DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.19639.1922

بررسی نتایج پنج سالهٔ رویش و زنده‌مانی شش گونهٔ درختی در فضای سبز شهر رباط کریم در شرایط عدم‌قطعیت اقلیمی

(مقالهٔ پژوهشی)

۱- محمد عسگری، دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- محسن جوانمیری‌پور*، دانش‌آموخته دکتری جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
mjavanmiri@ut.ac.ir
۳- دنیا رحمانی‌حصار، دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰

چکیده

با توجه به تغییرات اقلیمی در تمامی نقاط کرهٔ زمین، یکی از مهم‌ترین ابزارهای مقابله با تغییرات اقلیمی از دیدگاه مدیریتی در سطح منابع طبیعی، آگاهی از میزان سازگاری گیاهان چوبی در شرایط تغییرات اقلیمی است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر عوامل اقلیمی بر سازگاری گونه‌های درختی مورد استفاده به‌منظور جنگلکاری در شهر رباط‌کریم با میانگین یک منطقهٔ خشک در جنوب غربی استان تهران است. برای انجام این مطالعه، پس از تسطیح و آماده‌سازی بستر کاشت، در سال ۱۳۹۵ جنگلکاری با گونه‌های دو ساله توت نرک، کاج تهران، آسمان‌دار، زبان‌گنجشک، افرای سیاه و اقاقیا در شهر رباط‌کریم انجام شد. در هنگام کاشت، قطر بن، ارتفاع نهال، شادابی برگ‌ها (مطلوب، متوسط و رنگ‌پریده) و سلامت نهال (سالم، نیمه‌سالم، آفت‌زده) اندازه‌گیری شدند. پس از گذشت ۶ سال، در سال ۱۴۰۱ نیز دوباره این ویژگی‌ها اندازه‌گیری شد. روند عناصر اقلیمی شامل بارش، متوسط دما (^{o}C)، متوسط دمای حداکثر (^{o}C)، متوسط دمای حداقل (^{o}C)، متوسط سرعت باد (m/s)، متوسط تعداد ساعات آفتابی از سال ۱۳۳۰ الی ۱۴۰۰ و متوسط تبخیرتعرق مرجع (میلی‌متر) از ۱۴۰۰-۱۳۷۰ نیز بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل عناصر اقلیمی نشان داد تغییرات اقلیمی به شکل افزایش میانگین دمای سالانه، افزایش حداکثر و حداقل دما، کاهش میزان مجموع بارش سالانه، کاهش میزان سرعت باد و افزایش میزان تبخیر-تعرق مرجع در حال وقوع هستند. از تعداد ۱۵۰ اصله نهال در هنگام کاشت، در سال ۱۴۰۱ تعداد افرای سیاه به ۸۰ اصله رسیده و تعداد نهال‌های کاج تهران و اقاقیا بدون تغییر خاصی و به ترتیب برابر با ۱۴۵ و ۱۴۲ اصله بود. از نظر میزان رویش قطری بیشترین میزان رویش، مربوط به اقاقیا و کاج تهران (به ترتیب با داشتن ۱/۰۹ و ۱/۰۵ سانتی‌متر در سال) است و کمترین میزان مربوط به گونه افرای سیاه (با داشتن رویش قطری ۰/۷۸ سانتی‌متر در سال) بود. از نظر میزان رویش ارتفاعی، بیشترین میزان مربوط به آسمان‌دار و توت نرک به ترتیب با ۰/۴۵ و ۰/۴۲ متر و کمترین میزان مربوط به افرای سیاه با ۰/۱۴ متر در سال بوده است. بررسی افزایش سطح تاج پوشش حاکی از آن است که بیشترین رشد در این مورد مربوط به کاج تهران و آسمان دار به ترتیب با افزایش ۰/۱۶ و ۰/۱ مترمربع و کمترین رشد مربوط به افرای سیاه با افزایش ۰/۰۱۸ متر مربع در سال است. نتایج آزمون ANOVA برای مقایسه وضعیت درختان از نظر درجات خشکیدگی گونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۴۰۱ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها با احتمال ۹۵٪ در گروه‌های مورد مطالعه است. براساس نتایج این تحقیق، گونه‌های کاج تهران و اقاقیا بیشترین سازگاری و عامل‌های سلامتی و زنده‌مانی را نشان دادند.

واژگان کلیدی: اقلیم خشک، بارش، تغییر اقلیم، دما، نهال‌کاری.

مقدّمه

مجموعه‌ای از شواهد از جمله افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در سطح جو وجود دارد که نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی در نیمهٔ دوم قرن هجدهم بسیار مشهود است [۱]. به این معنا که تغییرات اقلیم نسبت به گذشته بسیار بیشتر شده است [۹]. این تغییرات همراه با تنش‌های دیگر وابسته به رشد، از قبیل جمعیت انسانی،

گسستگی رویشگاه‌ها در سیمای سرزمین، گونه‌های مهاجم و تغییر رژیم‌های آتش‌سوزی منجر به تغییراتی در سطح جهان شده‌اند که چالش‌هایی را برای پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی و خدماتی این بوم‌سازگان‌ها به وجود آورده‌اند [۲۳].

چالش اصلی برای مقابله با تغییر اقلیم از دیدگاه مدیریت جنگل، آگاهی از سطح سازگاری گونه‌های گیاهی و جانوری، به طور ویژه گونه‌های درختی بومی یا غیربومی مورد استفاده در جنگلکاری‌ها و احیاء جنگل در هنگام مواجه با تغییرات اقلیمی است [۷]. اثرات تغییر اقلیم بر پایداری بوم‌سازگان‌ها نظیر بوم‌سازگان‌های جنگلی و کاهش تنوع زیستی از دیگر چالش‌های عمده به منظور مقابله با تغییرات اقلیمی است [۳۱].

با توجه به این شرایط، اولویت تصمیمات مدیریتی مرتبط با جنگلکاری، انجام اقداماتی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی است [۳]. به عبارت دیگر، ناپایداری اقلیم‌های آتی لزوم سازگاری با تغییرات اقلیمی در فرآیند جنگلکاری را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد [۳]. بنابراین، مشخصهٔ فرآیندی که طی آن برنامه‌ریزی جنگلکاری انجام می‌شود، توجه به تغییرات اقلیمی، تصدیق و پذیرش شرایط نامطمئن آینده است [۲۰].

در تحقیقی به‌منظور بررسی تفاوت واکنش درختان کاج، سرو، زبان‌گنجشک، اقاقیا و داغداغان نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی در پارک جنگلی لویزان از روش گاهشناسی درختی[1] استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ واکنش‌های متفاوتی است که درختان مورد مطالعه نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی از خود نشان داده‌اند. گونه‌های اقاقیا و داغداغان همبستگی درون گونه‌ای پایینی دارند، ولی در مقایسه با گونه‌های دیگر و با استفاده از آزمون پیرسون، رابطهٔ معنی‌دار و همبستگی بالایی بین این دو گونه و گونه‌های دیگر به‌دست آمده، گونهٔ سرو همبستگی مناسبی با گونه‌های دیگر از خود نشان نداده و روند تغییرات آن نیز متفاوت بوده است [۱۶].

همچنین نتایج اولویت‌بندی تأثیر عوامل بوم‌شناختی بر گزینش گونه‌های مناسب برای منظرسازی در مناطق خشک در دره‌گاهان تفت نشان‌دهنده برتری عامل بوم‌شناختی دوره خشکی نسبت به عوامل عمق خاک، جهت و شیب در تعیین گونهٔ انتخابی و اولویت بالای گونه‌های بومی بادام‌کوهی و بنه نسبت به دیگرگونه‌ها بوده است [۱۵].

