دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

بررسی تأثیر گونه‌های درختی فضای سبز شهری در تعدیل دما و رطوبت نسبی محیط پیرامونی (مطالعه موردی: پارک جنگلی آبیدر در سنندج)

جاهده تکیه‌خواه[۱]، سید محسن حسینی[۲]، غلامعلی جلالی[۳]، سید جلیل علوی[۴] و سید عباس اسماعیلی[۵]

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی
۲- استاد دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی
۳- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی، (نویسنده مسوول: gholamalijalali2007@gmail.com)
۴- استادیار دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی
۵- استاد دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشکده منابع طبیعی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱
صفحه: ۴۸ تا ۵۹

چکیده

افزایش دمای محیط شهری یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در شهرها است. هدف از این تحقیق اهمیت تیپ‌های مختلف درختی به‌عنوان راهکاری جهت تعدیل دما و سپس پیشنهاد کشت گونه‌های تعدیل‌کننده دما در شرایط سازگار شهری می‌باشد. جهت این کار ابتدا در هر کدام از تیپ‌های درختی موردنظر (چنار، زبان گنجشک، اقاقیا، سرونقره‌ای و کاج) و یک منطقه بدون پوشش درختی با شرایط فیزیوگرافی مشابه به‌عنوان منطقه شاهد، اندازه‌گیری‌های دما و رطوبت در چهار جهت اصلی و مرکز هر توده در دو فصل تابستان و زمستان به‌وسیله دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتال، در پنج تکرار انجام گرفت. نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین پارامترهای دمایی نشان‌داد که در مناطق با پوشش گیاهی و شاهد، تفاوت معنی‌داری بین میانگین پارامترهای دمایی وجود دارد. به‌طوری‌که مناطق دارای پوشش گیاهی در مقایسه با مناطق شاهد در شرایط مساوی هوا و شرایط فیزیوگرافیکی در تابستان ٦/٤٨٨٥ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر و در زمستان ۳/۱٤ گرم‌تر از محیط پیرامونی می‌باشند. نتایج آزمون توکی نشان داد که از بین گونه‌های مورد بررسی، گونه چنار بیشترین میزان کاهش دما (دمای لحظه‌ای، کمینه و بیشینه دما) در فصل تابستان به‌ترتیب به‌میزان ۱۰/۸۵، ۱۱/۹۵ و ۱۱/۲۵ درجه سانتی‌گراد و گونه سرو نقره‌ای بیشترین میزان افزایش دما (دمای لحظه‌ای، کمینه و بیشینه دما) در فصل زمستان به‌ترتیب با مقادیر ۷/٤۲، ٤/۲۵ و ۷/۰۲۱ سانتی‌گراد را نسبت به محیط اطراف دارا می‌باشد. کل مساحت توده‌های مورد مطالعه ۲/٤۸ هکتار محاسبه شد که به‌ازای این میزان هکتار در فصل تابستان ٦/٤۸ درجه دمای هوا کاهش و ۳/۱٤ درجه در فصل زمستان دمای هوا افزایش یافت. لذا با افزایش هر هکتار فضای سبز از نوع گونه‌های مناسب ۲/٦۱ درجه کاهش دما در تابستان و ۱/۲٦ درجه افزایش دما در زمستان را داریم. نتایج نشان‌داد که نوع پوشش گیاهی می‌توانند اثر قابل‌توجهی بر اقلیم شهری داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم شهری، پارک جنگلی آبیدر، فضای سبز شهری

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و رشد سریع صنعتی یکی از دلایل اصلی تغییرات آب‌وهوایی در جهان است (۱۹). این ممکن است تأثیر زیادی بر زندگی شهروندان شهری داشته باشد. آب‌وهوای محلی مناطق شهری ممکن است به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای توسط عوامل مختلفی از جمله فعالیت‌های انسانی و منابع گرمایی تحت تأثیر قرار گیرد (۱۶).

امروزه یکی از مسائل مهم در مناطق شهری، افزایش دمای هوا سطح زمین به‌دلیل دگرگونی‌های به‌وجود آمده در سطوح طبیعی است که در اثر آن پوشش گیاهی طبیعی حذف‌شده و با سطوح غیرقابل نفوذ، ازجمله سنگ، آسفالت، سیمان و ...، جایگزین شده است (۵). دمای محیط شهری نه‌تنها در اطراف محیط آن تغییر می‌کند، بلکه داخل آن نیز با توجه به‌وجود کاربری‌های اراضی متفاوت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. شناخت این تغییرات، می‌تواند اولین گام در جهت بهبود برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری باشد (۱۹).

لذا یکی از روش‌های مؤثر جهت کنترل دما و رطوبت شهری، استفاده از آثار فضای سبز است (۹). کاشت پوشش گیاهی در مناطق شهری یکی از استراتژی‌های اصلی مورد استفاده برای کاهش اثرات دمایی می‌باشد (۳۱). فضاهای سبز نه‌تنها سبب بهبود مناظر شهری می‌شوند، بلکه می‌توانند اقلیم محیط شهری را با افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای هوای شهری، تنظیم کنند (۹). اهمیت این موضوع به‌اندازه‌ای است که تعدادی از اقلیم‌شناسان به مطالعه‌ی استفاده از گیاهان به‌عنوان یکی از عوامل کنترل‌کننده‌ی خرد اقلیم در محیط شهری پرداخته‌اند (۲۸). وجود درختان و سایر پوشش‌های گیاهی در پارک‌ها و فضاهای سبز، موجب کاهش در فصول گرم سال نسبت به سایر مناطق شهری اطراف آن می‌شود و این عامل شناخته‌شده‌ای جهت جلوگیری از افزایش دمای هوای محیط اطراف آن است (۱۸). پارک‌ها نیز به‌طورمعمول، دمای هوای کمتری نسبت به مناطق اطراف خود دارند. هوای سردتر اغلب از پارک‌ها به مناطق اطراف آن حرکت می‌کند. این میزان خنک‌کنندگی بر مناطق اطراف با افزایش اندازه‌ی پارک و درصد پوشش پارک با درختان تغییر می‌کند (۲۶،۱۳). لذا انتخاب یک گونه مناسب برای جنگل‌کاری نقش مهمی در برنامه‌ریزی آینده مناطق شهری و جنگلی دارد (۸).

درختان و گیاهان با ایجاد سایه و تبخیر و تعرق می‌توانند موجب کاهش دمای هوا شوند (۱،۵،۱۸). پوشش‌های گیاهی همچنین می‌توانند تابش‌های انتشاری و انعکاسی از آسمان و

سطوح مختلف مثل شیشه، سیمان و بام‌ها را دریافت‌کنند و به‌این ترتیب باعث اصلاح تبادلات حرارتی درون فضای شهری شوند (۲۳). میزان تشعشع خورشیدی که به‌طور واقعی توسط تاج یک پوشش گیاهی دریافت می‌شود به ویژگی‌های مرفولوژیکی نظیر میزان انبوهی یا پیوستگی درون تاج، اندازه، نوع و زاویه برگ‌ها و عمق یا تراکم لایه‌های تاج درخت تعیین می‌شود.

بنابراین، با تأثیرگذاری بر دمای هوا، فضای سبز شهری به‌طور غیرمستقیم بر کیفیت هوا، سلامتی انسان و میزان استفاده از انرژی در ساختمان‌ها مؤثر است (۱۳). امروزه تحقیقات بسیاری به اهمیت انواع پوشش‌های شهری ازجمله درختان کنار خیابان، باغ‌های شخصی و عمومی، پارک‌ها و جنگل‌های شهری اشاره و از نتایج آن در طراحی و مدیریت شهری استفاده نمودند (۱۵).

