة. كما تأتي أهمية هذه الدراسة بشكل خاص من كون التنوع الحيوي في مثل هذه المساحات في المنطقة المتوسطية غير مدروس جيداً، إضافة لندرة مثل هذه الدراسات في سورية، لاسيما في مدينة طرطوس، إذ يهدف هذا البحث إلى: دراسة وتقييم التنوع التركيبي والبنيوي في بعض حدائق مدينة طرطوس.

طرائق البحث ومواده:

موقع الدراسة:

تمت الدراسة في مدينة طرطوس، وهي مدينة ساحلية تقع على شاطئ البحر المتوسط في سورية، وهي ثاني أكبر مدينة ساحلية بعد اللاذقية. تقع على خط طول 35.89 درجة شرقاً وخط عرض 34.89 درجة شمالاً، وترتفع نحو 20 متراً عن سطح البحر. (الشكل 1).



الشكل (1). مواقع الحدائق المدروسة في مدينة طرطوس– سورية.

تم اختيار 15 حديقة في مدينة طرطوس (41% من مجمل الحدائق في المدينة)، وبمساحات متباينة تراوحت بين 0.045 و9.96 هكتار. تم جرد وعد جميع الأنواع الشجرية والشجيرية الداخلة في تركيب هذه الحدائق، وتم قياس الأقطار على ارتفاع الصدر، ومن ثم تصنيف الأنواع حسب الاسم العلمي، الجنس، الفصيلة، وحساب النسبة المئوية التي يشكلها كل نوع وكل جنس وكل فصيلة. تم ترتيب الحدائق تصاعدياً من الأقل مساحة إلى الأكبر مساحة كما يلي: التموين، الفاخورة، سيرونكس، العجمي، الحسين الغربية، الغمقة، السل، المعلمين، مثلث الإعمار، الحسين الشرقية، البرانية، الفردوس، الطلائع، 6 تشرين، الحديقة المركزية.

تم تطبيق مؤشرات التنوع الحيوي الآتية لمعرفة استدامة هذه المساحات وهي:

– التنوع التصنيفي: تم تقييم التنوع التصنيفي باستخدام معيار 30/20/10 [35]، والذي ينص على أن الغابات الحضرية لا ينبغي أن تضم أكثر من 10% من أي نوع، و20% من أي جنس، و30% من أي فصيلة.

– تنوع أقطار الأشجار وذلك كالآتي [36]:

- التنوع منخفض إذا كان أكثر من 60% من الأشجار أقطارها أقل من 20 سم أو 3% قطرها أكبر من 60 سم.
- التنوع متوسط إذا كان 50– 60% من الأشجار قطرها أقل من 20 سم أو 3– 5% من الأشجار قطرها أكبر من 60 سم.
- التنوع جيد إذا كان أقل من 50% من الأشجار قطرها أقل من 20 سم وأكثر من 5% قطرها أكبر من 60 سم.

– تم حساب الأهمية النسبية للأنواع الشجرية الداخلة في تركيب هذه الحدائق من العلاقات التالية:[37,38]

الأهمية النسبية Importance value index (IVI) وتحسب من العلاقة:

$$IVI= (RD+ RDo)/2 \quad (1)$$

الكثافة النسبية Relative Density (RD%): وهو مؤشر لتقييم التوزع النسبي للأنواع:

$$RD= (ni/N)*100 \quad (2)$$

حيث: RD: الكثافة النسبية للنوع. ni: عدد أفراد النوع، N: مجموع عدد أفراد الأشجار لكل الأنواع.

السيادة النسبية Relative Dominance (RDo%):

$$RDo= (\sum Bai*100)/\sum Ban \quad (3)$$

Bai: المساحة القاعدية لكل الأفراد التي تخص النوع i، Ban: المساحة القاعدية لجميع الأشجار في الحديقة.

– تم قياس التنوع الحيوي التركيبي باستخدام المؤشرات التالية [39]:

- الغنى النوعي: وهو عدد الأنواع الموجودة في عينة أو مجتمع (حديقة في دراستنا).
- معامل شانون: وهو معامل يأخذ بالحسبان الغنى النوعي والوفرة النسبية للأنواع ويحسب بالصيغة التالية:
- $H`=-\sum^{s}_{i}Pi.Ln(pi)$ (4)

S: العدد الكلي للأنواع، Pi: الوفرة النسبية للأنواع وتحسب من العلاقة:

Pi=ni/N حيث ni: هي عدد أفراد النوع i، N=العدد الكلي للأفراد.

- معامل التكافؤ [40]:

$$E=H`/Hmax= H`/Ln(s) \quad (5)$$

حيث `H معامل شانون الأعظمي، S: العدد الكلي للأنواع.

– تم تقدير نسبة الأنواع الغريبة التي تدخل في تركيب كل حديقة من هذه الحدائق باستخدام العلاقة التالية:

نسبة الأنواع الغريبة=[عدد الأنواع الغريبة/(عدد الأنواع الغريبة+ عدد الأنواع المحلية)]*100

– تم حساب مؤشر التنوع الأعلى Top diversity index (TD–50) والذي يمثل العدد التراكمي للأنواع التي تشكل 50% من الأشجار. لحساب هذا المؤشر تم تحديد الوفرة النسبية% لكل نوع، ثم صنفت الأنواع حسب الوفرة النسبية من الأعلى إلى الأدنى في كل حديقة، ومن ثم تحديد عدد الأنواع التي تشكل أكثر من 50% من الأشجار [41].

– تم حساب الارتباط عند مستوى معنوية 5% باستخدام معامل ارتباط سبيرمان Spearman الذي يقيس درجة الارتباط بين متغيرين، وتم اختيار هذا المعامل لعدم توفر التوزيع الطبيعي للبيانات، وهو معامل يقيس الارتباط بين تراتيب المتغيرات وليس بين قيمها. واستُخدم برنامج SPSS–25. كما تم استخدام برنامج excel لإجراء الحسابات ورسم الخطوط البيانية.

النتائج والمناقشة:

التنوع حسب المعيار 30/20/10:

تم تقييم التنوع التصنيفي باستخدام معيار 30/20/10 [35]، لقد أظهرت الدراسة أن جميع الحدائق المدروسة قد تجاوزت النسب المسموح بها بالنسبة للوحدات التصنيفية باستثناء أربع حدائق هي سيرونكس، مثلث الإعمار، والفردوس، وحديقة 6 تشرين، إذ حققت المعيار المطلوب على مستوى الفصائل فقط (الجدول 1)، مع الإشارة إلى أن الحدائق الكبيرة المساحة (حديقة 6 تشرين، والحديقة المركزية) تميزت بنسب تجاوز قليلة جداً مقارنة بالحدائق الصغيرة (الجدول 1). قد يكون السبب هو التركيز على زراعة عدد أكبر من الأنواع في المساحات الكبيرة، دون الأخذ بالحسبان عدد الأفراد.

وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات العالمية، فقد اختبر [42] تطبيق هذا المعيار لدراسة تنوع الأشجار العامة في 8 بلديات هولندية، من ضمنها أمستردام، ولم تلب أي من البلديات الثمان المعيار المطلوب. وفي دراسة [43] أجريت في 8 مدن مختلفة حول العالم (أوسلو، باريس، فانكوفر، بيونس آيريس، أمستردام، بولونيا، كامبريدج، ملبورن) فشلت

جميعها في تلبية المعيار المذكور، وسجلت أوسلو أشد تجاوز للمعيار بين جميع المدن المدروسة، في حين اقتربت أمستردام وبولونيا من الوصول إلى المعيار 30/20/10.

كما أظهرت دراسة شملت أكثر من 100 مدينة حول العالم أن الغابات الحضرية تحتوي بالمتوسط على 20% من الأشجار من النوع نفسه، و26% من الجنس نفسه و32% من الفصيلة نفسها، وهذا لا يراعي المعيار المذكور [44]. بالمقابل فقد وجد [45] عند إجراء مسح منهجي لأنواع الأشجار الحضرية في مختلف المناطق المركزية في إلورين (نيجيريا) والتي تغطي 20% من مساحتها، أنه لا يوجد أي نوع يزيد عن 10%، ولا جنس يزيد عن 20% ولا فصيلة تزيد عن 30% من إجمالي الأشجار.

الجدول (1). النسب المئوية للأنواع والاجناس والفصائل التي تجاوزت المعيار (30/20/10) في كل حديقة من الحدائق المدروسة. (الحدائق مرتبة من الأصغر مساحة إلى الأكبر حسب دائرة الحدائق في مدينة طرطوس).

الحديقة	المساحة/م^2	عدد الفصائل	نسبة الفصائل التي تجاوزت 30%	عدد الأجناس	نسبة الأجناس التي تجاوزت 20%	عدد الأنواع	نسبة الأنواع التي تجاوزت 10%
1- التموين	450	6	16.67	6	16.67	6	66.67
2- الفاخورة	800	4	50	4	75	4	100
3- سيرونكس	900	7	_	7	28.57	7	57.14
4- العجمي	1000	10	10	11	9.1	11	18.19
5- الخسين الغربية	1200	10	10	11	18.18	11	18.19
6- الغمقة	1500	12	8.33	14	7.15	15	13.3
7- السل	1900	8	12.5	9	11.11	9	44.44
8- المعلمين	1900	9	11.11	10	20	11	27.28
9- مثلث الإعمار	1900	9	_	12	8.33	12	25
10- الحسين الشرقية	2500	13	7.69	18	16.67	19	15.78
11- البرانية	2800	10	10	12	8.33	13	15.38
12- الفردوس	4500	14	_	18	5.55	19	21.1
13-الطلائع	12350	13	7.69	15	13.33	15	20
14- 6تشرين	50000	23	_	27	3.7	34	8.82
15- الحديقة المركزية	99603	27	3.7	44	2.27	56	5.4

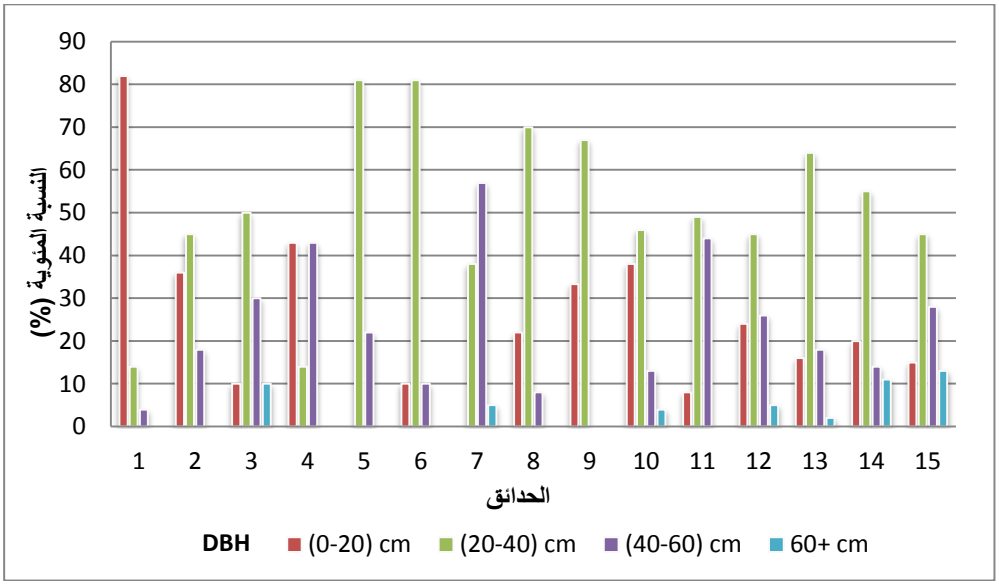
يعد تنوع الأشجار على مستوى الأنواع والأجناس والفصائل عاملاً هاماً لضمان استدامة هذه الحدائق، إذ يوفر المستوى العالي من تنوع الأنواع حماية من الكوارث الناجمة عن الآفات، ويشكل ضماناً ضد التغيرات البيئية، مثل تلك الناجمة عن تغير المناخ [44]، ويمكن أن تكون المستويات المتقدمة من تنوع الأنواع مفيدة أيضاً لوظائف النظام البيئي، وتوفير خدمات النظام البيئي للمليارات من سكان المدن [43,46]. كما يلعب تنوع الأنواع دوراً هاماً في استقرار النظام البيئي الحضري واستدامته، ولذلك يعد تنوع الأنواع عنصراً أساسياً في استراتيجيات الإدارة للغابات الحضرية [47]. ويُعد فهم تركيب الأنواع وتنوع الغابات الحضرية أمراً بالغ الأهمية لإثراء التنوع الحيوي الحضري [48].

التنوع حسب معيار صفوف الأقطار: يؤثر التنوع التركيبي لغابات المدن في توفير خدمات النظام البيئي، ويمكن أن يسهم في توجيه الإدارة والتخطيط وكذلك السياسات، ويعد قياس قطر الجذع على ارتفاع الصدر من أكثر مؤشرات بنية الأشجار شيوعاً، نظراً لسهولة قياسه وعلاقته القوية مع خصائص الغابات الحضرية التركيبية وغير التركيبية [49]. تم تمييز أربعة صفوف للأقطار في الحدائق المدروسة كما في (الشكل 2).

بلغت نسبة الأشجار ذات القطر أقل من 20 سم 23.6% من مجموع الأشجار، وبلغت نسبة الأشجار ذات القطر 20–40 سم 50.8% من مجموع الأشجار، وتسود هذه الفئة من الأقطار في 80% من الحدائق، تلتها فئة الأقطار 40–60 سم في 46.7% من الحدائق، وبنسبة 22.3% من مجموع الأشجار، في حين كانت نسبة الأشجار ذات القطر>60 سم 3.32% فقط. تنتمي الأشجار ذات الأقطار الكبيرة إلى الأنواع التالية: الميس *Celtis australis*، وهو من الأنواع المحلية والنادرة، وتوجد 3 أفراد فقط في الحديقة المركزية، والخرنوب *Ceratonia siliqua* (نوع محلي)، التين المطاطي *Ficus elastica*، والتين اللامع *Ficus nitida*، والأروكاريا *Araucaria heterophylla*، والأكاليبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis*، والازدرخت *Melia azedarach*، والماغنوليا كبيرة الأزهار *Magnolia grandiflora*، والقيقب *Acer negundo* وهي أنواع مدخلة.