نتایج مطالعه گونه‌های گیاهی مناسب برای فضای سبز شهرهای نیمه‌خشک با تأکید بر تغییر اقلیم در شهر تهران نشان داد که گونه‌های درختی مناسب در شرایط تغییر اقلیم شامل خرنوب، لیلکی بی‌خار و خاردار، عناب، گز، سوفورا، پسته چینی، بلوط قرمز، بلوط خاکستری، داغداغان، بلوط همیشه‌سبز و غیره هستند. از گونه‌های درختچه‌ای مناسب نیز می‌توان به ارغوان، زرشک زینتی، سنجد زینتی، انگور فرنگی، طاووسی، گل نار، سماق و پیروکانتا اشاره کرد [۲۵].

نتایج ارزیابی دگرگونی‌های محتمل اقلیمی بر محدوده کشت درخت خرما نشان داد که بر اساس تحلیل روند فراسنج‌های اقلیمی مؤثر، روند افزایشی معنی‌داری در مناطق کشت نخل ایران در دوره پایه وجود دارد. این روند افزایشی برای مؤلفه‌های دمایی مانند دمای کمینه و بیشینه، روزهای داغ و انباشت گرمایی در آستانه‌های زیستی و رویشی نخل خرما دارای اهمیت است. بر اساس داده پیش‌نگری‌شده و افزایش دمای هوا در مناطق مجاور نخل خرما و عرض‌های بالاتر در فلات مرکزی ایران نشان داد که در این مناطق پتانسیل گرمایی از نظر دمای کمینه، بیشینه و توان گرمایی برای رشد و نمو در آستانه‌های زیستی و رویشی درختان خرما وجود دارد [۵].

نتایج حساسیت تغییر اقلیم بر جنگلکاری آمیخته در منطقه نیمه‌خشک کشور بنین[2] در قارهٔ آفریقا نشان داد در سال اول، طول دوره‌های خشکی بیشترین تأثیر را بر رشد درخت داشت. در سال بعد، کمبود آب سالانه و طول فصل خشک مهم‌ترین عامل بود. عمق ریشه‌زایی شبیه‌سازی‌شده بیشتر از آنچه در آزمایش‌ها مشاهده شد، رشد زیست‌توده را در شرایط خشکی شدید افزایش داد و حساسیت نهال به خشکی، کاهش یافت. افزایش پیش‌بینی‌شده در خشکی، حاکی از کاهش قابل‌توجه رشد است [۲۲].

[1] Dendrochronology

[2] Benin Republic

در تحقیقی پاسخ چهار گونه گیاهی غالب در خشکی به تغییرات اقلیمی در حوضه جونگ گار در شمال غربی چین بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد *Haloxylon ammodendron* و *Tamarix aphylla* احتمالاً بیشتر زیستگاه‌های مناسب فعلی خود را تحت تغییرات آب و هوایی آینده از دست می‌دهند، در حالی‌که *Calligonum mongolicum* و *Populus euphratica* احتمالاً محدوده خود را گسترش می‌دهند یا نسبتاً ثابت می‌مانند. ارزیابی اهمیت متغیر نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی مؤثر بر توزیع گونه‌ها در بین گونه‌های مورد بررسی متفاوت است [۳۰].

چارچوب مبتنی بر طبیعت برای جنگلکاری پایدار در اراضی خشک به صورت جهانی تحت شرایط تغییرات اقلیمی بررسی شد. نتایج این آنالیز جهانی نشان می‌دهد که پوشش درختی می‌تواند مصرف آب را از طریق افزایش غیرخطی تبخیرتعرق، بسته به گونهٔ درخت، سن و ساختار افزایش دهد که با تغییرات اقلیمی آینده تشدید می‌شود [۱۸]. ملاحظهٔ مهم مربوط به تغییرات اقلیمی این است که آیا رویشگاه برای گونه‌های درختی مورد نظر و در بازه زمانی حیات این گونه‌ها با وجود تغییرات مذکور همچنان مناسب است یا خیر. جنگل‌بان از طریق آموزش و تجربه می‌داند که مجموعه‌ای از عوامل برای تعیین مناسب‌بودن زیستگاه از جمله اقلیم، فیزیوگرافی، بیوژئوشیمی خاک، آشفتگی و تأثیرات زیستی با هم در ارتباط هستند [۱۹].

با در نظر گرفتن این روابط تحت تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم می‌توان به آگاهی مدیران جنگل دربارهٔ آسیب‌پذیری گونه‌ها در اقلیم آینده، و قابلیت مدیران برای افزایش ترکیب و کاهش آسیب‌پذیری و افزایش قابلیت سازگاری گونه‌ها کمک کرد [۳]. بنابراین هدف از انجام این مطالعه، بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر گونه‌های درختی مورد استفاده برای جنگلکاری در مناطق خشک مرکزی کشور است.

مواد و روش‌ها

معرّفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهرستان رباط‌کریم یکی از شهرستان‌های استان تهران واقع در جنوب غربی این استان، با وسعتی معادل ۲۷۵ کیلومتر مربع و با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر ۱۰۵۰ متر است.

رباط‌کریم از شمال به شهرستان‌های شهریار و کرج، از جنوب به شهرستان‌های ری و اسلامشهر، از شرق به شهرستان بهارستان و از غرب به شهرستان ساوه محدود است. منطقه مورد مطالعه بر اساس اقلیم‌نمای دومارتن دارای اقلیم خشک با میانگین بارش سالیانه ۱۴۷/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد است [۱].

روش تحقیق

پس از تسطیح و آماده‌سازی بستر کاشت، توسط سازمان فضای سبز شهرداری رباط‌کریم در سال ۱۳۹۵، جنگلکاری با گونه‌های دو ساله توت نرک (*Morus alba* L)، کاج تهران (*Pinus eldarica Medw*)، آسمان‌دار (*Ailanthus altissima* Mill)، زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill)، افرای سیاه (*Acer negundo* L.) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) در زمین‌های مجاور دانشگاه آزاد اسلامی واحد رباط‌کریم انجام شد.

چاله‌کنی به تعداد ۹۰۰ عدد با ابعاد استاندارد و یکسان ۵۰×۵۰× ۷۵ و فاصله کاشت ۳×۳ متر انجام شد. به‌منظور یکسان‌سازی شرایط، خاک حاصل از چاله‌کنی از منطقه خارج شد و از خاکی که در گلخانهٔ شهرداری رباط‌کریم در توسعهٔ فضای سبز و جنگلکاری‌ها استفاده می‌شود، جایگزین شد که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی باشند. بافت خاک بر اساس مثلث بافت خاک، لومی-سیلتی-رسی تعیین شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ بیان شده است.

تعدادی از نهال‌های اشاره شده پس از کاشت، خشک شدند. در سال ۱۳۹۶ اقدام به واکاری و پرکردن فضاهای خالی با استفاده از ۶ گونهٔ کاج تهران، زبان‌گنجشک، توت نرک، آسمان‌دار، افرای سیاه و اقاقیا شد. تمامی نهال‌های کاشته شده در مرحله کاشت و واکاری از نهالستان بزرگ کرج تهیه شدند. در هنگام کاشت این شش گونه نهال،

قطر بُن با کولیس (میلی‌متر)، ارتفاع نهال با متر نواری (سانتی‌متر)، شادابی برگ‌ها (مطلوب، متوسط و رنگ پریده) و سلامت نهال (سالم، نیمه‌سالم، آفت زده) اندازه گیری و ثبت شدند [۲].