در سطح جهانی و داخلی تاکنون مطالعات شایان توجهی در خصوص بررسی تأثیر فضای سبز بر دما صورت گرفته است. در ادامه خلاصه‌ای از تحقیقات صورت گرفته پیرامون موضوع مدنظر آمده است؛ اما در این تحقیقات کمتر به بررسی تأثیر گونه‌های گیاهی مختلف بر کاهش دما در تابستان و افزایش دما در زمستان توجه شده است.

کوباشی و کای (۱۷)، به بررسی استفاده‌ی فضای‌سبز شهری جهت بهبود دمای محیط پیرامونی با هدف سنجش استفاده از هوای خنک و چگونگی بسط آن در محیط شهری پرداختند. نتایج نشان داد که در حدود ۸۰ تا ۹۰ متر فاصله از مرز محدوده فضای‌سبز مورد بررسی، دما تا حدود ۲/۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد.

گیو و همکاران (۲۲)، به بررسی اثرات فضای سبز در یک منطقه نیمه گرمسیری در چین پرداختند. در این تحقیق اثر خنک‌سازی پوشش گیاهی در مناطق مختلف شهری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی دمای هوا را نسبت به محیط اطراف تا ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد؛ که در مقایسه با سایر سازه‌های شهری، آب‌های شهری دمای هوا تا ۰/۹ درجه سانتی‌گراد، کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش و توسعه فضای سبز شهری می‌تواند راهی مفید برای بهبود محیط حرارتی شهری و کاهش دما باشد.

خیانگ و همکاران (۲۹)، به بررسی تأثیر ویژگی‌های فضای سبز شهری بر دما در پارک صنعتی سوژو در کشور چین پرداختند. متوسط دما در ۱۵ توده فضای سبز با ویژگی‌های فضایی متفاوت در سطح پارک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در هر کدام از توده‌های مورد بررسی، نوع گونه، شاخص سطح برگ، تراکم و حجم تاج پوشش، تعداد درخت در هکتار و ... مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر خنک‌کنندگی فضای سبز از نظر دما نسبت به محیط اطراف بیشتر می‌باشد. همچنین مشخص گردید که اثرات بیشتر خنک‌کنندگی دمای هوا عمدتاً به وسیله نوع گونه گیاهی، تعداد درختان در پارک و تراکم تاج پوشش تعیین می‌شود. لذا پیشنهاد گردید جهت توسعه فضای سبز شهری گونه‌هایی کشت گردد که قابلیت خنک‌کنندگی بیشتری داشته باشند.

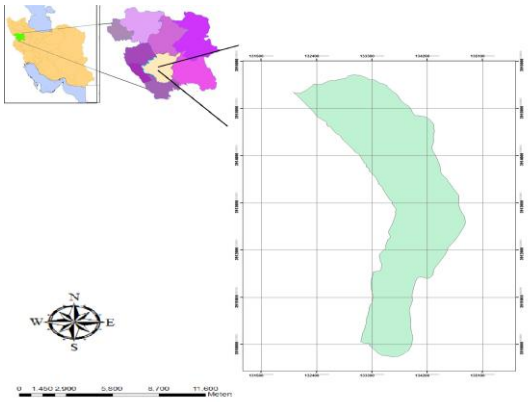
هانگ و همکاران (۱۵)، به بررسی نقش فضای سبز در تعدیل دما در دو فصل تابستان و زمستان در شهر هاربین پرداختند. رابطه بین فضای سبز شهری و اثر دما به‌صورت کمی با استفاده از داده‌های حاصله از دما در محیط بدون پوشش گیاهی و با پوشش گیاهی سنجیده شد. نتایج نشان داد که در تابستان اثر خنک‌کنندگی دما در فضای سبز شهری بیشتر است. متوسط خنک‌کنندگی دما به ۱/۶۵ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان متوسط دما نسبت به محیط اطراف ۰/۴۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. اثر تعدیل دما توسط فضای سبز را می‌توان با تنظیم منطقه و توده‌های گیاهی مختلف موجود در فضای سبز بهبود داد. افزایش فضای سبز شهری (در حدود ۳۷ هکتار) می‌تواند از لحاظ اقتصادی اثربخشی خود را بهبود بخشد.

این پژوهش سعی دارد، تأثیرات کیفی فضای سبز را به‌صورت کمی ارزیابی کند تا بتوان با استدلالی کمی و آماری، بر اهمیت وجود فضای سبز در شهر تأکید بیشتری نماید. هدف از این مطالعه نیز بررسی میزان کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی به‌عنوان دو کارکرد مهم اکولوژیکی فضای سبز است که امروزه به‌دلیل تغییر اقلیم و گرمایش جهانی و همچنین مزیت اقتصادی نشأت گرفته از این دو کارکرد اکولوژیکی، بسیار مور توجه قرار گرفته‌اند. بنابراین در این پژوهش نقش فضای سبز بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی محیط پیرامونی آن مورد بررسی قرار گرفته است. لذا اهداف تحقیق شامل موارد زیر می‌باشد:

- بررسی میزان تأثیرات فضاهای سبز بر دما و رطوبت نسبی محیط پیرامونی
- شناسایی و مقایسه میزان تأثیرگذاری انواع مختلف گونه‌های گیاهی و تأثیر آن بر دمای محیط اطراف. (کاهش دما در تابستان و افزایش دما در زمستان) و انتخاب مناسب‌ترین گونه در منطقه مورد مطالعه
- بررسی رابطه معنی‌داری بین گونه‌های همیشه‌سبز و خزان‌کننده ازنظر پارامترهای دمایی و رطوبت نسبی

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه جهت انتخاب گونه مناسب با هدف تعدیل دما، پارک جنگلی آبیدر است که با وسعت تقریبی ۱۵۵۵ هکتار که در جنوب غربی شهرستان سنندج بین طول‌های جغرافیایی ″۲۴،′۵۵،°۴۶ تا ″۱۲،′۵۹،°۴۶ طول شرقی و ″۵۲،′۱۵،°۳۵ و ″۲۴،′۱۹،°۳۵ عرض شمالی واقع‌شده است. متوسط ارتفاع از سطح دریا در پارک مورد مطالعه حدود ۱۵۰۰ متر، کمترین ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۰ متر و بیشترین ارتفاع ۱۷۱۰ متر از سطح دریا و دامنه تغییرات ارتفاع از سطح دریا ۳۸۰ متر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی آبیدر
Figure 1. The geographical location of Abidar Forest Park

شیوه نمونه‌برداری

گونه‌های کاج تهران، سرو نقره‌ای، اقاقیا، چنار و زبان‌گنجشک که به‌صورت غالب و مشترک در سطح پارک جنگلی آبیدر وجود داشتند، به‌عنوان گونه‌های درختی جهت مطالعه انتخاب شدند. جهت انتخاب این توده‌ها سعی گردید که مناطقی با کمترین اختلاف از نظر سطح توده، تعداد در هکتار درختان، فاصله کاشت یکسان و شرایط فیزیوگرافیکی مشابه انتخاب گردد. از نظر شرایط فیزیوگرافی، تمامی توده‌های مورد مطالعه و منطقه شاهد (بدون پوشش گیاهی) در طبقه ارتفاعی ۱۵۴۸-۱۵۶۸ و در شیب ۱۵ تا ۲۰ درصد) انتخاب شدند. سطح توده‌های چنار ۰/۴۱، زبان‌گنجشک ۰/۵۶ هکتار، اقاقیا ۰/۴۸ هکتار، سرونقره‌ای ۰/۵۳ هکتار و کاج ۰/۵۰ هکتار می‌باشد. گونه‌های مورد مطالعه با فاصله کاشت ۳×۳ متر در عرصه کشت شده‌اند و تاریخ کاشت گونه‌ها در کل سطح پارک مورد مطالعه در سال ۱۳۷۵ الی ۱۳۷۶ بوده است. کلیه اندازه‌گیری‌ها در گرم‌ترین و سردترین ماه سال (۲۰،۱۳)، در هر توده (۴ جهت اصلی و مرکز توده) انجام گردید. بر اساس داده‌های مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی سنندج (بر اساس دوره آماری ۹۵-۱۳۶۵) گرم‌ترین ماه سال مرداد ماه و سردترین ماه سال بهمن ماه در این شهر محسوب می‌شود.

