مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

پایش تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رویش قطری درختان بنه(*Pistacia atlantica*) در جنگل‌های استان ایلام

وحید میرزائی‌زاده[۱]، علی مهدوی*[۱]، حمیدرضا ناجی[۱]، حمزه احمدی[۲]

۱- گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران*

۲- گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

کلمات کلیدی:
گاه‌شناسی درختی
تغییر اقلیم
بنه
رویش قطری
جنگل‌های زاگرس

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیرا، توجه به اثرات تغییر اقلیم جهانی بر گونه‌ها و اکوسیستم‌های مختلف افزایش پیدا کرده است. در این میان سه موضوع مهم افزایش دمای هوا، تغییر در غلظت دی‌اکسید کربن و ترسیب نیتروژن در رابطه با تغییرات محیط‌زیستی و پاسخ نباتات به آن‌ها، به‌طور گسترده ای در بسیاری در سطح جهانی مورد بررسی واقع شده است‌رویش درختان از یک سال به سال دیگر متغیر است و در بیشتر مواقع با تغییرات آب‌وهوایی ارتباط دارد. تغییرات آب و هوایی می‌تواند موجب افزایش فصل رشد و یا تغییر در بارندگی شوند. بیشترین اثر اقلیم بر رویش درختان در پهنای دوایر سالیانه درختان قابل مشاهده است. تشکیل دوایر سالیانه یک درخت از عوامل متعدد و متفاوت محیطی و فیزیولوژیکی تاثیر می‌پذیرد که در این بین تغییرات اقلیمی نقش ویژه‌ای دارند. تغییر در رویش و توسعه درختان، از اولین واکنش‌های درختان به تغییرات اقلیم است. این مطالعه با هدف پایش تاثیر تغییرات متغیرهای اقلیمی بر رویش و محدوده پراکنش گونه درختی بنه(Pistacia atlantica) در جنگل‌های زاگرس در استان ایلام با استفاده از گاه‌شناسی درختی انجام شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور نمونه‌برداری با استفاده از مته‌ی سال‌سنج ارتقا یافته از ۲۳ درخت با توجه به گستره هر طبقه اقلیمی روش دمارتن در استان ایلام انجام گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی سالانه با استفاده از نرم‌افزار Motic image با دقت بسیار بالا برای مدت ۳۰ سال (۱۹۹۱ تا ۲۰۲۲) اندازه‌گیری شد.

نتایج: براساس نتایج میانگین رویش هر ایستگاه مشخص شد ایستگاه هفت چشمه واقع در طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای دومارتن با متوسط رویش۱/۱۳ میلیمتر دارای بیشترین رویش و ایستگاه مانشت واقع در طبقه اقلیمی نیمه مرطوب دومارتن با متوسط رویش ۰/۸۳ دارای کمترین رویش می‌باشد و به طور کلی مناطق با اقلیم مدیترانه ای میزان رویش بالاتر داشته و اقلیم‌های نیمه مرطوب و نیمه خشک به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. برای درک رابطه رویش و اقلیم از داده‌های هواشناسی ایستگاه WorldClim استفاده شد. نتایج همبستگی پیرسون متغیرهای آب و هوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده نشان داد که در اقلیم نیمه‌خشک با کاهش ارتفاع از سطح دریا، رویش قطری، بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما داشته و با افزایش ارتفاع از سطح دریا به متغیر میزان بارش وابسته می باشد و در اقلیم مدیترانه‌ای رویش در مناطق مرتفع‌تر بیشترین همبستگی با متغیر میزان

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: a.mahdavi@ilam.ac.ir

بارش دارد و با کاهش ارتفاع رویش با متغیر میانگین حداکثر دما وابسته می‌باشد همچنین در اقلیم نیمه مرطوب رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه همبستگی کاهش پیدا می‌کند.

بحث: نتایج نشان می‌دهد مناطقی با ارتفاع بالاتر از ۱۷۰۰ و ارتفاع پایین تر از ۱۰۰۰ رویش بیشتر متأثر از میانگین حداکثر دما است و تغییرات حداکثر دما عامل اصلی محدود کننده پراکنش گونه بنه در استان ایلام می‌باشد به طوری که با افزایش دما گونه به سمت ارتفاعات و مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای مهاجرت خواهد کرد تا تأثیرات عامل حداکثر دما را کاهش دهد و به تبع آن با گذر زمان محدوده پراکنش گونه بنه نیز در این مرزها کاهش پیدا خواهد کرد.

مقدمه

در سال‌های اخیراً، توجه به اثرات تغییر اقلیم جهانی بر گونه‌ها و اکوسیستم‌های مختلف افزایش پیدا کرده است. در این میان سه موضوع مهم افزایش دمای هوا، تغییر در غلظت دی‌اکسیدکربن و ترسیب نیتروژن در رابطه با تغییرات محیط‌زیستی و پاسخ نباتات به آن‌ها، به‌طور گسترده در سطح جهانی مورد بررسی واقع شده است (Liu *et al.*, 2010). عوامل اقلیمی با تأثیر در متغیرهای مهمی چون دما و بارش که از فاکتورهای اصلی و تعیین‌کننده رویش هستند، بر تولید جنگل اثر ویژه‌ای دارند (Mattive *et al.*, 2002). رویش درختان از یک سال به سال دیگر متغیر است و در بیشتر مواقع با تغییرات آب‌وهوایی ارتباط دارد. این تغییرات موجب افزایش فصل رشد و تغییر در میزان بارندگی می‌شوند. تغییر در رویش و توسعه، از اولین واکنش‌های درختان به تغییرات اقلیم است؛ به‌طوری‌که آب‌وهوا به‌عنوان یک عامل مؤثر در الگوهای رشد جنگل‌ها شناخته شده است. رشد درختان همچنین یک شاخص کلی از توانایی درخت و پیش‌بینی مرگ‌ومیر درختان است (Cedro, 2001). در درختان جنگلی که میانگین رویش اندک و یا کاهش ناگهانی رویش را داشته‌اند، تلفات و مرگ‌ومیر بیشتری مشاهده می‌شود؛ بنابراین باید به تغییر اقلیم و تغییر در عوامل آب‌وهوایی و افزایش خشکسالی‌ها که منجر به افزایش مرگ‌ومیر می‌شود، توجه داشته باشیم (Clark *et al.*, 2016).

بیشترین اثر اقلیم بر رویش درختان در پهنای دوایر سالیانه درختان قابل مشاهده است. تشکیل دوایر سالیانه یک درخت از عوامل متعدد و متفاوت محیطی و فیزیولوژیکی تأثیر می‌پذیرد، که در این بین تغییرات اقلیمی نقش ویژه‌ای دارند (Fritts *et al.*, 1992). با توجه به این‌که درختان به‌عنوان بایگانی تاریخی از تغییرات اقلیمی می‌باشند و اثرات این تغییرات را در خود ذخیره می‌کنند، می‌توانند مورد تحقیق و بررسی واقع شوند.

دوایر سالیانه یک درخت، به‌صورت منظم تغییراتی در پهنا و ساختمان سلول‌ها را بیان می‌کنند، که از تغییر ساختار، شرایط فیزیولوژیکی و محیطی درختان، ناشی می‌شود. در تودۀ جنگلی که شرایط رقابت درون گونه وجود ندارد یا بسیار اندک است، رویش گیاه جوان در ابتدا به آهستگی رشد می‌کند، اما به محض این که ریشه‌ها نفوذ می‌یابند و در خاک گسترش یافته و تاج توسعه پیدا می‌کند، رشد جوانه سالیانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. گیاه جوان، به‌زودی به سمت یک درخت پیشرفت می‌کند، که مریستم انتهایی و کامبیوم، به‌سرعت رشد می‌کنند و به حداکثر میزان فعالیت خود می‌رسند. هم‌زمان با بلوغ درخت، شرایط محیطی و فیزیولوژیکی معین، بر درخت متاثر است و نرخ جوانه‌زنی و رشد حلقه سالیانه کاهش پیدا می‌کند. همان‌طور که سن درخت بالا می رود، سطح رویش به میزان یکسانی در تنه درخت، ثابت می‌شود. فرآیند کاهش رویش، ارتباط مستقیمی با تغییرات سالانه اقلیم دارد و این منحنی رویش به‌وضوح با افزایش سن درخت پیوند یافته است. تغییرات در رویش در ارتباط با سن، ممکن است، از یک مکان به مکان دیگر متغییر باشد (Fritt *et al.*, 1992). رابطه‌ای که بین پهنای دوایر سالیانه و شرایط اکوفیزیولوژیکی محیط وجود دارد، به دلیل تأثیری است، که رشد درخت از شرایط موجود در محیط جنگل دریافت می‌کند. این شرایط اکوفیزیولوژیکی در طول زندگی درخت موجود بوده و در زمان‌های مختلف باعث محدود کردن رویش و تأثیر بر ساختار درخت می‌گردد. درختان غالباً در حالت طبیعی برای سال‌ها و حتی قرن‌ها به‌طور ثابت در یک مکان استقرار دارند و در

پاسخ به یک مجموعه‌ای از متغیرهای دما، رطوبت نسبی، رقابت و دسترسی به رطوبت خاک، فتوسنتز و رشد می‌کنند. ارتباط زیادی بین پهنای دوایر سالیانه و اقلیم موجود می‌باشد؛ چرا که شرایط محیطی، فرایندهای زیستی درختان را با محدودیت مواجه می‌کند و تاثیر این تغییرات به‌صورت اطلاعات مفید در ساختار دوایر سالیانه ثبت می‌شود (Bednarz, 1990). عوامل محدودکننده که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به عوامل درونی و بیرونی طبقه‌بندی می‌گردند. برخی از عوامل محدودکننده بیرونی مهم شامل آب، دما، نور، دی‌اکسید کربن، اکسیژن و مواد معدنی خاک می‌باشند و بعضی از عوامل محدودکننده درونی رایج، مقدار موجود موادغذایی، تنظیم‌کننده‌های رشد و آنزیم‌ها می‌باشند (Fritt *et al.*, 1992).