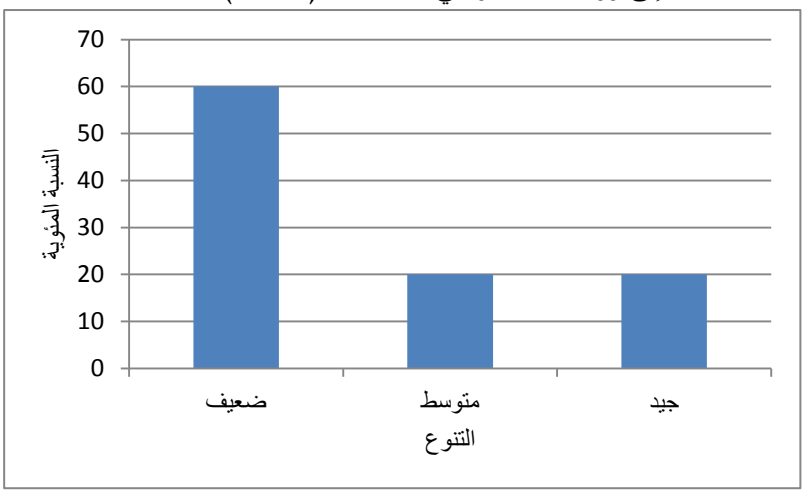
ومقارنة بدراسات مشابهة فقد احتوت أشجار الشوارع في لاسا (الصين) على نسبة كبيرة من الأشجار الصغيرة، إذ اتجه توزيع الأقطار بأكملها نحو الأقطار الصغيرة <15سم بسبب برنامج الزراعة واسع النطاق [50]، وفي دراسة أخرى في كاليفورنيا سيطرت الأشجار ذات القطر الأقل من 45 سم، وبلغت نسبة الأشجار ذات القطر <30سم 57%، و8% من الأشجار فقط كانت ذات أقطار كبيرة >60سم [41]. لقد اقترح [51] عدة توصيات لتنويع حجم أشجار الشوارع لضمان استقرار جماعاتها، إذ اقترح أن تكون جماعاتها غير متساوية، وأن تهيمن عليها الأشجار الصغيرة مع نسبة 40% من الأشجار التي يقل قطرها عن 20سم، و30% منها يتراوح قطرها بين (20–40سم)، و20% منها ذات أقطار (40– 60 سم) و10% من الأشجار يزيد قطرها عن 60سم.

يرتبط قطر الأشجار بعمرها، ويعطي توزيع الحجوم فهماً أعمق للتركيب العمري للغابة الحضرية، وله تطبيقات مهمة في مجال الإدارة، فمثلاً تعد الأشجار الكبيرة مهمة وهي تزيد من تنوع الموارد للحياة البرية المحلية، وتخزن كميات أكبر من الكربون وذات كتلة حيوية أكبر [52]، إلا أنها تتطلب التقليم بشكل دائم للحد من المخاطر، كما أنها أكثر عرضة للتلف ما يستلزم إزالة هذه الأشجار بشكل متكرر، وبالتالي فإن صون هذه الأشجار يعد أمراً مكلفاً [53]، لذلك تفضل الأشجار الفتية والصغيرة في المناطق الحضرية، وقد تعود نسبة هذه الفئة العمرية القليلة من الأشجار في دراستنا إلى غياب التجدد الطبيعي أو عدم التشجير حديثاً.



الشكل(2). توزع صفوف الأقطار في الحدائق المدروسة.

كانت غالبية الحدائق (60% من الحدائق) ضعيفة التنوع حسب هذا المعيار، في حين كان 20% فقط من الحدائق ذات تنوع جيد، قد يعود السبب إلى زراعة الأشجار في وقت واحد (الشكل3).



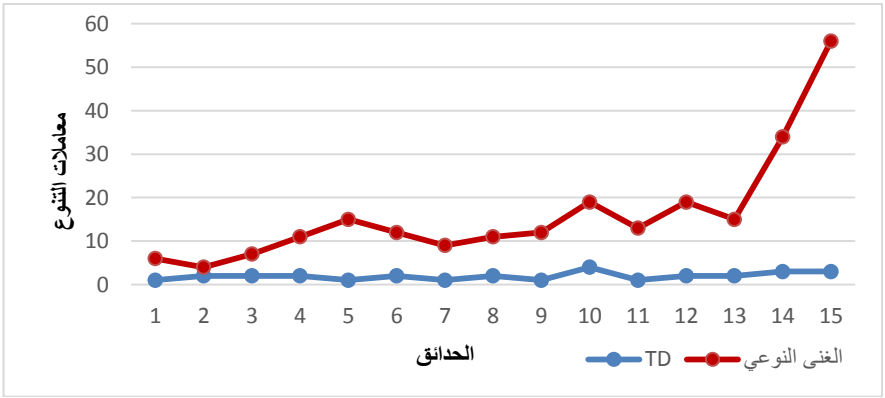
الشكل(3). التنوع حسب صفوف الأقطار في الحدائق المدروسة.

قياس التنوع في الحدائق المدروسة:

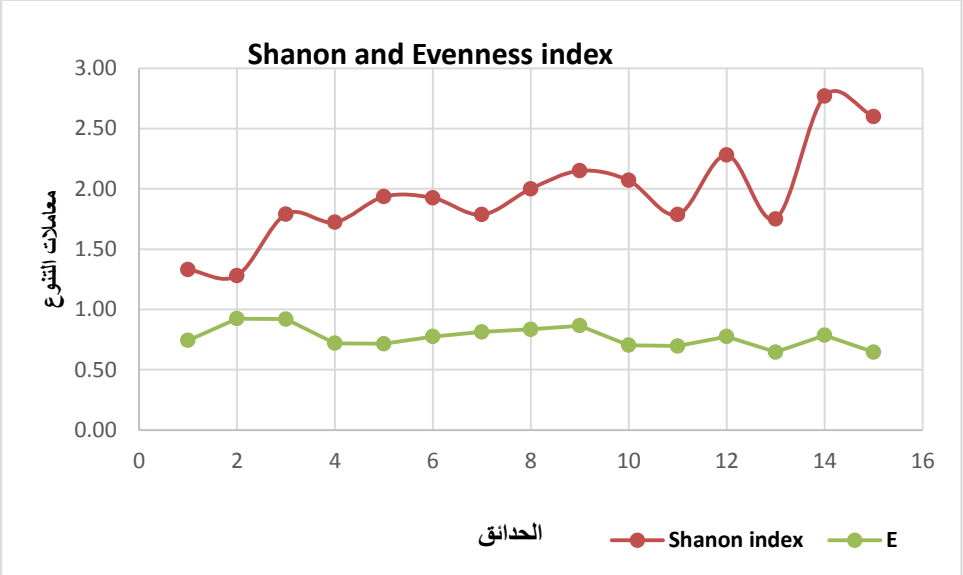
تم تسجيل 67 نوعاً من الأشجار والشجيرات في الحدائق المدروسة، تنتظم في 57 جنساً، وتنتمي إلى 32 عائلة. تراوح عدد الأنواع بين 4 أنواع في حديقة الفاخورة و56 نوعاً في الحديقة المركزية وهي الحديقة الأكبر مساحة، وبمتوسط قدره (13.12 ±16.2). (الشكل 4).