شرایط جوی در طی مدت اندازه‌گیری در فصل زمستان به‌صورت برفی و سرد و در تابستان در روزهایی با شرایط جوی مناسب، آفتابی و بدون وزش باد انجام شد. زمان شروع ثبت داده‌ها با توجه به آغاز تشدید گرما و تناسب با زمان محلی عبور ماهواره‌ها در صبح تعیین شد (۲۴). تمام توده‌های مورد مطالعه (با پوشش گیاهی) و منطقه بدون پوشش گیاهی (شاهد) در طول روزهای ۲۸ تیر ماه الی ۲۸ مردادماه ۱۳۹۶ و ۲۸ دی ماه الی ۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۶ و در ساعت ۱۱ صبح توسط چندین اکیپ به‌طور هم‌زمان برداشت شد. علت انتخاب این زمان‌ها پوشش نسبتاً مناسب به گرم‌ترین روزهای تابستان و سردترین روزهای زمستان بود.

ابزار عمده مورد استفاده در اندازه‌گیری کمینه و بیشینه دمای هوا در ۲۴ ساعت، دماسنج جیوه‌ای مدل بیشینه- کمینه جهت اندازه‌گیری دمای لحظه‌ای و رطوبت نسبی از دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتال مدل TES-1361A استفاده شد با توجه به مطالعات مشابه انجام‌شده است (۲۴،۶). ارتفاع دماسنج در حدود ۱/۳۰ متر از سطح زمین نگه‌داشته شد جهت اندازه‌گیری بیشینه و کمینه دمای هوا، در چهار جهت اصلی و در توده‌های مورد نظر در پنج تکرار دماسنج‌ها به‌مدت یک ماه نصب گردید بعد از هر ۲۴ ساعت یک‌بار قرائت صورت می‌گرفت و بعد از صفر شدن دماسنج مجدداً روز بعد قرائت بعدی اندازه‌گیری می‌گردید. همچنین جهت اندازه‌گیری دمای لحظه‌ای و رطوبت نسبی زمان توقف در هر نقطه در حدود ۵-۳ دقیقه تا به تعادل رسیدن میزان دما و رطوبت نسبی بوده است (۲۴،۶). به‌منظور هماهنگ شدن ثبت داده‌های تمامی توده‌های گیاهی، تمام اندازه‌گیری‌ها از نقطه‌ی صفر جهت شمال آغاز شد. جهت حرکت افراد ساعت‌گرد در نظر گرفته شد. بدین ترتیب پس از ثبت داده‌ها در جهت شمال، دما و رطوبت نسبی در سایر نقاط به سمت جهت شرقی اندازه‌گیری شدند.

کلیه اندازه‌گیری‌ها به‌طور هم‌زمان توسط شش اکیپ انجام گردید. نصب دستگاه‌ها در مناطق دارای پوشش گیاهی (سایه) و مناطق بدون پوشش گیاهی (آفتاب) به‌منظور دریافت تفاوت دمای مناطق دارای پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی و مقایسه آن با دمای روزانه ایستگاه هواشناسی سنندج است این دستگاه‌ها در تاریخ‌های مذکور، به‌صورت ثابت، نصب شدند و اطلاعات لازم را ثبت کردند.

برای مقایسه آمار برداشت‌شده با اقلیم شهری، داده‌های آماری روزانه ایستگاه هواشناسی سنندج در روزهای برداشت از سازمان هواشناسی تهیه گردید.

بررسی آمار روزانه استخراج شده از ایستگاه هواشناسی و داده‌های برداشت‌شده توسط دستگاه‌های نصب شده روی تنه درختان در داخل توده‌های گیاهی (اقلیم خرد) و در منطقه بدون پوشش گیاهی (اقلیم محلی)، وضعیت اقلیم شهری، اقلیم محلی و اقلیم خرد را نسبت به یکدیگر نشان داد.

برای تعیین قطر و ارتفاع درختان و همچنین حجم و مساحت تاج پوشش در هر کدام از توده‌های مورد مطالعه، ۳ قطعه‌نمونه ۱۰ متر در ۱۰ متر مشخص کرده و سپس با استفاده از شیب‌سنج سونتو ارتفاع کل (دید به بن و نوک درخت)، ارتفاع تنه (دید به بن و ارتفاعی که تاج شروع می‌شود) و از تفاضل این دو مقدار ارتفاع تاج به‌دست آمد.

به‌علاوه توسط متر محیط درخت در ارتفاع برابرسینه، دو قطر عمود بر هم در تصویر تاج پوشش را گرفته و با استفاده از این داده‌ها، مساحت و حجم تاج پوشش محاسبه گردید.

کلیه محاسبات آماری در دو نرم‌افزار SPSS 17 و Microsoft Excel۲۰۰۷ انجام شد. از آزمون کولموگروف- اسمیرنف به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد.

با توجه به دخالت چند عامل به‌عنوان تیمارهای مورد بررسی و احتمال وجود اثر متقابل در دما و رطوبت نسبی برای تجزیه‌وتحلیل آماری آزمون GLM (General Linear Model) مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی و مقایسه تک‌تک تیمارها با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین پارامترهای دمایی در دو منطقه شاهد و فضای سبز

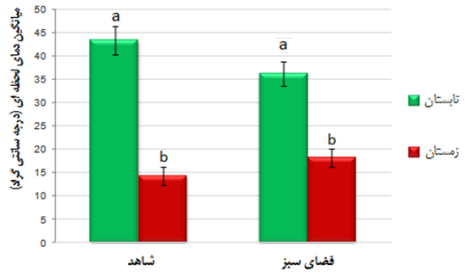
نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین دمای لحظه‌ای، دمای کمینه و دمای بیشینه در مناطق با پوشش گیاهی و بدون پوشش‌گیاهی نشان‌داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین پارامترهای دمایی در این دو منطقه وجود دارد (شکل ۳). نتایج نشان‌داد که بیشینه، کمینه دما و نوسانات دمایی در دو منطقه مورد بررسی در دو فصل تابستان و زمستان تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۹۵٪ باهم داشته‌اند. نتایج آنالیز آمار در فصل تابستان نشان‌داد که میانگین بیشینه دما طی دوره آماربرداری در فضای سبز ۳۶/۲۱ و در منطقه شاهد ۴۳/۴۹ درجه سانتی‌گراد بوده است که حاکی از پایین‌تر بودن بیشینه دما در فضای سبز نسبت به منطقه شاهد در این دوره آماری می‌باشد به‌طوریکه فضای سبز توانسته ۷/۲۷ درجه سانتی‌گراد بیشینه دمای هوا را کاهش دهد. نتایج آمار در فصل زمستان نشان‌داد که فضای سبز باعث افزایش ۳/۸۷ درجه سانتی‌گراد بیشینه دمای هوا نسبت به منطقه شاهد بوده است (شکل ۲).