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی	واحد	مقدار
ماسه	٪	۴۶/۴
سیلت	٪	۲۴
رس	٪	۲۹/۶
هدایت الکتریکی (EC)	$dS.m^{-1}$	۳
pH	-	۶/۳۳
جرم مخصوص ظاهری	$gr.cm^{-3}$	۱/۴۳
ظرفیت زراعی	٪ حجمی	۳۱/۵۷
نقطه پژمردگی	٪ حجمی	۱۳/۴۶

پس از گذشت ۵ سال، در سال ۱۴۰۱ ویژگی‌های بیان شده دوباره بررسی و ثبت شد. مساحت تاج‌پوشش (مترمربع) و وضعیت نهال (زنده و سالم یا خشکیده) نیز به مشخصات اندازه‌گیری شده افزوده شد. وضعیت نهال خود به پنج درجه شامل فاقد خشکیدگی، درجه ۱، درجه ۲، درجه ۳ و درجه ۴ تقسیم‌بندی شد. بر اساس مشاهدات عینی از نسبت میزان شاخه‌های خشکیده به کل شاخه‌های درخت، خشکیدگی درختان به پنج طبقه مختلف تقسیم شد و هر کدام از درختان مورد مطالعه بر حسب شدت خشکیدگی، در طبقه مشخصی قرار گرفتند. درجات خشکیدگی شامل کمتر از ۲۰ درصد، ۴۰ -۲۰ درصد، ۶۰ -۴۰ درصد، ۸۰ -۶۰ درصد و بیش از ۸۰ درصد بود [۲۸].

شکل ۱- کاشت شش گونهٔ درختی در سال ۱۳۹۶ (راست) و سال ۱۴۰۱ (چپ)؛ عکس از: محمد عسگری

عناصر اقلیمی

برای انجام این مطالعه از داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام خمینی (ره) به طول جغرافیایی ۵۱/۱۰ شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵/۲۵ شرقی با متوسط ارتفاع از سطح دریا ۹۹۰ متر، به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه استفاده شد. شایان ذکر است که در این پژوهش، به بررسی روند هفت عنصر اقلیمی که شامل بارش سالانه (mm/y)، متوسط

دمای روزانه (°C)، متوسط دمای حداکثر روزانه (°C)، متوسط دمای حداقل روزانه (°C)، متوسط سرعت باد روزانه (m/s)، متوسط تعداد ساعات آفتابی روزانه و متوسط تبخیرتعرق مرجع (ET_0) روزانه (میلی‌متر) پرداخته شد.

بررسی داده‌های جوّی از سال ۱۳۳۰ الی ۱۴۰۰ (۷۰ سال) انجام شد. از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام خمینی (ره) به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شد. همچنین بررسی متوسط تبخیرتعرق مرجع روزانه در مقیاس ۳۰ سال (۱۳۷۰-۱۴۰۰) و با استفاده از معادلهٔ فائو پنمن مانتیث-۵۶ (FPM-56) به عنوان یک روش استاندارد برای محاسبه تبخیرتعرق مرجع محاسبه شد [۶].

روندیابی عناصر اقلیمی

در پژوهش حاضر، از آزمون من-کندال برای تعیین روند عناصر اقلیمی بررسی شده در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد استفاده شد. از نقاط قوّت این روش، می‌توان به مناسب‌بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره کرد. تأثیرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدّی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شود نیز از مزایای استفاده از آن است [۱۰]. فرض صفر این آزمون (H_0) بر تصادفی‌بودن و فقدان روند در سری داده‌ها و فرض مخالف (H_1) بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد.

مراحل محاسبه آماره این آزمون بدین شرح است که ابتدا با محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهده‌ها، تابع علامت[1] (Sgn) اعمال می‌شود و مشخصه S استخراج می‌شود:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \quad (۱)$$

سپس واریانس، اگر n>10 باشد از رابطه ۲ و اگر n≤10 باشد، از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$Var\ (S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)]}{18} \quad (۲)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (۳)$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای است و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها، حداقل یک داده تکراری وجود دارد؛ و مشخصه t بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است. سپس آماره Z از طریق رابطه ۴ استخراج می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(s)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(s)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases} \quad (۴)$$

تمامی محاسبات آماری و همچنین تعیین آماره من-کندال در نرم‌افزار Microsoft Excel 2016 انجام شد. همچنین تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. آزمون‌های آماری به کار رفته به دلیل وابسته‌بودن نوع داده‌های مورد آزمون شامل زوجی وابسته بود که داده‌های مربوط به خشکیدگی در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۴۰۱ مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین، از آزمون ANOVA برای مقایسه شدت درجات خشکیدگی بین گروه‌های مورد آزمون استفاده شد.

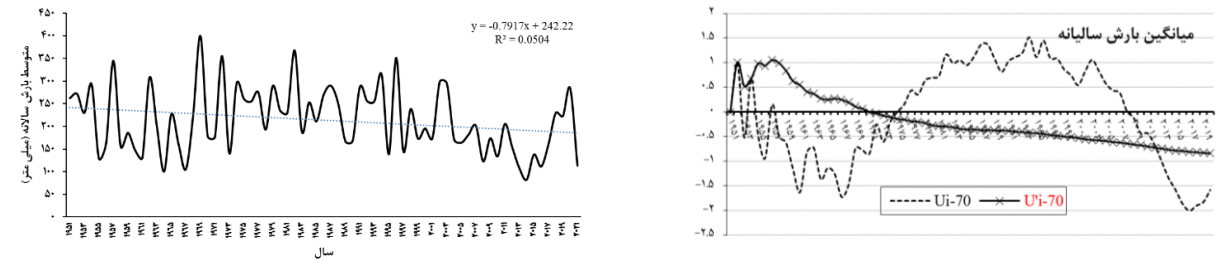
نتایج

روندیابی عناصر اقلیمی

بارش

بررسی داده‌های بارش سالانه در طی بازهٔ زمانی (۱۴۰۰-۱۳۳۰) نشان داد بیشترین میزان بارش سالانه مربوط به سال ۱۳۴۸ (۴۰۰ میلی‌متر) است، در حالی‌که کمترین میزان بارش سالانه ۸۲/۳ میلی‌متر مربوط به سال ۱۳۹۳ است (شکل ۲). نتایج آزمون من-کندال نشان داد در طول دورهٔ مورد مطالعه و در منطقه مورد مطالعه روند بارندگی منفی (یعنی U<-1.96) بوده است (شکل ۲).

