

## ارزیابی تغییرات خرداقليمی محیط در دو گونه درختی اقاچیا معمولی و کاج در فضای سبز شهر مشهد

زهرا کریمیان<sup>\*۱</sup> - علی تهرانی فر<sup>۲</sup> - محمد بنایان<sup>۳</sup> - مجید عزیزی<sup>۴</sup> - فاطمه کاظمی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

### چکیده

با توجه به افزایش جمعیت و توسعه روزافزون شهرها تأمین شرایط زیستی مطلوب برای شهروندان یکی از نیازهای اساسی جامعه شهری می‌باشد. به این منظور آزمایشاتی در فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد اجرا و داده‌های اقلیمی در زیر دو گونه درختی اقاچیا، کاج و فضای باز و همچنین طی یک دوره ۱۹ ساله از ایستگاه هواشناسی مشهد دریافت، ثبت و آنالیز شدند. داده‌های گروه اول با داده‌های ایستگاه هواشناسی به منظور بررسی مشابهت اثر سایه حاصل از درختان و پوشش ابر بر تغییرات خرداقليمی از نظر آماری مقایسه شدند. نتایج نشان داد بین دمای ثبت شده در زیر تاج درخت اقاچیا با کاج و بین رطوبت ثبت شده در این دو گونه درختی با فضای باز معادل، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین، بین دمای ثبت شده در گروه آسمان کاملاً صاف و آسمان نسبتاً ابری با آسمان با پوشش ابر زیاد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. نتایج همچنین نشان دادند دما و رطوبت نسبی حاصل از سایه دو گونه درختی با آسمان نسبتاً ابری و آسمان با پوشش ابر زیاد از نظر آماری قابل مقایسه نیستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که فضای سبز و سبزی‌سازی محیط در مناطقی که اغلب در طول سال آسمان ابری دارند نیز نبایستی نادیده گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش ابر، پوشش گیاهی، دما، رطوبت نسبی

### مقدمه

سرعت باد می‌تواند کیفیت فعالیت‌های تفریحی افراد را تحت تأثیر قرار دهند (۱۶، ۲۰ و ۲۳). با وجود این شرایط، برای افرادی که قصد دارند زمان استراحت خود را در یک محیط مطلوب از نظر زیست اقلیمی و فیزیکی صرف کنند، تنها یک بازه زمانی نسبتاً کوتاه در روز و سال برای این منظور باقی می‌ماند؛ زیرا یک فضای باز که از نظر اقلیمی در شرایط مطلوبی باشد، نوع و میزان فعالیت فیزیکی فرد را به طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین ایجاد مکان‌های مناسب برای پاسخ به مطالبات خرداقليمی افرادی که از فضاهای تفریحی استفاده می‌کنند، ضروری است (۱۸). تاکنون پژوهش‌های فراوانی در ارتباط با تأثیر مثبت فضای سبز، به‌ویژه درختان بر تغییر خرداقليمی و آسایش دمایی انسان در سطح دنیا صورت گرفته است. در این بین مهمترین اثرات گزارش شده فضای سبز مربوط به تأثیر آن بر کاهش دما، افزایش رطوبت نسبی و در نهایت بهبود آسایش خرداقليمی است (۲، ۳، ۷، ۸، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۲۹ و ۳۰).

در زمینه تأثیر پوشش گیاهی بر دما و رطوبت نسبی محیط در خارج از ایران تحقیقات زیادی صورت گرفته است و نتیجه حاصل از این تحقیقات به طور کلی بیان می‌کنند که پوشش‌های گیاهی (به‌ویژه درختان) می‌توانند محیط پیرامون خود را بواسطه کاهش دما حاصل از سایه‌دهی و جذب و انتشار پرتوهای خورشیدی، تبخیر و

بسیاری از شهرهای بزرگ ایران با افزایش دما در نتیجه پدیده شهرنشینی و وجود جزایر گرمایی روبرو هستند (۹ و ۲۱). این مساله، اثرات نامطلوبی بر سلامت و آسایش ساکنین شهرها می‌گذارد. از آن جایی که شهروندان غالباً در اماکن تفریحی نظیر پارک‌ها، بوستان‌ها و بیلاقات در طول ساعات تفریح و استراحت در معرض آب و هوای محیط بیرون قرار می‌گیرند، وجود محیطی با اقلیم مطلوب جهت تأمین رضایت آن‌ها دارای اهمیت است (۳۰).

خرداقليمی یکی از عوامل خارج بوم‌سازگانی به شمار می‌آید که بر فعالیت افراد در محیط‌زیست اثرگذار است و از نقطه نظر صنعت گردشگری و تفریح، به عنوان یک منبع مهم اقتصادی به شمار می‌آید (۱۹ و ۲۵). عوامل اقلیمی زیادی نظیر دما، رطوبت نسبی، تشعشع و

۱- استادیار گروه گیاهان زینتی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد  
\* نویسنده مسئول (Email: zkarimian@um.ac.ir)

۲، ۴ و ۵- به ترتیب استادان و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i4.66069

درخت افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) به عنوان شاخصی برای یک گونه پهن برگ و خزان کننده در مقایسه با درخت کاج (*Pinus eldarica*) به عنوان شاخصی برای گونه‌های سوزنی برگ و همیشه سبز از نظر تغییر خرداقلیم اطراف خود متفاوت عمل می‌کنند؟ (۳) آیا عناصر خرداقلیمی دما و رطوبت نسبی در زیر تاج درختان با طبقه‌بندی‌های پوشش ابری قابل مقایسه است؟ و (۴) کدام یک از درختان مورد بررسی در این تحقیق از نظر انتخاب نوع گونه‌های درختی در اماکن تفریحی و فضای سبز مشهد به منظور بهبود آسایش دمایی در ماه‌های گرم سال موثرتر است؟

### مواد و روش‌ها

داده برداری‌های این مطالعه در فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. مطابق گزارش اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی، میانگین و حداکثر درجه حرارت درازمدت در فصل تابستان به ترتیب ۳۲ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارش سالانه درازمدت در شهر مشهد ۲۵۴/۳ میلی‌متر و حداقل میزان بارندگی آن در فصل تابستان و صفر میلی‌متر گزارش شده است. میانگین و حداقل رطوبت نسبی در فصل تابستان به ترتیب ۳۶ و ۲ درصد بوده است. بادهای جنوب شرقی و سرعت ۳-۶ نات غالب هستند (۵).