شکل ۲- مقایسه میانگین دمای بیشینه در دو منطقه
Figure 2. Average maximum temperature

میانگین کمینه دما طی دوره آماربرداری نشان داد که فضای سبز در فصل تابستان ۵/۷۰ درجه سانتی‌گراد میزان کمینه دما را کاهش و در فصل زمستان ۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد کمینه دمای هوا را افزایش می‌دهد (شکل ۳).

شکل ۳- مقایسه میانگین دمای کمینه در دو منطقه
Figure 3. Average maximum temperature

همچنین نتایج حاصل از میانگین دمای لحظه‌ای نشان داد که فضای سبز در فصل تابستان ۴/۹۹ درجه سانتی‌گراد میزان دمای لحظه‌ای را کاهش و در فصل زمستان ۴/۶۷ درجه سانتی‌گراد دمای هوا را افزایش می‌دهد (شکل ۴).

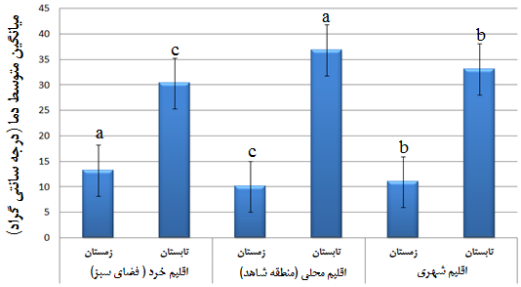


شکل ۴- مقایسه میانگین دمای لحظه‌ای در دو منطقه
Figure 4. Average Instantaneous temperature

آمرسون و همکاران (۲) در مطالعه خود به تأثیر پوشش گیاهی بر اقلیم شهری پرداختند و نتایج مطالعه آنان نشان داد که پوشش گیاهی در شهر توانایی کاهش دما تا ۲ درجه سانتی‌گراد بر محیط پیرامونی خود را دارد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

بررسی و مقایسه اقلیم خرد (فضای سبز) با اقلیم شهری و اقلیم محلی (منطقه شاهد):

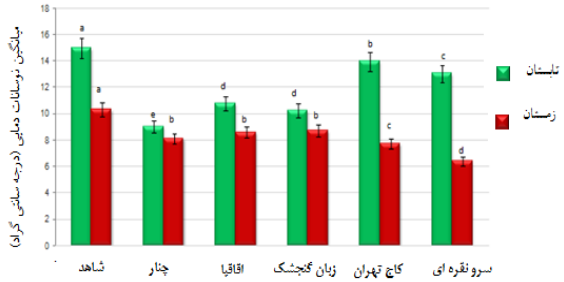
این مقایسه نشان داد که اقلیم محلی (منطقه شاهد) در تابستان با متوسط دمای ۳۶/۸۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸/۳۶ درصد، نسبت به اقلیم شهری کوتاه‌مدت با متوسط دمای ۳۳/۱۲ درجه سانتی‌گراد و همچنین اقلیم خرد (فضای سبز) با متوسط دما ۳۰/۳۲ درجه سانتی‌گراد، دمای بالاتری دارد. با مقایسه داده‌های اقلیم محلی (منطقه شاهد) و اقلیم خرد (فضای سبز) می‌توان دریافت که در تابستان، علیرغم بالاتر بودن دمای محلی در محوطه پارک جنگلی، به‌دلیل وجود پوشش گیاهی، در طی روز دما ۶/۴۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به اقلیم محلی و ۳/۶۹ درجه نسبت به اقلیم شهری کاهش‌یافته است. طبق آمار بدست آمده از سازمان هواشناسی که اقلیم شهری در زمستان دارای متوسط دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد، می‌باشد که در مقایسه با اقلیم محلی تا حدودی وضعیت گرمایی بهتری دارد لذا داده‌های اقلیم خرد (درون فضای سبز) نیز نشان داد که پوشش گیاهی و فضای سبز ۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد دمای هوا را نسبت به اقلیم محلی گرم‌تر می‌کند (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین دما در سه اقلیم خرد، محلی و شهری
Figure 5. Comparison of the mean temperature in three micro, local and urban climates

بررسی میانگین نوسانات دمایی در توده‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که میانگین مقدار نوسانات دما در منطقه فضای سبز در فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۱۱/۳۹ و ۷/۸۹ درجه سانتی گراد و در منطقه شاهد در فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۱۴/۹۵ و ۱۰/۳۱ درجه سانتی‌گراد بود که نشان‌دهنده پایین‌تر بودن مقدار نوسانات دما در فضای سبز شده نسبت به منطقه شاهد است. نتایج آماری نشان داد که بین مقدار نوسانات دمایی در دو منطقه شاهد و فضای سبز در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۶).



شکل ۶- بررسی میزان میانگین نوسانات دمایی در گونه‌های مختلف
Figure 6. The average temperature fluctuations in different species

در کل نتایج نشان‌داد کمترین میزان نوسانات دمایی در فصل زمستان مربوط به گونه سرو نقره‌ای به مقدار ۶/۳۷ درجه سانتی‌گراد و در فصل تابستان مربوط به گونه چنار به‌میزان ۸/۹۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و بیشترین میزان نوسانات دمایی به‌ترتیب مربوط به گونه‌های کاج تهران در تابستان و زبان‌گنجشک و اقاقیا در زمستان می‌باشد.

بررسی و مقایسه میزان تغییرات دمـایی در گونـه‌هـای مختلف

برای بررسی و مقایسه افزایش و کاهش دما در فصول زمستان و تابستان در تیپ‌های مختلف از آزمون توکی استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف از نظر کاهش دما در تابستان و افزایش دما در زمستان وجود دارد. به‌طوری‌که میزان کاهش دمای لحظه‌ای، کمینه و بیشینه دما در فصل تابستان مربوط به گونه چنار به ترتیب ۱۰/۸۵۵، ۱۱/۹۵۵ و ۱۱/۲۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد درحالی‌که میزان افزایش دماهای مربوطه در فصل زمستان مربوط به گونه سرو نقره‌ای به‌ترتیب با مقادیر ۷/۴۲، ۴/۲۵ و ۷/۰۲ سانتی‌گراد می‌باشد.