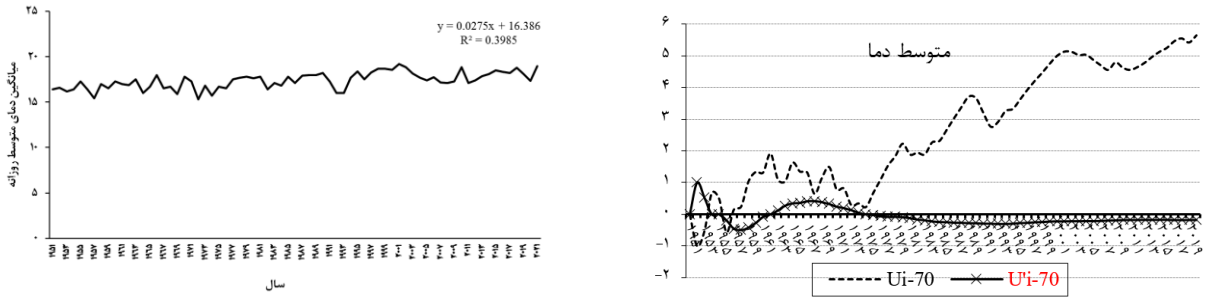
[1] Function Sign



شکل ۲- بارش سالانه در طی بازه زمانی معین (سمت چپ) و تعیین روندیابی بارش (سمت راست)

دمای متوسط سالانه

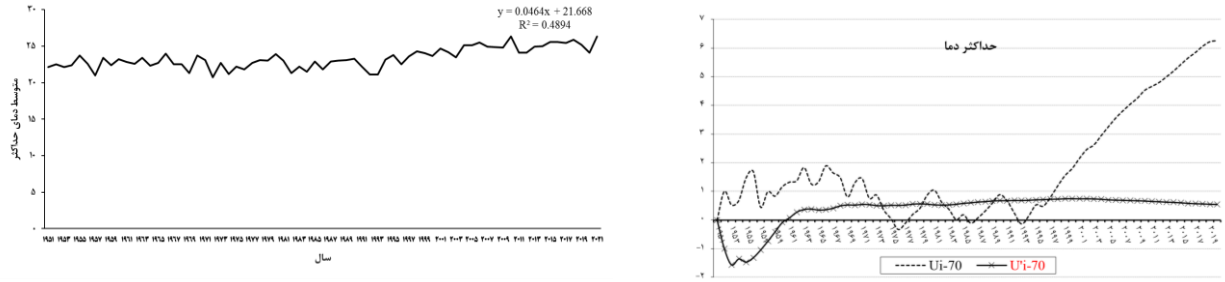
بررسی دمای متوسط سالانه در طی بازهٔ زمانی (۱۴۰۰-۱۳۳۰) نشان داد که بیشینه دمای متوسط سالانه مربوط به سال ۱۳۸۰ (۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد) است، در حالی‌که کمینه دما متوسط سالانه برابر با ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۵۱ است (شکل ۳- چپ). نتایج آزمون من-کندال در مورد متغیر دمای متوسط سالانه در طی بازه زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده روند مثبت (یعنی U>+1.96) می‌باشد (شکل ۳- راست).



شکل ۳- دما متوسط سالانه در طی بازه زمانی معین (سمت چپ) و تعیین روندیابی دما متوسط سالانه (سمت راست)

حداکثر دمای متوسط سالانه

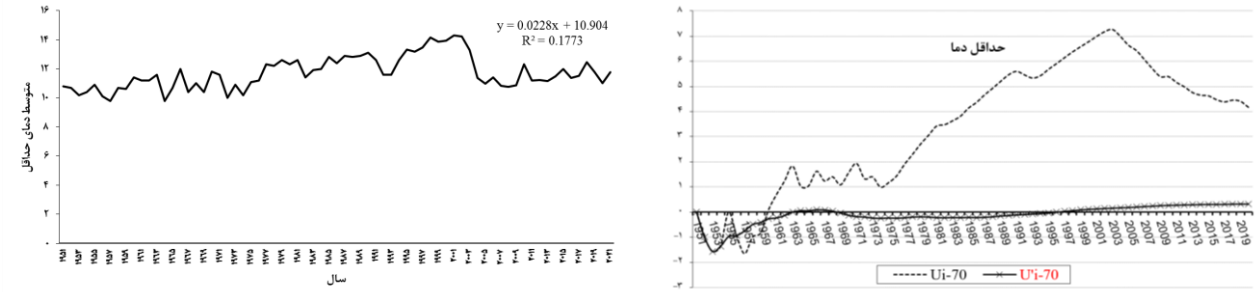
بررسی حداکثر دما متوسط سالانه در طی بازهٔ زمانی (۱۴۰۰-۱۳۳۰) نشان داد که بیشینه حداکثر دما متوسط سالانه مربوط به سال ۱۴۰۰ (۲۶/۳۳ درجه سانتی‌گراد) است، در حالی‌که کمینه حداکثر دما متوسط سالانه برابر با ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۵۱ است (شکل ۴). نتایج آزمون من-کندال در مورد متغیر حداکثر دما متوسط سالانه در طی بازه زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده روند مثبت (یعنی U>+1.96) می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴- حداکثر دما متوسط سالانه در طی بازه زمانی معین(سمت چپ) و تعیین روندیابی حداکثر دما متوسط سالانه (سمت راست)

حداقل دمای متوسط سالانه

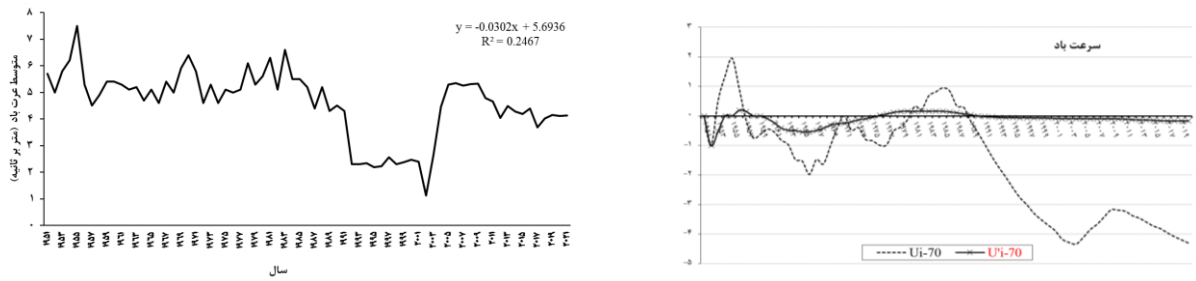
در بررسی حداقل دمای متوسط سالانه در طی بازهٔ زمانی (۱۴۰۰-۱۳۳۰) مشخص شد که بیشینه حداقل دمای متوسط سالانه مربوط به سال ۱۳۸۰ (۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد) است، در حالی‌که کمینه حداقل دمای متوسط سالانه برابر با ۹/۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۴۳ است (شکل ۵). نتایج آزمون من-کندال در مورد متغیر حداقل دما متوسط سالانه در طی بازه زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده روند مثبت (یعنی U>+1.96) می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵- حداقل دما متوسط سالانه در بازه زمانی معین (سمت چپ) و تعیین روندیابی حداقل دما متوسط سالانه (سمت راست)

سرعت باد

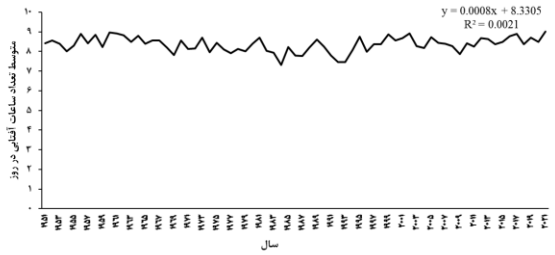
بررسی متوسط سرعت باد سالانه در طی بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۳۰ نشان داد که بیشترین میزان سرعت باد مربوط به سال ۱۳۳۴ (۷/۵ متر بر ثانیه) است، در حالی‌که کمترین میزان سرعت باد برابر با ۱/۱۳ متر بر ثانیه مربوط به سال ۱۳۸۱ است (شکل ۶). نتایج آزمون من-کندال در مورد متغیر سرعت باد در طی بازه زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده روند منفی (یعنی U<-1.96) برای آن می‌باشد (شکل ۶).

