

DOI: [10.29252/ARIDBIOM.2023.18729.1900](https://doi.org/10.29252/ARIDBIOM.2023.18729.1900)

ارزیابی کمبود فضای رشد، پایداری و کیفیت درختان کاج الدار و نارون چتری در فضای سبز دانشگاه یزد (مقاله پژوهشی)

- ۱- فهیمه بیات، دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲- بهمن کیانی*، دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
bnkiani@yazd.ac.ir
۳- محمد هدایتی آینه، دانشجوی دکتری مهندسی مواد و متالوژی، دانشکده مهندسی معدن و متالوژی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۴- مهران روح‌نیا، استاد گروه علوم صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

چکیده

طراحی مناسب فضای سبز در مراکز آموزشی باعث افزایش نشاط و تضمین امنیت جانی کاربران از یک طرف و کاهش هزینه‌ها از سوی دیگر می‌شود. هدف از این پژوهش برآورد میزان کمبود فضای رشد ریشه و تاج مهم‌ترین درختان فضای سبز دانشگاه یزد بوده است. ابتدا ۱۲۴ اصله درخت کاج الدار و ۱۰۲ اصله درخت نارون چتری به‌صورت تصادفی در قسمت‌های مختلف دانشگاه انتخاب و مشخصات ریخت‌شناسی آنها اندازه‌گیری شد. از ضریب قدکشیدگی، برای تعیین حساسیت درختان به بادافتادگی استفاده شد. برای تعیین کمبود فضای رشد تاج، مساحت تاج پنج درصد از بزرگ‌ترین درختان و برای محاسبه کمبود فضای رشد ریشه، از استاندارد بریتانیا استفاده و طبقه‌بندی فراوانی انجام شد. نتایج نشان داد میانگین ضریب قدکشیدگی کاج الدار و نارون چتری، به ترتیب ۵۶/۸۵ و ۵۱/۲۱ بوده و بر اساس طبقه‌بندی‌های موجود، ۸۷/۱ درصد درختان کاج الدار و ۴۲/۲ درصد درختان نارون چتری در وضعیت پایدار قرار دارند. همچنین ۹۶ درصد درختان نارون و ۹۴/۴۰ درصد درختان کاج الدار فاصله کاشت ناکافی داشته و برای رسیدن به حداکثر ابعاد تاج، فضای کافی در اختیار ندارند. براساس نتایج، ۷۷ درصد درختان کاج الدار و ۵۴ درصد درختان نارون چتری نیز با کمبود فضای رشد ریشه مواجه بودند. بررسی توپوگرافی بافت‌های تنه درختان با تکنولوژی مافوق صوت نشان داد که پوسیدگی فقط در برخی درختان بادشکسته وجود دارد. بر اساس نتایج، تعبیه فضای کافی برای رشد تاج و ریشه‌ها با هدف کاهش امکان ریشه‌کنی و همچنین صرفه‌جویی در هزینه‌ها، قبل از طراحی محوطه‌ها و ساخت جداول و پیاده‌روها توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بادشکستگی، درختکاری، ضریب قدکشیدگی، فاصله کاشت، نسبت تاج.

مقدمه

این فضاها را باید جزو مهم‌ترین عوامل پایداری محیط طبیعی و انسانی در شهرها دانست [۲۰]. جنگلکاری شهری به عنوان یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین کاربری‌ها در شهرهای امروزی می‌تواند نقش مهمی در سالم‌سازی چهره فیزیکی شهر و همچنین تأمین سلامت جسم و روح شهروندان بازی کند [۳۴].

وجود فضای سبز در محیط دانشگاه آن را زیبا می‌کند و اضطراب را کاهش می‌دهد. طراحی مناسب فضای سبز

اهمیت و نقش فضای سبز شهری در حیات شهرها و پایداری آنها و تأثیرات فیزیکی و طبیعی آن در سیستم شهری و بازدهی‌های مختلف اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی آن انکارناپذیر است. مقوله فضای سبز شهری یک مقوله نسبتاً جدید در مدیریت شهری در ایران است [۳۴]. فضای سبز هم به دلیل اهمیت تفریحی و هم به واسطه نقش‌داشتن در تعدیل هوا و پرورش روحی و جسمی استفاده‌کنندگان، ارزشمند است [۱۲].

صورت وجود دگرآسیبی یا زیادبودن حجم لاشبرگ درختان سوزنی‌برگ همچون کاج که در آشکوب بالا قرار دارند بیشتر بارز است.

تا کنون پژوهش‌های اندکی در مورد فضای مورد نیاز برای رشد تاج و ریشه درختان انجام شده و به ندرت به محاسبه کمبود فضای رشد برای درختان شهری پرداخته شده است. منابع موجود نیز بیشتر به بیان استانداردهای مشخص شده توسط سازمان‌های فعال در زمینه پارک‌ها و فضای سبز و انجمن‌های بین‌المللی پرداخته و کمتر کار پژوهشی دیده می‌شود. نتایج پژوهشی که به بررسی مدیریت سیستم‌های ریشه درختان شهری پرداخته، نشان می‌دهند که ریشه‌های درخت معمولاً در بخش‌هایی که امکان دسترسی به اکسیژن را داشته باشند توسعه می‌یابند. ریشه‌ها در اطراف تنه مستقر می‌شوند و زیر آسفالت‌ها و سنگفرش‌های بدون تهویه نفوذ نمی‌کنند. بر همین اساس سطوح سخت محدودکننده توسعه ریشه محسوب می‌شوند [۲۱].

همچنین در برخی پژوهش‌ها مشخص شده که توسعه تاج تابعی از افزایش قطر برابر سینه درخت است. از طرفی درختان مجاور، محدودکننده توسعه تاج می‌باشند [۸]. در تحقیقی، اندازه تاج و نیاز به فضا برای درختان در مراکز شهری در مورد ۲۲ گونه درختی در جنوب آلمان بررسی شد. نتایج نشان داد که اندازه تاج درخت تأثیر مستقیمی روی رشد درخت و خطرانی که باد برای درخت دارد، می‌گذارد [۲۹]. نتایج بررسی نیاز درختان در شش محیط شهری در جنوب آلمان نشان داد، که برخی گونه‌ها به خاطر محدودیت فضای رشد تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این محدودیت شامل تاج و ریشه است و نوع سنگفرش در این میان، تأثیر مهمی در رشد درختان دارد [۶].

درخصوص حساسیت به بادافتادگی و ضریب قدکشیدگی مطالعات متعددی انجام شده است که از جمله می‌توان به بررسی انجام شده در پارک لویزان اشاره نمود. در این بررسی مشخص شد که میانگین ضریب قدکشیدگی برای کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) در این پارک جنگلی برابر ۳۶/۸ می‌باشد [۹]. همچنین در بررسی اثر متقابل باد و درختان و درختچه‌های فضای سبز شهری و راه‌های کاهش خسارت باد مشخص شده است که

در مراکز آموزشی باعث افزایش تحرک بدنی و فیزیکی کاربران می‌گردد [۲۸]. امروزه در مدیریت جنگل‌های شهری به خطرآفرینی درختان اهمیت خاصی داده می‌شود. همچنین نمی‌توان بطور مرتب درختان خطرآفرین و غیرخطرآفرین را از هم جدا کرد، زیرا همه درختان پتانسیل خطرآفرینی را دارند [۲۳].