كانت قيم معامل شانون منخفضة إلى متوسطة، وقد تراوحت من 1.28 في حديقة الفاخورة الصغيرة إلى 2.77 في حديقة 6 تشرين وبمتوسط قدره (1.95±0.40)، أما مؤشر التكافؤ (E) فقد تراوح بين 0.65 في حديقتي الطلائع والمركزية و0.92 في حديقتي الفاخورة الصغيرة وسيرونكس بمتوسط قدره (0.77±0.09) (الشكل 5).

تراوحت قيم مؤشر التنوع الأعلى Top diversity index (TD–50) بين (1 و4)، ولم تتجاوز قيمة هذا المؤشر(2) في 80% من الحدائق. تتميز الحدائق ذات القيمة المنخفضة لمؤشر TD–50 بأنها تحتوي عددا قليلاً من الأنواع التي تشكل نصف عدد الأشجار المزروعة فيها، بينما الحدائق ذات القيمة المرتفعة لهذا المؤشر تكون أكثر تنوعاً. يشير الباحثون [41] إلى أنه كلما قل عدد الأنواع التي تشكل أكثر من 50% من الأشجار ازداد تأثر الغابة الحضرية بالتغير البيئي.



الشكل (4). الغنى النوعي ومعامل TD–50 في الحدائق المدروسة



الشكل (5): معامل شانون ومعامل التكافؤ في الحدائق المدروسة.

أظهرت النتائج علاقة ارتباط إيجابية وذات دلالة هامة إحصائياً بين المساحة وبعض مؤشرات التنوع، وهي الغنى النوعي (R=0.87, P<0.001)، ومعامل شانون (R=0.68, P=0.005)، وعلاقة عكسية مع مؤشر التكافؤ Evenness ولكنها غير دالة إحصائياً (R=−0.51, P=0.052)، وهذا يتوافق مع الدراسات العالمية، إذ يزداد الغنى النوعي ومؤشر شانون في الحدائق ذات المساحات الكبيرة مقارنة بتلك الصغيرة المساحة [54]، كما وجدت الدراسات [41] أن ثراء الأنواع وتكافؤها يعتمدان على المدى المكاني، فكلما كانت المساحة كبيرة كان الغنى النوعي أعلى وتكافؤ الأنواع أقل، إذ تعد المساحة أحد أهم العوامل المؤثرة في الغنى النوعي في المناظر الطبيعية الحضرية، وهذا ما أكدته أيضاً دراسة [55] في مدينة Taipei (تايوان) لعدد من الحدائق الحضرية، إذ ارتبط ثراء الأنواع في كل حديقة بحجم الحديقة. في حين لم تظهر الدراسة الحالية علاقة بين المساحة ومؤشر TD−50 (R=0.42, P=0.12) على عكس الغنى النوعي، وبالتالي يعد هذا المؤشر أفضل من الغنى النوعي لتقدير التنوع ضمن الحدائق.

تحديد الأنواع الأكثر أهمية نسبية في كل حديقة من الحدائق:

تباينت الحدائق المدروسة من حيث الأنواع ووفرتها، ومع تحديد الأنواع الثلاثة الأولى السائدة في كل حديقة (الجدول 2). كان التين اللامع *Ficus nitida* هو النوع الأكثر حضوراً في 60% من الحدائق المدروسة، تلاه الكازورينا *Casuarina cunninghamiana* في 40% من الحدائق، ومن ثم الأوكاليبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* والازدرخت *Melia azedarach* ونخيل البلح *Phoenix dactylifera* في 33.33%، وجاء الليغستروم *Ligustrum ovalifolium* في 26.66%، في حين جاءت الأنواع المحلية متأخرة وفي عدد قليل من الحدائق مثل السرو دائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* والصفصاف الأبيض *Salix alba* في 6.66% من الحدائق فقط.

تعد الأنواع ذات الأهمية النسبية العالية هي الأنواع السائدة، والأقوى، وهي أنواع مدخلة في معظم الحدائق، وبالتالي فإن هذه الأنواع تؤدي الدور الأساسي في مجتمعات الغابات الحضرية في مدينة طرطوس نتيجة غياب الأنواع المحلية. مع الإشارة إلى تأكيد جميع الدراسات على إعطاء المزيد من الاهتمام لاختيار الأنواع المحلية، وعدم التركيز على الأنواع الأجنبية فقط في تصميم وتركيب نباتات الحدائق [56,57].

الجدول (2). الأنواع الثلاثة الأكثر أهمية نسبية في كل حديقة من الحدائق المدروسة

الحديقة	الأنواع الثلاثة الأولى السائدة في كل حديقة من الحدائق
1	***Olea europaea* (76.31)، *Phoenix dactylifera* L.(20.47)، *Melia azedarach* (3.22)،**
2	***Jacaranda mimosifolia* (33.46), *Eucalyptus camaldulensis* (32.41), *Melia azedarach* (21.47)**
3	***Casuarina cunninghamiana* (39.47), *Ligustrum ovalifolium* (24.91), *Eucalyptus camaldulensis* (17.39)**
4	***Casuarina cunninghamiana* (61.57), *Cupressus sempervirens* (9.08), *Ficus nitida* (8.09)**
5	***Jacaranda mimosifolia* (57.43), *Eucalyptus camaldulensis* (15.49), *Phoenix dactylifera* (9.41)**
6	***Casuarina cunninghamiana* (47.17), *Ficus nitida* (18.05), *Phoenix dactylifera* (16.10)**
7	***Casuarina cunninghamiana* (83.49), *Eucalyptus camaldulensis* (13.63), *Salix alba* (2.88)**
8	***Cupressus sempervirens* (41.66), *Ficus nitida* (41.42), *Ligustrum ovalifolium* (7.11)**
9	***Ficus nitida* (55.82), *Ligustrum ovalifolium* (17.41), *Acer negundo* (13.16)**
10	***Ficus nitida* (14.75), *Washingtonia filifera* (13.85), *Melia azedarach* (13.64)**
11	***Casuarina cunninghamiana* (84.85), *Ligustrum ovalifolium* (6.24), *Eucalyptus camaldulensis* (3.91)**
12	***Phoenix dactylifera* (31.96), *Ficus nitida* (30.59), *Melia azedarach* (20.20)**
13	***Washingtonia filifera* (39.50), *Ficus nitida* (23.38), *Casuarina cunninghamiana* (21.92)**
14	***Melia azedarach* (35.95), *Ficus nitida* (18.19), *Pinus pinea* (16.71)**
15	***Ficus nitida* (37.43), *Phoenix dactylifera* (13.37), *Pinus pinea* (11.43)**

تراوحت نسبة الأنواع المدخلة بين 54.55% في حديقة الحسين الغربية و100% في حديقة الفاخورة الصغيرة. وعلى مستوى الحدائق جميعها بلغت نسبة الأنواع المدخلة 68.66%، في حين بلغت نسبة الأنواع المحلية 31.34% فقط، وهذا يعود إلى التدخل البشري واختيار الأنواع المدخلة بشكل غير مدروس، ونتيجة الاهتمام المتزايد بها في البيئة الحضرية على حساب الأنواع المحلية [58]، إذ تعد المناطق الحضرية بؤراً ساخنة لإدخال الأنواع الغريبة وتوطينها عمداً أو عن غير عمد [59]، وغالباً ما تفضل الأنواع المدخلة لجمال أزهارها وجمال منظرها [60]. ومقارنة بدراسة [61] في حدائق مدينة اللاذقية، فقد وجدت أن الأنواع المدخلة شكلت 63.64% مقابل 36.36% للأنواع المحلية، وأتت أنواع النخيل *Washingtonia filifera* والتين اللامع *Ficus nitida* والازدرخت *Melia azedarach* والصنوبر البروتي *Pinus brutia* والسرو دائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* في المراتب الخمسة الأولى من حيث الأهمية النسبية.