بهرانوند و همکاران (۳)، به بررسی تأثیرات جنگل‌کاری روی تغییرات دما در زاگرس میانی پرداختند. نتایج نشان داد که تفاوت دما در دو منطقه بسیار چشمگیر و نزدیک به ۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نوسانات دمایی نیز به‌طرز معنی‌داری در منطقه جنگل‌کاری شده کمتر از قسمت جنگل‌کاری نشده بوده است که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

جدول ۱ میزان کاهش دمـا در فصـل تابسـتان و جـدول ۲ میزان افزایش دما در فصل زمستان در گونـه‌هـای مختلـف را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میزان کاهش دما در گونه‌های مختلف در فصل تابستان

Table 1. Temperature reduction in different species in summer

نام گونه	دمای لحظه‌ای (درجه سانتی‌گراد)		دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد)		دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد)	
	اندازه‌گیری	کاهش دما	اندازه‌گیری	کاهش دما	اندازه‌گیری	کاهش دما
شاهد	۴۱/۳۱		۳۰/۱۳		۴۳/۴۹	
چنار	۳۰/۴۵	۱۰/۸۵	۱۸/۸۸	۱۱/۲۵	۳۱/۵۳	۱۱/۹۵
اقاقیا	۳۶/۷۰	۴/۶۰	۲۲/۲۸	۷/۸۵	۳۴/۰۳	۹/۴۶
زبان‌گنجشک	۳۶/۱۰	۵/۲۰	۲۴/۷۸	۵/۳۵	۳۵/۰۳	۸/۴۶
کاج	۳۹/۹۰	۱/۴۰	۲۷/۷۵	۷/۳۸	۴۰/۹۹	۲/۵
سرو نقره‌ای	۳۸/۳۹	۲/۹۱	۲۸/۴۷	۶/۶۶	۳۹/۴۹	۳/۹۹

جدول ۲- میزان افزایش دما در گونه‌های مختلف در فصل زمستان

Table 2. Temperature rise in different species in winter

نام گونه	دمای لحظه‌ای (درجه سانتی‌گراد)		دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد)		دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد)	
	اندازه‌گیری	افزایش دما	اندازه‌گیری	افزایش دما	اندازه‌گیری	افزایش دما
شاهد	۱۲/۱۵		۵/۷۶		۱۴/۳۷	
چنار	۱۴/۸۵	۲/۶۹	۶/۹۶۵	۱/۲۰	۱۶/۴۴	۲/۰۶
اقاقیا	۱۵/۰۱	۲/۸۵	۷/۲۹	۱/۵۲	۱۶/۸۶	۲/۴۸
زبان‌گنجشک	۱۶/۰۱	۳/۸۵	۷/۵۶	۱/۸۰	۱۶/۷۶	۲/۳۹
کاج	۱۸/۶۹	۶/۵۴	۹/۰۱	۳/۲۳	۱۹/۷۹	۵/۴۱
سرو نقره‌ای	۱۹/۵۷	۷/۴۲	۱۰/۰۲	۴/۲۵	۲۱/۳۹	۷/۰۲

بررسی اثرات متقابل جهت، زمان و گونه بر دما و رطوبت نسبی

جهت مقایسه تأثیر سه فاکتور زمان، جهت و نوع گونه‌ها بر تعدیل دما و رطوبت نسبی به بررسی مقایسات چندگانه بین اثر جهت‌های مختلف، زمان و نوع گونه‌ها بر دما و رطوبت نسبی با استفاده از آزمون توکی پرداخته شد.

نتایج حاصله از تجزیه واریانس جدول ۳ و ۴ نشان داد که برای پارامترهای دمای بیشینه، دمای لحظه‌ای، دمای کمینه و رطوبت نسبی اثرات اصلی گونه، زمان، جهت و اثر متقابل زمان×جهت معنی‌دار هستند؛ چون مقدار سطح معنی‌داری از ۰/۰۵ کمتر شده است؛ بنابراین هر کدام از این تیمارها به تنهایی روی پارامترهای اندازه‌گیری شده فوق مؤثر می‌باشند.

با توجه به اینکه اثر اصلی جهت معنی‌دار شده است بنابراین به بررسی مقایسات چندگانه بین اثر جهت‌های مختلف با استفاده از آزمون توکی پرداخته‌شد. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که جهت شمالی در تمامی فضاهای سبز دارای کمترین میزان دما و بیشترین میزان رطوبت نسبی بوده است و جهت جنوبی به‌طور محسوسی دمای بیشتر و رطوبت نسبی کمتری نسبت به سایر جهات جغرافیایی داشته است. این نتیجه، با نتایج حاصل از بررسی‌های انجام‌شده که به بررسی تغییرات دما در چهار جهت اصلی پارک و در داخل و خارج از محدوده‌ی آن در شهر تاما در ژاپن پرداخته بودند، تطابق دارد (۶).

همچنین با توجه به اینکه اثر متقابل زمان×گونه معنی‌دار می‌باشد، شکل‌های ۷، ۸ و ۹ به بررسی مقایسه میانگین دمای لحظه‌ای، کمینه و بیشینه در بین گونه‌های مورد مطالعه پرداخت و نتایج نشان داد که مقادیر دما در گونه چنار نسبت به سایر گونه‌ها در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گونه‌ها می‌باشد. همچنین نتایج حاصله از مقایسه میانگین رطوبت نسبی در بین گونه‌های مورد مطالعه نشان داد

که مقدار رطوبت نسبی گونه چنار (با توجه به شکل ۱۰) در فصل تابستان به‌صورت معنی‌داری بیشتر از سایر گونه‌ها می‌باشد نتایج این پژوهش با مطالعه یوپتی و همکاران است (۲۵) در مقیاس منطقه‌ای مطابقت دارد.

چنگائوو همکاران (۷) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که گونه‌های گیاهی خاصی در مقایسه با دیگر گیاهان تعدیل دمای بیشتری را نشان می‌دهد. به‌طوریکه گونه‌های ققنوس و آریزونا در جنوب ایالات‌متحده آمریکا توانسته به میزان $^{\circ}C$ ۴/۴ دمای هوا را کاهش دهند که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر متقابل جهت× گونه در هر پارامترهای دمای لحظه‌ای، دمای کمینه، دمای بیشینه و رطوبت نسب معنی‌دار نشده است؛ چون مقدار سطح معنی‌داری به‌ترتیب برابر با ۰/۱۳۷، ۰/۱۱۹ و ۰/۲۸۳ گزارش شده و از ۰/۰۵ بزرگ‌تر می‌باشد؛ یعنی تأثیر گونه روی مقدار اندازه‌گیری هر سه متغییر دما به جهت محیط بستگی ندارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های دما

Table 3. Results of the analysis of variance of temperature data

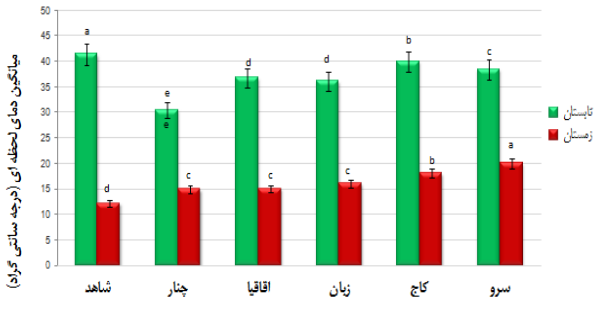
منبع تغییرات	درجه آزادی	دمای لحظه‌ای		کمینه دما		بیشینه دما	
		میانگین مربعات	F آماره‌ی	میانگین مربعات	F آماره‌ی	میانگین مربعات	F آماره‌ی
ثابت	۱	۱۰۱۳۵۲/۶	۱۲۴۵۶/۷۵**	۲۰۲۰۹/۲۲	۴۳۷۷/۴ **	۱۰۷۴۴۱/۱۷	۱۰۰۷۲/۱۱**
جهت	۳	۱۳۲/۶۰	۱۶/۲۹**	۱۳۳/۰۹۸	۵۵۴۳۵ **	۱۳۱/۵۱۲	۳۱۱۲ **
زمان	۱	۷۳۲۲۰/۲۶	۸۹۹۹/۱۴**	۱۰۵۳/۲۰	۹۸۷۶/۲ **	۶۵۴۳/۳۲	۸۲۴۳/۲**
گونه	۵	۴۹۱/۳۸	۶۰/۳۹**	۱۰۴/۱۰	۵۰۴۵۶ **	۵۱۲/۸۷	۶۱۲۴۵ **
زمان * جهت	۳	۲۹/۴۰	۳/۶۱	۴۴/۳۳	۹/۶۱ **	۳۳/۹۶	۳/۱۸۴ **
گونه * زمان	۵	۳۰۸/۲۹	۳۷/۸۹**	۲۱۰/۶۴	۴۵/۶۲ **	۱۸۳/۸۸	۱۷/۲۳ **
گونه * جهت	۱۵	۹/۶۲	۱/۱۸	۶/۹۴	۱/۵۰	۵/۳۳	۰/۵
خطا	۱۹۲	۸/۱۳		۴/۶۱۷	۱۰/۶۶		
کل	۲۴۰						