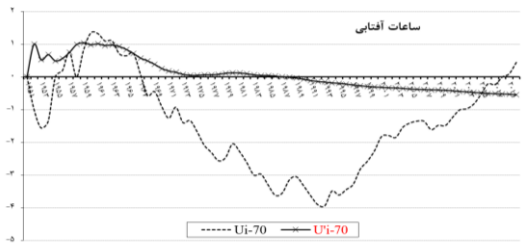


شکل ۶- متوسط سرعت باد سالانه در بازه زمانی معین (سمت چپ) و تعیین روندیابی متوسط سرعت باد سالانه (سمت راست)

ساعات آفتابی

متوسط ساعات آفتابی سالانه در طی بازهٔ زمانی بررسی شده (۱۴۰۰-۱۳۳۰) نشان داد که بیشترین میزان ساعات آفتابی مربوط به سال ۱۴۰۰ (۹/۰۳ ساعت) است، در حالی‌که کمترین میزان ساعات آفتابی برابر با ۷/۳۲ ساعت مربوط به سال ۱۳۶۳ است (شکل ۷). نتایج آزمون من-کندال در مورد ساعات آفتابی روند خاصی را نشان نداد زیرا دو دنباله U و U' تقریباً به صورت موازی حرکت کرده و با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت منجر نشود، عمل کرده‌اند (شکل ۷).

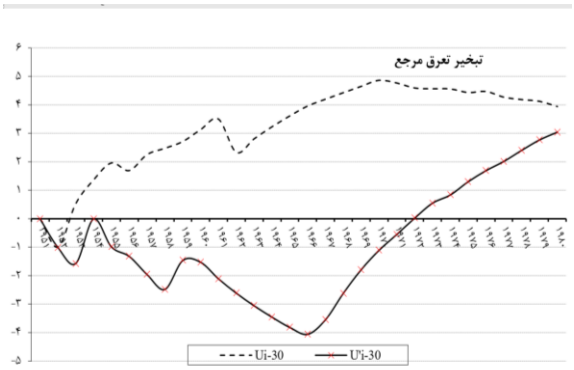


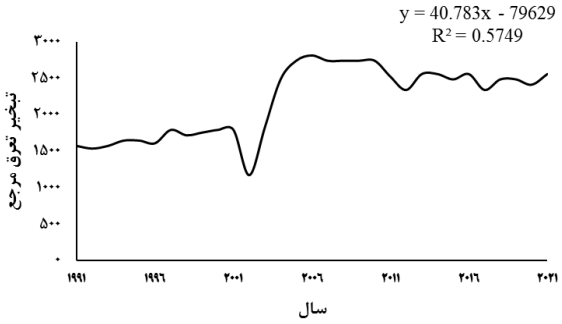


شکل ۷- متوسط ساعات آفتابی سالانه در بازه زمانی معین (سمت چپ) و تعیین روندیابی متوسط ساعات آفتابی سالانه (سمت راست)

تبخیرتعرق مرجع (ET_0)

متوسط تبخیرتعرق مرجع سالانه در طی زمان (۱۴۰۰-۱۳۳۱) بررسی شد و نتایج آن نشان داد که بیشترین میزان تبخیرتعرق مرجع مربوط به سال ۱۳۸۵ (۲۸۱۰/۵ میلی‌متر) است، در حالی‌که کمترین میزان تبخیرتعرق مرجع برابر با ۱۱۶۸/۰ میلی‌متر مربوط به سال ۱۳۸۱ است. نتایج آزمون من-کندال در مورد متغیر متوسط تبخیرتعرق مرجع سالانه در طی بازه زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده روند مثبت (یعنی U>+1.96) می‌باشد (شکل ۸).





شکل ۸- متوسط تبخیرتعرق مرجع سالانه در بازه زمانی ۳۰ ساله (سمت چپ) و تعیین روندیابی متوسط تبخیرتعرق مرجع سالانه (سمت راست)

بررسی رویش گونه‌ها

بر اساس جدول ۲، تعداد نهال‌های هر گونه در هنگام کاشت برابر با ۱۵۰ اصله بوده است. در آماربرداری مجدد در سال ۱۴۰۱ تعداد نهال‌های باقی‌مانده تغییر کرده به‌طوری که درصد زنده‌مانی افرای سیاه به عنوان کمترین مقدار زنده‌مانی نهال به ۵۲/۶۷٪ رسیده است و درصد زنده‌مانی نهال‌های کاج تهران و اقاقیا به ترتیب برابر با ۹۶/۶۷٪ و ۹۴/۶۷٪ است. در هنگام کاشت، میانگین قطر بن و ارتفاع نهال گونه‌ی اقاقیا نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین مقدار را داشته و به ترتیب برابر با ۰/۷۸ سانتی‌متر و ۱۱۱/۶ سانتی‌متر بوده است.

همچنین در هنگام کاشت، سلامت تمام نهال‌ها در وضعیت سالم قرار داشته است. شادابی برگ‌های گونه‌های مختلف به جز افرای سیاه و اقاقیا که به ترتیب در وضعیت‌های رنگ پریده و متوسط قرار داشتند، سایر گونه‌ها در وضعیت مطلوب بودند. در سال ۱۴۰۱ بیشترین میانگین قطر بن و میانگین ارتفاع نهال به ترتیب مربوط به گونه‌های اقاقیا (۶/۲۵ میلی‌متر) و توت نرک (۲/۹ متر) است. بیشترین و کمترین مساحت تاج پوشش نیز به ترتیب مربوط به گونه‌های کاج تهران (۰/۰۸۴ مترمربع) و افرای سیاه (۰/۰۰۹ مترمربع) است.

به جز نهال‌های زبان گنجشک و افرای سیاه که به جهت سلامت نهال در وضعیت نیمه‌سالم قرار داشتند، دیگر نهال‌های گونه‌های مختلف در وضعیت سالم قرار دارند. شادابی برگ‌های کاج تهران، آسمان‌دار و اقاقیا در

حالت مطلوب، زبان گنجشک و توت نرک در حالت متوسط و افرای سیاه در حالت رنگ پریده قرار دارند.

از نظر میزان رویش قطری در سال بیشترین میزان رویش مربوط به اقاقیا و کاج تهران (به ترتیب با داشتن ۱/۱ و ۱/۰۵ سانتی‌متر) می‌باشد. در حالی که کمترین میزان رویش قطری با داشتن ۰/۷۸ سانتی‌متر مربوط به گونه افرای سیاه است (جدول ۳).

از نظر رویش ارتفاعی بیشترین میزان رویش ارتفاعی با داشتن ۰/۴۵ متر در سال مربوط به گونه آسمان‌دار و کمترین میزان آن مربوط به گونه افرای سیاه با داشتن ۰/۱۸ متر رویش در سال است (جدول ۳). بیشترین میزان میانگین مساحت تاج پوشش مربوط به گونه کاج تهران است که مقدار آن ۰/۸۵ مترمربع می‌باشد در حالی که کمترین میزان مساحت تاج پوشش مربوط به گونه افرای سیاه است که مقدار آن ۰/۱ مترمربع است (جدول ۳).