Serengil و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود بیان داشتند، که درگذشته نوسانات آب‌وهوایی بسیار جزئی بوده است. درحالی‌که، در اکوسیستم‌های جنگلی اخیراً این تغییرات تأثیر معناداری بر پهنای دوایر رویشی درختان داشته است، که به دلیل حساسیت زیاد به تغییرات اقلیمی تحت تأثیر این تغییرات قرار می‌گیرند. همچنین، Hadaghali و همکاران (۲۰۱۵) در استان چهارمحال و بختیاری در پژوهشی به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر گونه بلوط ایرانی بیان کردند، که در مناطق پایین‌دست عامل بارش سالانه و در مناطق مرتفع درجه حرارت مرز فوقانی این‌گونه را تعیین می‌کند، که این موضوع نشان می‌دهد، به‌طورکلی بارش و دما از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر رویش هستند. Pourtahmasi و همکاران ۱۳۸۷ با بررسی فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر رشد گونه ارس در رویشگاه‌های مختلف بیان کردند که پهنای دوایر رویشی ارس در رویشگاه‌های مورد مطالعه، همبستگی قابل‌توجهی با فاکتورهای بارندگی دارد. Olivera و همکاران (۲۰۱۱) و Stanoosh و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقات خود این نتیجه را تأیید کرده‌اند. Xin Huang و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود نشان دادند، که دما و بارندگی بر رشد درخت *Pinus massoniana* و تعیین محدوده توزیع آن مؤثر هستند. به طوری که همبستگی بالایی بین رویش با متغیر دما نسب به بارش وجود دارد و تحت تأثیر تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه به سمت عرض‌های شمالی تغییر پیدا خواهد کرد و این تغییر محدوده پراکنش بیشتر متأثر از دما می‌باشد. Rodríguez-Morata و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی دوایر سالیانه کاج سنگی (*Pinus cembra L*) تحت تأثیر آب و هوا پرداختند. نتایج نشان داد، رویش کاج سنگی به شدت با دمای تابستان در ژوئن و جولای مرتبط بود. در دهه‌های گذشته، تأثیر منفی بارش تابستانی بر رشد درختان کاهش یافته است. این ممکن است مربوط به تابستان‌های گرمتر و کاهش بارندگی باشد. دمای پاییز، زمستان و اوایل بهار قبل که در گذشته تأثیر بسزایی در رویش کاج سنگی داشته است. Katarzyna و همکاران (۲۰۲۳) به مطالعه تغییرات رویش گونه *Daniellia oliveri* تحت تأثیر متغیر اقلیمی پرداخت که نتایج نشان داد، که شاخص تغییرات دوایر سالیانه با رکوردهای بارندگی سالانه رابطه معنی‌داری داشته و رابطه بین بارش در فصل نیمه‌مرطوب (ژوئن تا سپتامبر) کمی بیشتر بود. با این حال، هیچ ارتباط معنی داری برای دما یافت نشد. Mirhashemi و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی اثرات تغییر آب‌وهوا بر پراکنش بلوط در استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد میانگین دما مرطوب‌ترین فصل، تابش خورشید، شیب و بارش مرطوب‌ترین ماه به ترتیب به‌عنوان مهمترین متغیرها در رویش گونه گزارش شده است. Fayaz و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه خود نتیجه گرفتند، رویش گونه‌های درختی تحت شرایط تغییرات اقلیمی با کاهش قابل‌توجهی مواجه خواهد شد و دما و بارش بر رویش درختان موثر است.

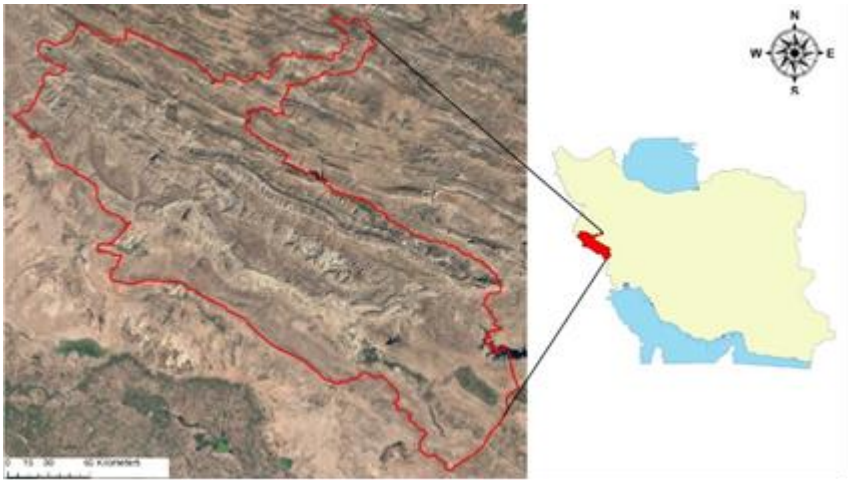
گونه درختی بنه (*Pistacia atlantica Desf.*)، از گونه‌های درختی ارتفاعات ناحیه‌ی رویشی زاگرس است، که در کشور ایران گونه‌ای ارزشمند و نماد جنگل‌های کوهستانی خشک و نیمه‌خشک و شرایط زیستی دشوار شناخته‌شده است (Karamshahi *et al.*, 2013). درخت بنه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی در رویشگاه زاگرس، در سال‌های اخیر به‌واسطه خشک‌سالی‌های مکرر، کاهش بارش، ناموزونی بارش، افزایش دما و افزایش رخدادهای اقلیمی مانند موج‌های گرم، به‌شدت آسیب‌پذیر شده‌اند. با توجه به وابستگی این‌گونه درختی به آب‌وهوا، ارزیابی محدوده جغرافیایی رشد و نمو آن تحت شرایط تغییر اقلیم آینده به‌عنوان

نقشه راه آینده حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به وابستگی این‌گونه درختی به آب‌وهوا، ارزیابی محدوده جغرافیایی رشد و نمو آن تحت شرایط تغییر اقلیم آینده به‌عنوان نقشه راه آینده حائز اهمیت می‌باشد. در تحقیق پیش رو تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رویش قطری و محدودهٔ پراکنش درختان بنه (*Pistacia atlantica*) در جنگل‌های زاگرس پایش شده است که نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای کمک به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و طرح‌های حفاظتی در جنگل‌های زاگرس استفاده شود؛ به‌صورتی که این تصمیم‌گیری‌ها و طرح‌ها سازگار با اثرهای تغییر اقلیم باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

استان ایلام با مساحت حدود ۲۰۱۰۵ کیلومترمربع در غرب سلسله جبال زاگرس بین ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی در گوشه غربی کشور قرارگرفته است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان ایلام در کشور ایران

بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی استان ایلام با استفاده از روش دومارتن، قسمت عمده گستره استان در قلمرو استیلای اقالیم آب‌وهوای خشک، نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای قرار دارد (شکل ۲). نیمه‌مرطوب ترین نواحی استان که شرایط اقلیمی آنها عمدتاً متأثر از بارندگی است، نواحی شمالی و ارتفاعات بالای استان را پوشش می‌دهد. نواحی نیمه مرطوب که عمدتاً از نوع معتدل هستند، در ارتفاعات ایلام قرار دارند، که تیپ اقلیمی آنها متأثر از اثر مضاعف کاهش دما و افزایش بارندگی با ارتفاع است. گرم‌ترین میانگین ماهانه در سال در دو ایستگاه دهلران و مهران به ترتیب ۲۶/۲ و ۲۴/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است. متوسط دمای سالانه در تمامی منطقه استان ایلام بین ۱۲ تا ۲۶ درجه از نواحی شمالی به نواحی جنوبی است. روند افزایشی دما از نواحی شمالی با میانگین دمای کمتر از ۱۲ درجه شروع‌شده و به نواحی میانی با متوسط ۱۶ درجه ادامه می‌یابد، در ادامه در نواحی جنوبی و غربی با میانگین ۲۶ درجه به اوج خود می‌رسد (Ahmadi, 2020).

نمونه‌برداری و انتخاب درختان: نمونه‌برداری و انتخاب درختان در مطالعات بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میزان رویش، بر اساس درختان مسن پایه‌ریزی می‌گردد. در چنین وضعیتی نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی نبوده، بلکه به‌صورت گزینشی انجام خواهد شد و تلاش می‌شود، تا شرایط اقلیمی محل نمونه‌برداری در یک ناحیه، هماهنگ و یکنواخت باشد. در انتخاب گزینشی درختان باید توجه داشت، که درختان حساس به نوسانات اقلیمی در یک رویشگاه مشخص مورد نمونه‌برداری قرار بگیرد (Cool *et al.*, 1992).

در این تحقیق، ابتدا در منطقه مورد مطالعه با بازدید میدانی شرایط رویشگاه بررسی و پس از کسب اطلاعات اولیه از مناطق پراکنش درختان بنه در سطح استان، با

استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اداره کل منابع طبیعی استان ایلام که برای تعاونی‌های بهره‌برداری سقز با استفاده از برداشت زمینی با دستگاه GPS تهیه‌شده بود، مرز مناطق دارای پوشش با حضور گونه بنه (*Pistacia atlantica*)، مشخص گردید. سپس درختانی با شرایط میکروکلیمای یکسان در هر ایستگاه انتخاب گردید، انتخاب منطقه نیز بر اساس حضور گونه بنه صورت گرفت (Fritts *et al.*, 1992).

سپس، با توجه به طبقه بندی اقلیمی استان ایلام بر اساس روش دومارتن، با توجه به گستره هر طبقه اقلیمی ایستگاه‌هایی مشخص شدند، که در هر ایستگاه ۳ درخت نمونه‌برداری شدند (جدول ۱)، تعداد کل ایستگاه‌های مورد نمونه‌برداری با مته سال‌سنج برداشت ۲۳ ایستگاه هست.