تظهر العديد من الدراسات أن بناء المدن وتوسعها يعزز فقدان الأنواع المحلية واستبدالها بأنواع مدخلة [59]، إذ أظهرت دراسة أجريت في 59 مدينة في الصين أن النسبة الكبيرة من الأشجار المسجلة هي أنواع غير أصلية بنسبة 40.6% بالمتوسط [57]، لترتفع هذه النسب في دراسات أخرى مشابهة، إذ أظهرت نتائج دراسة [62] في كوريا الديمقراطية أن الأنواع الغريبة هيمنت بنسبة 65% مقابل 35% فقط من الأنواع المحلية. وفي مدن وسط أوروبا شكلت الأنواع المحلية نسبة 47% مقابل 53% للأنواع الغريبة [63]. في حين وجد [48] في Changchun في شمال شرقي الصين أن هناك تفضيلاً للأنواع المحلية، وقد بلغت نسبتها 90.91% مقابل 9.09% فقط للأنواع المدخلة.

التنوع على مستوى جميع الحدائق: تم حساب التنوع على مستوى الحدائق مجتمعة كمساحة واحدة، لإعطاء فكرة عن مدى استدامة هذه الاشجار والشجيرات في حال تعرضها للمخاطر. تم تسجيل 3007 أفراد من الأشجار والشجيرات في جميع الحدائق المدروسة. تراوحت الوفرة النسبية للأنواع بين (0.03 و21.78%). كان النوع *Hibiscus rosa-sinensis* x هو الأكثر حضوراً من حيث الوفرة 21.78%، ومن ثم النوع *Cascabela thevetia* 11.61%، والنوع *Ficus nitida* 11.47%، وفي المرتبة الرابعة *Lantana camara*

7.42%، ومن ثم *Casuarina cunninghamiana* بنسبة 5.39% (الجدول 3)، وجميع هذه الانواع مدخلة، ومن بينها أنواع غازية، إذ يعد النوع *Lantana camara* واحداً من أسوأ 100 نوع غازٍ تم تصنيفها على مستوى العالم [64]، وهذا يشكل خطورة على تنوع الأنواع المحلية.

تراوحت الوفرة النسبية للأجناس بين (0.03 و22.78%). كان الجنس *Hibiscus* الأكثر تمثيلا من حيث الوفرة وبنسبة 22.78%، تلاه الجنس *Ficus* 12.47%، ومن ثم الجنس *Cascabela* 11.61%، وجاء في المرتبة الرابعة الجنس *Lantana* 7.42%. في حين تراوحت الوفرة النسبية للفصائل بين (0.03 و24.14). جاءت الفصيلة الخبازية Malvaceae في المرتبة الأولى من حيث الوفرة بنسبة 24.14%، تلتها Apocynaceae 15.46%، ومن ثم الفصيلة التوتية Moraceae 12.74%، وVerbenaceae 7.48%، وفي المرتبة الخامسة الفصيلة الوردية Rosaceae 5.85% (الجدول 3).

ومقارنة بنتائج [65] في حدائق مدينة اللاذقية فقد وجدت أن الفصائل Apocynaceae, Moraceae, Malvaceae كانت من الفصائل الأكثر تمثيلاً من حيث عدد الأفراد، وفي دراسة أخرى [66] في مدينة Saïdia في شمال شرقي المغرب والتي تخضع للمناخ المتوسطي تبين أن الفصيلتين Moraceae وMalvaceae هما الأكثر تمثيلاً، في حين كانت الفصيلة الوردية Rosaceae والصنوبرية Pinaceae الأكثر سيادة في بعض حدائق تركيا [67].

الجدول (3). الأنواع المستخدمة في تشجير بعض حدائق مدينة طرطوس

الفصيلة	الفصيلة%	الجنس	الجنس%	النوع	عدد الأفراد	%للعدد الكلي
Anacardiaceae	0.20	*Schinus*	0.20	*molle*	6	0.20
Apocynaceae	15.46	*Nerium*	3.26	*oleander*	98	3.26
		Plumeria	0.13	*alba*	4	0.13
		Carissa	0.47	*macrocarpa*	14	0.47
		Cascabela	11.61	*thevetia*	349	11.61
Araucariaceae	0.90	*Araucaria*	0.90	*heterophylla*	27	0.90
Bignoniaceae	1.46	*Campsis*	0.20	*grandiflora*	6	0.20
		Jacaranda	1.06	*mimosifolia*	32	1.06
		Tecoma	0.20	*capensis*	6	0.20
Cannabaceae	0.13	*Celtis*	0.13	*australis*	4	0.13
Caprifoliaceae	0.43	*Lonicera*	0.43	*japonica*	13	0.43
Casuarinaceae	5.39	*Casuarina*	5.39	*cunninghamiana*	162	5.39
Celastraceae	1.26	*Euonymus*	1.26	*japonicus*	38	1.26
Cupressaceae	4.42	*platycladus*	0.33	*orientalis*	10	0.33
		Hesperocyparis	2.19	*macrocarpa*	66	2.19
		Cupressus	1.90	*sempervirens*	57	1.90
Euphorbiaceae	0.03	*Ricinus*	0.03	*communis*	1	0.03
Fabaceae	0.96	*Acacia*	0.07	*saligna*	2	0.07
		Ceratonia	0.07	*siliqua*	2	0.07
		Erythrina	0.73	*herbacea*	22	0.73
		Robinia	0.03	*pseudoacacia*	1	0.03
		Wisteria	0.07	*sinensis*	2	0.07
Fagaceae	0.13	*Quercus*	0.13	*coccifera*	4	0.13
Juglandaceae	0.10	*Carya*	0.07	*illinoinensis*	2	0.07
		Juglans	0.03	*regia*	1	0.03