هدف اصلی در این بررسی تشابه و یا عدم تشابه شرایط خرد اقلیمی (دما و رطوبت نسبی) در زیر تاج درخت با پوشش آسمان ابری بود. به این منظور شرایط آسمان ابری و سایه حاصل از درختان افاقیا و کاج از نظر تطابق اثر آن‌ها در ممانعت از تابش نور خورشید با یکدیگر مقایسه شد. در گروه‌بندی پوشش ابری از اعداد ۸-۰ که اکتاز نامیده می‌شود استفاده شد و چهار گروه اکتاز ۰، ۱-۴، ۵-۷ و ۸ به ترتیب نماینده آسمان کاملاً صاف (SKC) (۱)، آسمان نسبتاً ابری (SCT) (۲)، آسمان با پوشش ابری زیاد (BKN) (۳) و آسمان کاملاً ابری (OVS) (۴) بودند. گونه‌های انتخابی در این آزمایش دو گونه غالب و پرکاربرد در فضای سبز مشهد هستند. افاقیا یک درخت خزان‌پذیر و پهن‌برگ با سایه‌دهی نسبتاً بالا و کاج درختی همیشه سبز و سوزنی‌برگ است که سایه‌دهی کم تا متوسط دارد که به ترتیب در این پژوهش به عنوان شاخصی برای گونه‌های درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در نظر گرفته شدند. درختان افاقیا مورد استفاده در این مطالعه با نام علمی *Robinia pseudoacacia* و از نوع بذری بودند. درختان کاج مورد مطالعه با نام علمی *Pinus eldarica* مرسوم به کاج تهران بودند. هر دو گونه درختی مورد استفاده در این پژوهش هم

تعرق، و نیز بواسطه کاهش سرعت باد، تحت تأثیر قرار دهند (۷، ۱۰، ۱۵، ۲۳، ۲۴ و ۲۷).

اثرات درختان و پوشش‌های ابری بر عناصر خرداقلیمی در تخمین و توسعه مدل‌های مختلف نیز توسط چن و همکاران (۴)، هیسلا و رنگ (۱۲)، استرلینگ و ماتزاراکیس (۲۷)، تامکینز (۲۸)، توی و بیلماز (۲۹ و ۳۰)، وینیکوف (۳۱) و والک (۳۲) به‌منظور اهدافی مثل محاسبه آسایش دمایی و اندازه‌گیری عناصر اقلیمی مورد بررسی قرار گرفته است. مکانیسم خنک کردن حاصل از ابر و تاج درختان دارای شباهت‌هایی است و عمدتاً هر دو از طریق ایجاد سایه در سطح زمین به‌طور مستقیم و به خاطر ظرفیت تولید رطوبت، به‌طور غیرمستقیم توانایی خنک کردن محیط پیرامون خود را دارند (۱۱، ۱۴، ۲۰، ۲۳ و ۳۲). تفاوت در پارامترهای خرداقلیمی در زیر تاج درختان و فضای باز (۳۴ و ۱۷) و در شرایط ابری و بدون ابر به صورت مجزا و گاه توأم با یکدیگر در تحقیقات فراوانی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۳، ۳۱ و ۳۲). از این تحقیقات به‌طور کلی این نتیجه بدست می‌آید که با افزایش میزان تاج‌پوشش درختان و درصد پوشش ابری، دمای هوا در طی روز در مطالعات مختلف با مقادیر متفاوتی کاهش می‌یافت. از آنجایی که مکانیسم‌های خنک کردن در زیر تاج‌پوشش درخت با پوشش ابر نسبتاً یکسان می‌باشد و ممکن است بتوان تغییرات دما و رطوبت نسبی را بر اساس طبقه‌بندی‌های ابری محاسبه کرد و آن را با در نظر گرفتن گستره تاج درخت، به تاج‌پوشش و فضای سبز ساخته شده با درختان نسبت داد (۳۰، ۱۱ و ۲۸). با در دست داشتن داده‌های ایستگاه هواشناسی و داده‌های میدانی خرداقلیمی، فرضی متفاوت در مورد تغییرات دما و رطوبت در اماکن و فضاهای تفریحی با در نظر گرفتن طبقه‌بندی داده‌های مربوط به پوشش ابر و گونه‌های درختی قابل طرح است. به این ترتیب می‌توان بیان کرد که ممکن است شرایط خرداقلیمی در زیر تاج درختان و در محیط‌های ابری با آنچه در فضای باز و آسمان صاف و بدون ابر وجود دارد، متفاوت و یا مشابه باشد.

با توجه به شرایط اقلیمی نامناسب، جمعیت بالا و همچنین فعالیت زیاد شهروندان، شهر مشهد از نظر تعداد اماکن مناسب به منظور فعالیت‌های تفریحی با محدودیت مواجه است. از یک طرف به خاطر کمبود برنامه‌ها و مدل‌های طراحی فضای سبز و کشت گیاهان با در نظر گرفتن عامل آسایش دمایی در اماکن تفریحی، نیاز به پژوهش‌های مرتبط در این شهر بسیار ضرورت می‌یابد. از طرف دیگر بدلیل فقدان مطالعه میدانی فضای سبز از نقطه نظر آسایش دمایی شهروندان در مشهد و همچنین سایر شهرهای کشور، اطلاعات و منابع در این زمینه بسیار محدود بوده و قدم گذاشتن در این مسیر با توجه به مشکلات و ضرورت‌های بیان شده بسیار سودمند خواهد بود. هدف از طرح و اجرای این پژوهش، پاسخ به این پرسش‌ها بود که: (۱) آیا استفاده از تک درختان، تفاوت قابل‌حسی از نظر دما و رطوبت نسبت به فضای باز (بدون درخت) به وجود می‌آورد؟ (۲) آیا

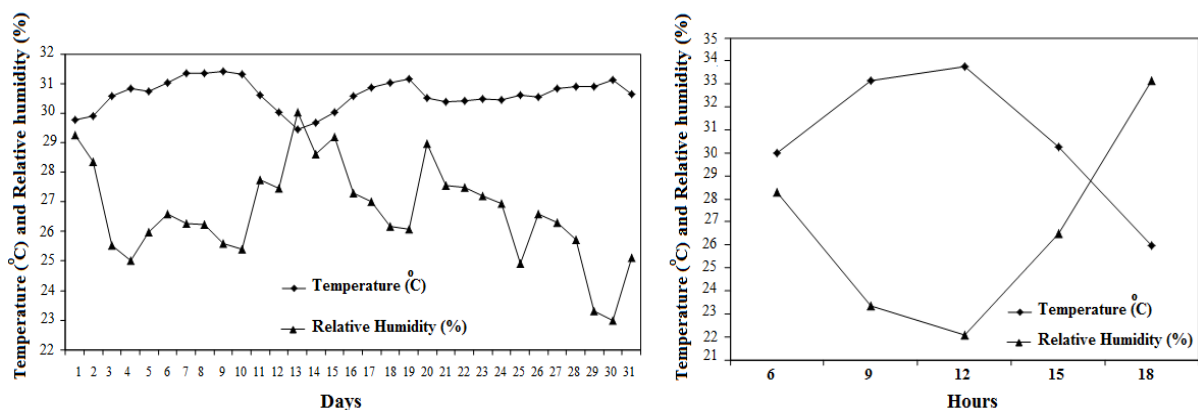
1- Sky Clear  
2- Scattered Sky  
3- Broken Sky  
4- Overcast Sky