به طور کلی برای کاهش خسارهای ناشی از باد روی فضای سبز شهری باید به مواردی همچون پرهیز از کاشت گونه‌هایی که مقاومت مکانیکی ضعیفی در مقابل باد دارند، مخصوصاً در فضای سبز خیابان، ترویج استفاده از گونه‌هایی که ضمن داشتن ویژگی‌های لازم جهت طراحی فضای سبز شهری در مقابل باد مقاوم هستند و رعایت فاصله منطقی درختان و درختچه‌ها از ساختمان‌ها توجه نمود [۱۳].

ضریب قدکشیدگی^۱ که از نسبت بین ارتفاع کل به قطر برابر سینه درخت بدست می‌آید، یکی از شاخص‌های مهم پایداری درخت در برابر بادافتادگی و بیانگر محیط رشد پیرامون درخت است. از این ضریب به عنوان شاخص مقاومت در برابر بادافتادگی و برف و همچنین به عنوان شاخص رقابت استفاده می‌شود [۲].

انتخاب فاصله کاشت مناسب یکی از عوامل مهم در کاهش رقابت و موفقیت جنگلکاری‌ها از یک سو و صرفه‌جویی در هزینه‌ها از سوی دیگر محسوب می‌شود [۱۱]. فاصله کاشت بر ضریب قدکشیدگی که یکی از شاخص‌های مهم در تعیین پایداری توده‌های جنگلی است مؤثر است [۷]. در نظر گرفتن فاصله کاشت زیاد، میزان هزینه کاشت را کاهش داده اما با کاهش رشد ارتفاعی، درختان دیرتر به مرحله سایه‌اندازی می‌رسند. با تعیین فاصله کاشت مناسب، همچنین می‌توان ارزیابی کیفی از توده‌های دست‌کاشت انجام و برنامه‌ریزی دقیق‌تری جهت انجام عملیات پرورشی به کار بست و اتلاف هزینه و زمان را کاهش داد [۱۶].

معمولاً در فاصله کاشت ناکافی، درختان نمی‌توانند به پتانسیل واقعی خود برای رشد، سایه‌اندازی و زیبایی منظر دست پیدا کنند. همچنین رقابت ممکن است موجب آسیب و از بین رفتن برخی از آنها شود. این مسأله در

^۱- Slenderness index

با توجه به تغییرات آب‌وهوایی و وزش تندبادهای شدید، بررسی حساسیت گونه‌های درختی در فضای سبز آموزشی دانشگاه‌ها که همواره مورد تردد دانشجویان و دیگر اقدار قرار می‌گیرد دارای اهمیت زیادی است. با این بررسی می‌توان درختان حساس را تعیین و اقدامات لازم را در مورد آنها انجام داد. با بررسی فضای رشد فعلی و رقابت درختان می‌توان در مورد فاصله کاشت بهینه به منظور کاهش هزینه‌ها نیز اظهار نظر نمود. خسارت‌های طوفان و باد به درختان تا حد زیادی به ویژگی‌های مورفولوژیک، آناتومیک و مقاومت آنها در برابر عوامل محیطی بستگی دارد [۱۸].

زمانی که ریشه‌دوانی درخت محدود باشد مقاومت آن در برابر باد کمتر است. تندباد و گردباد باعث افتادن درختان مسن با تاج و شاخ‌وبرگ زیاد می‌شوند. همچنین در نواحی که خاک کم عمق است درختان نسبت به بادافتادگی آسیب پذیرتر می‌شوند [۲۲]. بررسی شکل و ابعاد و فضای رشد ریشه و تاج درختان برای داشتن ارزیابی از میزان آسیب‌پذیری آنها ضروری است.

این پژوهش با هدف بررسی فضای رشد و حساسیت درختان کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) و نارون چتری (*Ulmus umberaculifera*) به بادافتادگی در فضای سبز دانشگاه یزد انجام شده است. در این بررسی نخستین بار از استانداردهای بریتانیا، انجمن بین‌المللی درختکاری و همچنین مراجع معتبر در محاسبه کمبود فضای رشد ریشه و تاج درختان فضای سبز استفاده شده است. همچنین تکنیک غیرمخرب توموگرافی با استفاده از امواج مافوق صوت برای بررسی وضعیت بافت‌های تنه درختان به کار گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان یزد با مساحت ۱۳۱۶۰۰ کیلومتر مربع در مرکز ایران و بین عرض‌های ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی واقع شده [۲۶] و آب‌وهوای خشک دارد [۲۵]. دانشگاه یزد به عنوان دانشگاه مادر استان، با تلاش و برنامه‌ریزی مستمر موفق به ایجاد

با بهره‌گیری از گونه‌های مقاوم و ایجاد بادشکن‌های نفوذپذیر می‌توان تا حدود زیادی از خسارت‌های باد روی فضای سبز شهری کاست [۲].

نتایج بررسی خطرآفرینی درختان کاج الدار در شهرستان بابل، نشان داد که مشکلات ریشه با ۶۵ درصد از تعداد کل درختان، بیشترین سهم را در خطرآفرینی درختان کاج دارند. بسیاری از این درختان باید قطع شده و در مورد سایر درختان نیز باید اقدامات اصلاحی از جمله هرس تاج انجام شود [۲۳].

در پژوهشی به بررسی اثر فاصله کاشت در رشد و عملکرد کاج الدار در پارک شهید پایدار اردکان پرداخته شد. نتایج نشان داد که این درختان در فاصله کاشت بیشتر، از نظر پایداری اکولوژیکی در وضعیت بهتری قرار دارند [۱۶]. در بررسی اهمیت خطرات درختان نارون *Ulmus carpinifolia* و *Ulmus umberaculifera* در شهرکرد مشخص شد که دو معیار پوسیدگی پیشرفته و زخم روی تنه و ریشه به ترتیب با ۳۹ و ۳۱ درصد از کل درختان، بیشترین سهم را در خطرآفرینی درختان نارون دارند، در حالی که مشکلات ریشه با ۲۲ درصد کم‌ترین سهم را داشته‌اند. این امر به علت سنگ‌فرش نبودن معابر پیاده و عدم آسیب ریشه‌ای مانند از بین بردن ریشه‌ها توسط انسان بوده است [۲۴].

بررسی عوامل بوم‌شناختی مؤثر در بادافتادگی و ریشه‌کن شدن درختان در حوزه غرب هراز نشان داد که ارتباط مثبتی بین ارتفاع درختان و شدت باد که منجر به افتادن درخت می‌شود، وجود دارد [۳]. در یک پژوهش، مقاومت درختان در برابر بادافتادگی با استفاده از تکنیک‌های غیرمخرب در دانشگاه مجارستان بررسی و استفاده از آن برای ارزیابی سلامت بافت‌های درختان مورد تأکید قرار گرفت [۴].

