

ظرفیت گونه درختی آردوج (*Juniperus foetidissima* Willd.) و درختچه‌ای چتنه (*Juniperus oblonga* M.B.) برای مطالعات اقلیم‌شناسی در منطقه ارسباران

محمد امامی نسب^۱، رضا اولادی^{۲*}، کامبیز پورطهماسی^۳، انوشیروان شیروانی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴. دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

با وجود اهمیت منطقه رویشی ارسباران، تا کنون پژوهش گاه‌شناسی درختی در آن انجام نگرفته است. در این پژوهش، برای نخستین بار ظرفیت دو گونه از جنس ارس (گونه درختی آردوج (*Juniperus foetidissima*) و درختچه‌ای چتنه (*J. oblonga*)) بنا هدف بررسی‌های اقلیم‌شناسی درختی در جنگل‌های ارسباران ارزیابی شد. ۲۵ اصله از هر گونه نمونه‌برداری شد و مراحل آماده‌سازی، اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی، تطابق زمانی، تعیین شاخص رویشی و ساخت سری زمانی آنها به شیوه‌های استاندارد انجام گرفت. طول سری‌های زمانی پهنای حلقه سالیانه ساخته‌شده برای آردوج و درختچه چتنه به ترتیب حدود ۶۰ و ۴۰ سال بود و زیاد بودن شاخص‌های آماری کیفیت سری زمانی (میانگین حساسیت (MS)، میزان سیگنال تجمعی (EPS) و سیگنال به اغتشاش (SNR)) در هر دو گونه، پتانسیل زیاد آنها را در بررسی روابط رشد-اقلیم و بازسازی داده‌های اقلیمی نشان می‌دهد. بررسی روابط بین رویش و عوامل اقلیمی نشان داد که هر دو گونه واکنش مشابهی به اقلیم دارند: دمای زیاد هوا پیش از فصل رویش اثر مثبتی بر شاخص رویش دارد، درحالی که بهار گرم سبب کاهش رویش می‌شود. بارندگی پیش از فصل رویش تأثیر معنی‌داری بر رویش ندارد، درحالی که بارندگی بهاره به‌شدت رشد عرضی را تحریک می‌کند. در مجموع، با توجه به پراکنش خوب گونه‌های جنس ارس در ارسباران و موفقیت‌آمیز بودن ساخت سری زمانی و ارتباط مستحکم آن با عوامل اقلیمی، می‌توان از آنها برای تحقیقات اقلیم‌شناسی درختی بهره برد. برای افزایش طول سری زمانی نیز می‌توان از گرده‌بینه‌های ارس به‌کاررفته در بناهای قدیمی منطقه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ارس، اقلیم‌شناسی درختی، اهر، ایستگاه هواشناسی، بارش، دما، کلیبر.

مقدمه

جغرافیای گیاهی، مناطق رویشی ارسباران به‌اتفاق جنگل‌های خزری جزء منطقه هیرکانی قرار می‌گیرند، ولی به‌علت ویژگی‌های خاص فلورستیک، ارسباران، منطقه رویشی مستقلی محسوب می‌شود. این منطقه یکی از رویشگاه‌های نیمه‌مرطوب بخش شمال غربی کشور است و در حال حاضر از زیست‌بوم‌های جنگلی منحصربه‌فرد و جزو

منطقه رویشی ارسباران با ۱۴۸ هزار هکتار مساحت، قلمرو کوچکی از شهرستان‌های کلیبر، اهر و جلفا را شامل و از رویشگاه‌های پنجگانه ایران محسوب می‌شود. از نظر

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۹۴۳۱۱

موجب شده است که این جنگل‌ها بیشتر به صورت شاخه‌زاد درآیند. همچنین چرای بیش از حد دام و فشردگی خاک ناشی از تردد دام‌ها، زادآوری این جنگل‌ها را با تهدید جدی مواجه کرده است [۳].