استاندارد در ایستگاه‌های هواشناسی محاسبه شد. به منظور مقایسه اثرات گروه‌بندی‌های پوشش آسمان ابری و دو گونه درختی افاقیا و کاج، از میانگین‌های دما و رطوبت ثبت شده در سایت‌های مورد آزمایش و داده‌های دریافتی از ایستگاه هواشناسی استفاده شد. در مقایسه اثرات این دو محیط بر دما و رطوبت نسبی دو فرض مطرح است: اول این که بین میانگین‌های دمایی و رطوبتی بدست آمده در شرایط آسمان ابری SCT و سایه زیر تاج درخت کاج و همچنین بین شرایط ابری BKN و سایه زیر تاج درخت افاقیا اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد و دوم این که بین این میانگین‌ها در شرایط ابری SCT با درخت کاج و همچنین بین شرایط ابری BKN با درخت افاقیا اختلاف معنی‌دار از نظر آماری وجود دارد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی از طریق همین نرم‌افزار صورت گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌های مربوط به دما و رطوبت ۱۹ ساله هواشناسی در شرایط پوشش ابری متفاوت، اختلاف آماری معنی‌داری را بین گروه‌های ابری طبقه‌بندی شده در سطح ۵ درصد نشان داد. از آنجایی که در این آنالیز از داده‌های ۱۹ ساله دما و رطوبت در روزهای گرم‌ترین ماه سال و ساعات مختلف روز استفاده شد، بنابراین اثرات سال، روز و ساعت نیز در آن مورد بررسی قرار گرفت (جداول ۱). آنالیزها نشان دادند تنها بین گروه‌های پوشش ابری SKC و SCT با اختلاف دمایی معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) وجود داشت. بیشترین اختلاف دمایی حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱). در آنالیز داده‌های رطوبت نسبی، اختلاف معنی‌دار بین همه گروه‌های پوشش ابری به جز SCT با SKC با بیشترین اختلاف رطوبتی حدود ۱/۳ درصد مشاهده شد ( $p < 0.05$ ) (شکل ۱).

سن و حدوداً ۱۰ ساله بودند. این درختان به گونه‌ای انتخاب شدند که از نظر ابعاد تاج و ارتفاع درخت و همچنین سطح سایه انداز به هم نزدیک باشند. ارتفاع درختان مورد مطالعه تقریباً ۳/۵ متر و گستره تاج آن‌ها حدوداً ۳ متر بود، اگر چه تراکم تاج بین دو گونه افاقیا و کاج یکسان نبودند و در گونه افاقیا تراکم برگ‌ها و تاج بیشتر بود. این دو گونه بر اساس میزان و اثرات سایه‌دهی با عدد اکتاز متناظر با خود مطابقت داده شدند، به این ترتیب که درخت افاقیا با تاج گسترده و سایه‌دهی نسبتاً بالا با وضعیت پوشش ابری BKN (اکتاز برابر با ۷-۵) و کاج با سایه‌دهی نسبتاً پایین با وضعیت پوشش ابری SCT (اکتاز برابر با ۴-۱) برابر در نظر گرفته شدند (۲۹ و ۳۰). داده‌های اندازه‌گیری شده دما و رطوبت نسبی بین سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۰ و در گرم‌ترین ماه سال (اواسط تیر-اواسط مرداد) از ایستگاه هواشناسی مشهد دریافت شد. سپس در هر سال، میانگین دمایی مطابق با میزان پوشش ابری آسمان در آن روز (بین ساعات ۶-۱۸) به سه گروه SKC (آسمان کاملاً صاف یا اکتاز=۰)، SCT (آسمان نسبتاً ابری یا اکتاز=۴-۱) و BKN (آسمان با پوشش ابری زیاد یا اکتاز=۷-۵) و OVS (آسمان کاملاً ابری یا اکتاز=۸) طبقه‌بندی شدند. جهت تعیین اثرات سایه حاصل از گونه پهن‌برگ افاقیا و سوزنی‌برگ کاج، طی دوره یک ماهه از اواسط تیر-اواسط مرداد در تابستان سال ۱۳۹۱ مقادیر دو متغیر دما و رطوبت نسبی در زیر تاج هر درخت در پردیس دانشگاه فروسه مشهد ثبت شدند. علاوه بر اثر تاج درخت، اثرات روز و ساعت نیز مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از هر گونه درختی ۱۰ عدد به عنوان تکرار مورد بررسی و داده برداری قرار گرفت. برای ثبت دما و رطوبت نسبی از ثبت کننده دما و رطوبت مدل (Standard ST-171) استفاده شد. ثبت کننده‌ها در سه مکان ۱. زیر تاج پوشش درخت افاقیا (نماینده BKN)، ۲. زیر تاج پوشش درخت کاج (نماینده SCT) و ۳. در فضای باز (نماینده SKC) نصب شدند هر ۵ ثانیه یک‌بار پارامترها را ثبت کرده و در نهایت میانگین روزانه دما و رطوبت نسبی در ساعات ۶-۱۸ هر روز و منطبق با داده‌برداری