جدول ۱- مشخصات موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده بر اساس تفکیک اقلیمی

طبقه اقلیمی بر اساس روش دومارتن	شهرستان	نام ایستگاه	موقعیت UTM		ارتفاع از سطح دریا
			طول جغرافیایی (X)	عرض جغرافیایی (Y)	
نیمه‌مرطوب	سیروان	مانشت	۶۳۵۶۵۹	۳۷۲۶۰۸۸	۱۹۹۰
	ملکشاهی	کول درگنداب	۶۴۲۸۳۳	۳۷۰۳۷۹۳	۱۸۲۰
	آبدانان	سادات	۷۲۱۹۸۹	۳۶۵۸۸۳۲	۱۸۳۳
	ملکشاهی	تیار	۶۷۴۶۲۹	۳۶۸۶۸۹۸	۱۹۴۰
مدیترانه‌ای	ملکشاهی	گُل گُل	۶۴۰۱۹۴	۳۷۰۴۰۵۹	۱۷۵۰
	ملکشاهی	نشاط	۶۳۲۷۷۷	۳۷۰۰۸۶۴	۱۵۵۰
	ملکشاهی	چشمه پهن	۶۶۳۱۶۴	۳۶۹۲۹۴۲	۱۵۱۰
	ایلام	هفت‌چشمه	۶۲۴۱۰۵	۳۷۲۰۴۱۸	۱۴۷۰
	ملکشاهی	کلک کلوند	۶۳۶۲۰۶	۳۶۹۶۳۰۰	۱۴۳۰
	ملکشاهی	زمیه	۶۳۷۳۴۶	۳۶۸۸۸۱۷	۱۴۳۰
	ملکشاهی	کاخل	۶۵۱۹۸۲	۳۶۸۵۸۲۱	۱۴۲۰
	ایلام	جعفرآباد	۶۴۳۹۱۷	۳۷۰۶۶۱۰	۱۳۴۰
	ایلام	چناباشی	۶۶۶۶۸۰	۳۷۰۰۵۵۰	۱۲۳۱
	ملکشاهی	چمز	۶۳۶۰۳۴	۳۶۷۶۸۸۲	۱۲۲۰
	بدره	بدره	۶۸۱۵۹۰	۳۶۸۵۸۵۰	۱۱۷۵
	ایوان	تعل	۵۹۹۸۲۵	۳۷۴۵۷۱۶	۱۱۴۰
نیمه‌خشک	ملکشاهی	پشمین	۶۴۰۶۱۷	۳۶۷۶۸۸۲	۱۳۵۰
	مهران	کلاه فرج	۶۱۶۶۵۷	۳۷۱۵۲۱۶	۱۱۰۰
	آبدانان	طلور	۷۳۳۲۷۹	۳۶۵۳۵۵۳	۹۹۰
	چوار	چمن بولی	۵۸۴۰۷۶	۳۷۳۶۸۱۱	۹۸۰
	دهلران	مزیه	۶۶۴۱۹۲	۳۶۵۵۵۰۳	۹۵۰
	دره‌شهر	ارمو	۷۳۲۱۵۵	۳۶۶۰۳۶۱	۹۲۰
	ایوان	کژاب	۵۹۵۶۱۶	۳۷۵۰۶۶۸	۸۴۰

روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن

با توجه به این‌که طبقات اقلیمی در مناطق مختلف بر میزان رویش در آن مناطق مؤثر می‌باشد، لذا در این مطالعه از شاخص دومارتن (فرمول ۱) برای پهنه‌بندی اقلیمی استان ایلام استفاده شد. این شاخص از مناسب‌ترین روش‌ها برای استان ایلام می‌باشد (Ahmadi, 2020)؛ سپس با توجه به گستره هر طبقه اقلیمی شاخص

دومارتن در استان ایلام، تعداد ایستگاه‌ها در آن طبقه به شرح جدول ۲ مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند.

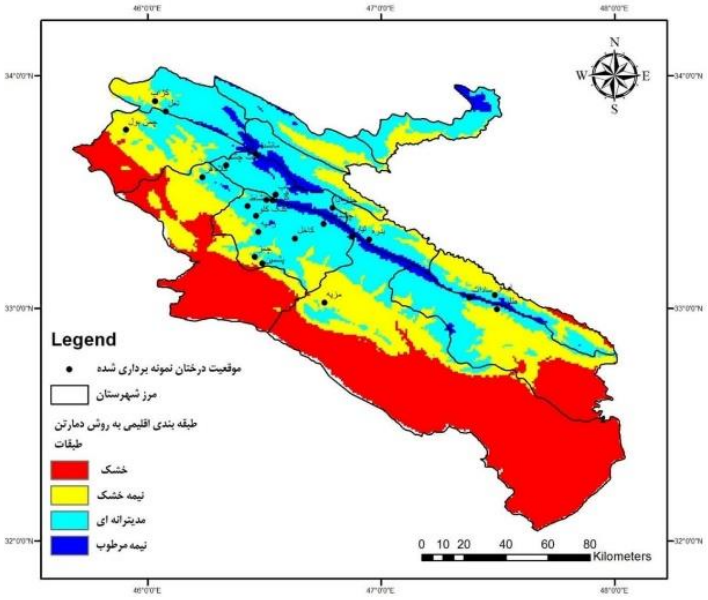
فرمول ۱:

$$I = \frac{P}{T+10}$$

که در آن I: شاخص دومارتن، P: میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر) و T: میانگین دمای سالیانه (درجه سانتیگراد) هستند. شاخص دومارتن بر اساس جدول ۲ طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۲- مقدار شاخص دومارتن در اقلیم‌های مختلف

نوع اقلیم	شاخص دومارتن
خشک	۰-۱۰
نیمه‌خشک	۱۰-۲۰
مدیترانه‌ای	۲۰-۲۴
نیمه‌مرطوب	۲۴-۲۸
مرطوب	۲۸-۳۵
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در طبقات مختلف اقلیمی در روش دومارتن

اهمیت انتخاب گونه: گونه‌ای که برای مطالعات اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید در دامنه جغرافیایی و اکولوژیکی وسیعی رشد کرده و از نظر آناتومیکی، دوایر سالیانه مشخصی داشته باشد، به‌طوری‌که، گونه مورد نظر یکی از گونه‌های غالب جنگل باشد. همچنین در مناطق مختلف مورد مطالعه یافت شود. چون‌که گونه‌های غالب بیشتر تحت تأثیر شرایط آب‌وهوایی قرار می‌گیرند. درحالی‌که، درختان مغلوب تحت تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای جنگل هستند (Haneca *et al.*, 2009). بعضی از گونه‌ها ممکن است، ارائه دهنده وضوح کمی در ساختار حلقه‌های رویشی باشند. در موارد دیگر ممکن است گیاهان چوبی لایه رشد سالیانه را ایجاد کنند، اما اختلاف کمی در ساختار یا شکل ظاهری از یک حلقه به حلقه بعدی وجود داشته باشد. به این علت فاکتورهای اقلیمی به اندازه کافی در ارتباط با فرایندهای مؤثر رشد، تغییر نمی‌یابند. در چنین مواردی، فاکتورهای به وجود آمده از شرایط رویشگاه محلی و شرایط درونی گیاه، به فاکتورهای اقلیمی محیط جنگل فائق می‌آیند (Fritt *et al*, 1992).

نحوه نمونه‌برداری از درختان موردمطالعه با استفاده از مته سال‌سنج[1]: مته سال سنج یک مته نمونه‌برداری بدون قطع و تخریب درخت از تنه درختان است، که برای تعیین سن درخت و به‌منظور آسیب کمتر آن استفاده می‌شود. بدین ترتیب که مته را از یک قسمت از تنه درخت که بیشترین قطر را داشته وارد کرده و به سمت مرکز درخت فرو می‌برند، تا نمونه‌ای از آن تهیه کنند. سپس نمونه برداشته شده را از نظر حلقه‌های رشد سالانه

[1] Increment Borer

مورد مطالعه قرار می‌دهند. طول مته باید حداقل هفتاد و پنج درصد کمتر از قطر درخت باشد (Ahmadi, 2020).

ارتقا مته سال‌سنج و تهیه دستگاه ثبات مته: با توجه به بافت چوبی محکم درختان بنه، نفوذ عادی نوک مته سال‌سنج در تنه درخت بسیار سخت بوده، به‌طوری که این موضوع محدودیت‌هایی از لحاظ افزایش زمان و نیز تغییر نوع نمونه‌برداری که موجب آسیب جدی به درختان می‌شد، را فراهم می‌کرد؛ لذا جهت کاهش آسیب‌های وارده به درخت در کارکرد و شکل مته تغییراتی ایجاد نمودیم. با توجه به بررسی به عمل آمده مشخص شد که دلیل عدم نفوذ نوک مته در تنه درخت به ثابت نبودن و عدم استقرار و عدم ثبات مته است و اگر مته را به طریقی به درخت متصل کرد، که ثابت مانده و نیز قدرت مته را افزایش داد، مته با سهولت بیشتری در درخت فرو خواهد رفت (شکل ۳). بدین منظور، دستگاهی طراحی گردید، که با تسمه به درخت متصل می‌شد. درنهایت، با استفاده از نوع خاصی از بازوهای مکانیکی می‌توان قدرت فرورفتن مته سال‌سنج را به‌صورت قابل توجهی افزایش داد. نمونه‌برداری با استفاده از مته‌ی سال‌سنج مذکور پس از انتخاب هر درخت در ارتفاع برابر با سینه نمونه برداشت شد.