جنس ارس به طور بومی پراکنش جغرافیایی زیادی در سراسر آسیا، اروپا، آمریکای شمالی و شرق آفریقا دارد. این جنس از محدود سوزنی‌برگان بومی ایران است که رویشگاه‌های آن در مناطق وسیعی از کشور وجود داشته و بیشتر در مناطق کوهستانی و سنگلاخی پراکنش دارد [۴]. ارس به تابستان خشک و گرم و زمستان سرد سازگار است و در مناطق در حال فرسایش تأثیر مهمی در جلوگیری از فرایند فرسایش خاک دارد [۵]. دو گونه درختی (*Juniperus excelsa* M.B. و *J. foetidissima* Willd.) و دو گونه درختچه‌ای چتنه و پیرو (*J. oblonga* M.Bieb. و *J. communis* L.) در مناطق ارسباران وجود دارند. گونه *J. foetidissima* با نام محلی آردوج یکی از گونه‌های ارس است که به شکل توده خالص فقط در منطقه ارسباران گسترش دارد و از گونه‌های در معرض تهدید در این منطقه معرفی شده است. این گونه نورپسند است و در سخت‌ترین شرایط اقلیمی و فقیرترین سطح خاک می‌تواند رشد کند [۶، ۷]. گونه چتنه (*J. oblonga*) به دو فرم رویشی ایستا و خزنده دیده شده و متعلق به بخش کوهستانی ناحیه ایرانی - تورانی است. این گونه در منطقه باغلاز کلیبر، عاشقلو و ارمنی اولن ارسباران و در خلخال در دره اندبیل مشاهده شده است [۸].

اقلیم از مهم‌ترین عامل‌های اثرگذار بر پوشش گیاهی کره زمین است. بیشترین تأثیر اقلیم بر درختان را می‌توان بر پهنای دواير رویشی آنان دید. به طور معمول حلقه‌های پهن در سال‌هایی با شرایط آب‌وهوایی مناسب (بارندگی کافی و دمای هوای عادی) و حلقه‌های باریک در سال‌های خشک تشکیل می‌شود [۹]. در واقع درختان بایگانی‌های زنده‌ای از تغییرات اقلیمی هستند. اقلیم‌شناسی درختی، به علم

۲۵ کانون تنوع زیستی (Hot spot) جهان محسوب می‌شود. این منطقه، محل تلاقی چند ناحیه جغرافیای گیاهی است که سبب گوناگونی عناصر فلورستیک آن شده است [۱]. ارتفاع این جنگل‌ها از ۴۵۰ متر در قسمت‌های شمالی به ۲۸۴۱ متر از سطح دریا در بالاترین ارتفاع خود در قسمت‌های جنوبی می‌رسد. از درختان مهم این منطقه می‌توان به اوری (*Quercus macranthera* Fisch. & C. A. Mey.)، بلوط سفید (*Quercus petraea* L. subsp. *Iberica*)، کبک (*Acer campestre* L.)، کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، آردوج (*Juniperus* subsp. *ibericum* (M. B.) Yaltirik)، سرخدار (*Taxus baccata* L.)، بنه (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *mutica* (Fisch. & C. A.) Rech. F. (Mey))، سیاه تلو (*Paliurus spina-christi* Miller)، بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz)، ملج (*Ulmus glabra* Hudson)، درخت پر (*Cotinus coggygria* Scop.)، هفت کول (*Viburnum lantana* L.) و زغال اخته (*Cornus mas* L.) اشاره کرد. برخی از گونه‌های اشاره‌شده مثل درخت پر، هفت کول، زغال اخته و آردوج (ارس)، تنها در جنگل‌های ارسباران به صورت جامعه دیده می‌شوند [۱]. با وجود اهمیت ارسباران به عنوان منبع گونه‌های خشکی‌زی برای نواحی همجوار، این منطقه در مقایسه با جنگل‌های هیرکانی کمتر بررسی شده است. با وجود این، جنگل‌های ارسباران در طول سالیان گذشته دچار تغییرات زیادی شده‌اند. نتایج بررسی تصاویر ماهواره‌ای از شدت تخریب جنگل‌های ارسباران از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵ م. نشان می‌دهد که بیش از شش هزار هکتار از منطقه تحت بررسی در طول ۱۸ سال گذشته جنگل‌زدایی شده و به مرتع و زمین کشاورزی تبدیل شده است [۲]. فعالیت‌های شدید انسانی مانند قطع یکسره جنگل در گذشته (در قالب طرح‌های زغال‌گیری) و نیز قطع‌های غیرمجاز درختان جنگلی با هدف تهیه سوخت و دیگر مصارف روستایی، سیمای ظاهری، ترکیب و ساختار جنگل‌های ارسباران را به شدت تغییر داده و