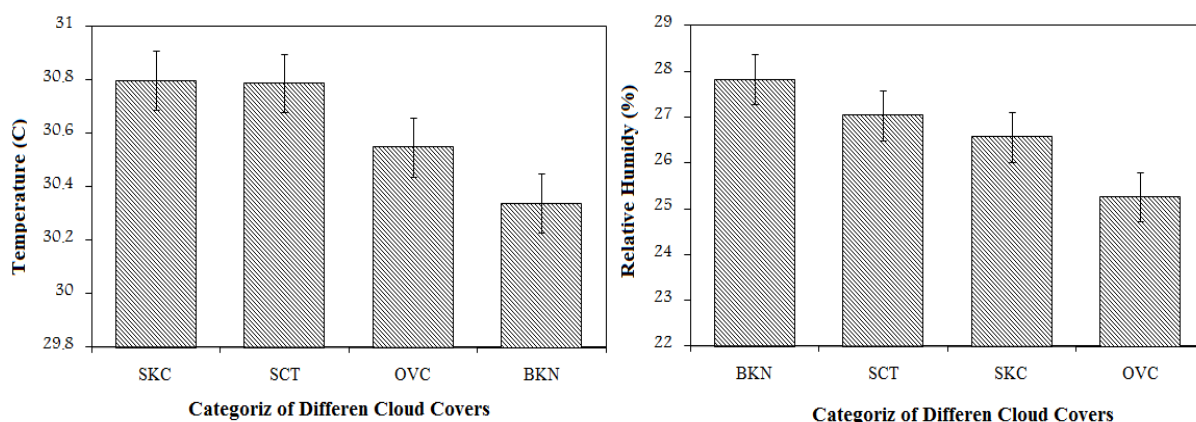


شکل ۱- تأثیر پوشش‌های ابری مختلف بر دما و رطوبت نسبی طی یک دوره ۱۹ ساله

Figure 1- Effect of different cloud covers on temperature and relative humidity during 19 years

جدول ۱- آنالیز واریانس داده های دما در طبقه بندی های مختلف پوشش ابر، روز و ساعت در دوره ۱۹ ساله  
 Table 1- Analysis variance of temperature and humidity data in different categories of cloud covers, year, day and hour during 19 years

رطوبت نسبی Relative humidity (%)				دما Temperature (°C)			
Source منبع	DF درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F	Source منبع	DF درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F
Year سال	19	101.79	133*	Year سال	19	7374.5	530.12*
Day روز	30	24.87	32.5*	Day روز	30	257.4	18.50*
Hour ساعت	4	5218.11	6817.91*	Hour ساعت	4	10422.1	749.20*
Oktaz groups گروه های اکتازی	3	6.81	8.89*	Oktaz groups گروه های اکتازی	3	46.3	3.33*
Year × Day سال × روز	570	20.40	26.66*	Year × Day سال × روز	570	166.4	11.96*
Year × Hour سال × ساعت	79	4	5.22*	Year × Hour سال × ساعت	79	66.7	4.79*
Day × Hour روز × ساعت	120	0.82	1.07	Day × Hour روز × ساعت	120	15.4	1.11
Error خطا	2275	0.77	-	Error خطا	2275	13.9	-
Total کل	3097	-	-	Total کل	3097	-	-



شکل ۲- تغییرات دما و رطوبت نسبی در طی دوره ۱۹ ساله (۱۹۹۰-۲۰۰۸) در گرم ترین ماه سال  
 Figure 2- Temperature and relative humidity changes during 19 years (1990-2008) in the hottest month

در طی ۱۹ سال به ترتیب حدود ۲ و ۸ درجه سانتی گراد و اختلاف رطوبت بیشینه و کمینه روزهای ماه و ساعات روز در این دوره به ترتیب حدود ۷ و ۱۱ درصد بودند (شکل ۲).  
 نتایج آنالیز آماری داده های ثبت شده دما و رطوبت نسبی در زیر درختان کاج، افاقیا و در فضای باز در طی گرم ترین ماه سال در جدول ۲ ارائه شده است. بین دمای ثبت شده در زیر تاج درخت کاج (۳۴/۲۱) درجه سانتی گراد) و فضای باز (۳۴/۱۹) درجه سانتی گراد) با درخت

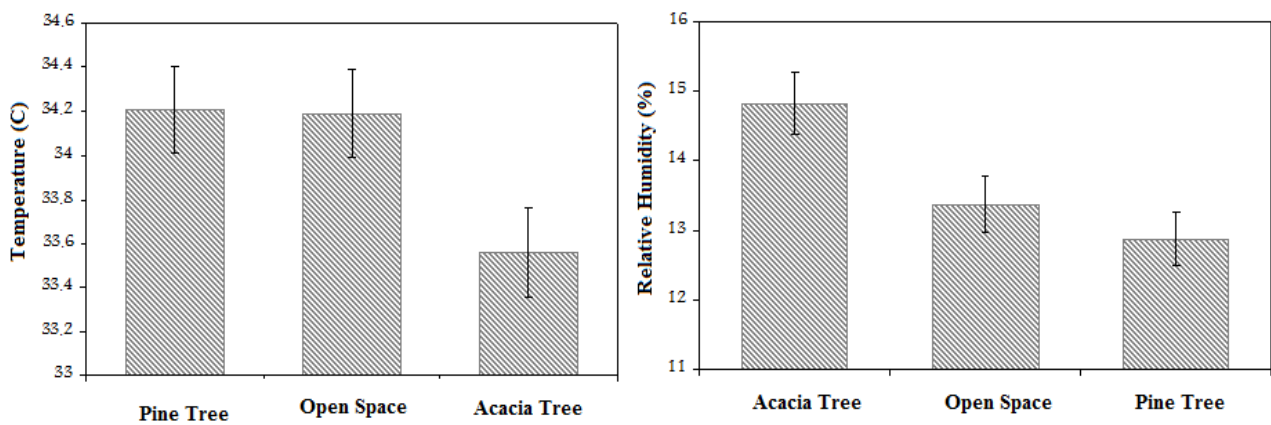
تغییرات دمایی در طی دوره ۱۹ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸، تقریباً روند افزایشی و تغییرات رطوبتی روند کاهشی را نشان می دهد که شاید بتوان گفت این مساله با پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن زمین در ده های اخیر قابل تطبیق است (۱). مطابق با جدول ۱ روزهای مختلف گرم ترین ماه سال و ساعات مختلف روز در طی دوره ۱۹ ساله دارای اختلاف معنی دار دمایی و رطوبتی بودند ( $p < 0.05$ )، به طوری که اختلاف دما بین گرم ترین و خنک ترین روزهای ماه و ساعات روز

۱۲/۸۸ درصد)، تاج درخت افاقیا (۱۴/۸۱ درصد) و فضای باز (۱۳/۳۷ درصد)، بین رطوبت نسبی ثبت شده اختلاف معنی دار وجود داشت ( $p < 0.05$ ) (شکل ۳).