درجات خشکیدگی نهال‌های گونه‌های مختلف در سن ۷ سالگی (جدول ۴) نشان می‌دهد که از هنگام کاشت نهال‌ها تا سال ۱۴۰۱، به ترتیب ۹۷٪ از نهال‌های گونه کاج تهران فاقد خشکیدگی بودند. از بین ۵ اصله نهال خشکیده کاج تهران ۳ اصله از آنها در طبقه خشکیدگی درجه ۱ قرار داشت. در گونهٔ اقاقیا نیز ۱۰ اصله در وضعیت خشکیدگی قرار داشتند و ۱۴۰ اصله دیگر فاقد خشکیدگی بودند.

در خصوص نهال‌های گونه افرای سیاه، ۴۰ اصله از آنها در وضعیت خشکیدگی درجه ۴، ۴۰ اصله در خشکیدگی درجه ۳، ۴۰ اصله در درجه خشکیدگی درجه ۲، ۱۰ اصله در درجه خشکیدگی درجه ۱ قرار داشتند و تنها ۲۰ اصله نهال در وضعیت فاقد خشکیدگی بودند.

جدول ۲- تعداد و مولفه‌های کمی و کیفی گونه‌های مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۴۰۱

	نام گونه	کاج تهران	زبان گنجشک	توت نرک	آسمان‌دار	افرای سیاه	اقاقیا
در سن دو سالگی (بدو کاشت) (۱۳۹۶)	تعداد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
	میانگین قطر بن (سانتی‌متر)	0.65±0.07	0.75±0.01	0.77±0.12	0.53±0.01	0.77±0.11	0.78±0.12
	میانگین ارتفاع (متر)	0.46±0.016	0.78±0.09	0.8±0.1	0.26±0.1	0.97±0.14	16.1±0.3
	شادابی برگ‌ها	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	رنگ پریده	متوسط
	سلامت نهال	سالم	سالم	سالم	سالم	سالم	سالم
در سن هفت سالگی (۱۴۰۱)	تعداد	۱۴۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۰۰	۷۹	۱۴۲
	میانگین قطر بن (سانتی‌متر)	88.5±0.9	5.2±1.3	5.5±1.5	5.44±0.6	65.4±0.5	25.6±1.2
	میانگین ارتفاع (متر)	2±0.2	2.4±0.5	2.9±0.3	2.5±0.2	1.85±0.6	2.85±0.6
	مساحت تاج پوشش (مترمربع)	0.84±0.02	0.2±0.01	0.18±0.009	0.5±0.02	0.005±0.09	0.3±0.005
	شادابی برگ‌ها	مطلوب	متوسط	متوسط	مطلوب	رنگ پریده	مطلوب
	سلامت نهال	سالم	نیمه‌سالم	سالم	سالم	نیمه‌سالم	سالم

جدول ۳- میزان رویش مولفه‌های کمی مورد مطالعه در کل دوره و مقدار جاری سالانه برای گونه‌های مختلف

نام گونه	کاج تهران	زبان گنجشک	توت نرک	آسمان‌دار	افرای سیاه	اقاقیا
زنده‌مانی (درصد)	۹۶/۶۶	۹۰	۹۰	۶۶/۶۶	۵۲/۶۶	۹۴/۶۶
مقدار افزایش میانگین قطر بن (سانتی‌متر)	۵/۲۵	۴/۴۵	۴/۷۳	۴/۹۱	۳/۸۸	۵/۴۷
رویش قطری در سال (سانتی‌متر)	۱/۰۵	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۷۸	۱/۰۹
مقدار افزایش میانگین ارتفاع (متر)	۱/۵۴	۱/۶۳	۱/۲	۲/۲۴	۰/۸۸	۲/۰۷
رویش ارتفاعی در سال (متر)	۰/۳	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۱۴	۰/۴۱
مقدار افزایش مساحت تاج پوشش (مترمربع)	۰/۸۴	۰/۲	۰/۱۸	۰/۵	۰/۰۹	۰/۳۱
افزایش مساحت تاج پوشش در سال (مترمربع)	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۳۶	۰/۱	۰/۰۱۸	۰/۰۶۲

جدول ۴- وضعیت نهال‌ها (درجات خشکیدگی) در سن ۷ سالگی، در سال ۱۴۰۱

گونه/تعداد	فاقد خشکیدگی	دارای خشکیدگی	خشکیدگی درجه ۱	خشکیدگی درجه ۲	خشکیدگی درجه ۳	خشکیدگی درجه ۴
کاج تهران	۱۴۵	۵	۳	۱	۱	---
زبان گنجشک	۸۰	۷۰	۴۰	۱۵	۵	۱۰
توت نرک	۸۰	۷۰	۳۰	۲۵	۵	۱
آسمان‌دار	۷۰	۸۰	۱۰	۲۰	۱۰	۴۰
افرای سیاه	۲۰	۱۳۰	۱۰	۴۰	۴۰	۴۰
اقاقیا	۱۴۰	۱۰	۲	۳	۳	۲

بحث

از نظر فراوانی از بین نهال‌های کاشته شده در سال ۱۳۹۶، همه پایه‌های مربوط به گونه‌های کاج تهران و اقاقیا، ٪۹۳ از پایه‌های مربوط به زبان‌گنجشک و توت نرک، ٪۶۷ از پایه‌های گونه آسمان‌دار و ٪۵۳ از پایه‌های مربوط به افرای سیاه باقی مانده‌اند. میزان زیاد خشکیدگی و پایه‌های خشکیده در گونه افرای سیاه قابل توجه است. در حالی که میزان آن در گونه‌های کاج تهران و اقاقیا بسیار کم است.

مقایسه کاهش فراوانی و میزان خشکیدگی در گونه‌های مورد استفاده در این مطالعه نشان دهنده حساسیت زیاد گونه افرای سیاه و در نتیجه کاهش فراوانی جمعیت آن می‌باشد. در مقابل، ثابت‌ماندن جمعیت گونه‌های کاج تهران و اقاقیا نشان‌دهنده بردباری و تاب‌آوری آنها در برابر شرایط محیطی منطقه جنگلکاری است. نتایج مطالعه تحمل خشکی و کاهش رشد برخی جمعیت‌های درختی با دامنه پراکنش وسیع نشان‌دهنده خطر تغییرات اقلیمی است [۲۱].

تغییرات اقلیمی در طی زمان بر روی شرایط زیستی و فیزیولوژیک گیاهان تأثیرگذار است [۸] بنابراین، توجه به آن و ارائه‌ی راه‌کارهای سازگاری با این تغییرات امری ضروری است [۳۱]. از میان راهکارها، یکی از مهم‌ترین این موارد کسب آگاهی از سطح سازگاری گونه‌های گیاهی موجود در بوم‌سازگانی است که تحت تغییرات اقلیمی قرار دارد [۷]. تغییرات اقلیمی بر روی بهره‌وری و رویش مولفه‌های کمی از قبیل قطر، ارتفاع و سطح تاج پوشش و نیز مولفه‌های کیفی از قبیل شادابی برگ و سلامت گونه‌های مورد استفاده در جنگلکاری‌ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیرگذار است [۱۰، ۱۲، ۲۶]. زیرا تغییر در رویش و کیفیت تحت تأثیر افزیش دما و طول دوره رویشی و مقدار آب در دسترس، صورت می‌گیرد. علاوه بر آن کاهش بارش و افزایش دما باعث بروز خشک‌سالی، آتش‌سوزی و شیوع آفات و بیماری‌ها در محیط جنگلکاری می‌شود [۲۹].