در خصوص استفاده از فنآوری مافوق صوت و روش برش‌نگاری^۱ در تعیین پوسیدگی‌های داخلی و غیرقابل مشاهده درختان نیز باید گفت این فناوری در کشور، نوپا بوده و تحقیقات محدودی در این زمینه انجام شده است [۳۰، ۳۱، ۲۷ و ۱۹].

^۱- Tomography

محاسبات ریاضی و آماری در نرم افزار SPSS و رسم نمودارها در نرم افزار Excel انجام شد. محاسبات شامل فضای رشد تاج، فضای رشد ریشه و ضریب قدکشیدگی و بررسی‌ها شامل وضعیت کیفی ظاهری و پوسیدگی درون تنه با تکنولوژی توموگرافی بودند. ضریب قدکشیدگی (رابطه ۲) که از تقسیم ارتفاع کل درخت به قطر برابر سینه به دست می‌آید، رابطه مستقیم با ریسک شکستگی ساقه و باد افتادگی دارد [۱۴].

$$\rho = \frac{h}{d} \quad (2)$$

که در آن: ρ ضریب قدکشیدگی، h ارتفاع درخت بر حسب متر و d قطر برابر سینه درخت بر حسب متر هستند. مقادیر بیش از ۱۰۰، مشخص‌کننده درختان بسیار ناپایدار، مقادیر ۸۰-۱۰۰ درختان ناپایدار، ۵۰-۸۰ درختان پایدار و مقادیر کمتر از ۴۵ درختان کاملاً پایدار است [۱۸].

به منظور محاسبه فضای رشد مورد نیاز برای تاج درختان کاج الدار، مشخصات تاج پنج درصد از بزرگ‌ترین درختان نمونه در نظر گرفته و اختلاف آن با فضای در دسترس به عنوان کمبود فضای رشد تاج در نظر گرفته شد [۱۴]. در اینجا فرض شد که تاج درختان حداکثر تا وسط تنه درختان مجاور و در صورت وجود سطح سخت تا وسط تنه درخت موجود در سمت مقابل رشد می‌کنند (شکل ۱).

به منظور محاسبه فضای رشد موجود برای ریشه، فرض شد که ریشه درختان حداکثر تا وسط تنه درختان مجاور و در صورت وجود سطح سخت، تا لبه این سطح رشد می‌کنند (شکل ۱). بر این اساس فضای مذکور بر حسب مترمربع محاسبه گردید. فضای رشد مورد نیاز برای توسعه ریشه هر درخت نیز بر اساس استاندارد بریتانیا [۱] و انجمن بین‌المللی درختکاری [۳۳] که در واقع یک رابطه در دو شکل متفاوت هستند محاسبه شد (رابطه ۳) و اختلاف فضای موجود و فضای محاسبه شده با استاندارد، به عنوان کمبود فضای رشد ریشه در نظر گرفته شد.

مجموعه فضای سبز ۳۰ هکتاری شده که باتوجه به اقلیم استان، از نظر کمی و کیفی بسیار جالب توجه است. سایت اصلی دانشگاه یزد در محدوده جغرافیایی ۱۰" ۴۹' ۳۱° تا ۳۳' ۵۰' ۳۱° عرض شمالی و ۳۰" ۲۰' ۵۴° تا ۴۹' ۲۱' ۵۴° طول شرقی قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا در این بخش ۱۲۵۰ متر بوده، متوسط بارندگی سالیانه ۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد است. در فضای سبز دانشگاه یزد گونه‌هایی نظیر کاج تهران، نارون چتری، افاقیا، زیتون تلخ، زیتون خوراکی، زبان گنجشک، کاج بادامی، اکالیپتوس و سنجد تلخ به چشم می‌خورند و در اغلب بخش‌ها به صورت قطره‌ای آبیاری می‌شوند.

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش، ابتدا با گردش در محوطه دانشگاه، لکه‌های مختلف درختکاری در بخش‌های مختلف مشخص شد. در مجموع ۱۲۴ درخت کاج الدار و ۱۰۲ درخت نارون چتری که از نظر قطر و ارتفاع و ابعاد تاج تنوع کافی داشتند، به صورت تصادفی در ردیف‌های موجود اندازه‌گیری شدند.

مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری شامل قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج، فاصله تا درختان مجاور در چهار طرف، فاصله تا سطح سخت در چهار طرف بودند. به منظور اطمینان از کافی بودن تعداد نمونه، از فرمول حدکفایت به شرح زیر استفاده شد و اطمینان به عمل آمد که مقدار خطا کمتر از ۱۰ درصد باشد [۱۷].

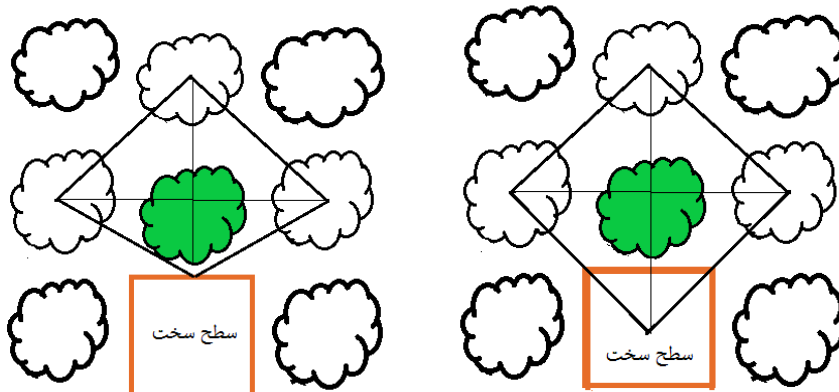
$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2})^2 \times CV^2}{E^2} \quad (1)$$

در این رابطه $Z_{1-\alpha/2}$ مقداری از جدول نرمال توزیع استاندارد در سطح ۹۵ درصد و برابر ۱/۹۶ است. همچنین CV ضریب تغییرات صفت مورد علاقه بر حسب درصد و E نیز اشتباه مجاز نمونه‌برداری بر حسب درصد هستند. پس از ثبت، صحت داده‌ها از نظر یادداشت در کار میدانی و ورود به نرم‌افزار با دقت کنترل شد.