آردوج به‌طور معمول در منطقه به‌صورت غالب هستند و تنوع کمی از لحاظ تعداد درختان و درختچه‌های همراه دارند. از گونه‌های چوبی همراه در این منطقه می‌توان به داغداغان (*Celtis caucasica* Willd.)، انگور وحشی (*Ribes biebersteinii* Berl. ex DC.)، بادام کوهی (*Amygdalus fenzliana* (Fritsch) Lipsky) و بنه (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *mutica* (Fisch. & C.) Rech. F. (A. Mey) اشاره کرد. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای آهکی و قهوه‌ای جنگلی است. گونه آردوج در منطقه ارسباران اغلب در مسیر کلیبر به سمت جاده جانانلو و در بین روستاهای هوای تا کورن هوراند قرار دارد. در این منطقه مختصات پراکنش جغرافیایی این گونه ۳۸ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۰۱ دقیقه شرقی تا ۳۹ درجه و ۰۵ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۵۴ درجه شرقی است. میانگین بارندگی سالانه منطقه حدود ۳۰۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد است [۶]. اقلیم منطقه به روش آمبرژه، نیمه‌مرطوب سرد تا نیمه‌خشک سرد است (شکل ۲).

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

برای مطالعات اقلیم‌شناسی، دو گونه درخت آردوج (*Juniperus foetidissima*) و درختچه چتته (*Juniperus oblonga*) انتخاب شدند. این دو گونه پراکنش خوبی در منطقه داشته و سن دیرزیستی مناسبی دارند، حلقه‌های رویشی آنها آشکار است و به ایستگاه هواشناسی شهرستان کلیبر و اهر نزدیک‌اند. از هر گونه، ۲۵ اصله گزینش شدند. در مورد گونه آردوج، به‌وسیله مت‌رویش‌سنج از ارتفاع برابر سینه هر درخت، دو مغزی عمود بر هم استخراج شد. در مورد گونه درختچه‌ای چتته، به‌وسیله اره باغبانی از قسمت انتهایی هر درختچه، دیسکی به ضخامت ۲۰-۱۰ سانتی‌متر بریده شد. مغزی‌ها درون نگهدارنده‌های پلاستیکی و دیسک‌ها درون ظرف پلاستیکی قرار داده شدند و همه نمونه‌ها به آزمایشگاه آناتومی چوب دانشگاه تهران انتقال یافتند.

تاریخ‌گذاری حلقه‌های رویشی و بررسی ارتباط اقلیم یا تغییرات سالانه آنها اطلاق می‌شود. این دانش شامل بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در ساختار حلقه‌های تاریخ‌گذاری شده و استفاده از آن برای پاسخگویی به پرسش‌های تاریخی و زیست‌محیطی است. همچنین این روش ظرفیت لازم را برای آشکارسازی حساسیت رشد درخت به تغییرات اقلیمی و محیطی دارد.