1.40	42	*nobilis*	1.40	*Laurus*	1.40	Lauraceae
0.10	3	*grandiflora*	0.10	*Magnolia*	0.10	Magnoliaceae
0.57	17	*populenus*	0.57	*Brachychiton*	24.14	Malvaceae
0.10	3	*simplex*	0.10	*Firmiana*		
0.20	6	*mutabilis*	22.78	*Hibiscus*		
21.78	655	*H × rosa-sinensis*				
0.80	24	*syriacus*				
0.70	21	*arboreus*	0.70	*Malvaviscus*		
4.86	146	*azedarach*	4.86	*Melia*	4.86	Meliaceae
0.13	4	*altissima*	12.47	*Ficus*	12.74	Moraceae
0.63	19	*benjamina*				
0.23	7	*elastica*				
11.47	345	*nitida*				
0.13	4	*alba*	0.27	*Morus*		
0.13	4	*nigra*				
0.23	7	*viminalis*	0.23	*Melaleuca*	0.86	Myrtaceae
0.30	9	*camaldulensis*	0.30	*Eucalyptus*		
0.10	3	*communis*	0.10	*Myrtus*		
0.23	7	*guajava*	0.23	*Psidium*		
0.73	22	*glabra*	0.73	*Bougainvillea*	0.73	Nyctaginaceae
0.13	4	*humile*	1.10	*Chrysojasminum*	3.19	Oleaceae
0.43	13	*fruticans*				
0.53	16	*officinale*				
1.06	32	*ovalifolium*	1.06	*Ligustrum*		
1.03	31	*europaea*	1.03	*Olea*		
0.20	6	*brutia*	5.12	*Pinus*	5.12	Pinaceae
4.92	148	*pinea*				
0.60	18	*tobira*	0.60	*Pittosporum*	0.60	pittosporaceae
0.10	3	*mauritiana var. mauritiana*	0.10	*Ziziphus*	0.10	Rhamnaceae
3.86	116	*coccinea*	3.86	*Pyracantha*	5.9	Rosaceae
2.00	60	R×damascena	2.00	*Rosa*		
0.20	6	*japonica*	0.20	*Eriobotrya*		
0.73	22	*jasminoides*	0.73	*Gardenia*	0.73	Rubiceae
0.17	5	*C. × aurantium*	0.17	*Citrus*	0.17	Rutaceae
0.17	5	*alba*	0.19	*Salix*	0.20	Salicaceae
0.03	1	*excelsa*				
0.17	5	*viscosa*	0.17	*Dodonaea*	0.30	Sapindaceae
0.13	4	*negundo*	0.13	*Acer*		
7.42	223	*camara*	7.42	*Lantana*	7.48	Verbenaceae
0.07	2	*erecta*	0.07	*Duranta*		
0.30	9	*tinus*	0.30	*Viburnum*	0.30	Viburnaceae
0.03	1	*quinquefolia*	0.03	*Parthenocissus*	0.03	Vitaceae

بلغت نسبة الأنواع التي تجاوزت المعيار 30/20/10 على مستوى جميع الحدائق المدروسة 4.47% من الأنواع فقط، ونسبة الأجناس 1.78%، في حين حققت الفصائل المعيار على مستوى الحدائق مجتمعة. يُلاحظ أن الأنواع الأكثر وفرة والمستخدمة في التشجير في حدائق مدينة طرطوس المدروسة هي أنواع مدخلة، دائمة الخضرة وسريعة النمو نسبياً ومقاومة لظروف البيئة الحضرية، وفي دراسة مماثلة [61] في حدائق مدينة اللاذقية كانت الأنواع *Pinus brutia* وهو نوع محلي، الازدوخت *Melia azedarach*، وأم كلثوم *Lantana camara* (أنواع مدخلة) الأكثر وفرة، ما يشير إلى هيمنة الأنواع المدخلة في هذه الحدائق أيضاً. عند التشجير في البيئات الحضرية ينبغي أن يؤخذ بالحسبان اختيار أنواع النباتات للفوائد البيئية والطبيعية التي يمكن أن تسهم في السلامة البيئية وتعقيد تلك البيئات [68]، وليس فقط لفوائدها الاجتماعية والاقتصادية، كما ينبغي التركيز على الأنواع المحلية.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- تجاوزت جميع الحدائق المعيار 30/20/10 على مستوى الأنواع والأجناس، وأغلب الحدائق على مستوى الفصائل، ما يجعل هذه الحدائق عرضة للأخطار المختلفة.

2- وجدت الدراسة علاقة ارتباط ايجابية بين مساحة الحديقة وقيم مؤشرات التنوع (الغنى النوعي، معامل شانون) في حين كانت العلاقة عكسية مع مؤشر التكافؤ.

3- أعطى مؤشر TD-50 صورة أفضل من مؤشر الغنى النوعي عن التنوع، ولم تتجاوز قيمة هذا المؤشر (2) في 80% من الحدائق.

4- أظهرت الدراسة أن الأنواع المدخلة هي الأنواع المهيمنة في جميع الحدائق المدروسة بالرغم من الأنواع المحلية هي المتكيفة مع الشروط البيئية والمناخية المحلية، ولها دور في جذب الحيوانات البرية، ما يعزز التنوع الحيوي في المدينة.

5- توصي الدراسة باستخدام الأنواع المحلية بنسب أكبر في التشجير، وتشكيل المساحات الخضراء ضمن المدينة بالاستناد إلى قواعد علمية صحيحة من أجل استدامة هذه المساحات، وزيادة مقاومتها للتغيرات البيئية الطارئة.

6- كما توصي الدراسة باختيار الأنواع المدخلة المناسبة واستبعاد الأنواع التي من المحتمل أن تتحول إلى أنواع غازية، لاسيما وأنه يتم إدخالها في أغلب الأحيان لكونها تزيد من جمالية المدن، وبالتالي لابد من التوفيق بين الأنواع المحلية والمدخلة وربط ذلك بالفوائد المرجوة منها.

7- استكمال جرد جميع المساحات الخضراء المتبقية في مدينة طرطوس، لأن عملية الجرد تتيح إنشاء قاعدة بيانات لهذه المساحات ومعرفة خصائصها وتركيبها، وبالتالي إمكانية اتخاذ إجراءات وتدابير تسمح بإدارتها وتصميمها على النحو الأمثل، ما يضمن استدامتها وتقديم خدماتها.

References:

[1] D. Potere, A. Schneider, A critical look at representations of urban areas in global maps, GeoJournal, 69(1), 55–80. (2007).

[2] United Nations, World urbanization prospects: The 2018 revision. (2019).

[3] J. Vieira, P. Matos, T. Mexia, P. Silva, N. Lopes, C. Freitas, O. Correia, M. Santos-Reis, C. Branquinho, P. Pinho, Green spaces are not the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. Environmental Research160. P. 306-313. (2018).