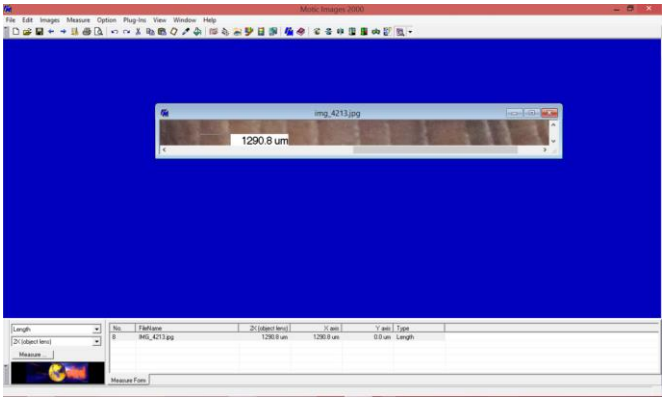
شکل ۳- مته سال سنج ارتقا یافته و چگونگی نمونه‌برداری با آن

روش نمونه‌برداری به این صورت است، که پس از انتخاب درخت مناسب، با توجه به چگونگی رویش درخت، مته سال‌سنج طوری در مکان مورد نظر (معمولاً ارتفاع برابر با سینه) قرارداد می‌شود که عمود بر حلقه‌های رویشی باشد، سپس با تسمه‌های مربوطه دستگاه به درخت متصل و ثابت می‌شد، آنگاه با چرخاندن دسته، مته به سمت مرکز درخت وارد شده و درنهایت با استفاده از تیغه‌ی مته، نمونه‌ها خارج می‌شوند، پس از خارج‌کردن نمونه‌ها از مته، آنها را در یک هولدر پلاستیکی قرارداده و عمل کدگذاری انجام می‌شود. تا در مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل و مورد بررسی قرار گیرند. نمونه‌های تهیه شده هرکدام دارای کد مشخصی بودند، که مشخصه‌های عمومی مناطق نمونه‌گیری شده شامل ارتفاع از سطح دریا (متر)، موقعیت UTM گونه و جهت دامنه اندازه‌گیری و ثبت شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها: نمونه‌های به‌دست‌آمده از هولدرها خارج شده و بر روی یک‌پایه سوار می‌شوند، در این مرحله نمونه‌هایی که فاقد پوست بودند، در جهت پوست تا مغز علامت‌گذاری شدند، تا در هنگام قرائت حلقه‌ها مشکلی ایجاد نشود، پس از تنظیم نمونه‌ها روی پایه، سطح نمونه‌ها با یک‌قلم مو خیس شده و سپس سطح نازکی از آنها با تیغ جراحی و سنباده برداشته شد، این مراحل باید به‌دقت انجام شود، زیرا هر چه سطح برش صاف‌تر و صیقلی‌تر باشد حلقه‌ها بهتر نمایان می‌شوند. پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای اتاق، برای وضوح بهتر

حلقه‌ها از مقداری گچ استفاده شد. در مرحله بعد از نمونه‌های تهیه‌شده تصاویری باکیفیت بالا تهیه شد.
سپس حلقه‌ها از سمت آخرین حلقه یعنی همان حلقه‌ی چسبیده به پوست شمارش و به‌صورت ده‌تایی علامت‌گذاری شدند. این‌گونه علامت‌گذاری باعث می‌شود، که عمل تطابق زمانی به‌راحتی انجام شود (Maaten, 2012).

اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی سالانه: هرکدام از تصاویر تهیه شده به ترتیب در نرم‌افزار Motic Image که دارای دقت بسیار بالایی در اندازه‌گیری پهنای دوایر است، بررسی شدند. اندازه‌گیری پهنا بر حسب میکرون از پوست به سمت مغز برای تمام نمونه‌ها انجام گرفت. پس از ثبت اندازه پهنای دوایر سالیانه تا سال ۳۰، آن‌ها را با تقسیم کردن بر ۱۰۰۰، به میلی‌متر تبدیل شدند.



شکل ۴- محیط نرم افزار Motic Image و نحوه اندازه‌گیری عرض دوایر سالیانه

با توجه به این‌که ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان ایلام تعداد سال‌های کمی را پوشش می‌دهند، لذا جهت بررسی روابط رویش و اقلیم از داده‌های هواشناسی اخذشده از وبسایت WorldClim.com نسخه ۴ استفاده شد.

داده‌های سایت WorldClim: داده‌های قدیمی وبسایت WorldClim شامل متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر دما و میزان بارش هست که به‌صورت یک فایل رستری از کل جهان برای هر پارامتر اقلیمی در ماه ارائه می‌شوند. بازه زمانی موجود این داده‌ها در سایت از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۸ هست. در این مطالعه از داده‌های مربوط به ۳۰ سال اخیر استفاده شد.

استخراج داده‌های متغیرهای اقلیمی از فایل‌های رستری WorldClim: در راستای استخراج داده‌های متغیرهای اقلیمی مناطق نمونه‌برداری از فایل‌های رستری WorldClim اخذ شد. بدین صورت که لایه‌های سه پارامتر متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر دما و میزان بارش بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ در سه مقطع زمانی ۱۹۹۹- ۱۹۹۰، ۲۰۰۰-۲۰۰۹ و ۲۰۱۰-۲۰۱۸ مورد استفاده قرار گرفت.

بررسی ارتباط عوامل اقلیمی بارویش درختان بنه: جهت بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی اخذ شده از WorldClim با رویش درختان بنه ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده، همبستگی پیرسون هر مؤلفه با پهنای دوایر سالیانه بررسی شد. بدین ترتیب همبستگی پارامتر اقلیمی هر ایستگاه در همان نقطه محاسبه شد، تا قضاوت بهتری از تأثیر مؤلفه‌های اقلیمی بر رویش درختان بنه نمونه‌برداری شده ارائه داد.
با مطالعه گاه‌شناسی، پایش مناسبی از تأثیرات تغییر اقلیم بر گونه‌های درختی موردمطالعه به دست خواهد آمد و علاوه بر آن می‌توان با شبیه‌سازی این دوره با مدل‌های پیش‌نگری تغییر اقلیم با داده‌های به‌دست‌آمده از گاه‌شماری درختی و صحت‌سنجی آن‌ها، بهترین و مناسب‌ترین مدل‌های تغییر اقلیم را معرفی کرد.

ضریب همبستگی: در تحلیل‌های چندمتغیره آماری، شیوه‌های مختلف محاسباتی برای اندازه‌گیری وابستگی یا ارتباط بین دو متغیر تصادفی وجود دارد. منظور از ضریب همبستگی بین دو متغیر، قابلیت پیش‌بینی مقدار یکی برحسب دیگری است. از ضریب همبستگی پیرسون و ترسیم نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار XLStat 2019 استفاده شد.

ضریب همبستگی پیرسون: یکی از مشهورترین شیوه‌های اندازه‌گیری وابستگی بین دو متغیر کمی، محاسبه ضریب همبستگی پیرسون است. این شاخص برای بررسی علمی در مطالعات علوم زیستی نتایج جالب توجهی را ارائه می‌دهد. در مباحث آماری، ضریب همبستگی پیرسون میزان همبستگی خطی بین دو متغیر تصادفی را می‌سنجد. مقدار این ضریب بین ۱- تا ۱ تغییر می‌کند، که «۱» به معنای همبستگی مثبت کامل، «۰» به معنی نبود همبستگی، و «۱-» به معنی همبستگی منفی کامل است.

نتایج

آمار توصیفی ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده: میانگین رویش سالانه درختان بنه در هر ایستگاه مشخص شد (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصله ایستگاه هفت‌چشمه که در طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای قرار دارد، با متوسط رویش ۱/۱۳ میلی‌متر دارای بیشترین رویش و ایستگاه مانشت که در طبقه اقلیمی نیمه‌مرطوب واقع شده است، با متوسط رویش ۰/۸۳ دارای کمترین میزان رویش می‌باشد.

جدول ۳- نتایج میانگین ایستگاه نمونه‌برداری شده

طبقه اقلیمی در روش دومارتن	Sampling site	MRW (میلیمتر)	SD	Sr	واریانس نمونه	حداقل رویش (mm)	حداکثر رویش (mm)
نیمه‌مرطوب	تیار	۱/۰۸۵	۰/۱۵۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۲	۰/۸۲	۱/۳۲
	سادات	۰/۹۴	۰/۳۲۲	۰/۰۵۸	۰/۱۰۴	۰/۴۶	۱/۵۰
	کول درگنداب	۱/۰۸	۰/۱۶۸	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۸۱	۱/۴۰
	مانشت	۰/۸۳۱	۰/۰۹۳	۰/۰۱۶	۰/۰۰۸	۰/۶۰	۰/۹۸
مدیترانه‌ای	بدره	۱/۰۶۸	۰/۱۷۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۶۹	۱/۴۵
	تعل	۰/۹۶۱	۰/۱۴۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱	۰/۷۶	۱/۲۶
	جعفرآباد	۱/۰۹۹	۰/۱۸۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۰/۷۸	۱/۵۰
	چشمه پهن	۱/۰۹۱	۰/۱۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	۰/۴۱	۰/۸۵
	چمز	۱/۰۱۵	۰/۱۲۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۸۳	۱/۲۳
	چنار باشی	۱/۰۴۲	۰/۱۵۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۵	۰/۷۴	۱/۳۰
	زمیه	۱/۰۹۵	۰/۱۶۸	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۸۹	۱/۴۵
	کاخل	۱/۱۰۸	۰/۱۷۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۵۶	۰/۹
	کلک کلوند	۱/۰۷۴	۰/۱۴۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۸۳	۱/۲۹
	گل گل	۱/۰۸۷	۰/۱۶۵	۰/۰۲۹	۰/۰۲۷	۰/۸۲	۱/۴۳
	نشاط	۱/۰۹۶	۰/۱۶۹	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۸۳	۱/۴۳
	هفت‌چشمه	۱/۱۳۲	۰/۲۱۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۵	۰/۷۶	۱/۷
نیمه‌خشک	ارمو	۰/۹۱۱	۰/۲۷۷	۰/۰۴۹	۰/۰۷۷	۰/۵۴	۱/۴۵
	پشمین	۱/۰۶	۰/۱۴۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۸۹	۱/۲۸
	چمن بولی	۱/۱۱۷	۰/۱۹۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۷۷	۱/۶
	طلور	۰/۹۲۵	۰/۳۲۰	۰/۰۵۷	۰/۱۰۲	۰/۴۵	۱/۴
	کژاب	۰/۹۴۹	۰/۱۵۳	۰/۰۲۷	۰/۰۲۳	۰/۷۳	۱/۲۶
	کلاه فرج	۰/۸۴۹	۰/۳۱۸	۰/۰۵۷	۰/۱۰۱	۰/۲۶	۱/۲۷
	مزیه	۰/۸۶۴	۰/۲۶۶	۰/۰۴۷	۰/۰۷۱	۰/۵	۱/۲۷

Sr: Standard error; MRW: Meanring width (mm).

جدول ۳، میزان میانگین رویش درختان نمونه‌برداری شده در هر یک از طبقات اقلیمی روش دومارتن را نشان می‌دهد. به‌طوری که در مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای میزان رویش بالاتر بوده و اقلیم‌های نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک بعد از اقلیم مدیترانه‌ای به ترتیب دارای بیشترین رویش هستند.