(ضریب تعیین تعدیل‌شده = ۰/۹۷۶)

جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌های رطوبت نسبی

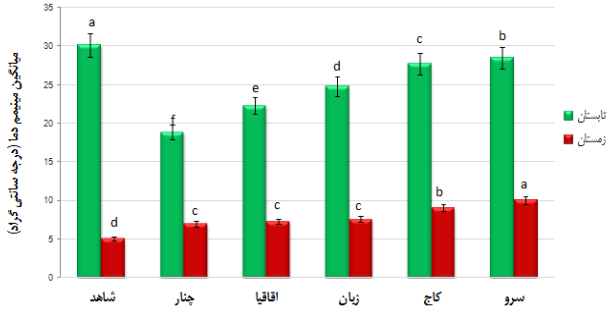
Table 4. Relative humidity analysis of variance data

منبع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت نسبی	
		میانگین مربعات	F آماره‌ی
ثابت	۱	۵۳۴۶۵۶/۸۶	۲۸۱/۳۷ **
جهت	۳	۶۹/۷۸	۲۴۹۰۶/۲۵ **
زمان	۱	۲۸۰۸۰۱/۰۲	۳/۲۵ **
گونه	۵	۳۲۰/۱۸	۱۳۰۸۰/۷۳ **
زمان * جهت	۳	۳/۳۴	۱۴/۹۱
زمان * گونه	۵	۱/۴۳	۰/۱۵ **
جهت * گونه	۱۵	۲۴۳/۴۷	۰/۰۶
خطا	۱۹۲	۲۱/۴۶	۱۱/۳۴
کل	۲۴۰		



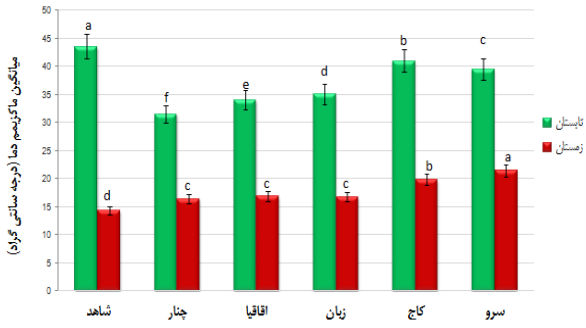
شکل ۷- مقایسه میانگین دمای لحظه‌ای در بین گونه‌های مورد مطالعه

Figure 7. Comparison of the average instantaneous temperature among the studied species

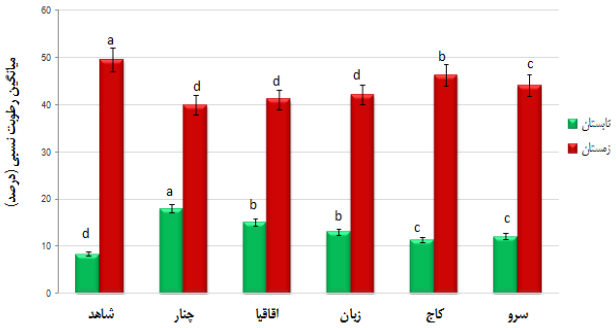


شکل ۸- مقایسه میانگین دمای کمینه در بین گونه‌های مورد مطالعه

Figure 8. Comparison of the minimum temperature of the studied species



شکل ۹- مقایسه میانگین دمای بیشینه در بین گونه‌های مورد مطالعه
Figure 9. Comparison of the average temperature of the studied species



شکل ۱۰- مقایسه میانگین رطوبت نسبی در بین گونه‌های مورد مطالعه
Figure 10. Comparison of relative humidity among studied species

بررسی و مقایسه تأثیر توده‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر دما و رطوبت نسبی

جهت انجام مقایسه بین دو گروه سوزنی‌برگ (همیشه‌سبز) و پهن‌برگ (خزان‌کننده) از آزمون تی دو نمونه‌ای مستقل استفاده شد. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۵، سطح معنی‌داری مربوط به آماره‌ی t برای هر چهار متغیر (دمای مینیم، دمای بیشینه، دمای لحظه‌ای و رطوبت نسبی) از ۰/۵ کمتر شد که نشان‌داد که بین میانگین متغیرها در گروه پهن‌برگ با گروه سوزنی‌برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده‌شده است به‌طوریکه میزان کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در پهن‌برگان نسبت به سوزنی‌برگان در فصل تابستان (برگ‌دار) بیشتر بوده است. لذا سعی گردد انتخاب گونه‌های درختی و کاشت درختان بالأخص سوزنی‌برگان در مناطق شهری و جنگل‌کاری شده با دقت بیشتری صورت گیرد (۱۴).

جدول ۵- آزمون تی دونمونه‌ای مستقل بین دو گروه سوزنی برگ و پهن برگ
Table 5. Independent T-test

متغیر	آماره‌ی t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
کمینه	۳/۶۵۹۳۶۹	۱۷۷	۰/۰۰۰۳۳۳
بیشینه	۳/۴۶۶۳۳۲	۱۷۷	۰/۰۰۰۶۶۲
دمای لحظه‌ای	۲/۸۳۷۶۶۱	۱۷۷	۰/۰۰۵۰۷۵
رطوبت نسبی	-۲،۶۰۱۹۳	۱۷۷	۰/۰۱۰۰۵۵

تأثیر پوشش گیاهی بر دما

همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد همبستگی بین متوسط دما و نوع پوشش گیاهی مثبت است ($p<0/05$) و این امر نشان‌دهنده پایین بودن دمای هوا در تابستان و بالا بودن دمای هوا در زمستان در مناطقی است که دارای پوشش گیاهی مناسبی می‌باشند.

جدول ۶- تجزیه همبستگی کای مربع بین میانگین متوسط دما و وضعیت پوشش گیاهی
Table 6. Chi-square correlation analysis between average temperature and vegetation situation

درجه آزادی	ارزش تست (دوسویه)
۱	۰/۰۰۲

در بیشتر توده‌هایی که پوشش گیاهی مناسبی دارند متوسط دما در فصل تابستان کاهش و در فصل زمستان افزایش یافته این امر به‌خصوص در پارک‌ها و مناطقی که پوشش گیاهی‌شان از نوع درختان چنار بود مشاهده گردید

بررسی تأثیر فاکتورهای کمی درختی در تعدیل دما (کاهش دما در تابستان و افزایش دما در زمستان)

با توجه به جدول ۸ و نتایج بدست آمده مشخص شد که پهن‌برگانی که دارای تاج بیشتری می‌باشند در فصل تابستان به میزان بیشتری دمای لحظه‌ای، دمای بیشینه و کمینه را کاهش داده است. بیشترین میزان کاهش دما در تابستان و افزایش دما در زمستان زمانی است که درختان سبز و پوشیده از برگ می‌باشند. نتایج نشان داد که گونه چنار نسبت به سایر گونه‌ها در فصل سبز دارای حجم تاج پوشش بیشتری به‌میزان ۱۶۹۸ مترمکعب در هکتار می‌باشد؛ که به‌میزان بیشتری نیز دما را کاهش داده است.