[4] M. Benmechiche, L. Bennacer, K. Laouar, Les espaces verts urbains: une necessite pour la santé et le bien etre des habitants, le cas de Biskra. Revue des sciences Humaines, vol 32 (3), pp 651-661, (2021).
[5] A. Guillaume, Relation entre l′homme et la biodiversité urbaine. Pourquoi et comment la biodiversité urbaine s′intègre-t-elle dans l′évolution des villes? Cas d′étude sur la ville de Lorient. Sciences du Vivant [q-bio]. Dumas-03516092, (2021).
[6] P. Laille, D. Provendier, F. Colson, S. Julien, Les bienfaits du végétal en ville: étude des travaux scintifiques et méthode d'analyse.Plante & Cité, Angers, p31, (2013).
[7] E. Jang, H.B. Choi, M. Kim, The Restorative Effects of Urban Parks on Stress Control Ability and Community Attachment. Sustainability 16, 2113, (2024).
[8] J. Rubaszek, J. Gubański, A. Podolska, Do We Need public Green Spaces Accessibility Standars for the Sustainable Development of Urban Settlements? The Evidence from Wroclaw, Poland. Int. J. Environ. Res. Public Health 20, 3067, (2023).
[9] ISadOrA (Intégration de la Santé dans les Opération d'Aménagement) Clef 12 Espaces verts. P31, (2020).
[10] PC. Ibsen, D. Borowy, M. Rochford, CM. Swan and GD. Jenerette, Influence of Climate and Management on Patterns of Taxonomic and Functional Diversity of Recreational Park Vegetation. Front. Ecol. Evol. 8:501502. (2020). doi: 10.3389/fevo.2020.501502.
[11] A. ElHozayen, Le traitement des espaces verts urbins dans les villes au climat chaud et sec pour diminuer leurs problèmes climatiques. Étude de cas : la ville du Caire. Sciences agricoles. Dumas-00907165. P38, (2013).
[12] G. D. Jenerette, S. L. Harlan, W. L. Stefanov, C. Martin, Ecosystem services and urban heat riskscape moderation: water, green spaces, and social inequality in Phoenix, USA. Ecological Applications, 21(7), pp. 2637-2651, (2011).
[13] M. Ghribi, S. Dahech, Impacts des espaces verts sur la répartition des températures de l′air pendant la saison chaude dans l′agglomération de Sfax (centre-est de la Tunisie), Climatology, 20, 5, (2023).
[14] L. Gratani, R. Catoni, F. Tarquini, Carbon Dioxide Sequestration Capability of the Botanical Garden of Rome: Environmental and Economic Benefits. American journal of plant sciences, 10, 1249-1260. (2019).
[15] A. P. k. Gomgnimbou, w, o. Ouedraogo, A. Sanon, M. Kone, D. Ilboudo, H. B. Nacro, Potentiel de séquestration du carbone par les espaces verts aménagés urbains de la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Journal of Applied Biosciences 144: 14739 – 14746. ISSN 1997-5902. (2019).
[16] J. Lamontagne, Protéger la végétation, non la détruire. Mémoire loi sur le patrimoine culturel. P. 27, (2013).
[17] Ch. Tchibozo-Kekele, R. C. Gbedomon, L.Todome, F. S. Thoto, Inventaire et caractérisation des espaces verts dans les localités urbaines de la commune d′Abomey-Calavi au sud-Bénin. Rapport de recherche, Abomey-Calavi, Bénin., 31 p, (2024). DOI: 10.61647/aa62333.
[18] C. Ayala-Azcárraga, D. Diaz, L. Zambrano, Characteristics of urban parks and their relation to user well-being, Landscape and urban Planning 189 27-35 (2019).
[19] D. FAM, E. Mosley, A. Lopes, L. Mathieson, J. Morison, G. Connellan, Irrigation of Urban Green Spaces: a review of the Environmental , Social and Economic benefites. Cooperative Research Centre for Irrigation Futures Technical Repport No. 04/8, p35, (2008).

[20] Asterès (etude, recherché & conseil économique). Les espaces verts urbains en France : une création de valeur via les bienfaits sanitaires et environnementaux. P67, (2024).
[21] Q. Guo, J. Fan, K. Zou, B. Qiu, Z. Zheng, Influence of plant diversity and spatial pattern of urban green spaces on socioeconomic activities: insights from Xiamen, China. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 31(3), 330–347, (2023). https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2280794.
[22] Ph. Clergeau, Biodiversité et urbanisme. In: Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France tome 172, pp. 63-68. Fichier pdf généré le 28/11/2022.
[23] Ph. Clergeau, La ville refuge de la biodiversité. revue Millénaire 3 (M3) n°2, (2012). www.millenaire3.com
[24] I. C. V. Achucarro, Analyses de la biodiversité urbaine : le cas des jardins partagés à Strasbourg. Master 2 Géographie Environnementale, Université de Strasbourg. p79, (2018).
[25] V. B. Leite, J. Leymarie, La biodiversité urbaine: que nous disent les indicateurs. Basé sur le mémoire de Master de Claire-Elise de Bonnechose. Groupe Transversal Natures Urbaines, N°7, P 8, (2022).
[26] M.F.J. Aronson, F.A. La Sorte, C.H. Nilon, M. Katti, M.A. Goddard, C.A. Lepczyk, P.S. Warren, N.S.G. Williams, S. Cilliers, B. Clarkson, C. Dobbs, R. Dolan, M. Hedblom, S. Klotz, J.L. Kooijmans, I. Kuhn, I. MacGregor-Fors, M. McDonnell, U. Mortberg, P. Pysek, S. Siebert, J. Sushinsky, P. Werner, M. Winter, A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. B 281: 20133330 (2014). https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330.
[27] M.F.J. Aronson, Ch. A. Lepczyk, K. L. Evans, M. A. Goddard, S. B. Lerman, J. S. MacIvor, Ch. H. Nilon, T. Vargo, Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. Front Ecol Environ, (2017).
[28] H. Ögce, E. Şatıroğlu, F. Bekiryazıcı, D. Dincer, Comparing urban Parks'woody plant diversity in seven different locations of Turkey.Forestist, 72(3), 266-274, (2022).
[29] N. Bouzou, Ch. Marques, Les espaces verts urbains. Lieux de santé publique, vecteurs d′activité économique. Rapport ASTERES pour le compte de l′UNION NATIONALE DES ENTREPRISESDU PAYSAGE. P. 55, (2016).
[30] P. Laille, D. Provendier, F. Colson, Les bienfaits du végétal en ville- Synthése des travaux scientifique et méthode d′analyse. Plante and Cité. P33, (2013).
[31] E. O. Monssou, Bi. T. A. Vroh, Bi. Z. b. Goné, Y. C. Y. Adou, K. E. N'Guessan, Evaluation de la diversité Et Estimation De La Bimasse Aérienne Des Arbres Du Jardin Botanique De Bingerville (District d'Abidjan, Côte D'Ivoire). European Scientific Journal edition vol. 12, No.6. (2016). ISSN: 1857-7881 (print) e – ISSN 1857- 7431.
[32] D. Huan, W. Li, Y. Zeng, X. Zhang, stydy on Urban Landscape Green Space – Acase Study of Longquanshan Park. E3S Web of Conference 272, 01002, 2021. http://doi.org/10.1051/e3sconf/202127201002.
[33] R. Rasoolzadeh, N. Mobarghaee, D. H. Esmaeilzadeh, Y. Rashidi, Investigating the Urban trees' diversity in Tehran – Iran using i-Tree Eco model, Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity,6 (2), 61-73, (2022). DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.6570510.
[34] C. G. Threlfall, A. Ossola, A. K. Hahs, N. S. G. Williams, L. Wilson, S. J. Livesley, Variation in Vegetation Structure and Composition across Urban Green Space Types. Front. Ecol. Evol. 4:66, (2016).
[35] F.S. Santamour, Trees for urban planting: diversity, uniformity and common sense. In Proceedings of the 7th Conference Metropolitan Tree Improvement Alliance (METRIA). 57-65, (1990).