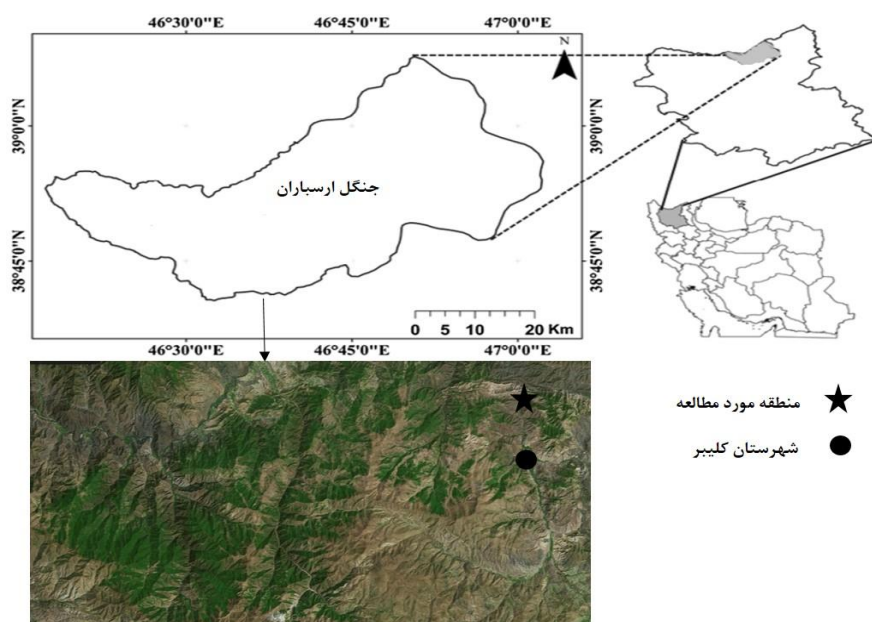
مطالعات اقلیم‌شناسی درختی، از دیرباز با بررسی حلقه‌های رویشی درختان بزرگ و کهنسال انجام می‌گرفته است. با این حال، به‌تازگی پژوهشگران توجه بیشتری به گونه‌های درختچه‌ای نشان داده و به نتایج شایان توجهی رسیده‌اند [۱۰]. درختچه‌ها به‌طور معمول، به دلیل نداشتن یک تنه واحد و پراکنش زیاد نسبت به درختان، قابلیت نمونه‌برداری راحت‌تر و بیشتری دارند و همچنین مشکلات مطالعه آنها مثل درختان نیست. درختچه‌ها می‌توانند سبب توسعه شبکه‌های حلقه رشد درختان فراتر از دارمرزها در ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی بالا باشند [۱۱]. گرچه در مقایسه با کشورهای منطقه، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی درختی در ایران به مراتب بیشتر انجام گرفته است، ولی این پژوهش‌ها اغلب در زمینه گونه‌های درختی بوده است [۱۲]. با این حال نشان داده شده که گونه‌های درختچه‌ای در ایران نیز ظرفیت بسیار خوبی برای بررسی تأثیر اقلیم بر رویش عرضی دارند [۱۰].

از این رو، هدف این پژوهش، بررسی ظرفیت گونه درختچه‌ای چتته (*J. oblonga*) و درختی آردوج (*J. foetidissima*) برای ساخت سری زمانی حلقه‌های رویشی و همچنین بررسی روابط بین عوامل اقلیمی با پهنای حلقه رویشی در این دو گونه است.

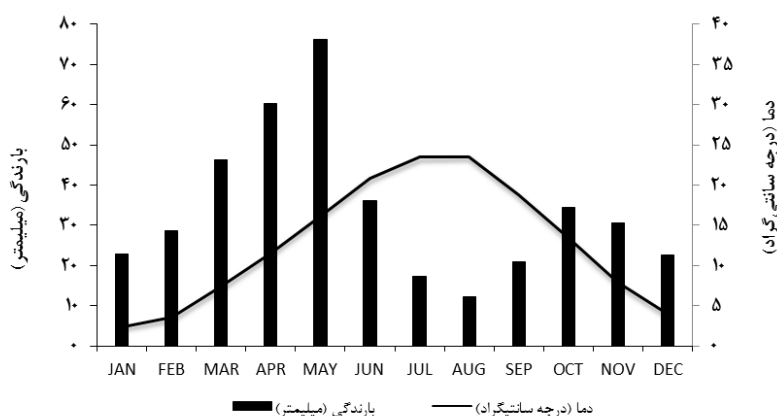
مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

منطقه تحقیق در ۸ کیلومتری شرق شهرستان کلیبر در استان آذربایجان شرقی قرار دارد (شکل ۱). توده‌های



شکل ۱. موقعیت منطقه تحقیق



شکل ۲. منحنی آمپروترمیک (میانگین دما و مجموع بارش ماهیانه) ایستگاه هواشناسی کلیبر (۲۰۱۶-۲۰۰۰ میلادی)