اقاقیا (۳۳/۵۶ درجه سانتی گراد) اختلاف معنی دار وجود دارد اما اختلاف دمایی بین درخت کاج و فضای باز از نظر آماری معنی داری نشد ( $p < 0.05$ ) (شکل ۳). در هر سه مکان یعنی زیر تاج درخت کاج

جدول ۲- آنالیز واریانس داده‌های دما و رطوبت نسبی در زیر تاج درختان و فضای باز در گرمترین ماه سال  
Table 2- Analysis variance of temperature and humidity data under tree canopy and open space during the hottest month of year

رطوبت نسبی Relative humidity (%)				دما Temperature (°C)			
Source منبع	DF درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F	Source منبع	DF درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F
Under canopy زیر سایبان درخت	2	49.99	58.12*	Under canopy زیر سایبان درخت	2	373.21	752.38*
Day روز	30	216.60	364.50*	Day روز	30	574.12	1157.40*
Hour ساعت	11	576.81	970.69*	Hour ساعت	11	2110.21	4254.12*
Day × Hour روز × ساعت	330	1.05	1.77*	Day × Hour روز × ساعت	330	9.99	20.13*
Error خطا	742	0.59	-	Error خطا	742	0.5	-
Total کل	1115	-	-	Total کل	1114	-	-

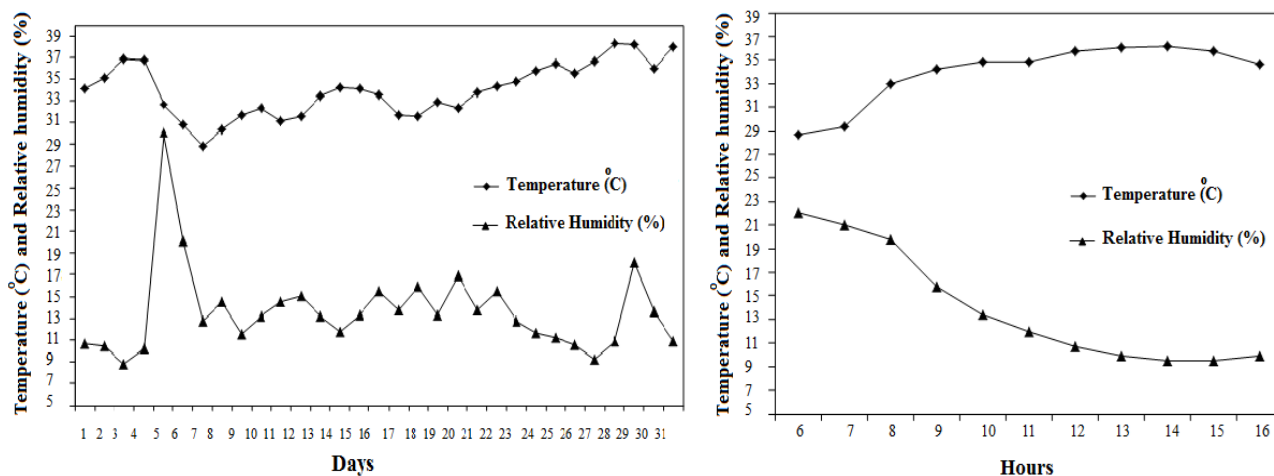


شکل ۳- تأثیر تاج درختان و در مقایسه با محیط باز بر دما و رطوبت نسبی طی گرمترین ماه سال  
Figure 3- Effect of tree crown in comparison with open space on temperature and relative humidity during hottest month of year

پوشش های مختلف ابر در جدول ۳ و ۴ ارایه شده‌اند. میانگین‌های دما و رطوبت ثبت شده در زیر تاج درخت کاج و افاقیا به ترتیب با داده‌های حاصل از ایستگاه هواشناسی در شرایط آسمان نسبتاً ابری و آسمان با پوشش ابر زیاد دارای اختلاف معنی دار هستند ( $p < 0.05$ ). آسمان با پوشش ابر زیاد و آسمان نسبتاً ابری در مقایسه با افاقیا و کاج به ترتیب ۴/۶ و ۴/۵ درجه سانتی گراد محیط را خنک‌تر کردند (جدول ۲). همچنین پوشش ابر باعث افزایش بیشتری در میزان

طبق جدول ۲ در این بخش از آزمایش، روزهای مختلف ماه و ساعات مختلف روز دارای اختلاف معنی دار دمایی و رطوبتی بودند ( $p < 0.05$ )، به طوری که اختلاف دما بین گرم‌ترین و خنک‌ترین روزهای ماه و ساعات روز به ترتیب حدود ۹/۵ و ۷/۵ درجه سانتی گراد و اختلاف رطوبت بیشینه و کمینه روزهای ماه و ساعات روز در این دوره به ترتیب حدود ۲۱/۸ و ۱۲/۶ درصد بودند (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین بین دما و رطوبت ناشی از تاج درختان با

رطوبت نسبی محیط در مقایسه با تاج پوشش تک درخت می شود به طوری که ۱۶/۶ و ۸/۲ درصد محیط را مرطوب تر کردند (شکل ۳).



شکل ۴- تغییرات دما و رطوبت نسبی روزها و ساعات مختلف روز طی دوره گرمترین ماه سال ۱۳۹۰

Figure 4- Temperature and relative humidity changes of different days and hours during the hottest month of 2012

جدول ۳- مقایسه میانگین بین دما ناشی از تاج درختان و فضای باز با پوشش های مختلف ابر

Table 3- Comparison of mean between temperature from tree canopy and open space with different cloud covers

Compare groups گروه های مقایسه	Mean (°C) میانگین	Mean difference اختلاف میانگین	Standard deviation انحراف استاندارد	Mean ± SE	t	F
Pine tree vs. Scattered Sky درخت کاج با نسبتاً ابری	34.71 30.06	-4.64	3.34 4.98	0.19 0.36	-12.46	*59.46
Acacia tree vs. Broken Sky درخت ااقیا با پوشش ابر زیاد	34.01 28.61	-4.5	3.25 5.03	0.18 0.83	-8.91	*57.72

جدول ۴- مقایسه میانگین بین دما ناشی از تاج درختان و فضای باز با پوشش های مختلف ابر

Table 4- Comparison of mean between relative humidity from tree canopy and open space with different cloud covers

Compare groups گروه های مقایسه	Mean (°C) میانگین	Mean difference اختلاف میانگین	Standard deviation انحراف استاندارد	Mean ± SE	t	F
Pine tree vs. Scattered Sky درخت کاج با نسبتاً ابری	12.66 20.85	-8.19	5.84 8.80	0.30 0.64	-13.08	39.92*
Acacia tree vs. Broken Sky درخت ااقیا با پوشش ابر زیاد	14.81 31.42	-16.61	6.61 15.31	0.34 2.55	-12.27	93.71*