در بین توده‌های جنگل‌کاری مورد نظر، تعداد درخت در هکتار برای توده زبان‌گنجشک بیشتر از سایر توده‌های مورد مطالعه و تعداد درخت در هکتار برای توده چنار کمتر از سایر گونه‌ها است. در مطالعه‌ای توسط آمرسون و همکاران (۲) و گوز و همکاران (۱۰) به بررسی انواع مختلف درختان با فاصله کاشت یکسان و متوسط سن درختان یکسان پرداختند. نتایج نشان داد در زیر درختانی که دارای تراکم شاخ و برگ، درصد تاج پوشش و حجم تاج پوشش بالایی هستند درجه حرارت پایین‌تر و اثر خنک‌کنندگی بیشتر است که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

در اغلب مطالعات به بررسی سیستماتیک و ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ انواع مختلف پوشش گیاهی شهری پرداختند. نتایج نشان داد که توده‌های مختلف درختی در مناطق مختلف آب‌وهوایی به‌علت حجم و تراکم تاج پوشش، ویژگی‌های خاص گونه درختی و میزان سایه ایجادشده توسط گونه اثر تعدیل دمای متفاوتی نسبت به سایر گونه‌ها دارند (۲۱). تراکم و حجم تاج پوشش درختان در فضای سبز شهری، تأثیر زیادی بر تعدیل دما دارد (۴،۱۱،۱۰).

جدول ۸- مشخصات عوامل کمّی درختان

Table 8. Specifications of tree factors

گونه	مساحت به هکتار	متوسط تعداد درخت در هکتار	قطر برابرسینه	ارتفاع	حجم تاج پوشش (۳m)ha /
چنار	۰/۴۳	۳۶۵	۲۹/۹	۸/۱۳	۱۶۹۸
زبان‌گنجشک	۰/۵۵	۴۲۲	۲۲/۹	۷/۱	۱۳۳۵
اقاقیا	۰/۴۸	۳۹۵	۲۰/۱۲	۷/۳	۱۵۰۸
کاج تهران	۰/۵۲	۴۰۰	۱۹/۶	۹/۳۲	۱۲۴۳
سرو نقره‌ای	۰/۵۰	۴۰۹	۱۶/۲	۶/۰۷	۱۰۳۹

نتایج کلی تحقیق نشان‌دهنده نقش تأثیرگذار پارک‌ها و فضاهای سبز در کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی هوای محیط پیرامونی بوده‌اند که با مطالعه روی و همکاران (۲۳) هم‌خوانی دارد.

پژوهش‌های های مرتبط با گیاهان، نشان‌دهنده‌ی کارکرد و خدمات بسیار گسترده، قابل‌توجه و در برخی موارد غیرقابل جایگزین آن‌هاست (۳۰،۲۰،۱۲،۲۷). پژوهش حاضر، سعی در بررسی چندبعدی کارکرد فضاهای سبز بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در فصل تابستان و بالعکس در فصل زمستان بر محیط پیرامونی خود و در نهایت شناسایی مناسب‌ترین گونه جهت توسعه فضای سبز داشته است.

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان‌داد که مناطق دارای پوشش درختی در مقایسه با مناطق بدون پوشش درختی در شرایط مساوی هوا و شرایط فیزیوگرافیکی در تابستان ۶/۴۸۸۵ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر و در زمستان ۳/۱۴۱ گرم‌تر از محیط پیرامونی می‌باشند

با توجه به نتایج جداول آنالیز دما و نمودار نوسانات دمایی دو منطقه دارای پوشش درختی و بدون پوشش درختی می‌توان دریافت که سطح نوسانات دمایی در منطقه شاهد نسبت به منطقه دارای پوشش درختی بالاتر است به‌طوری‌که در فصل تابستان، میانگین نوسانات دما در منطقه جنگل‌کاری شده در فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۱۱/۳۹ و ۷/۸۹ درجه سانتی‌گراد و در منطقه بدون پوشش گیاهی (شاهد) در فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۱۴/۹۵۵ و ۱۰/۳۱ درجه سانتی‌گراد بود که نشان‌دهنده پایین‌تر بودن نوسانات دما در منطقه جنگل‌کاری شده نسبت به منطقه بدون پوشش درختی است. نوسانات کمتر دما در منطقه جنگل‌کاری شده می‌تواند ناشی از رطوبت بیشتر خاک و هوا در اثر تعرق پوشش درختی و جذب بارش (باران‌ربایی) باشد.

نتایج نشان داد که نوسانات دمایی گونه سرو در فصل زمستان ۶/۳۷ درجه سانتی‌گراد و گونه چنار در فصل تابستان ۸/۹۹۸ درجه سانتی‌گراد از سایر گونه‌ها کمتر شده است. در مطالعات زیادی به بررسی اثرات پوشش گیاهی بر تعدیل دما در مقایسه با سایر نقاط پرداختند.

آزمون مقایسه میانگین‌ها، اختلاف معنی‌داری را در بین گونه‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در فصول مختلف نشان داد. نتایج نشان داد که توانایی گونه‌های درختی در کاهش دمای هوا و همچنین افزایش میزان رطوبت نسبی در فصل تابستان و بالعکس متفاوت است. حجم تاج پوشش درختان و میزان شاخ و برگ آن‌ها، در کاهش دمای هوا بسیار تأثیرگذار است. نتایج نشان داد که گونه چنار دارای بیشترین میزان توانایی در خنک‌کنندگی هوا و گونه کاج دارای کمترین میزان توانایی در خنک‌کنندگی هوا در فصل تابستان بوده است. همچنین گونه سرو نقره‌ای در فصل زمستان بیشترین میزان توانایی در گرم کردن هوا و گونه‌های اقاقیا، زبان‌گنجشک و چنار به‌ترتیب کمترین میزان توانایی در گرم کردن هوا در زمستان را دارند.