[36] M. Leff, 2016. The Sustainable Urban Forest - A Step-by-step Approach.Davey Institute and USDA Forest Service.
[37] M. B. Brashears, M. A. Fajvan, T.M. Schuler, An Assessment of Canopy Stratification and Tree Species Diversity Following Clearcutting in Central Appalachian Hardwoods. Forest Science. 50(1):54–64, (2004).
[38] M.P.M. Aidar, J.R.L. Godoy, Bergmann, J. and C.A. Joly, Atlantic forest succession over calcareous soil, Parque Estadual Turísitico do Alto Ribeira PETAR, SP. Revista Brasileira de Botânica 24:455-469, (2001).
[39] A. E. Magurran , Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm, London. (1988).
[40] E. C. Pielou, The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Bio V13, p 131-144, (1966).
[41] N. L. R. Love, V. Nguyen, C. Pawlak, A. Pineda, J.L. Reimer, J.M. Yost, G.A. Fricker, J.D. Ventura, J.M. Doremus, T. Crow, M.K. Ritter, Diversity and structure in California′s urban forest: What over six million data points tell us about one of the world′s laregest urban forests. Urban Forestry & Urban Greening 74. 127679, (2022). www. elsevier.com/locate/ufug.
[42] A. Zuring, J. Grootens, Diversiteit in de Nederlandse bomenbestanden. (Diversity in the Dutch tree inventories). July, (2015). http://issu.com/madeinvelp/docs/onderzo eksrapport-72-dpi.
[43] N. J. Galle, D. Halpern, S. Nitoslawski, F. Duarte, C. Ratti, F. Pilla, Mapping the diversity of street tree inventories across eight cities internationally using open data. Urban Forestry & Urban Greening 61 127099. (2021).
[44] D. Kendal, C. Dobbs, VI. Lohr, Global patterns of diversity in the urban forest: is there evidence to support the 10/20/30 rule? Urban For Urban Green 13:411–417, (2014) doi:10.1016/j.ufug. (2014). 04.004
[45] F. J. Moshood, M. O. Muhali, E. A. Ugbong, Evaluation urban tree diversity and the "10- 20- 30" rule of urban forestry in Ilorin metropolis, Nigeria. Journal of Agriculture and Environment Vol. 20 No. 2: 177- 187, (2024).
[46] C. Y. Jim, and H. T. Liu, Species Diversity of Three Major Urban Forest Types in Guangzhou City, China. Forest Ecology and Management 146: 99-114, (2001) https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00449-7
[47] W.A Kenney. P.J. van Wassenaer, A.L. Satel, Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. Arboricult Urban For 37:108–117, (2011).
[48] D. Zhang, H. Zheng, X. He, Z. Ren, C. Zhai,. X. Yu, Z. Mao, P. Wang, Effects of forest type and urbanization on species composition and diversity of urban forest in Changchun,Northeast China Urban Ecosyst 19:455–47, (2016).
[49] J. Morgenroth, D. J. Nowak, A. K. Koeser, DBH distributions in american′s urban forests – an overview of structural diversty. Forest 11: 135, (2020).
[50] J. Yang, J. Zhou, Y. Ke, J. Xiao, 2012. Assessing the structure and stability of street trees in Lhasa, China. Urban Forestry & Urban Greening Volume 11, Issue 4, P 432-438. http://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.07.002.
[51] N.A. Richards, Diversity and stability in a street tree population. Urban Ecol. 7, 159–171, (1983).https://doi.org/10.1016/0304-4009(83)90034-7.
[52] S. Pauleit, Urban street tree plantings: identifying the key requirements. Proc Inst Civ Eng – Munic Eng 156:43–50, (2003).
[53] R. P. Thompson, J. L. Reimer, The State of Urban and Community Forest in California. Urban forest Ecosystems Institute, California Polytechnic State University San Luis Obispo, [2018].

[54] Z. Ma, P. Zhang, N. Hu, G. Wang, Y. Dong, Y. Guo, Ch. Wang, Y. Fu, Z. Ren, Understandingthe drivers of woody plant diversity in urban parks in a snow climate city in China. J. For. Res. 34, 1021-1032 (2023). Https://doi.org./10.1007/s11676-022-01535-9.
[55] C-R. Chang, M-C. Chen, M.-H. Su, Natural versus human drivers of plant diversity in urban parks and the anthropogenic species-area hypotheses. Landsc. Urban Plan. 208,104023, (2021).
[56] N. Xiao, X. Sun, G. Liu, H. Li, Assessment of Urban Biodiversity : A case Study of Beijing City, China. (2022). DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.106264.
[57] J. Liu, F. Silk, Are street trees Friendly to biodiversity?. Landscape and urban planning 218(1780): 104304, (2021).
[58] M. Ngilinga, F.Bondekwe, S. Alongo, Diversité floristique des arbres d′alignement de qulques voiries publiques de la commune Tshopo dans la ville de Kisangani, RD Congo. J. Agroecol. Env. Res. 1 (1) :29 – 37, (2022). http://www.laecolie.org/revue.
[59] M. Mckinney, Urbanisation as a major cause of biotic homogenization. Biological Concervation 127, 247- 260, (2006).
[60] A.R. Dos Santos, C.F. da Rocha, H.G. Bergallo, Native and exotic species in the urban landscape of the city of Rio di Janeiro, Brazil: density, richness and arboreal deficit. Urban Ecosyst, (2010). doi:10.1007/s11252-009-0113-z.
[61] B. Alcheikh, R. Youness, D. Najar, S. Allan, Functional diversity in the parks of Latakia city, Syria, Syrian Journal of Agriculture Research- SJAR: 325- 341 (2025). (in Arabic).
[62] Y.U. Sikuzani, A. M. Kalenga, J. Y. Mleci, D. N′T. Nghonda, F. Malaisse, J. Bogaert, Assessment of Street Tree Diversity, Structure and Protection in Planned and Unplanned Neighborhoods of Lubumbashi City (DR Congo). Sustanability 14, 3830. (2022). http://doi.org/10.3390/su14073830.
[63] Z. Lososovà, M. Chytrý, L. Tichý, J. Danihelka, K. Fajmon, O. Kintrová, I. Kühn, D. Láníková, Z. Otýpková, et al, Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 cities of central Europe. Global Ecology Biogeogr. 21: 545- 555, (2012).
[64] B. Ncangu , A. Birhaheka, I. Makelele and G. Lmani, Invasive species Lantana camara (Verbenaceae) and its impact on herbaceous plants diversity in Bukavu (South Kivu province, D. R. Congo), Annales des Sciences et des Sciences Appliquées, Vol. 5(1), pp. 61-76, (2023).
[65] B. Alcheikh, Biodiversity In The Urban Ecosystem Case Study: Latkia City, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Biological Sciences Series Vol. (34) No. (2) (2012). (in Arabic).
[66] M. Dardour, El. Daroui, A. Boukroute, A. Berrichi, Inventaire et état sanitaire des arbres d′alignement de la ville de Saïdia (Morac oriental). Revue «Nature& Technologie». C- Sciences de l′Environnement, n° 10, (2014).
[67] H. Ögce, E. Şatıroğlu, F. Bekiryazıcı, D. Dincer, Comparing urban Parks'woody plant diversity in seven different locations of Turkey.Forestist, 72(3), 266-274, (2022).
[68] N. Monalisa-Francisco, FN. Ramos, Composition and Functional Diversity of the Urban Flora of Alfenas-MG, Brazil. Floresta e Ambiente; 26(3), (2019). e20171110 https://doi.org/10.1590/2179-8087.111017.