ابر حاصل می شود، منجر به کاهش و خنک شدن درجه حرارت سطحی می شود. وینیکوف (۳۱) نیز در مطالعه ای با بررسی داده های ۴۸ ساله چندین ایستگاه هواشناسی در فصل تابستان، اختلاف دمایی معنی داری را بین پوشش های ابری مختلف ثبت کردند. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان می دهد که پوشش ابر به دلیل بازتابش پرتوهای خورشید به فضا باعث کاهش دمای محیط شده که خود منجر به افزایش میزان رطوبت نسبی محیط خواهد شد (۴، ۲۰، ۲۸). از آن جایی که روزهای با پوشش کامل ابر در فصل تابستان در شهر

نتایج به دست آمده در بخش تاثیر طبقه بندی های پوشش ابر بر دما و رطوبت نسبی با مطالعات والک (۳۲) که نشان می داد پوشش ابری به دلیل بازتاب و انعکاس نور خورشید به فضا منجر به کاهش درجه حرارت محیط می شود و همچنین با تحقیقات مشابه توی و بیلماز (۳۰) در این زمینه مطابقت دارد. با در نظر گرفتن مطالعات آماری بلند مدت و گسترده گرویسمن و همکاران (۱۱) یافته های این بخش از تحقیق قابل قبول هستند زیرا بر اساس این گزارشات در تابستان ها، افزایش در میزان فشار بخار هوا که در پی افزایش پوشش

بواسطه عمل تبخیر و تفرق و از طرف دیگر به دلیل تاثیر در کاهش دما محیط باعث افزایش میزان رطوبت نسبی می‌شوند. رطوبت نسبی تحت تاثیر میزان دمای محیط است به گونه ای که با کاهش دما، کاهش در فشار بخار هوا و در نتیجه افزایش نرخ تبخیر و تفرق گیاهان و به دنبال آن افزایش رطوبت نسبی محیط را خواهیم داشت (۳۳).

دما و رطوبت در دو وضعیت وجود درخت و حضور ابر با یکدیگر مشابهت خرداقليمی ندارند و اثر آن‌ها بر تغییرات دما و رطوبت محیط یکسان نیست و بنابراین قابل جایگزینی نیستند. به طوری که پوشش ابر در مقایسه با کانوپی تک درخت، تاثیر بیشتری بر کاهش دما نشان داد. تاکنون تنها دو گزارش علمی از مطالعات مشابه که به مقایسه دما و رطوبت حاصل از سایه درختان با ابر می‌پردازد در کشور ترکیه توسط توی و ییلماز (۲۹ و ۳۰) به چاپ رسیده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد. از آنجایی که توی و ییلماز در مطالعات خود از داده‌های هر دو فصل گرم و سرد استفاده کرده و گزارش نتایج به صورت کلی بیان شده است، نتایج نهایی آن‌ها از نظر علمی لزوماً با تحقیق حاضر قابل مقایسه نیست. اگر چه بر طبق نظرسنجی‌ها و مطالعات مختلف، در شهرها و مناطق گرم و بویژه خشک، افراد بهترین تجربه دمایی و رطوبتی و بنابراین مطلوب‌ترین احساس آسایش دمایی را در دو فصل بهار و پاییز دارند (۶ و ۱۷) که همواره با درصد مطلوبی از ابر در آسمان همراه است، اما نتایج این بخش از تحقیقات نشان داد که تاثیرات تاج‌پوشش درخت و پوشش ابر بر میزان دما و رطوبت نسبی در شهر مشهد متفاوت می‌باشد و اگر چه بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تاثیرات مثبت خرداقليمی حاصل از وجود پوشش ابر در تابستان سال ۱۳۹۱ در مقایسه با گونه‌های درختی مورد مطالعه (اقلیم و کاج) بیشتر بوده است اما این مساله از نقش بسیار مهم درختان در اماکن تفریحی و فضای سبز نمی‌کاهد. از طرفی دیگر حضور آسمان ابری و یا نیمه ابری که بتواند باعث خنک‌سازی هوا گردد امری مرتبط با اقلیم و عموماً به سختی قابل کنترل توسط انسان است در حالی که کشت درختان و بهره‌مندی از مزایای خرداقليمی آن‌ها قابل اجرا و دستیابی است. دلایلی چون استفاده از تک درختان در این آزمایش، پایدار نبودن درصد پوشش ابر در ساعات روز، اختلاف فاحش دما در نقاط مختلف شهر به دلایلی چون وجود جزایر گرمایی می‌تواند دلایل محکمی بر استفاده فضای سبز در اماکن تفریحی در شهر مشهد باشد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش به طور کلی گونه پهن‌برگ اقلیم معمولی در مقایسه با گونه سوزنی‌برگ کاج و فضای باز منجر به تغییرات معنی‌دار خرداقليمی از نظر کاهش دما و افزایش رطوبت شد. هر چند این

مشهد بندرت گزارش می‌شود، تعداد کل داده‌های دما و رطوبت مربوط به این شرایط در طی ۱۹ سال تنها ۵ مورد ثبت شده است که از نظر آماری جهت آنالیز و مقایسه میانگین مناسب نبوده و به همین دلیل بر خلاف گزارشات و تحقیقات بیان شده، آسمان پوشیده از ابر یا OVC (اکناز=۸) اختلاف دمایی و رطوبتی معنی‌داری با سایر گروه‌ها نشان نداد.

در مورد تاثیر سایه درخت بر دما و رطوبت نسبی، نوک (۲۰) بیان کرد درختان می‌توانند دمای هوا، جذب تشعشع، ذخیره حرارتی، سرعت باد، رطوبت نسبی، آلودگی سطوح و غیره را به واسطه عمل تبخیر تفرق و اثرات تاج خود تحت تاثیر قرار دهند. شاشوآبار و هافمن (۲۴) در تحقیقی بیان کردند دمای هوا در خیابان‌های دارای درخت در مقایسه با خیابان‌های فاقد درخت حدود ۲/۵-۱ درجه سانتی‌گراد در گرم‌ترین ساعات روز خنک‌تر می‌باشد. توی و ییلماز (۲۹) نیز در مطالعاتی مشابه نشان دادند، منطقه‌ای با پوششی از درختان کاج (*Pinus sylvestris*) در مقایسه با فضای باز ۰/۷ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر بود. توی و ییلماز (۳۰) همچنین در تحقیق مشابه دیگری بیان کردند دمای هوا در فضای باز نسبت به فضای زیر دو تک گونه درختی، گرم‌تر می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات انجام شده مشابه هم‌راستا می‌باشد. گونه پهن برگ اقلیم در مقایسه با گونه سوزنی برگ کاج و فضای باز حدود ۰/۶۴ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر بود که این نتیجه با در نظر گرفتن این مساله که میزان تاثیر پوشش گیاهی بر تغییر خرداقليم به اندازه و سطح پوشش گیاهی وابسته است (۲۵) قابل توجیه می‌باشد زیرا تراکم تاج گونه اقلیم نسبت به گونه کاج بیشتر بود. مطالعات مختلف نیز اثبات می‌کند که تاثیر درختان بر میزان خنک‌سازی آن‌ها در محیط تا حد زیادی به اندازه تاج‌پوشش آن‌ها بستگی دارد (۳، ۷ و ۲۷). علی‌رغم این که مقدار اختلاف دما ثبت شده در این آزمایش کمتر از یک درجه سانتی‌گراد بود اما با نتایج تحقیقات مشابه شاشوآبار و هافمن (۲۴)، فهمی و همکاران (۷)، توی و ییلماز (۲۹ و ۳۰) و گئورگی و زافیریادیس (۸) که گزارش دادند گونه‌های مختلف پوشش گیاهی و درختان باعث کاهش دمای محیط می‌شوند مطابقت دارد.