جدول ۴- میزان متوسط رویش در طبقات اقلیمی روش دومارتن

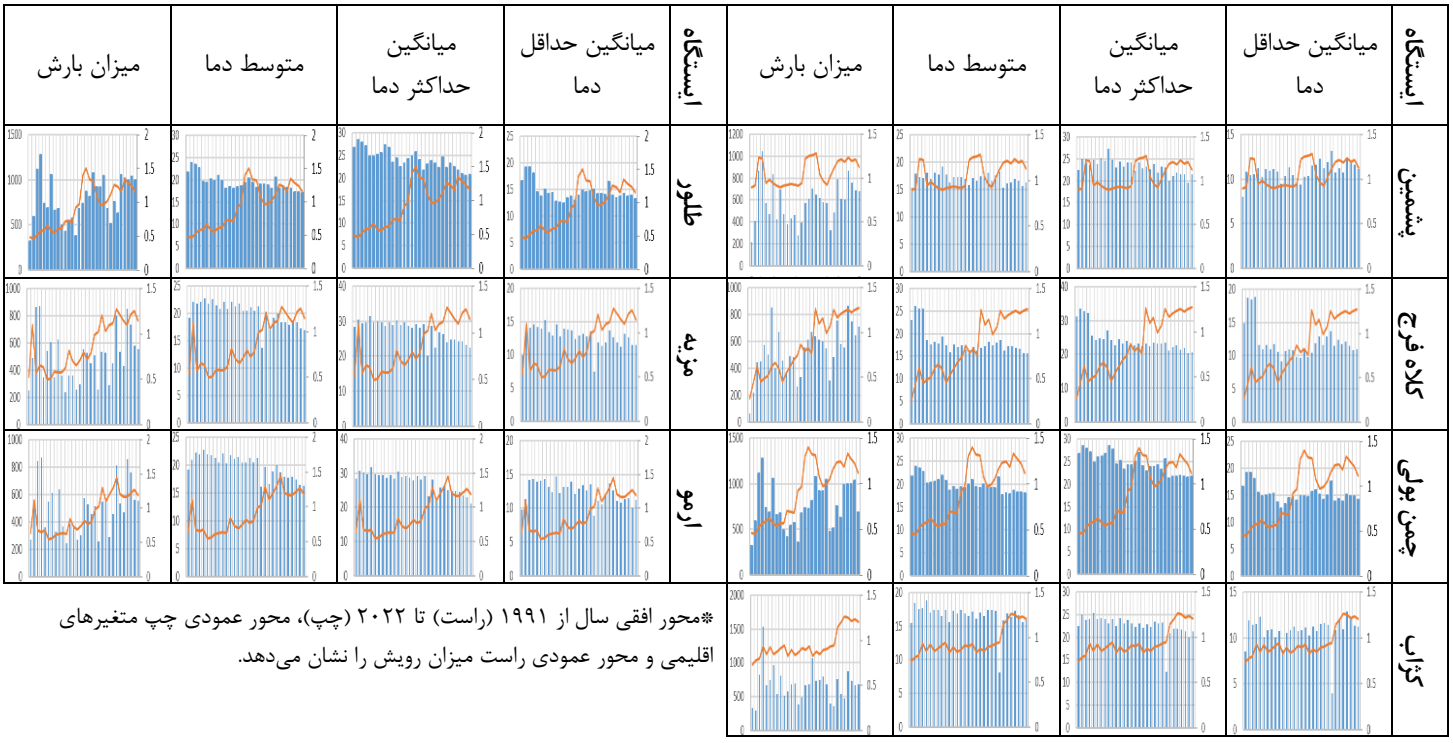
طبقه اقلیمی روش دومارتن	میانگین رویش (میلی‌متر)	حداقل رویش (میلی‌متر)	حداکثر رویش (میلی‌متر)
نیمه‌مرطوب	۰/۹۸۴	۰/۶۷۵	۱/۳
نیمه‌خشک	۰/۹۵۳	۰/۵۹۱	۱/۳۶۱
مدیترانه‌ای	۱/۰۸۲	۰/۸۱۰	۱/۴۰۹

بررسی همبستگی متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده: با توجه به دقت بالای داده‌های اخذ شده از وب‌سایت WorldClim جهت بررسی ارتباط هر کدام از متغیرهای مورد مطالعه با رویش درختان نمونه‌برداری شده از این داده‌های اقلیمی استفاده شد.

جدول ۵- بررسی همبستگی متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده واقع در اقلیم نیمه‌خشک

ایستگاه	میانگین حداقل دما			میانگین حداکثر دما			متوسط دما			میزان بارش		
	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*
پشمین	۰/۱۹۰	۰/۰۳۶	۰/۳۰۵	**-۰/۵۵۹**	۰/۳۱۳	**۰/۰۰۱**	**-۰/۳۹۸**	۰/۱۵۸	**۰/۰۲۷**	**۰/۶۳۵**	۰/۴۰۴	**<۰/۰۰۰۱**
طلور	-۰/۳۲۰	۰/۱۰۳	۰/۰۷۹	**-۰/۷۲۱**	۰/۵۲۰	**<۰/۰۰۰۱**	**-۰/۶۳۶**	۰/۴۰۵	**۰/۰۰۰**	۰/۲۳۱	۰/۰۵۳	۰/۲۱۲
مزیه	**-۰/۴۲۸**	۰/۱۸۳	۰/۰۱۶	**-۰/۷۱۱**	۰/۵۰۵	**<۰/۰۰۰۱**	**-۰/۶۵۴**	۰/۴۲۸	**<۰/۰۰۰۱**	۰/۲۲۳	۰/۰۵۰	۰/۲۲۷
ارمو	**-۰/۵۴۵**	۰/۲۹۷	**۰/۰۰۲**	**-۰/۷۲۰**	۰/۵۱۸	**<۰/۰۰۰۱**	**-۰/۷۱۲**	۰/۵۰۷	**<۰/۰۰۰۱**	۰/۲۵۹	۰/۰۶۷	۰/۱۵۹
کژاب	۰/۲۶۴	۰/۰۷۰	۰/۱۵۱	**-۰/۳۶۸**	۰/۱۳۵	**۰/۰۴۲**	-۰/۱۱۸	۰/۰۱۴	۰/۵۲۸	۰/۰۵۳	۰/۰۰۳	۰/۷۷۶
چمن بولی	۰/۳۲۴	۰/۱۰۵	۰/۰۷۶	**-۰/۴۴۰**	۰/۱۹۳	**۰/۰۱۳**	-۰/۱۹۶	۰/۰۳۸	۰/۲۹۲	**۰/۴۸۸**	۰/۲۳۹	**۰/۰۰۵**

*ضرایب P و p-value که به‌صورت پررنگ (Bold) نشان داده شده‌اند، در سطح معنی‌داری آلفا: ۰/۰۵، معنی‌دار هستند.



*محور افقی سال از ۱۹۹۱ (راست) تا ۲۰۲۲ (چپ)، محور عمودی چپ متغیرهای اقلیمی و محور عمودی راست میزان رویش را نشان می‌دهد.

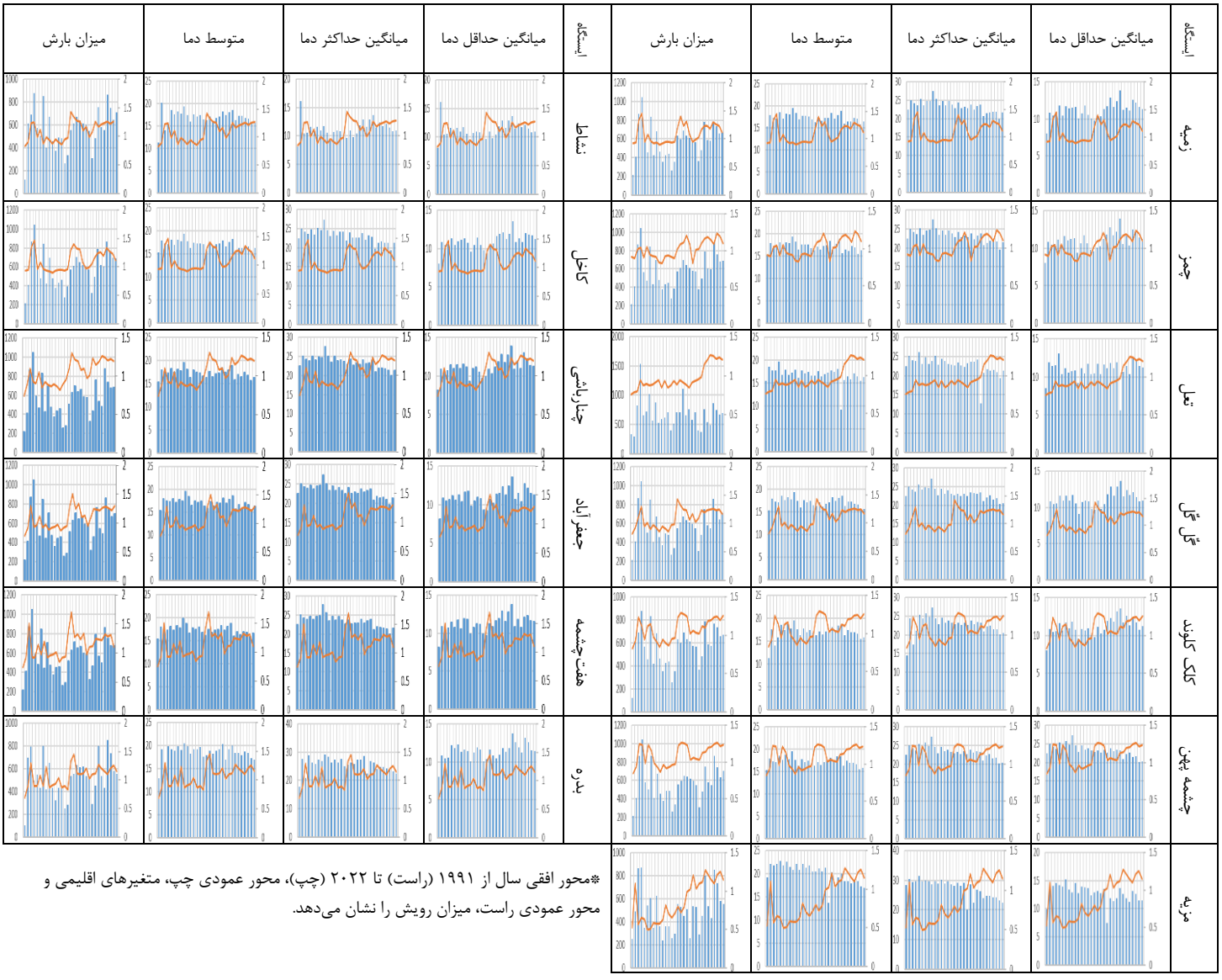
شکل۵- ارتباط متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در طبقه اقلیمی نیمه‌خشک

همان‌طور که نتایج جدول ۴ و شکل ۵ نشان می‌دهند، در اقلیم نیمه‌خشک با کاهش ارتفاع از سطح دریا در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما داشته و با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده رویش به متغیر میزان بارش وابسته می باشد.