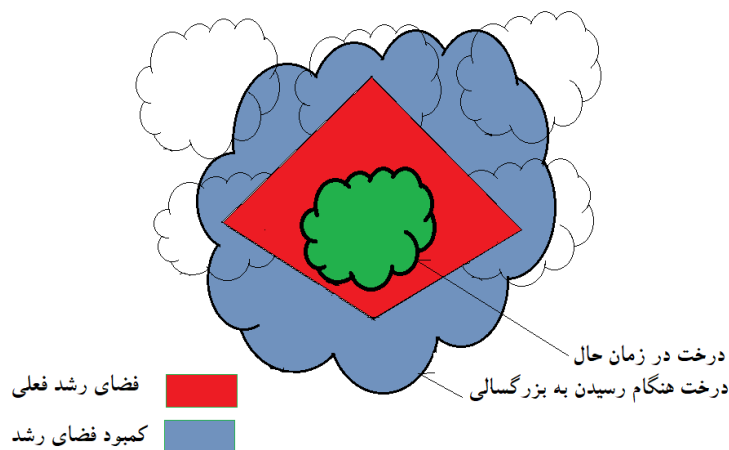
درخت مورد بررسی بر حسب متر هستند. نمای کلی روش تعیین کمبود فضای رشد تاج، در شکل ۲ نمایش داده شده است.

$$A = \left(\frac{(DBH \times 10) \times 112}{1000} \right)^2 \times 3/14 \quad (3)$$

که در آن: A فضای رشد مورد نیاز از نظر استاندارد بریتانیا بر حسب مترمربع و DBH نیز قطر برابر سینه



شکل ۱- نحوه محاسبه فضای در دسترس برای رشد تاج (راست) و ریشه (چپ)



شکل ۲- نحوه تعیین کمبود فضای رشد تاج در مقایسه با ۵ درصد از بزرگترین درختان

نتایج

بررسی حساسیت به بادافتادگی

بررسی ضریب قدکشیدگی درختان کاج الدار، که کاشت آنها هم به صورت محوطه‌ای و هم به صورت ردیفی در حاشیه خیابان‌ها بوده است نشان داد که حداکثر ضریب قدکشیدگی ۱۰۱/۱۸، حداقل ۳۴/۲۵ و میانگین آن ۵۶/۸۵ بود ($n = 124$, $SD = 11/2$).

طبقه‌بندی درختان از نظر ضریب قدکشیدگی نشان داد که اغلب درختان در وضعیت پایدار می‌باشند (جدول ۱). برای نارون چتری، حداقل ضریب قدکشیدگی ۲۰،

مشخصه‌های کیفی شامل شکل تنه (قائم، مایل، قوسی)، چندشاخگی تنه (یک شاخه، دوشاخه، سه شاخه)، تقارن تاج (متقارن، نامتقارن)، کیفیت تنه (مطلوب، نامطلوب) و سلامت درخت (سالم، ناسالم) و وضعیت شاخه‌دوانی (کم شاخه، پرشاخه) به صورت چشمی بررسی و ثبت شد. سلامت بافت‌های تنه درختان نیز با دستگاه توموگراف ساخت شرکت دارکوب بررسی و رسم توموگرام در نرم‌افزار Arborsonic انجام شد. در شکل ۳ نمای کلی دستگاه و نحوه اتصال آن به تنه درخت مشاهده می‌شود.

وضعیت کاملاً پایدار بوده و درصد کمی در وضعیت ناپایدار قرار دارند (جدول ۱).

حداکثر ۱۲۵/۳ و به طور متوسط ۵۱/۲ محاسبه شد (n = ۱۰۲، SD = ۲۱/۱). طبقه‌بندی درختان از نظر ضریب قدکشیدگی نشان داد که نیمی از درختان در



شکل ۳- دستگاه برش‌نگاری درختان سرپا و نحوه اتصال آن به تنه درخت

جدول ۱- طبقه‌بندی درختان بر اساس ضریب قدکشیدگی

گونه	پایداری	ضریب قدکشیدگی	درصد
کاج الدار	بسیار ناپایدار	>۱۰۰	۰/۸۱
	ناپایدار	۱۰۰-۸۰	۳/۲۳
	پایدار	۵۰-۸۰	۸۷/۱۰
	کاملاً پایدار (روییده در فضای باز)	<۴۵	۸/۸۷
نارون چتری	بسیار ناپایدار	>۱۰۰	۲/۹۴
	ناپایدار	۱۰۰-۸۰	۶/۸۶
	پایدار	۵۰-۸۰	۴۲/۱۶
	کاملاً پایدار (روییده در فضای باز)	<۴۵	۴۸/۰۴

نتایج نشان داد که میانگین کمبود فضای رشد بر حسب قطر تاج ۴/۸۴ متر و بر حسب مساحت تاج ۱۸/۰۲ مترمربع است. بر این اساس می‌توان گفت ۹۴/۴۰ درصد درختان کاج الدار با فاصله نامناسب کاشته شده و برای رسیدن به حداکثر ابعاد، فضای کافی برای رشد ندارند. با در نظر گرفتن بیشینه قطر تاج مشاهده شده در سطح دانشگاه (۱۰/۴ متر)، می‌توان گفت ۴۳/۴۸ درصد درختان

بررسی نتایج فضای رشد تاج

میانگین قطر تاج برای پنج درصد از بزرگ‌ترین درختان کاج الدار دانشگاه برابر با ۷/۲۶ متر و میانگین مساحت تاج آنها ۴۱/۳۴ مترمربع محاسبه شد. در مرحله بعد، فضای در دسترس تاج برای رشد با توجه به فاصله درختان از یکدیگر محاسبه شده و تفاوت آن با فضای مورد نیاز تحت عنوان «کمبود فضای رشد» محاسبه گردید.

در حدود ۴-۶ متر و به طور متوسط ۵ متر کمبود فاصله کاشت دارند که از هر طرف ۲/۵ متر خواهد بود. درخصوص گونه نارون چتری، میانگین قطر تاج ۵ درصد از بزرگترین درختان ۷/۶۱ متر و میانگین مساحت تاج آنها ۴۵/۴۸ مترمربع محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین کمبود فضای رشد بر حسب قطر تاج ۵/۶۱ متر و بر حسب مساحت تاج ۲۴/۶۲ متر مربع است. بر این اساس می‌توان گفت ۹۶ درصد درختان نارون چتری با فاصله نامناسب کاشته شده و برای رسیدن به حداکثر ابعاد، فضای کافی برای رشد ندارند.

با در نظر گرفتن بیشینه قطر مشاهده شده در داده‌ها (۱/۶۴ متر) باید گفت ۲۶/۳۲ درصد درختان در حدود ۶-۴ متر و به طور متوسط ۵ متر کمبود فضای رشد دارند که از هر طرف ۲/۵ متر خواهد بود. این کمبود فضا بر حسب مساحت تاج ۲۵-۳ متر مربع خواهد بود. جدول ۲ طبقه بندی را برای ارائه دید بهتر در مورد سهمی از درختان که با کمبود فضای رشد هستند و میزان آن نشان می‌دهد. تعداد طبقات به صورت دلخواه و بر اساس دامنه داده‌ها انتخاب شده‌اند.