در این مطالعه بیشترین میانگین رطوبت نسبی مربوط به گونه پهن‌برگ اقلیم می‌باشد که نسبت به گونه سوزنی‌برگ کاج و فضای باز به ترتیب ۲ و ۱/۵ درصد رطوبت نسبی بالاتری دارد در حالی که بین رطوبت نسبی ثبت شده در زیر تاج درخت سوزنی‌برگ کاج نسبت به فضای باز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که این نتیجه با تحقیقات مختلف که بیان می‌کند پوشش گیاهی و درختان باعث افزایش میزان رطوبت نسبی محیط و تغییر خرداقليم می‌شوند هم‌راستا می‌باشد (۱۰ و ۲۲).

پوشش‌های گیاهی نظیر درختان عمدتاً به دو شکل منجر به تغییر رطوبت نسبی محیط اطراف می‌شوند. درختان از یک طرف

گرم بیشتر است. اثرات اقلیمی پوشش ابر با دو گونه مورد مطالعه مشابهت نداشت بنابراین به نظر می‌رسد نمی‌توان در روزهای آفتابی و گرم تابستان شرایط آسایش دمایی و خرداقلیمی روزهای نیمه‌ابری بهار و پاییز را صرفاً با پوشش گیاهی مذکور به صورت تک درخت شبیه‌سازی کرد.

کاهش دما چشمگیر نیست اما از آنجایی که تأثیر آن دقیقاً در زیر درخت و در اماکن تفریحی مورد بررسی قرار گرفته است که افراد حاضر در آن اماکن غالباً در محدوده این درختان و حتی در طی استراحت در زیر آن‌ها حضور دارند، دارای اهمیت و تأثیرگذاری است و به نظر می‌رسد که اثر گونه‌های پهن برگ نسبت به سوزنی‌برگ‌ها به صورت تکی در محدوده پیرامون آن‌ها بر تغییر خرداقلیم در فصول

## منابع

1. Abbasi F., Babaian I., Habibi Nokhandan M., Golimokhtari L., and Malboosi SH. 2009. Assessment of climate change on temperature and raining in Iran on future decades with model MAGICC-SCENGEN. *Physical Geography Research Quarterly*, 72: 91-109. (In Persian)
2. Bauerle W.L., Bowden J.D., Geoff Wang G., and Shahba M.A. 2009. Exploring the importance of within-canopy spatial temperature variation on transpiration predictions. *Journal of Experimental Botany*, 60: 3665-3676.
3. Chatzidimitriou A., Chrissomallidou N., and Yannas S. 2005. Microclimate modifications of an urban street in northern Greece. *Proceedings of the PLEA 2005-Passive and Low Energy Architecture*, PLEA International, Beirut, Lebanon. pp. 689-694.
4. Chen Q., Liang X., Xu M., Ling T., and Wang J. 2013. Improvement of cloud radiative forcing and its impact on weather forecasts. *The Open Atmospheric Science Journal*, 7: 1-13.
5. Davoodi M., Mohammadi H., and Bay N. 2009. Analysis and prediction some Mashhad climatic elements. *Nivar Science and Technology Journal*, 71: 35-46. (In Persian)
6. Esmaili R., Gandomkar A., and Habibin, M. 2012. Assessment of comfortable climate in several main Iranian tourism cities using physiologic equivalence temperature index. *Natural Geogography Researches*, 43(75): 1-18.
7. Fahmy M., Sharples S., and Yahya M. 2010. LAI based trees selection for mid latitude urban developments: A microclimatic study in Cairo. *Egypt, Building and Environment*, 45: 345-357.
8. Georgi N.J., and Zafiriadis K. 2006. The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystems*, 9: 195-209.
9. Ghazanfari M.S., Alizadeh A., Naseri M., and Farid Hosseini A. 2010. Evaluating the Effects of UHI on Mashhad Precipitation. *Journal of Water and Soil*, 24(2): 359-366.
10. Gomez-Muñoz V.M., Porta-Gandara M.A., and Fernandez J.L. 2010. Effect of tree shades in urban planning in hot-arid climatic regions. *Landscape and Urban Planning*, 94: 149-157.
11. Groisman P.Y.A., Bradley R.S., and Sun B. 2000. The relationship of cloud cover to near-surface temperature and humidity: comparison of GCM simulations with empirical data. *Journal of Climate*, 13: 1858-1878.
12. Heisler G.M., and Wang Y. 2002. Applications of a human thermal comfort model, *Proceedings of the Fourth Symposium on the Urban Environment*, 20-24 May, Norfolk, VA, Sponsored by the American Meteorological Society, Boston, MA. USA.
13. Kuttler W., Barlag A.B., and Robmann F. 1996. Study of the thermal structure of a town in a narrow valley. *Atmospheric Environment*, 30(3): 365-378.
14. Lee R. 1978. *Forest microclimatology*, Columbia University Press, New York, 276 p.
15. Lin T., Matzarakis M., and Hwang R. 2010. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45: 213-221.
16. Matzarakis A., Rutz and F., and Mayer H. 2007. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51: 323-334.
17. Matzarakis A., Karatarakis N. and Sarantopoulos A. 2005., *Tourism climatology and tourism potential for Crete, Greece*, *Annalen der Meteorologie*, 41(2): 616-619.
18. McWilliam V., Brown R., Eagles P., and Seasons M. 2014. Barriers to the effective planning and management of residential encroachment within urban forest edges: A Southern Ontario, Canada case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(1): 48-62.
19. Mieczkowski Z. 1985. The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer*, 29(3): 220-233.
20. Nowak D.J. 1995. Trees pollute? A TREE” explains it all. In: Kollin, C., Barratt. M. (Ed.), *Proceedings of the 7th National Urban Forest Conference*, American Forests, Washington, USA. pp. 28-30.
21. Sadeghinia A., Alijani B., and Ziaian P. 2012. Spatial-temporal analysis of the heat-island metropolis of Tehran using remote sensing and GIS. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 4: 1-17.
22. Safarzadeh H., and Bahadori M.N. 2005. Passive cooling effects of courtyards, *Building and Environment*, 40: 89-