منابع

1. Alavipanah, S., M. Wegmann, S. Qureshi, Q. Weng and T. Koellner. 2015. The role of vegetation in mitigating urban land surface temperatures: A case study of Munich, Germany during the warm season. Sustainability, 7(4): 4689-4706.
2. Armson, D., P. Stringer and A. Ennos. 2012. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. Urban Forestry & Urban Greening, 11(3): 245-255.
3. Bahdarvard, M., S.M. Hosseini, B. Nabavi and E. Sayyad. 2011. Survey on effects of plantation on variety temperature in middle Zagrus (case study: shahyon Dezful), Journal of the Human and the Environment, 8(2): 49-54 (In Persian).
4. Bao, T., X. Li, J. Zhang, Y. Zhang and S. Tian. 2016. Assessing the distribution of urban green spaces and its anisotropic cooling distance on urban heat island pattern in Baotou, China. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(2): 12.
5. Bowler, D., L. Buyung-Ali, T. Knight and A. Pullin. 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and urban planning, 97(3): 147-155.
6. V. T., T. Asaeda and E. M. Abu. 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. Energy and buildings, 29(1): 83-92.
7. Chenghao W., W. Zhi-Hua and Y. Jiachuan. 2017. Cooling Effect of Urban Trees on the Built Environment of Contiguous United States, Earth's Future, 6(8): 1066-1081
8. Fazlollahi, M., A. Najafi, S. Ezati, A. Soleimani and A. Sepahvand. 2014. Selection of the Most Suitable Species in Order to Forestation in Southern Zagros Forests using AHP & TOPSIS Techniques, Ecology of Iranian Forest, 2(3): 45-55 (In Persian).
9. Feyisa, G. L., K. Dons and H. Meilby. 2014. Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. Landscape and urban planning, 123: 87-95.
10. Gómez-Munoz, V., M. A. Porta-Gándara and J. L. Fernández. 2010. Effect of tree shades in urban planning in hot-arid climatic regions. Landscape and Urban Planning, 94(3): 149-157.
11. Hamada, S., T. Tanaka and T. Ohta. 2013. Impacts of land use and topography on the cooling effect of green areas on surrounding urban areas. Urban Forestry & Urban Greening, 12(4): 426-434.
12. Hart, M. and D.J. Sailor. 2009. Quantifying the influence of land-use and surface characteristics on spatial variability in the urban heat island. Theoretical and applied climatology, 95(3-4): 397-406.
13. Heisler G., J. Walton, I. Yesilonis, D. Nowak, R. Pouyat, R. Grant, S. Grimmond, K. Hyde and G. Bacon. 2007. Empirical modeling and mapping of below-canopy air temperatures in Baltimore, MD and vicinity. Proceedings of 7th Urban Environment Symposium. American Meteorological Society, 7 pp.
14. Hosseini, S. and V. Hosseini. 2014. Effect of Reforestation with Pinus nigra Arnold, Pinus eldaricaMedw and Cupressus arizonicaGreene Spices on some Properties of Soil (Case Study: Garan region, Marivan), Ecology of Iranian Forest, 2(4): 37-44 (In Persian).
15. Huang, M., P. Cui and X. He. 2018. Study of the cooling effects of urban green space in Harbin in terms of reducing the heat island effect. Sustainability, 10(4): 1101.
16. Jin, H., P. Cui, N.H. Wong, M. Ignatius. 2018. Assessing the Effects of Urban Morphology Parameters on Microclimate in Singapore to Control the Urban Heat Island Effect. Sustainability, 10: 206
17. Kobayashi, H and T. Kai. 2005. The use of urban green space to improve the thermal environment. The world Sustainable Building. Symposium, 3824-3829.
18. Liang, H., X.S. Chen, J.G. Yin and L.J. Da. 2014. The spatial-temporal pattern and influencing factors of negative air ions in urban forests, Shanghai, China, Journal of Forestry Research, 25: 847-856.
19. Miri, M., A. Allahabadi, H.R.Ghaffari, Z. A.Fathabadi, Z. Raisi, M. Rezai and M.Y. Aval. 2016. Ecological risk assessment of heavy metal (HM) pollution in the ambient air using a new bio-indicator. Environmental Science and Pollution Research, 23(14): 14210-14220.
20. Oliveira, S., H. Andrade and T. Vaz. 2011. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. Building and environment, 46(11): 2186-2194.
21. Qiu, G.Y., H.Y. LI, Q.T. Zhang, C.H.E.N. Wan, X.J, Liang and X.Z. Li. 2013. Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. Journal of Integrative Agriculture, 12(8): 1307-1315.
22. Qiu, G.Y., Z. Zou, X. Li, H. Li, Q. Guo, C. Yan and S. Tan. 2017. Experimental studies on the effects of green space and evapotranspiration on urban heat island in a subtropical megacity in China. Habitat international, 68: 30-42.
23. Roy, S., J. Byrne and C. Pickering. 2012. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. Urban Forestry and Urban Greening, 4(11): 351-363.
24. Uchida, M., A. Mochida, K. Sasaki and T. Tonouchi. 2009. Field measurements on turbulent flowfield and thermal environment in and around biotope with pond and green space. The seventh International Conference on Urban Climate, 1-5 pp.

25. Upreti, R., Z. H. Wang and J. Yang. 2017. Radiative shading effect of urban trees on cooling the regional built environment. Urban Forestry & Urban Greening, 26: 18-24.
26. Vidrih, B. and S. Medved. 2013. Multiparametric model of urban park cooling island. Urban Forestry & Urban Greening, 12(2): 220-229.
27. Wang, C., Z. H. Wang and J. Yang. 2018. Cooling effect of urban trees on the built environment of contiguous United States. Earth's Future, 6: 1066-1081.
28. Weber, N., D. Haase and U. Franck. 2014. Zooming into temperature conditions in the city of Leipzig: How do urban built and green structures influence earth surface temperatures in the city? Science of the total environment, 496: 289-298.
29. Xiao, X.D., L. Dong, H. Yan, N. Yang and Y. Xiong. 2018. The influence of the spatial characteristics of urban green space on the urban heat island effect in Suzhou Industrial Park, Sustainable Cities and Society, 40: 428-439.
30. Akşek, K. and B. Bechtel. 2015. Source area estimation of urban air temperatures. In 2015 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE) Symposium, 1-4 pp.
31. Zhu, C., P. Ji and S. Li. 2017. Effects of urban green belts on the air temperature, humidity and air quality. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 25(1): 39-55.

Investigating the Role of Tree Species in Urban Green Space in Modulating Temperature and Relative Humidity of the Environment (Case Study: Abidar Forest Park in Sanandaj)

Jahedeh Tekeykhah[1], Mohsen Hossini[2], Gholamali Jalali[3], Jalil Alavi[4] and Abbas Esmaili[5]

1- Ph.D. Student Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran
2- Professor Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran
3- Associate Professor Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran (Corresponding author: gholamalijalali2007@gmail.com)
4- Associate Professor Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran
5- Professor Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

Received: Junuary 2o, 2019 Accepted: May 11 2019

Abstract

Increasing the temperature of the urban environment is one of the most important environmental problems in cities. The purpose of this research is to evaluate the importance of different tree types as a way to adjust temperature and then to propose cultivating temperature modifications in urban conditions. To do this, firstly, in each of the desired tree species (Sycamore, Siblings, Acacia, Sanguinea and Pine) and a flat-bed area with similar physiographic conditions as the control area, measurements of temperature and humidity in the four main directions and center of each brigade In two summer and winter seasons, digital thermometer and rheumatoid arthritis was performed in 5 replications. Independent t-test results for comparison of mean temperature parameters showed that there was a significant difference between the mean temperature parameters in vegetation and control areas. Since the vegetation areas are cooler in comparison with the control areas in the same conditions of the air and the physiographic conditions are cooler 4885.6 ℃ in the summer and 14.3% warmer than the perimeter environment in the winter. The results of Tukey's test showed that the most species of the species studied in the summer season were 10.5, 11.6 and 12.25 degrees Celsius respectively, and the maximum reduction in temperature (instantaneous temperature, minimum and maximum temperature) The highest amount of temperature rise (temperature, minimum, and maximum temperature) in winter is 7.24, 4.25 and 7.271 ℃, respectively, relative to the surrounding area. The total area of the studied masses was 28.8 hectares, which was 6.48 ℃ for the summer, and the air temperature increased by 14.3 ℃ in winter. Therefore, with an increase in each hectare of green space, the appropriate species are 2.61 ℃ in summer and 1.26 ° C in winter. The results showed that the type of vegetation could have a significant impact on urban climates.

Keywords: Abidar forest park, Urban climate, Urban green space