با افزایش متوسط دما بر اثر گرمایش جهانی، برخی از گونه‌های درختان (به عنوان نمونه افرای سیاه) به دلیل نیاز رطوبتی زیاد و تبخیر و تعرق بالا با شرایط جدید سازگار نمی‌شوند. هرچند، برخی از گونه‌های درختی این قابلیت را دارند تا در طی زمان خود را با شرایط جدید سازگار کنند. به طور مثال، گونه‌هایی که بهتر می‌توانند در آب و هوای خشک دوام داشته باشند (از قبیل کاج تهران و اقاقیا) بیشتر احتمال دارد در شرایط جدید سازگارتر شوند درحالی‌که احتمال از بین رفتن درختان سازگار با آب و هوای مرطوب بیشتر می‌شود.

نتایج بررسی رویش مولفه‌های کمی از قبیل قطر، ارتفاع و سطح تاج پوشش نشان داد این ویژگی‌ها در گونه افرای سیاه دارای کمترین مقدار افزایش (به ترتیب ۰/۷۸ سانتی‌متر در سال برای قطر، ۰/۱۸ متر در سال برای ارتفاع و ۰/۰۱۸ مترمربع برای سطح تاج پوشش) نسبت به مقدار افزایش این موارد در سایر گونه‌ها هستند.

بیشترین مقدار رویش جاری سالانه برای این متغیر مربوط به گونه‌های اقاقیا با داشتن ۱/۱ سانتی‌متر رویش قطری در سال، گونه آسمان‌دار با داشتن ۰/۴۵ متر رویش جاری ارتفاعی سالانه و گونه کاج تهران با داشتن ۰/۱۶ مترمربع افزایش سطح تاج پوشش در سال است.

خروجی تحقیق جعفری و خورنکه [۱۴] تأییدکننده نتایج مطالعه حاضر است. زیرا رفتارهای رویشی متفاوت گونه‌های راش (*Fagus orientalis*)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata*) و افرا پلت (*Acer velutinum*) و واکنش آنها نسبت به تغییرات

اقلیمی و محیطی، بیان‌کننده تفاوت عملکرد یک گونه معین در مقابل عوامل بیرونی (اقلیمی) و درونی (رقابت) است. این امر بیانگر این موضوع است که سرشت گونه‌ها در بروز این تفاوت‌ها مؤثر هستند.

هماهنگ با نتایج تحقیق حاضر و برای انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای فضای سبز شهری در مناطق نیمه‌خشک در شرایط تغییر اقلیم مشخص گردید بسیاری از گیاهان غالب در فضای سبز تهران گونه‌های مناسبی نیستند. زیرا از نظر عواملی مانند نیاز آبی زیاد دارای اولویت انتخاب نیستند [۲۵].

امروزه، با توجه به عدم‌قطعیت شرایط اقلیمی آتی خاص، به‌ویژه در سطوح مکانی کوچک‌تر، برنامه جنگلکاری نیاز به پذیرش مفاهیم مدیریتی برای سازگاری با شرایط جدید دارد [۱۸]. راهبردهای سازگاری به طور کلی به راهبردهای بردباری، انعطاف‌پذیری و گذار طبقه‌بندی می‌شوند [۳]. راهبرد بردباری به سازگاری جنگلکاری موجود از نظر ترکیب و ساختار آن به تغییرات اقلیمی مورد انتظار از قبیل خشکسالی‌های مکرر و شدید در فصل رویش توجه دارد. در واقع راهبردهای بردباری از اصولی استفاده می‌کند تا جنگلکاری‌ها را در آینده نزدیک به فصول رشد گرم‌تر و خشک‌تر مقاوم‌تر نماید [۱۲] نیز هدف راهبرد بردباری بوم‌سازگان کنونی می‌باشد اما دارای پیامدهای ساختاری و ترکیبی زیادی می‌باشند، زیرا عامل افزایش تغییر در بوم‌سازگان‌های طبیعی هستند [۱۷].

در واقع جنگلکاری‌ها را می‌توان با تأکید بر گونه‌ها و ساختارهای بومی که دارای راهبرد سازگاری بیشتری با اقلیم آینده هستند اداره کرد. راهبرد گذار فرض می‌کند که رویشگاه گونه‌های فعلی یا برخی از آنها به دلیل تغییر اقلیم نامناسب‌تر می‌شود. بنابراین در جنگلکاری‌ها، گونه‌ها و شرایط ساختاری پیش‌بینی می‌شود که با اقلیم آینده سازگارتر باشند. این گونه‌ها، احتمالاً در حال حاضر وجود ندارند یا در بوم‌سازگان فراوان نیستند. بنابراین مهاجرت کمکی ممکن است بخشی از رویکرد برای این راهبرد باشد [۲۴]، سه راهبرد سازگاری راه‌حل‌های کوتاه مدت، میان مدت و دراز مدت برای مقابله با تغییرات اقلیمی محسوب می‌شوند [۲۷].

نتیجه‌گیری کلی

بر طبق نتایج تحقیق پیش رو و بسیاری تحقیقات دیگر، انتخاب صحیح یک گونه در امر جنگلکاری بازدهی عملیات را تا حد زیادی افزایش داده و در صورت عدم انتخاب صحیح، زیان‌های اقتصادی از قبیل اتلاف سرمایه یا حتی خسارت اکولوژیکی را نیز باعث می‌شود.

با توجه به راهبردهای سازگاری مطرح‌شده برای موفقیت طرح‌های جنگلکاری در مناطق خشک در عصر تغییرات اقلیمی، نیاز است گونه‌های حساس از قبیل افرای سیاه برای جنگلکاری مدنظر قرار نگیرند و اولویت در وهله اول با انتخاب گونه‌های بومی و در وهله بعد با گونه‌هایی از قبیل کاج تهران و اقاقیا باشد که توان سازگاری با تنش‌های موجود را داشته باشند.

References

[1]. Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V., Liaghat, A. & Zare, S. (2021). Estimation of water requierments of *Acer negundo* and *Pinus eldarica medw* in field and green house (Case Study: Robat Karim Town). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52 (10), 2581-2594. (in Farsi).

[2]. Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V., Liaghat, A. & Eskandari Rad, A. (2022). Morphological characteristics of *Fraxinus rotundifolia mill*, *Morus alba* and *Acer negundo* saplings under water stress in greenhouse and field in Robat Karim. *Iranian Journal of Environmental science*, 20 (2), 1-18. (in Farsi).

[3]. Attarod, P., Rostami, F., Dolatshahi, A., Sadeghi, S.M.M., Zahedi Amiri G. & Bayramzadeh, V. (2016). Do changes in meteorological parameters and evapotranspiration affect the declining oak forests of Iran.? *Journal of Forest Science*, 62 (12), 553–561. (in Farsi).

[4]. Attarod, P., Salimi, H. & Bayram Zadeh, V. (2021). Climate change guide for forest managers, the first ed. Tehran University Jihad Press. 163 p. (in Farsi).

[5]. Azizzadeh, J., Ahmadi, H., Baaghideh, M. & Entezari, A. (2020). Whether climate change is an opportunity or a threat? Evaluation of potential climate change on tropical trees of Iran, Case Study: Palm Dates. *Journal of Climate Research*. 10 (40), 61-80. (in Farsi).

[6]. Banihashemi Dehkordi, S.N., Bakhtiari, B., Qaderi, K. & Ahmadi, M.M. (2022). Application of shuffled frog leaping algorithm for calibration of several solar radiation models with the aim of improving the accuracy of estimating reference evapotranspiration in two climatic samples of Iran. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 16 (2), 367-279. (in Farsi).

[7]. Bowman, W. & Hacker, S., (2021). Ecology. Fifth ed. Oxford University Press. 1107 p.