6 LINTAB زیر استریومیکروسکوپ و برنامه تحلیل سری زمانی TSAP انجام گرفت. از هر درخت دو مغزی و از هر درختچه سه شعاع با زاویه ۶۰ درجه نسبت به هم اندازه‌گیری شدند. تاریخ‌گذاری تطبیقی نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار TSAP هم به صورت بصری و هم آماری انجام گرفت. از آزمون‌های آماری علامت (GLK) و t استیودنت (t-value) برای تطابق زمانی سری زمانی حلقه‌های رویشی استفاده شد. در زمان تاریخ‌گذاری تطبیقی، نمونه‌هایی که تطابق مناسبی با دیگر نمونه‌ها نداشتند حذف شدند. رویش سالیانه حلقه‌های هر درخت افزون‌بر عامل‌های

در آزمایشگاه، نمونه‌های مغزی تهیه‌شده از درختان داخل نگهدارنده‌های چوبی با استفاده از چسب چوب ثابت شدند. دیسک‌های تهیه‌شده از درختچه‌ها نیز به چند قسمت با ضخامت کمتر برش داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها در هوای آزاد، با استفاده از کاغذ سنباده با دانه‌بندی‌های مختلف (درشت به ریز) سطوح نمونه‌ها برای مشخص شدن حلقه‌های رویشی سنباده‌زنی شدند.

تطابق زمانی و استانداردسازی داده‌ها

اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر از پوست به سمت مغز توسط میز اندازه‌گیری RINNTech

ماه سال (از اکتبر (مهرماه) قبل از فصل رویش تا سپتامبر (شهریورماه) اواخر فصل رویش) با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. همچنین، ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و شاخص حلقه رویش به صورت فصلی نیز با همین شیوه بررسی شد. از داده‌های اقلیمی دو ایستگاه هواشناسی نزدیک به منطقه تحت مطالعه (ایستگاه هواشناسی کلیبر با فاصله ۸ کیلومتر و با طول دوره ۱۷ سال (۲۰۱۶-۲۰۰۰ م.) و ایستگاه هواشناسی اهر به فاصله ۴۵ کیلومتر از محل نمونه‌برداری با طول دوره ۳۰ سال (۲۰۱۶-۱۹۸۷ م.) استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای R و SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

متغیرهای اندازه‌گیری شده در گونه‌های تحت مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. درختان آردوج در مقایسه با درختچه‌های چتنه، حلقه‌های پهن‌تر و سن بیشتری داشتند. درختچه‌ها به‌طور معمول از درختان عمر کوتاه‌تر و رشد عرضی کمتری دارند؛ با این حال، درختچه‌ها می‌توانند بالای دارمرز و در مناطقی که امکان رشد درختان وجود ندارد، برویند [۱۱].

اقلیمی، تحت تأثیر عوامل غیرآب‌وهوایی مانند سن درخت نیز قرار دارد. بنابراین، برای حذف این گرایش‌های غیرآب‌وهوایی، استانداردسازی حلقه‌های رویشی توسط پکیج dplR در نرم‌افزار R انجام گرفت [۱۳]. استانداردسازی با توجه به طول سری زمانی نمونه‌های درختی و درختچه‌ای با استفاده از منحنی برازش شده چندجمله‌ای (Cubic smoothing spline) با وزن پالایشی ۲۰ و ۱۵ سال به ترتیب برای آردوج و درختچه چتنه محاسبه شد. از بین دو گاه‌شناسی ساخته شده توسط نرم‌افزار R، یعنی گاه‌شناسی باقی‌مانده (RES) و گاه‌شناسی استاندارد (STD)، گاه‌شناسی باقی‌مانده به کار گرفته شد، چراکه این گاه‌شناسی، سیگنال‌های بسیار ضعیف را به خوبی در سری زمانی حلقه‌های رویشی حفظ می‌کند [۱۴]. برای سری زمانی ساخته شده، برخی از مهم‌ترین شاخص‌های آماری کیفیت سری زمانی یعنی میانگین ضریب حساسیت (M.S)، میزان سیگنال تجمعی (EPS) و مقدار سیگنال به اغتشاش یا ناهنجاری (SNR) محاسبه شدند.