جدول-۶ بررسی همبستگی متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده واقع در طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای

ایستگاه	میانگین حداقل دما			میانگین حداکثر دما			متوسط دما			میزان بارش		
	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*
چمز	۰/۲۳	۰/۰۵۳	۰/۲۱۳	**-۰/۶۹۸**	۰/۴۸۷	**<۰/۰۰۰۱**	**-۰/۴۳۹**	۰/۱۹۲	**۰/۰۱۴**	**۰/۴۹۴**	۰/۲۴۴	**۰/۰۰۵**
کلاه فرج	-۰/۲۵۹	۰/۰۶۷	۰/۱۵۹	**-۰/۶۹۲**	۰/۴۷۹	**<۰/۰۰۰۱**	**-۰/۵۳۳**	۰/۲۸۴	**۰/۰۰۲**	**۰/۵۳۸**	۰/۲۸۹	**۰/۰۰۲**
چناراباشی	**۰/۴۲۶**	۰/۱۸۲	**۰/۰۱۷**	**-۰/۵۸۴**	۰/۳۴۲	**۰/۰۰۱**	-۰/۲۲۱	۰/۰۴۹	۰/۲۳۳	**۰/۳۸۰**	۰/۱۴۵	**۰/۰۳۵**
گل گل	۰/۲۳۸	۰/۰۵۷	۰/۱۹۷	**-۰/۵۳۴**	۰/۲۸۵	**۰/۰۰۲**	-۰/۲۶۴	۰/۰۷۰	۰/۱۵۱	**۰/۴۹۵**	۰/۲۴۵	**۰/۰۰۵**
جعفرآباد	۰/۲۶۵	۰/۰۷۰	۰/۱۵۰	**-۰/۵۰۱**	۰/۲۵۱	**۰/۰۰۴**	-۰/۲۶۰	۰/۰۶۸	۰/۱۵۸	**۰/۳۸۹**	۰/۱۵۲	**۰/۰۳۰**
کاخل	۰/۱۳۹	۰/۰۱۹	۰/۴۵۵	**-۰/۴۹۸**	۰/۲۴۸	**۰/۰۰۴**	**-۰/۳۷۶**	۰/۱۴۱	**۰/۰۳۷**	**۰/۶۸۱**	۰/۴۶۴	**<۰/۰۰۰۱**
زمیه	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۸۶۲	**-۰/۴۷۸**	۰/۲۲۸	**۰/۰۰۷**	**-۰/۳۷۹**	۰/۱۴۴	**۰/۰۳۵**	**۰/۶۹۸**	۰/۴۸۷	**<۰/۰۰۰۱**
تعل	۰/۱۶۲	۰/۰۲۶	۰/۳۸۳	**-۰/۴۷۶**	۰/۲۲۶	**۰/۰۰۷**	-۰/۲۶۶	۰/۰۷۱	۰/۱۴۸	۰/۰۶۴	۰/۰۰۴	۰/۷۳۴
چشمه پهن	۰/۲۱۰	۰/۰۴۴	۰/۲۵۷	**-۰/۴۴۹**	۰/۲۰۲	**۰/۰۱۱**	-۰/۲۴۴	۰/۰۶۰	۰/۱۸۵	**۰/۶۷۳**	۰/۴۵۳	**<۰/۰۰۰۱**
هفت‌چشمه	۰/۲۱۷	۰/۰۴۷	۰/۲۴۰	**-۰/۳۹۱**	۰/۱۵۳	**۰/۰۲۹**	-۰/۱۹۵	۰/۰۳۸	۰/۲۹۲	**۰/۳۹۵**	۰/۱۵۶	**۰/۰۲۸**
نشاط	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۹۷۲	-۰/۲۳۶	۰/۰۵۶	۰/۲۰۲	-۰/۱۶۹	۰/۰۲۸	۰/۳۶۵	**۰/۴۷۵**	۰/۲۲۶	**۰/۰۰۷**
کلک کلوند	۰/۲۲۰	۰/۰۴۹	۰/۲۳۳	-۰/۲۱۳	۰/۰۴۶	۰/۲۴۹	-۰/۰۹۱	۰/۰۰۸	۰/۶۲۶	**۰/۶۴۱**	۰/۴۱۰	**<۰/۰۰۰۱**
بدره	۰/۳۱۰	۰/۰۹۶	۰/۰۹۰	-۰/۱۱۲	۰/۰۱۳	۰/۵۴۹	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۹۲۷	**۰/۴۱۷**	۰/۱۷۴	**۰/۰۲۰**

*ضرایب P و p-value که به‌صورت پررنگ (Bold) نشان داده شده‌اند، در سطح معنی‌داری آلفا: ۰/۰۵، معنی‌دار هستند.



*محور افقی سال از ۱۹۹۱ (راست) تا ۲۰۲۲ (چپ)، محور عمودی چپ، متغیرهای اقلیمی و محور عمودی راست، میزان رویش را نشان می‌دهد.

شکل۶- ارتباط متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای

همان‌طور که نتایج جدول ۵ و شکل ۶ نشان می‌دهند، در اقلیم مدیترانه‌ای رویش در مناطق مرتفع‌تر بیشترین همبستگی را با متغیر میزان بارش داشته و با کاهش ارتفاع از سطح دریا در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد.

جدول ۷- بررسی همبستگی متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در طبقه اقلیمی نیمه‌مرطوب

ایستگاه	میانگین حداقل دما			میانگین حداکثر دما			متوسط دما			میزان بارش		
	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*	P	R^2	*p-value*
تیار	۰/۲۲۵	۰/۰۵۱	۰/۲۲۴	-۰/۶۰۰	۰/۳۶۱	<۰/۰۰۰۱	-۰/۲۷۳	۰/۰۵۶	۰/۲۰۰	۰/۴۶۳	۰/۲۱۵	۰/۰۰۹
سادات	-۰/۳۵۴	۰/۱۲۵	۰/۰۵۱	-۰/۶۶۹	۰/۴۴۸	<۰/۰۰۰۱	-۰/۵۹۰	۰/۳۴۸	۰/۰۰۰	۰/۲۹۹	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳
مانشت	-۰/۲۲۷	۰/۰۵۲	۰/۲۲۰	-۰/۵۹۸	۰/۳۵۸	۰/۰۰۱	-۰/۵۱۴	۰/۲۶۴	۰/۰۰۳	۰/۳۰۵	۰/۰۹۳	۰/۰۹۵
کول درگنداب	۰/۲۵۴	۰/۰۶۴	۰/۱۶۹	-۰/۵۵۳	۰/۳۰۶	۰/۰۰۱	-۰/۲۸۲	۰/۰۸۰	۰/۱۲۴	۰/۴۴۵	۰/۱۹۸	۰/۰۱۲

*ضرایب P و p-value که به‌صورت پررنگ (Bold) نشان داده شده‌اند، در سطح معنی‌داری آلفا: ۰/۰۵، معنی‌دار هستند.

*محور افقی سال از ۱۹۹۱ (راست) تا ۲۰۲۲ (چپ)، محور عمودی چپ، متغیرهای اقلیمی و محور عمودی راست، میزان رویش را نشان می‌دهد.

شکل۷- ارتباط متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در طبقه اقلیمی نیمه‌مرطوب

همان‌طور که نتایج جدول ۶ و شکل ۷ نشان می دهند، در اقلیم نیمه‌مرطوب رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه همبستگی کاهش پیدا می‌کند.

بحث

رویش حلقه‌های درختی از سالی به سال دیگر متغیر است و اغلب با تغییرات آب‌وهوایی همبستگی دارد (Ray *et al.*, 2008) در مطالعه حاضر به بررسی اثر متغیرهای اقلیمی (بارندگی، میانگین دما، حداقل و حداکثر دما) بر روند رویشی درختان بنه پرداختیم. مطالعهٔ حاضر نشان داد که اقلیم به‌ویژه دما و بارندگی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رویش در اکوسیستم‌های جنگلی هستند. این نتیجه همسو با گزارش‌های قبلی (Cedro *et al.*, 2002) در مورد همبستگی بین حلقه‌های رویشی سالیانه درختان با متغیرهای اقلیمی است. درک کامل روابط اقلیم – رویش در میان گونه‌های درختی، نیاز به ارزیابی اثرات اقلیم آینده بر روی رشد درختان دارد، تا راهکارهای کافی در رابطه با مدیریت تطبیقی اتخاذ گردد (Maatten *et al.*, 2013).

با توجه به گستره هر طبقه اقلیمی روش دومارتن در استان ایلام درختان بنه متناسب انتخاب و نمونه‌برداری شدند، برداشت نمونه با استفاده از مته رویش‌سنج ارتقا یافته انجام شد، میانگین رویش هر ایستگاه مشخص گردید، که بر اساس نتایج حاصله ایستگاه هفت‌چشمه با متوسط رویش ۱/۱۳ میلی‌متر دارای بیشترین رویش و ایستگاه مانشت با متوسط رویش ۰/۸۳ دارای کمترین رویش است. همچنین نتایج نشان می‌دهد، که در مناطق

با اقلیم مدیترانه‌ای میزان رویش بالاتر است و اقلیم های نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک بعد از اقلیم مدیترانه‌ای به ترتیب دارای بیشترین رویش هستند.