- 104.
23. Scott D., McBoyle G., and Schwartzentruber, M. 2004. Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America, *Climate Research*, 27: 105-117.
  24. Shashua-Bar L., and Hoffman M.E. 2004. Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. *Building and Environment*, 39: 1087-1099.
  25. Spagnolo J., and de Dear R.J. 2003. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical. Sydney Australia, *Building and Environment*, 38: 721-738.
  26. Spangenberg J., Shinzato P., Johansson E., and Duarte D. 2008. Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo. *Rev SBAU Piracicaba*, 3(2): 1-19.
  27. Streiling S., and Matzarakis A. 2003. Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. *Journal Arboriculture*, 29(6): 309-316.
  28. Tompkins A.M. 2003. Impact of temperature and humidity variability on cloud cover assessed using aircraft data, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 129: 2151-2170.
  29. Toy S., and Yilmaz S. 2007. International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, Newzylnd, pp. 1934-1939.
  30. Toy S., and Yilmaz S. 2010. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 101: 329-343.
  31. Vinnikov K.Y., Grody N., Robock A., and Basist A. 2003. The relationship between cloudiness and surface temperature. Proceedings of the 12th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, Long Beach, CA, 9-13 February, American Meteorological Society, Boston, MA. USA.
  32. Walcek C.J. 1994. Cloud cover and its relationship to relative humidity during a springtime multitude cyclone. *Monthly Weather Review*, 122: 1021-1035.
  33. Will R.E., Wilson S.M., Zou C.B., and Hennessey T.C. 2013. Increased vapor pressure deficit due to higher temperature leads to greater transpiration and faster mortality during drought for tree seedlings common to the forest-grassland ecotone. *Journal of Experimental Botany*, 60(13): 3665-3676.
  34. Yilmaz S., Toy S., Irmak M.A., and Yilmaz H. 2007. Determination of climatic differences in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment*, 42(4): 1604-1613.



## Environmental Microclimatic Evaluation under Two Tree Species of Urban Landscape in Mashhad

Z. Karimian<sup>1\*</sup> - A. Tehranifar<sup>2</sup> - M. Bannayan<sup>3</sup> - M. Azizi<sup>4</sup> - F. Kazemi<sup>5</sup>

Received: 20-08-2017

Accepted: 28-07-2018

**Introduction:** Considering population growth and urbanization development, one of the main requirements of the urban society is to create appropriate life condition for dwellers. The microclimate is considered as one of the factors that affect the activity of people in the environment and in terms of tourist and recreational industry, it is considered as an important source of economic. Many climatic parameters such as temperature, relative humidity, radiation and wind speed can affect the quality of people's recreational activities. So far, many studies have been conducted in the world about the positive effects of vegetation specially trees in the urban landscape on the optimizing of microclimate and human thermal comfort. The cooling mechanism of trees and clouds in an area mainly by directly shading the ground surface and indirectly by supplying humidity are similar. Thus, perhaps it be possible to calculate the changes in temperature and relative humidity based on cloud categories and impute it to tree canopy and vegetation size. The purpose of the present study was to answer followed questions, 1) does the use of single tree produce a sensible difference in temperature and humidity relative to open space? 2) Does the acacia tree as an indicator for a broad-leaved species compare to the pine tree as an indicator for the needle species in terms of the microclimatic variation of around themselves act differently? 3) Do the microclimatic elements (Temperature and relative humidity) under the canopies are comparable to various cloudiness conditions?

**Materials and Methods:** The experiments were conducted at Ferdowsi University of Mashhad. The climate data under two species of false acacia (*Robinia pseudoacacia*) and pine trees (*Pinus eldarica*) and open space were received from Mashhad weather station over a period of 19 years, recorded and analyzed. In the comparison of the effects of vegetation and cloudy conditions on the temperature and relative humidity an assumption was proposed that has been mentioned in the following. The differences between the means of temperature and relative humidity obtained under SKC (Sky Clear) cloudiness conditions and in open space; under SCT (Scattered Sky) conditions and pine trees; and under BKN (Broken Sky) conditions and false acacia tree must be equal or these differences must be statistically not significant. In addition to the effect of tree canopy, the effects of days and hours on the temperature and humidity were investigated. To analysis and also mean comparison, SPSS 16 software was used.

**Results and Discussion:** The results showed that the temperature (decreasing) and relative humidity (increasing) were significantly different among various cloudiness conditions during 19 years. The results also indicated that between the temperatures recorded under the canopy of pine and false acacia trees, and also among of recorded relative humidity in two trees species with corresponding outdoor spaces there were significant differences. Also, there were no significant differences among the temperature of the clear sky and the partly cloudy with that of the mostly cloudy sky. Further, clear sky and mostly cloudy sky showed significant differences in terms of relative humidity. Mostly cloudy sky and the partly cloudy sky compared with pine and false acacia trees were about 4.6 and 4.5°C cooler, respectively. The cloud covers, also could enhance the more level of relative humidity in the environment in comparison with single tree canopy, so that were caused a wetter environment equal to 16.6 and 8.4 percent, respectively. The results also showed that temperature and relative humidity created by the shade from false acacia and pine trees are not comparable with the same climatic factors created by partly cloudy and mostly cloudy skies. In the present study, false acacia as a broad-leaved tree compared with pine tree and also open space could cool the environment about 0.65 degree C more that is in line with previous studies that showed the microclimatic impact of vegetation depend on crown and leaf size. Temperature and relative humidity in vegetation (trees) and cloudy condition

1- Assistant Professor, Department of Ornamental Plants, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran  
(\* - Corresponding Author Email: zkarimian@um.ac.ir)

2, 4 and 5- Professors and Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

are not comparable with microclimate and their impact on the environment is not the same. The cloud covers, also could enhance the more level of relative humidity in the environment in comparison with single tree canopy, so that were caused a wetter environment equal to 16.6 and 8.4 percent, respectively.

**Conclusion:** This finding showed that climatic effects of cloud covers had no similarity compared with two studied trees species. It may also indicate that green space and greenery should not also be ignored in areas where cloudy skies are mostly present throughout the year.

**Keywords:** Cloud cover, Relative humidity, Temperature, Vegetation