جدول ۲- کمبود فضای رشد درختان کاج الدار و نارون چتری

گونه	کمبود فضای رشد (متر مربع)	درصد	کمبود فاصله کاشت (متر)	درصد
کاج الدار	>۲۴/۵	۳۱	>۴/۸	۱۹/۴
	۱۲/۶-۲۴/۵	۴۸	۲/۹-۴/۸	۴۶/۸
	۰/۵-۱۲/۵	۱۵	۰/۸-۲/۸	۲۸/۲
	بدون کمبود	۶	بدون کمبود	۵/۶
نارون چتری	>۲۵/۵	۵۹/۸	>۲/۰۶	۷۰/۶
	۱۳/۱-۲۵/۵	۲۵/۵	۱/۵۶-۲/۰۶	۸/۸
	۰/۵-۱۳	۱۰/۸	۰/۰۵-۱/۵۵	۱۶/۷
	بدون کمبود	۳/۹	بدون کمبود	۳/۹

نتایج بررسی فضای رشد ریشه

به منظور محاسبه فضای رشد موجود برای ریشه، فرض شد که ریشه درختان حداکثر تا وسط تنه درختان مجاور و در صورت وجود سطح سخت، تا لبه این سطح رشد می‌کنند. بر این اساس، فضای مذکور بر حسب مترمربع محاسبه گردید. فضای رشد مورد نیاز برای هر درخت نیز بر اساس استاندارد بریتانیا محاسبه شده و اختلاف این دو به عنوان کمبود فضای رشد ریشه در نظر گرفته شد.

در خصوص کاج الدار نتایج نشان داد که ۷۷ درصد درختان کمبود فضای رشد دارند و تنها ۲۳ درصد درختان بدون کمبود فضای رشد می‌باشند. بیشینه کمبود فضای رشد ریشه با توجه به ابعاد درختان ۳۵/۵ مترمربع و کمینه آن ۰/۲ مترمربع محاسبه گردید. متوسط این مشخصه نیز ۱۰/۷۵ متر مربع بود.

در مورد نارون چتری، نتایج نشان داد که ۵۴ درصد درختان کمبود فضای رشد ریشه داشته و ۴۶ درصد فضای

رشد کافی برای ریشه دارند. بیشینه کمبود فضای رشد ریشه برای این گونه ۹۴/۰۸ مترمربع، کمینه ۰/۰۷ مترمربع و میانگین آن ۱۵/۷۹ متر مربع محاسبه گردید.

نتایج بررسی کیفی

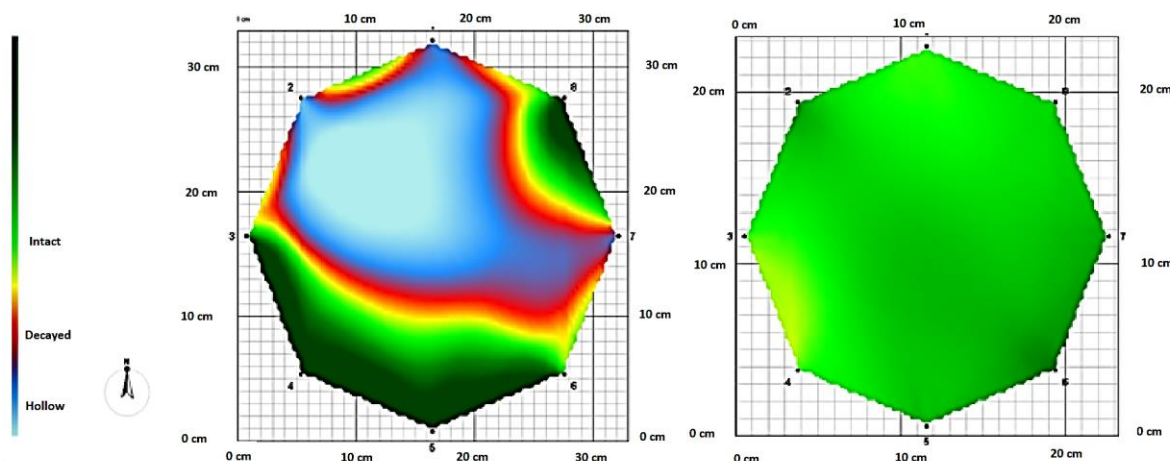
در خصوص کاج الدار، نتایج نشان داد که درختان دارای شکل تنه قائم، بیشترین سهم را دارا هستند. تمام درختان تکشاخه بوده و در مورد ۵۹/۷ درصد درختان، تاج‌ها نامتقارن می‌باشند. حدود ۹۶/۸ درصد درختان کیفیت تنه مطلوب داشته، تمام درختان سالم و ۷۸/۲ درصد درختان کمشاخه هستند.

در مورد نارون چتری، درختان دارای شکل تنه قائم بیشترین سهم را دارا هستند. حدود ۷۰/۶ درصد درختان تکشاخه و در مورد ۷۴/۵ درصد درختان، تاج‌ها نامتقارن می‌باشند. حدود ۸۸/۲ درصد درختان کیفیت تنه مطلوب

کلی، فاقد پوسیدگی داخل تنه هستند مگر این که قبلاً دچار بادشکستگی شده باشند. توموگرام در قسمت برابر سینه یک مورد از درختان سالم و یک مورد از درختان پوسیده در شکل ۳ مشاهده می‌شود. رنگ آبی روشن نشان‌دهنده پوسیدگی یا وجود حفره داخل تنه است.

داشته، ۹۸ درصد درختان سالم و ۸۷/۳ درصد پرشاخه هستند.

در این تحقیق چهار اصله درخت نارون و چهار اصله درخت کاج الدار که در ظاهر آنها علائم بیماری و عدم-سلامت مشاهده می‌شد یا تنومند بودند، مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که درختان کاج و نارون به طور



شکل ۴- توموگرام مقطع یک درخت سالم (چپ) و یک درخت با پوسیدگی داخلی (راست)

ارتباط معنی‌داری وجود دارد [۲۲]. بررسی‌ها در مورد *Pinus pinaster (Ait)* در غرب اروپا نشان داده است که با افزایش تراکم، ضریب قد کشیدگی افزایش و حساسیت به بادافتادگی در درختان بیشتر می‌شود [۵].

نتایج این پژوهش نشان داد که ۹۶ درصد درختان نارون و ۹۴/۴۰ درصد درختان کاج الدار با فاصله نامناسب کاشته شده و برای رسیدن به حداکثر ابعاد، فضای کافی برای رشد ندارند. موارد متعدد در سطح دانشگاه دیده شد که لاشبرگ‌های درختان کاج، تمامی تاج درختان نارون که در زیرآشکوب تحت فشار هستند را فرا گرفته و منجر به ضعف و خشک شدن آنها شده‌اند که به علت کم‌بودن فاصله کاشت اتفاق افتاده است. بهتر است حتی در صورت زیادبودن تراکم کاشت اولیه، با تنک کردن، فضای کافی در اختیار درختان قرار گیرد تا بتوانند به حداکثر توسعه تاجی برسند و بعلاوه موجب آسیب به دیگر درختان نشوند. تحقیقات در این زمینه بیشتر اثر فاصله کاشت را بر رشد قطری، ارتفاعی و حجمی درختان جنگلی مورد بررسی قرار داده‌اند و در مورد درختان شهری اغلب به ارائه یکسری استانداردها بسنده شده است.