[8]. Crous, K., (2019). Plant responses to climate warming: physiological adjustments and implications for plant functioning in a future, warmer world. *Am J Bot*., 106(8): 1049-1051.

[9]. FAO, (2022). The state of the worlds forests, Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies.

[10]. Fazlollahi Mohammadi, M., najafi, A., Soleimani, A., Ezati, S. & Sepahvand A. (2014). Selection of the most suitable species in order to forestation in southern Zagros forests using AHP & TOPSIS techniques. Ecology of Iranian Forest, 2 (4): 45-55. (in Farsi).

[11]. IPCC (2014). Mitigation of climate change. IPCC Fifth assessment report. Intergovernmental panel on climate change.

[12]. IPCC (2019). Climate change and land, An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

[13]. IPCC (2022). Mitigation of climate change, Mitigation of climate change, IPCC sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

[14]. Jafari, M. & Khorankeh, S. (2013). Impact of climate and environmental changes on forest ecosystem's productivity (case study: Galugah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research.* 21(1), 166-183. (in Farsi).

[15]. Jozi, F., Iran NeZhad Parizi, M.H., Tazeh, M. & Mousavi, S. (2018). Prioritizing the influence of ecological factors on the selection of suitable species for landscaping in arid areas (Case Study: Dare Gahan Taft). *Journal of Environmental Researches*. 9 (17), 37-46. (in Farsi).

[16]. Kiai Ziaberi, M. & Jafari, M., (2014). Investigation and consideration of forest tree reaction to climate and environmental changes (Case study: Lavizan forest park). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*. 27(1), 130-141. (in Farsi).

[17]. Landres, P. B., Morgan, P. & Swanson, F. J. (1999). Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications*. 9: 1179-1188.

[18]. Liu, H., Xu, C., Allen, C.D., Hartmann, H., Wei, X., Yakir, D., Wu, X. & Yu, P. (2022). Nature-based framework for sustainable afforestation in global drylands under changing climate. *Journal of Global Change Biology*. 28 (7), 2202-2220.

[19]. Meier, E. S., Lischke, H., Schmatz, D. R. & Zimmermann, N. E. (2012). Climate, competition and connectivity affect future migration and ranges of European trees. *Global Ecology and Biogeography*. 21,164-178.

[20]. Millar, C. I., Stephenson, N. L. & Stephens. S. L. (2007). Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*. 17, 2145-2151.

[21]. Montwé, D., Isaac-Renton, M., Hamann, A. & Spiecker, H. (2016). Drought tolerance and growth in populations of a wide-ranging tree species indicate climate change risks for the boreal north. *Global Change Biology*, 22(2), 1-13.

[22]. Noulèkoun, F., Khamzina, A., Naab. J, B., Khasanah N., Van Noordwijk, M. & Lamers, J.P.A. (2018). Climate change sensitivity of multi-species afforestation in Semi-Arid Benin. *Journal of Sustainability*. 10(6), 19-31.

[23]. Palik, B., D'Amato, A., Franklin, J. & Johnson, K. (2020). Ecological silviculture foundations and applications. Waveland Press. 343 p.

[24]. Pedlar, J. H., McKenney, D. W., Aubin, I., Beardmore, T., Beaulieu, J., Iverson, L., O'Neill, G. A., Winder, R. S., & Ste-Marie. C. (2012). Placing forestry in the assisted migration debate. *BioScience*. 62: 835-842.

[25]. Rabiei Sadeghabadi, M., Nouri, O. & Deihimfard, R. (2020). Plant selection for semi-arid urban landscapes with an emphasis on climate change (Case Study: Tehran). *Journal of Environmental Science*. 18 (1), 219-236 (in Farsi).

[26]. Reyer, Ch., Guericke, M. & Ibisch, P. L. (2014). Climate change mitigation via afforestation, reforestation and deforestation avoidance: And what about adaptation to environmental change?. *Journal of New Forests*. 38(1):15-34.

[27]. Song, Sh., Xu, D. & Zhang, X. (2022). Afforestation subsidy determination for *Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge in China based on Cost–Benefit analysis. *Journals of forests*. 13 (497): 2-13.

[28]. Stringer, J. W., Kimmerer, T. W., Overstreet, J. C. & Dunn, J. P. (1989). Oak Mortality in eastern Kentucky .Southern *Journal of Applied Forestry*. 13, 86-91.

[29]. Sturrock, R., Frankel, S., Brown, A., Hennon, P., Kliejunas, K., Lewis, J., Worrall, J. & Woods, A. (2011). Climate change and forest diseases. *Journal of Plant Pathology*. 60 (1), 133-149.

[30]. Xiao, J., Eziz, A., Zhang, H., Wang, Z., Tang, Z. & Fang, J. (2019). Responses of four dominant dry land plant species to climate change in the Junggar Basin, northwest China. *Ecology and Evolution*. 9 (23), 13596-13607.

[31]. Zahedi Amiri, Gh. & Zargham, N. (2015). Carbon sequestration in terrestrial ecosystems, First ed. University of Tehran publication, 500 p. (in Farsi).

Studying the five-year results of the growth and survival of six tree species in the green space of Robat Karim in climatic uncertainty (Research Paper)

1- Mohammad Asgari, Ph.D. Student of Forest Biological Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Mohsen Javanmiri Pour*, Ph.D. Graduated, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
mjavanmiri@ut.ac.ir
3- Donya Rahmani Hesar, Ph.D. Student of Forest Management, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiyat Modarres, Noor, Iran.

Received: 05 Feb. 2022
Accepted: 01 Aug. 2022

Abstract
The main challenge to compromising with climate change from a management approach is dealing with the uncertainty of future climate changes. Analyzing the effect of climate change on tree species used for afforestation in Robat Karim as a city in the central arid regions of Iran was the purpose of this study. Afforestation with two-year seedlings of Mulberry (*Morus alba*), Tehran pine (*Pinus eldarica*), Tree of heaven (*Ailanthus altissima*), Ash (*Fraxinus rotundifolia*), Blackberry (*Acer negundo*), and, Acacia (*Robinia pseudoacacia*) took place after preparing the planting substrate in 2016. The diameter of the trunk, the height of the seedlings, the freshness of the leaves (good, medium, and pale), and the health of the seedlings (healthy, semi-healthy, infested) were measured during the planting. These parameters were measured again in 2022 after five years. Furthermore, to analyze the trend of seven climatic factors such as mean temperature (°C), mean maximum temperature (°C), the mean minimum temperature (°C), mean wind speed (m/s), the mean number of daily sunny hours from 1951 to 2021 and average reference evapotranspiration (mm) from 1991-2021, was carried out. The analysis results of climate elements showed that climate changes are taking place in the form of an increase in the mean annual temperature, an increase in the maximum and minimum temperature, a reduction in the total annual rainfall, a decrease in the wind speed, and an increase in the reference evaporation and transpiration. The number of Boxelder maple reached 80 trees, while the number of Tehran pine and Acacia seedlings did not change much and were equal to 145 individuals in 2022. The highest annual diameter growth rate includes Acacia and Tehran pine with 1.1 and 1.05 cm, respectively, while the lowest annual diameter growth rate involves black maple with 0.78 cm. The ANOVA test results to compare the condition of the trees in terms of the decay degree of the studied species in 2022 indicate a significant difference ($p=0.05$) between the studied groups. The priority is to determine native species and species such as Tehran pine and Acacia that can adapt to occurring tensions.

Keywords: Crown area, Diameter, Dry climate, Height, Plantation, Precipitation, Temperature.