در زمان فعال بودن کامبیوم، اگر شرایط رویش مناسب باشد سرعت رشد درختان بیشتر است و شاخص رویش همواره مثبت می‌شود (Watson & Luckman, 2001) با توجه به نتایج حاصله طبقه مدیترانه‌ای رویش بیشترین همبستگی را با بارش داشته است، لذا این موضوع بالا بودن رویش در طبقات اقلیمی مدیترانه‌ای را توجیه می‌کند، این نتیجه با نتایج تحقیق Köse و همکاران (۲۰۱۱) که بارش را عامل اصلی افزایش رویش در مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای دانسته‌اند، مطابقت دارد. در تحقیق Cherubini و همکاران (۲۰۰۳) عنوان شده است که دما و رویش برخلاف یکدیگر عمل می‌کنند به همین جهت است که با افزایش میانگین حداکثر دما رویش درختان بنه روند نزولی به خود گرفته اند. این موضوع در مناطق با اقلیم نیمه‌خشک به خاطر کاهش بارندگی حادتر بوده است که منجر به کاهش شاخص رویش شده است، که با نتایج مطالعه Rozas و همکاران (۲۰۰۵)، که افزایش دما را به عنوان عامل محدود کننده رویش معرفی کرده‌اند، مطابقت دارد.

با توجه به این که اکثر ایستگاه‌های استان ایلام جدید التأسیس هستند و به همین دلیل داده‌های مربوط به مدت زمان کمتری را پوشش می‌دهند، به همین منظور جهت بررسی تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی بر میزان رویش در ایستگاه‌های موردمطالعه از داده‌های درگاه اینترنتی WorldClim استفاده گردید. با بررسی همبستگی متغیرهای آب‌وهوایی با رویش گونه بنه مشخص شد، که در ایستگاه نمونه‌برداری «زمیه» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «چمز» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «کول درگنداب» اقلیم نیمه‌مرطوب، بالاترین همبستگی نیز مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «گُل گُل» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «کلک کلوند» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «چشمه‌پهن» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «تیار» با اقلیم نیمه‌مرطوب، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «پشمین» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «نشاط» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «کاخل» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «کلاه فرج» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «طلور» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «سادات» با اقلیم نیمه‌مرطوب، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «چنارباشی» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «جعفرآباد» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «هفت‌چشمه» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «بدره» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش و در ایستگاه نمونه‌برداری «مزیه» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «ارمو» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «تعل» با اقلیم مدیترانه‌ای، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «کژاب» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری مانشت با اقلیم نیمه‌مرطوب، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میانگین حداکثر دما و در ایستگاه نمونه‌برداری «چمن بولی» با اقلیم نیمه‌خشک، بالاترین همبستگی مربوط به متغیر میزان بارش را با رویش در این ایستگاه دارند.

به طور کلی نتایج نشان می‌دهد، در اقلیم نیمه‌خشک با کاهش ارتفاع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما داشته و با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده رویش به متغیر میزان بارش وابسته می‌باشد و در اقلیم مدیترانه‌ای رویش در مناطق مرتفع‌تر بیشترین همبستگی با متغیر میزان بارش می‌باشد و با کاهش ارتفاع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد. همچنین در اقلیم نیمه‌مرطوب رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه همبستگی کاهش پیدا می‌کند. همچنین نتایج حاکی از این است، که مناطقی با ارتفاع بالاتر از ۱۷۰۰ و ارتفاع پایین تر از ۱۰۰۰ رویش بیشتر متاثر از میانگین حداکثر دما است، که با افزایش حداکثر دما رویش با محدودیت مواجه می‌شود و در ارتفاعات میانی میزان بارش ارتباط مستقیم با رویش درختان نمونه‌برداری شده، دارد. این موضوع نشان می‌دهد، که مرز پراکنش گونه بنه بیشتر تحت تأثیر میانگین حداکثر دما است و با افزایش این متغیر اقلیمی رویش کاهش یافته و به تبع با گذر زمان محدوده پراکنش نیز در این مرزها کاهش پیدا خواهد کرد. این موضوع با نتایج تحقیق کرم‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)، که به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر گونه بلوط ایرانی، پرداختند همخوانی دارد. ایشان نتیجه گرفتند، که به‌طورکلی بارش و دما از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر رویش هستند، که در مناطق پایین‌دست و در مناطق مرتفع درجه حرارت مرز فوقانی این‌گونه را تعیین می‌کند، همخوانی دارد. دما با کاهش رویش، در پراکنش گونه محدودیت ایجاد می‌کند. در ارتفاعات بالای جغرافیایی (لبه‌ها و قله‌ها) توزیع و رشد گونه‌های درختی محدود به رژیم دماست، به‌طوری‌که تحقیقات Jill و همکاران (۲۰۱۹)، در جنگل‌های معتدل شمالی نشان دادند، حلقه‌های رویشی درختان در این قسمت‌ها به‌طورکلی یک محدوده از تغییرات دما در این منطقه را مشخص می‌کند. Gauthier و Douglass (۲۰۱۱) در بررسی بر روی رشد گونه (*Juglans cinerea*) دریافتند، که ارتباط مثبت و معناداری بین تغییر اقلیم و بخصوص میانگین دمای سالانه و پهنای حلقه‌های رویشی وجود دارد. همچنین در مطالعات متعدد ارتباط بین درجه حرارت و عرض حلقه‌های رویشی درخت را اثبات شده است. Flower و همکاران (۲۰۱۱)، نیز میانگین دمای ژوئن – جولای را در کوه‌های راکی کانادای شمالی با استفاده از اقلیم‌شناسی درختی بازسازی کردند نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از این بود، که پهنای حلقه‌های درختی همبستگی مثبت بالایی با دمای حداقل، حداکثر و میانگین فصل رویش جاری دارد. Patón و همکاران (۲۰۰۹)، نیز پاسخ اقلیمی رشد بافت چوبی بلوط جنگل‌های مدیترانه در اسپانیا را بررسی کردند. در این پژوهش میانگین حساسیت و همبستگی زیاد بین سری حلقه‌های بافت چوبی نشان داد، که اقلیم به‌احتمال‌زیاد یا عامل غالب بر رشد بلوط است، اما تنش‌های محیطی محلی مانند رطوبت در دسترس خاک نیز می‌تواند بر این عامل (اقلیم) تأثیر بگذارد. Xin Huang و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود نشان دادند، که دما و بارندگی بر رشد درخت کاج و تعیین محدوده توزیع آن مؤثر هستند. به طوری که، همبستگی بالایی بین رویش با متغیر دما نسب به بارش وجود دارد و تحت تأثیر تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه به سمت عرض های شمالی تغییر پیدا خواهد کرد و این تغییر محدوده پراکنش بیشتر متاثر از دما می باشد.

به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد در اقلیم نیمه‌خشک با کاهش ارتفاع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما داشته و در اقلیم مدیترانه‌ای رویش در مناطق مرتفع تر بیشترین همبستگی با متغیر میزان بارش می‌باشد و با کاهش ارتفاع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد. همچنین در اقلیم نیمه‌مرطوب رویش بیشترین همبستگی را با متغیر میانگین حداکثر دما دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه همبستگی کاهش پیدا می‌کند. همچنین در مناطقی با ارتفاع بالاتر از ۱۷۰۰ و ارتفاع پایین‌تر از ۱۰۰۰ رویش بیشتر متأثر از میانگین حداکثر دما است، که با افزایش حداکثر دما رویش با محدودیت مواجه می‌شود و در ارتفاعات میانی میزان بارش ارتباط مستقیم با بارش دارد. این موضوع نشان می‌دهد که مرز پراکنش گونه بنه در طبقات اقلیمی نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک تعیین می شود و بیشتر تحت تأثیر میانگین حداکثر دما است و با افزایش این متغیر اقلیمی رویش کاهش یافته و

با گذر زمان محدوده پراکنش نیز در این مرزها کاهش پیدا خواهد کرد. نتایج نشان می‌دهد، که مناطق مناسب برای ادامه حیات گونه بنه، طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای دومارتن می‌باشد. بارندگی عامل افزایش رویش درختان بنه در این طبقه اقلیمی است و محدوده توزیع گونه متأثر از عامل دما با محدودیت مواجه می‌شود و تغییرات حداکثر دما عامل اصلی محدود کننده اصلی پراکنش گونه بنه در استان ایلام می‌باشد، به طوری که با افزایش دما گونه به سمت ارتفاعات و مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای مهاجرت خواهد کرد، تا تأثیرات عامل حداکثر دما را کاهش دهد و به ادامه حیات بپردازد. یافته‌های این تحقیق علاوه عوامل مؤثر رویش گونه بنه در طبقات اقلیمی مختلف را معرفی نموده و تغییرات محدوده پراکنش این گونه تحت عوامل مختلف پایش کرده است، لذا در برنامه‌های آتی مدیریت منابع طبیعی در این مناطق می‌تواند به عنوان یک نقشه راه، راهگشا باشد.