بحث

بر اساس نتایج، میانگین ضریب قدکشیدگی کاج الدار ۵۶/۸۵ و نارون چتری ۵۱/۲۱ درصد به دست آمد. درختان کاج الدار دانشگاه یزد جزء درختان با ضریب قدکشیدگی متوسط محسوب می‌شوند. در مقایسه، در تحقیق انجام شده در پارک جنگلی لویزان، میانگین ضریب قدکشیدگی برای کاج الدار ۳۶/۸ به دست آمد [۹] که نشان می‌دهد درختان کاج در فضای سبز دانشگاه یزد بیشتر در معرض استرس باد قرار دارند. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، ۸۷/۱۰ درصد درختان کاج الدار و ۴۲/۱۶ درصد نارون چتری در طبقه درختان پایدار قرار داشتند. باتوجه به ابعاد درختان در کنار ساختمان‌ها و این که ضریب قدکشیدگی این درختان زیاد است، هرس شاخه‌ها تنها تا یک‌سوم ارتفاع توصیه می‌شود.

تحقیقات نشان داده‌اند که بین قطر برابر سینه و ضریب قدکشیدگی درختان یک رابطه کاهشی از نوع نمایی وجود دارد و رابطه معنی‌داری بین ضریب قدکشیدگی با تراکم توده وجود ندارد [۲]. پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده‌اند که بین ضریب قدکشیدگی درختان و میزان بادافتادگی

باتوجه به ارتفاع کم درختان نارون چتری و کاج الدار در فضای سبز دانشگاه یزد، ریشه‌کنی درختان تا کنون مشاهده نشده است. اما در مورد درختان مسن کاج لازم است توجه بیشتری معطوف شود.

تحقیقات در مورد ریشه درختان جوان بلوط نشان داده که اغلب ریشه‌های نگه‌دارنده در فاصله‌ای حدود ۳ برابر قطر تنه قرار دارند. بر این اساس لازم است از کاشت درختان در نزدیکی جدول‌های بتنی و سنگفرش‌ها خودداری شود. در این زمینه استانداردهایی نیز بر اساس قطر برابر سینه درخت تعریف شده است. بر اساس این استانداردها، فاصله کاشت درختان قطور از سطوح سخت حداقل ۰/۵ متر و ترجیحاً ۱/۵ متر باید در نظر گرفته شود تا ریشه فضای کافی برای رشد و لنگربندی درخت داشته باشد [۳۲].

نتایج بررسی کیفی در این پژوهش نشان داد که درختان کاج الدار و نارون دارای فرم تنه قائم بیشترین سهم را دارا می‌باشند. در مورد کاج الدار تمام درختان تک شاخه و در نارون چتری بیشتر درختان، تک‌شاخه و در هر دو تاج‌ها نامتقارن (اختلاف بیش از نیم متر بین دو قطر) هستند. کاج الدار از لحاظ تنه کیفیت مطلوب‌تری داشته و ۹۶/۸ درصد درختان کیفیت تنه مطلوب داشتند. تمامی درختان سالم و کم‌شاخه بودند در حالی که نارون چتری اغلب پرشاخه است. در مطالعات انجام شده در منطقه هره سر و کلاله ارسباران در مورد ۱۲ گونه سوزنی برگ، ۲۸/۴ درصد درختان کاج الدار میزان شاخه‌دوانی زیادی داشتند. این نشان می‌دهد که بسته به شرایط رویشگاهی، وضعیت شاخه دوانی درختان متفاوت است [۱۰].

در این پژوهش مشخص شد که پوسیدگی تنه در درختان فضای سبز دانشگاه فقط در مورد درختان بادشکسته اتفاق می‌افتند. به طور کلی بررسی پوسیدگی درختان برای قطرهای بالا انجام می‌شود. با توجه به اقلیم شهر یزد درختان در فضای سبز با محدودیت‌های زیادی مانند شوری خاک و کمبود مواد آلی مواجه هستند. بر همین اساس درختان به قطرهای خیلی بالا نمی‌رسند. البته می‌توان درختان کم قطر را هم بررسی توموگرافی کرد اما این درختان اصولاً پرخطر محسوب نشده و نیاز به بررسی وضعیت پوسیدگی ندارند.

نتایج تحقیق حاضر در مورد فضای رشد ریشه نشان داد که درختان کاج الدار بیشترین کمبود فضای رشد ریشه را داشته و ۷۷ درصد آنها کمبود فضای رشد ریشه دارند. در مورد گونه نارون چتری این کمبود فضا برای ۵۴ درصد درختان وجود داشت. باید توجه داشت که ریشه‌های درخت معمولاً در بخش‌هایی که امکان دسترسی به اکسیژن را داشته باشند توسعه می‌یابند. آن‌ها معمولاً در اطراف تنه مستقر شده و زیر آسفالت‌ها و سنگفرش‌های بدون تهویه نفوذ نمی‌کنند.

هرچه فضای رشد ریشه‌ها بیشتر باشد، لنگربندی درخت بهتر و مقاومت آن در برابر بادافتادگی بیشتر می‌شود. فراهم کردن فضای کافی برای رشد ریشه و تاج درخت، موجب تقویت سلامت درخت و دیرزیستی آن می‌شود. توسعه ریشه‌ها معمولاً ۲-۴ برابر شعاع تاج (۲-۱ برابر قطر تاج) می‌باشد و ۶۰٪ ریشه‌ها در بیرون از لبه تاج قرار می‌گیرند [۲۱].

در بررسی خطر آفرینی درختان کاج الدار در شهرستان بابل مشخص شد که مشکلات ریشه در ۶۵ درصد از تعداد کل درختان دیده شده و بیشترین سهم را در خطر آفرینی دارند. همچنین ۱۰ درصد از کل درختان در حاشیه خیابان در طبقه بسیار خطرناک قرار دارند و باید قطع شوند [۲۳]. در مقایسه در تحقیق پیش رو باتوجه به ارتفاع کم درختان، گزینه‌ای برای قطع شناسایی نشد. باید توجه داشت که محاسبه کمبود فضای رشد ریشه در پژوهش پیش رو، مبتنی بر ابعاد درخت بوده و شرایط فعلی را به تصویر می‌کشد. بنابراین با افزایش ابعاد درختان، ممکن است درختان بیشتری با این کمبود مواجه شوند.

نتایج بررسی خطرات درختان نارون چتری و اوجا در شهرکرد نشان داد که مشکلات ریشه با سهم ۲۲ درصد کم‌ترین نقش در خطر آفرینی را داشتند که به علت مدیریت صحیح کاشت، سنگ‌فرش نبودن پیاده‌روها و عدم بروز آسیب به ریشه‌ها می‌باشد [۲۴]. در تحقیق مشابه مشخص شد که درختان با ریشه نامتقارن و محدود، پایداری کمتری دارند و همچنین گسترش تاج و قطر تنه درخت در ارتباط با سطوح آسفالت کاهش می‌یابد [۳۳].

تابش مستقیم خورشید به تنه‌ها، می‌تواند به علت عامل مورد اشاره نیز باشد.

در مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اغلب درختان کاج الدار و نارون چتری دانشگاه یزد بر اساس معیارهای موجود در گروه درختان پایدار قرار دارند. کمبود فاصله کاشت در مورد هر دو گونه وجود دارد که در گونه نارون چتری این کمبود بیشتر بود و مشخص شد که ۹۶ درصد این درختان فاصله کاشت ناکافی دارند.

در مورد فضای رشد ریشه، بر اساس استانداردهای بریتانیا و انجمن بین‌المللی درختکاری، درختان کاج الدار بیشترین درصد کمبود فضای رشد ریشه را داشته (۷۷ درصد) و درختان نارون چتری کمتر با این مشکل مواجه بودند (۵۴ درصد). در بررسی وضعیت کیفی، درختان کاج الدار در وضعیت بهتری قرار داشتند اما به طور کلی شکاف‌خوردگی پوست، در اغلب درختان حاشیه خیابان‌ها برای هر دو گونه بویژه نارون چتری دیده می‌شود که نیازمند اقدامات پیشگیرانه مانند رنگ‌کردن یا پارچه‌پیچی تنه‌هاست.

درختان کاج الدار باتوجه به ارتفاع بیشتر و نسبت تاج کمتر، بویژه اگر هرس شده باشند ریسک بادافتادگی بالاتری دارند. بنابراین هرس تنه آنها حداکثر تا یک‌سوم ارتفاع توصیه می‌شود. درختان نارون چتری ریسک کمتری در مقابل باد افتادگی دارند اما در برابر بادشکستگی حساس هستند که نیازمند اقدامات احتیاطی در مسیرهای پرتردد از جمله بستن شاخه‌ها و هرس شاخه‌هایی است که ارتباط محکمی با تنه ندارند. تکنولوژی توموگرافی می‌تواند به خوبی پوسیدگی درونی تنه درختان را نشان دهد و به عنوان یک تکنیک قدرتمند برای مدیریت درختان در فضای سبز شهری قابل توصیه است.

درختانی پر خطر محسوب می‌شوند که ابعاد بزرگ داشته و همچنین در معابر پر تردد قرار داشته باشند. در تحقیق پیش رو، تجهیزات راداری برای نقشه‌سازی موقعیت ریشه درختان مورد مطالعه وجود نداشت. به طور کلی درختان کاج و نارون ریشه عمیق هستند. بر این اساس با رعایت ارتفاع هرس مناسب و در دسترس قرار دادن فضای کافی برای رشد ریشه و تاج، امکان بادافتادگی در مورد آنها به حداقل می‌رسد.

در برخی تحقیقات، مقاومت درختان در برابر بادافتادگی با استفاده از ثبت عکس‌العمل درخت (تنه و ریشه) در برابر کشش توسط کابل بررسی و پیشنهاد شده است که ضریب امنیت درختان در برابر بادافتادگی محاسبه و نقشه ریشه‌های گیاه و موقعیت آنها به منظور ارزیابی احتمال بادافتادگی ترسیم شود [۴].

در فضای سبز دانشگاه یزد بیشتر با خطر بادشکستگی برای درختان نارون و بادافتادگی برای درختان مسن و تنومند کاج مواجه هستیم. در مورد اول، بستن شاخه‌ها با تسمه‌های پلاستیکی مخصوص و هرس شاخه‌هایی که ارتباط سست با تنه دارند و در مورد دوم، خودداری از هرس زیاد از حد تنه توصیه می‌شود. برای جلوگیری از پوسیدگی تنه درختان نیز بستن آنها با نوارهای پارچه‌ای با هدف جلوگیری از تغییرات دمایی کامبیوم و ترک‌خوردن پوست که اغلب در زمستان اتفاق می‌افتد، قابل توصیه است.

نتایج بررسی تأثیر سنگفرش در آسیب‌رساندن به درختان خیابانی در استرالیا نشان داد که سطوحی مانند بتون و آسفالت باعث انتقال گرمای بیشتری به قسمت تنه درخت می‌شود و دمای بالا باعث آسیب مستقیم بافت داخلی درخت می‌شود [۱۵]. بررسی‌های میدانی در سطح دانشگاه نیز نشان می‌دهند که بیشترین آفتاب‌سوختگی تنه درختان در کنار خیابان‌ها وجود دارد که علاوه بر

References

- [1]. Anonymous. (2012). Trees in relation to design, demolition and construction: Recommendations, BSI Standards Limited, London, 50p.
- [2]. Akhavan, R. & Namiranian, M. (2007). Investigation of height coefficient of five important tree species in Caspian forests of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 2(15), 165-180 (in Farsi).
- [3]. Abdollah-zade, B. (2002). Quantitative and qualitative study of Tehran pine species (*Pinus eldarica* Medw) in Lavizan Forest Park. MSc thesis, Tarbiat Modares University, Noor, 38p (in Farsi).

- [4]. Buza, A.K. & Divos, F. (2016). Root stability evaluation with non-destructive techniques. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 12(2), 125-134.
- [5]. Cucchi, V., Meredieo, C., Stokes, A., Coligny, F.D., Suarez, J. & Gardiner, B.A. (2005). Modelling the wind-throw risk for simulated forest stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait). *Forest Ecology and Management*, 213(1-3), 184-196.
- [6]. Dahlhausen, J., Biber, P., Rotzer, TH., Uhl, E., & Pretzsch, H. (2016). Tree species and their space requirements in six urban environments worldwide. *Forests*, 7(6), 111.
- [7]. Faal-khah, A., Ramazani kakroodi, A., Alijanpoor, A. & Banj-shafiee, A. (2016). The effect of planting distance on quantitative and qualitative characteristics of Tabriz poplar trees (*Populus nigra* L.). *Journal of Forest Research and Development*, 2(4), 337-351 (in Farsi).
- [8]. Grote, R. (2003). Estimation of crown radii and crown projection area from stem size and tree position. *Annals of Forest Science*, 60(5), 393-402.
- [9]. Golpoor-sooteh, A. (2017). Investigation of some ecological factors affecting windfall and rooting of trees (Case study of Chamestan - Series 12 of the forestry plan of the western part of Ahvaz. MSc thesis, Semnan University. Semnan, 107p (in Farsi).
- [10]. Gharachoorloo, A., Kiadaliri, H. & Alijanpoor, A. (2010). Quantitative and qualitative study of afforested species in Arasbaran forests (Case study in Harasar and Kalaleh region). *Renewable Natural Resources Research*, 1(1), 71-81 (in Farsi).
- [11]. Hatefi Farajian, M.H. & Hosseini, S.S. (2011). The importance of urban forestry and the introduction of the most important forest medicinal species cultivated in urban green space (Case study of Mashhad city). Regional Conference on Forests and Environment Guaranteeing Sustainable Development. Bushehr, 1-14 (in Farsi).
- [12]. Hoseini, S.A., Veisi, P.R. & Ahmadi P.S. (2012). Study and analyze of Shiraz green space. *Journal of Urban Ecology Researches*, 3(5), 51-70.
- [13]. Iran-nezhaad Parizi, M.H. (2005). Interactions of wind and urban trees and shrubs and ways to reduce wind damage. In: Proceedings of the 1st National Conference on Wind Erosion. Yazd, Iran, 152-161 (in Farsi).
- [14]. Luis, N., Jose, T. & Margarida, T. (2010). Stability of pure even-aged conifer stands In Portugal, Biblioteca Digital do IPB, University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2p.
- [15]. Leers, M., Moore, G.M. & May, P.B. (2017). The effects of paving surfaces and planting orientation on street tree growth and trunk injury. *The International Journal of Urban Forestry*, 39(1), 24-38.
- [16]. Khalife Soltanian, F.A. & Kiani, B. (2015). Effect of Planting Distance on Growth and Yield of *Pinus eldarica* (Medv.) in Shahid-Paydar Park, Ardakan. 2nd International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. Tabriz, 1-9 (in Farsi).
- [17]. Kiani, B. (2014). Applying modern statistics in natural resources, Yazd University publications, Yazd, 522p (in Farsi).
- [18]. Kiani, B. & Madadi, R. (2021). Assessing the risk of wind-throw for Eldar pine trees in Sorkhe-Hesar forest park. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 28(1), 37-52. (in Farsi)
- [19]. Lotfi, S., Saadatnia, M., Moradian, M. & Pour-sartip, L. (2021). Investigation on biomechanical properties of *Pinus nigra* using stress wave technique and resistography, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 36(2), 144-156, (in Farsi).
- [20]. Marsousi, N. & Rashvand S. (2017). Analyze the Trend of Periodic Changes in Urban Green Space in Zanjan from 2006 to 2011 and Provide its Optimal Location Pattern, *Journal of Urban Ecology Researches*, 16(2), 101-118.
- [21]. Moore, G.M. (2008). Managing urban root systems, Treenet, Queensland, 7p.
- [22]. Niazi, KH. (2017). Investigating some factors affecting the growth and initial establishment of pure and tall mixed forests of mazo, pellet, summer and open alder in Gorgan Shast Kalateh forest, MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences

- and Natural Resources. Gorgan, 117p, (in Farsi).
- [23]. Poormajidian, M.R. Hidari, M. falah, A. & Aghajani, H. (2014). Risk Assessment of Iranian Pine Trees (*Pinus Eldarica* Medw Street Case Study: Babol County), *Iranian Journal of Natural Ecosystems*, 5(4), 63-75, (in Farsi).
- [24]. Raeesi Gahroei, M., Jalali, M. & Bahmani, M. (2017). The importance of investigating the dangers of elm trees *ulmus carpinifolia* var and *umbelifera* in urban planning of Saadi and Kashani streets of Shahrekord, 1st National Conference of New Ideas and Technologies in Geographical Sciences. Zanzan, 1-9, (in Farsi).
- [25]. Shirani, F., Mazidi, A. & Khodaghohi, M. (2009). Climatic zoning of Yazd province with multivariate statistical method, *Journal of Geography and Regional Development*, 7(13), 139-157, (in Farsi).
- [26]. Tasharofi, N. & Doostmohamadi, H. (2013). Climatic study of Yazd city based on bioclimatic indicators, 1st National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development. Tehran, 1-15, (in Farsi).
- [27]. Torkaman, J., Zadfallh, M., Naghdi, R., Roohnia, M. & Hedaïati, M. (2021). Evaluation of the internal decay of the *Quercus castaneifolia* tree through the non-destructive test procedure of the acoustic tomography. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 12(1), 163-173, (in Farsi).
- [28]. Sani, H. Seyfi, F. & Farahani, M. (2016). The role and importance of green space in the educational environment (Case study: Faculty of Multimedia, University of Islamic Arts, Tabriz), 4th International Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Tehran, 27-29, (in Farsi).
- [29]. Pretzsch, H., Bibera, P., Uhla, E., Dahlhausen, J., Rotzera, Th., Caldenteyb, J., Koike, T., van Cono, T., Chavanne, A., Seifert, T., Toit, B.D., Farnden, C. & Pauleith, S. (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centers, parks and forests, *Urban Forestry & Urban Greening*. 14, 466-479.
- [30]. Roohnia, M., Jahanlatibari, A., Behnam, B., Zarrinmehr, J., Kohantorabi, M., Manouchehri, N. & Tajdini, A. (2018). Development of tomographic technology (case study: trees from Karaj city), *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 33(1), 100-111, (in Farsi).
- [31]. Sharifpour, P. & Raisi, M. (2020). Investigation of mechanical stability of urban trees by non-destructive testing method, Third National Conference on Knowledge and Innovation in Wood and Paper Industry, Tehran, 1399, 1-15.
- [32]. Smiley, E.T. (2008). Root pruning and stability of young willow oak. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34(2), 123-128.
- [33]. Watson, G.W., Hewitt, A.M., Custic, M. & Lo, M. (2014). The management of tree root systems in urban and suburban settings II: A review of strategies to mitigate human impacts, *Arboriculture & Urban Forestry*, 40(5), 249-271.
- [34]. Yazdi-zadeh, R. & Ashrafzade, M. (2013). Evaluation of national and international standards per capita urban green space, National Conference on Agricultural Pollutants and Food Health, Challenges and Solutions. Ahvaz, 1-6, (in Farsi).

Evaluating the lack of growing space, stability and quality of Eldar pine and Field elm in Yazd University green space (Research Paper)

1- Fahimeh Bayat, M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd. Iran.

2- Bahman Kiani*, Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd. Iran.

bnkiani@yazd.ac.ir

3- Mohammad Hedayati Ayandeh, Ph.D. Student of Material Sciences, Faculty of Mining Engineering and Metallurgy, Yazd University, Yazd, Iran.

4- Mehran Roothnia, Professor, Department of Wood and Paper Industry Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: 27 Oct. 2021

Accepted: 07 Mar. 2022

Abstract

Proper designing of green space in educational centers increases vitality and ensures the safety of users and reduces costs. The purpose of this study was to estimate the lack of root and canopy growth space of the most important green space trees of Yazd University. At first 124 pine and 102 elm trees were randomly selected in different parts of the University and their morphological characteristics were measured. The height/diameter coefficient was used to determine the susceptibility to wind-throw. To determine the shortage of canopy growth space, the canopy area of 5% of the largest trees and to calculate the shortage of root growth space, the British standard were used. Then, classification of frequencies was done. Results showed that the mean height coefficient of pine and elm were 56.85 and 51.21 respectively. About 87.1% of the pines and 42.2% of the elms were in a stable condition. About 96% of the elm trees and 94.4% of the pine trees had insufficient planting distance and therefore, do not have enough space to reach the maximum dimensions of the crown. According to the results, 77% of pines and 54% of elm trees lacked root growth space. Tomographic examination via ultrasonic technology showed decay only in some broken trees. Based on the results, it is recommended to assign enough space for the growth of canopies and roots in order to reduce the possibility of uprooting, before designing the planting areas and building curbs and sidewalks.

Keywords: Arboriculture, crown ratio, planting distance, slenderness coefficient, wind breakage.