منابع

1. **Ahmadi, H., 2020.** The cognition of weather and climatic events in Ilam province geography. Havar publication.521pp.
2. **Bednarz, Z. and Ptak. J., 1990**. the influence of temperature and precipitation on ring width of oak (quercus roburl) in the nicpolomice fovest near Cracow, southern Poland. tree ring bulletin, vol. 50, 199.
3. **Cedro, A., 2001.** in fluence of thermic and pluvial condition on the radial increment of Pseudotsuga menziesi franco from western pomeraia. tree Ring and people international conference on the future of Den drochronology Davos, Switzerland, 115pp.
4. **Cherubini, P., Gartner, B.L., Tognetti, R., Braker, O.U., Schoch, W. and Innes, J.L., 2003.** Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates, 78: 119-148.
5. **Clark, J., Dunn, J. and Smith, K., 1993.** A multivariate model of female black bear habitat use for a Geographic Information Systems. Journal of Wildlife Management,519526, (3): 57.
6. **Cool, E.R., Stahle, D.W. and Cleaveland. M.K., 1992.** Dendroclimatic evidence from eastern north American, in climate since A.D. 1500 (eds.R.S. Bradley and P.D. Jones), eastern Rootled re edgepress, London; 331-348.1296.
7. **Fayaz, A., Nasrullah, K., Arshad, M.K., Kishwar, A. and Farhat, A., 2023.** Species distribution modelling of Monotheca buxifolia (Falc.) A. DC.: Present distribution and impacts of potential climate change. Heliyon, Volume 9, Issue 2, February 2023, e13417.https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023. e1341.
8. **Fick, S.E. and Hijmans, R.J., 2017.** WorldClim 2: New 1-Km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. International Journal of Climatology, 37, 4302-4315.https://doi.org/10.1002/joc.5086.
9. **Flower, A. and Smith, D.J., 2011,** A dendroclimatic reconstruction of Juneb-July mean tem perature in the northem Canadian Rocky Mountains. Den drochronologia, 29-55-63.
10. **Flower, A. and Smith, D.J., 2011.** A dendroclimatic reconstruction of Juneb-july meantem perature in the northem Canadian Rocky Mountions. Dendrochronologia,29,55-63.
11. **Fritts, H.C. and Dean, J.S., 1992.** Den drochronological modeling of the effects of Climatic change on tree ring width chronologies from the cnaco canyon area, Southwes tern united states. tree-Ring Bulletin, 52:31-58.
12. **Fritts, H.C. and Dean, J.S., 1992.** Den drochronological modeling of the effects of Climatic change on tree ring width chronologies from the cnaco canyon area, Southwes tern united states. tree-Ring Bulletin, 52:31-58.
13. **Gauthier, M. and Douglass, F.J., 2011.** Walnut (Juglans spp.) ecophysiology in response to environmental stresses and potential acclimation to climate change. Annals of Forest Science 68(8) :10.1007/s13595-011-0135-6.
14. **Haneca, K., Katarina, C. and Beeckman, H., 2009.** Oaks, tree-ringe and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of Oak dendrochronology in Europe. journal of Archaeological science 36: 1-1.
15. **Jill, E., Marko, S., Tobias, S., Allan, B., Anna, C., Roberto, C., Igor, D., Karolina, J., Āris, J., Ryszard, K., Marcin. K., Alar, L., Roberts, M., Lena, M., Kristina, S., Barbara, S., Juliane, S., Ernst, M., Marieke, T., Adomas, V., Robert, W., Jürgen, K. and Martin, W., 2019.** Tree growth influenced by warming winter climate and summer moisture

availability in northern temperate forests. Global change biology. Volume26, Issue4, April 2020, Pages 2505-2518.

16. **Karamshahi, A., Karmi, F. and Tahmasabi, M., 2013.** Pistachio trees, Ilam, first edition of Ilam University Press.
17. **Karamzadeh, S., Pourbabaii, H. and Torkman, J., 2011.** Dendroclimatology of Quercus castaneifolia (C.A. Mey) in Saravan forests of Guilan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(1), 15-26.
18. **Katarzyna, I., Elżbieta, M., Paweł, M. and Tomasz, Z., 2023.** Tree rings as an ecological indicator of the reaction of Swiss stone pine (Pinus cembra L.) to climate change and disturbance regime in the extreme environment of cliff forests. Ecological Indicators Volume 148, April 2023, 110102.
19. **Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N. and Özeren, M.S., 2011.** Tree-ring reconstructions of May-June precipitation for western Anatolia. Quaternary Research. 75: 438-450.
20. **Liu, J., Yang, B. and Chun, Q., 2010.** Tree-ring Based Annual Precipitation Reconstruction of Since AD 1480 in South central Tibet, Quaternary Research, v (75): No 3: 438-450.
21. **Maaten, E.V.D., 2012.** Climate sensitivity of radial growth in European beech (Fagus sylvaticaL.) at different aspects in southwestern Germany. Trees 26:777–788.
22. **Mattive, F. and Houle, D., 2002.** Basal area growth *of Acer saccharum* in relation to acid deposition, stand health and soil nutrients: Dendrochronology, Enviromental Change and Human History, 6th international conference on dendrochronology. 86-87.
23. **Mirhashemi, H., Heydari, M., Karami, O., Ahmadi, K. and Mosavi, A., 2023.** Modeling Climate Change Effects on the Distribution of Oak Forests with Machine Learning. Forests 2023, 14, 469. https://doi.org/10.3390/f14030469.
24. **Olivara, J., Boginoc, S., Spieckerb, H. and Bravoa, F., 2011.** Climate impact on growth dynamic and intraannual density fluctuations in Aleppopine (Pinus halepensis) trees of different crown classes. Dendrochronologia 30(2012)35–47.
25. **Patón, D., García-Herrera, R., Cuenca, J. and Galavis., M., 2009.** Influence of Climate on Radial Growth of Holm Oaks (Quercus Ilex Subsp. Ballota Desf) from SW Spain. Geochronometria 34(1):49-56. DOI:10.2478/v10003-009-0017-1.
26. **Ray, D., 2008.** Impacts of climate change on forestry in Scotland – a synopsis of spatial modelling research, Forestry Commission Research Note 101, Forestry Commission Scotland, Edinburgh.
27. **Rodríguez-Morata, A., Pacheco-Solana, G., Ticse-Otarola, T.E., Boza Espinoza, D.B., Crispín-DelaCruz, G.M., Santos, M.S., Morales, E.J., Requena-Rojas, L. and Andre, H., 2022.** Revealing Polylepis microphylla as a suitable tree species for dendrochronology and quantitative wood anatomy in the Andean montane forests. Dendrochronologia Volume 76, December 2022, 125995.
28. **Rozas, V., 2005.** Dendrochronology of pedunculate oak (Quercus robur L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: establishment patterns and the management history. Annals of forest science. 62: 3. 209-218.
29. **Serengil, Y., Augustaitis, A., Bytnerowicz, A., Grulke, N., Kozovitz, A.R., Matyssek, R., MüllerStarck, G., Schaub, M., Wieser, G., Coskun, A.A. and Paoletti, E., 2011.** Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change: a global assessment on research priorities. iForest – Journal of Biogeosciences and Forestry 4: 44–48.
30. **Stanoosh, K., Bhattacharyya, A. and Chaudhary, V., 2009.** Climatic influence on radial growth of pinus wallichiana in ziro valley, Northeast Himalaya, Department of science and Technology, 697-702.
31. **Wango, J., Douglas Musiega, L., Charles, N. and Mundia, M., 2018.** Assessing the Suitability of the WorldClim Dataset for Ecological Studies in Southern Kenya. Journal of Geographic Information System , Vol.10 No.6, December 2018 .
32. **Watson, E. and Luckman, B.H., 2001.** Dendroclimatic reconstruction of precipitation for sites in the southern Canadian Rockies. The Holocene, 11(2): 203–213.
33. **Xin, H., Dong, D., Yang, X., Zhaogui, Y., Mingjun, T., Pengcheng, W., Zhixiang, Z., Lixiong, Z. and Wenfa, X., 2021.** Radial growth of Pinus massoniana is influenced by temperature, precipitation, and site conditions on the regional scale: A meta-analysis based on tree-ring width index. Ecological Indicators Volume 126, July 2021, 107659.

2023, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Monitoring the Effect of Climatic Variables on the Diameter Growth of Pistachios (*Pistacia Atlantica*) in the Forests of Ilam Province

Vahid Mirzaizadeh[1], Ali Mahdavi[*1], Hamidreza Naji[1], Hamzeh Ahmadi[2]

1*- Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2- Department of Geography, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Original Article

Received: 2023.09.12

Accepted: 2023.12.03

Keywords:
Tree Chronology
Climate Change
Pistacia Atlantica
Vertical Growth
Zagros Forests

Abstract

Introduction: In recent years, attention has been paid to the effects of global climate change on different species and ecosystems. Among these, three important issues of increasing air temperature, change in carbon dioxide concentration and nitrogen deposition in relation to environmental changes and the response of plants to them, have been widely studied in many places around the world. and is often related to climate change. Climate change can cause an increase in the growing season or a change in rainfall. The greatest effect of climate on tree growth can be seen in the width of annual tree rings. The formation of annual rings of a tree is affected by many different environmental and physiological factors, among which climate changes play a special role. The change in the growth and development of trees is one of the first reactions of trees to climate change. This study was conducted with the aim of monitoring the effect of climatic variables on the growth and distribution range of Pistacia atlantica tree species in Zagros forests in Ilam province using tree chronology.

Materials and methods: For this purpose, sampling was carried out using an upgraded annunciator drill from 23 trees according to the extent of each climatic class using the Demartin method in Ilam province. After preparing the samples, the width of the annual vegetation rings was measured using Motic image software with high accuracy for a period of 30 years (1991 to 2022).

Results: Based on the results of the average growth of each station, it was determined that Haft Cheshme station located in the Mediterranean climate class of Dumarten with an average growth of 1.13 mm has the highest growth and Manshet station located in the semi-humid climate class of Dumarten with an average growth of 0.83 has the lowest growth. In general, regions with Mediterranean climate have higher growth rate and semi-humid and semi-arid climates are in the next ranks respectively. Meteorological data

* Corresponding Author's email: a.mahdavi@ilam.ac.ir

from WorldClim station were used to understand the relationship between growth and climate. The Pearson correlation results of climatic variables with the growth of Bene species in the sampled stations showed that in the semi-arid climate, with the decrease in altitude above sea level, diameter growth has the highest correlation with the average maximum temperature variable, and with the increase of altitude above sea level, it has the highest correlation with the variable Precipitation is dependent, and in the Mediterranean climate, growth in higher areas has the highest correlation with the variable of precipitation, and with the decrease in altitude, growth is dependent on the average maximum temperature variable. Also, in semi-humid climates, growth has the highest correlation with the average maximum temperature variable, and with the increase in altitude The degree of correlation decreases from sea level.

Discussion: The results show that the growth of areas with an altitude higher than 1700 and an altitude lower than 1000 is more affected by the average maximum temperature, and the changes in the maximum temperature are the main factor limiting the distribution of Beneh species in Ilam province, so that with the increase in temperature, the species moves towards the heights. And the regions with Mediterranean climate will migrate to reduce the effects of the maximum temperature factor, and as a result, with the passage of time, the distribution range of Beneh species will also decrease in these borders.