داده‌های اقلیمی و آنالیز آماری

در این پژوهش، وجود همبستگی بین رویش سالیانه و عوامل اقلیمی (میانگین دما و مجموع بارش ماهانه) در ۱۲

جدول ۱. برخی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گونه‌های تحت مطالعه؛ MS: میانگین ضریب حساسیت؛ EPS: سیگنال تجمعی؛ SNR:

سیگنال به اغتشاش یا ناهنجاری. اعداد داخل پرانتز، انحراف معیار از میانگین اند

SNR	EPS	MS	میانگین پهنای حلقه رویشی (میلیمتر)	میانگین ارتفاع (متر)	میانگین سن (سال)	گونه درختی / درختچه‌ای
۱۷/۹	۰/۹۴	۰/۲۹	۱/۴ (۰/۴)	۴/۲ (۱/۲)	۴۶ (۱۰)	آردوج (<i>Juniperus foetidissima</i>)
۱۳/۷	۰/۹۳	۰/۳۷	۰/۳۵ (۰/۱)	۱/۱ (۰/۴)	۳۵ (۷)	درختچه چتنه (<i>Juniperus oblonga</i>)

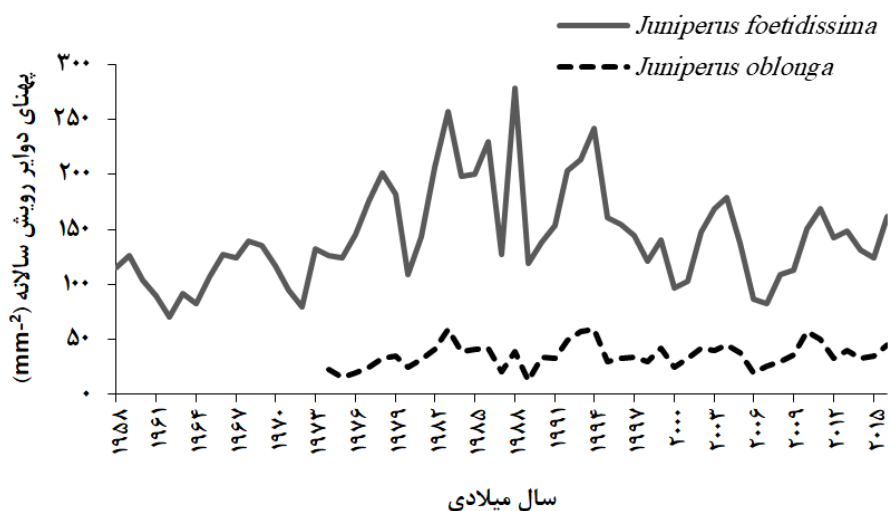
تجمعی (EPS) معین می‌کند که سری زمانی ساخته شده براساس تعداد درختان مورد بررسی، تا چه حد معرف سری زمانی بهینه است [۱۶]. در واقع این شاخص به تعداد نمونه‌ها و همبستگی بین آنها بستگی دارد. اگر همبستگی بین نمونه‌ها زیاد باشد، می‌توان با تعداد کمی نمونه، سری زمانی مناسبی تهیه کرد، اما در صورت کم بودن همبستگی بین نمونه‌ها باید تعداد نمونه‌ها به اندازه‌ای زیاد شود که

ضریب حساسیت، تفاوت‌های نسبی در پهنای حلقه‌های مجاور نسبت به هم را نشان می‌دهد و معیاری از حساسیت گونه به محیط است [۱۰]. از این رو، ضریب حساسیت بیشتر درختچه چتنه نسبت به آردوج نشان از تأثیرپذیری بیشتر این درختچه از اقلیم دارد [۱۵]. شاخص سیگنال به اغتشاش (SNR)، قدرت سیگنال مشترک بین درختان یک گونه را بیان می‌کند [۱۶] که در آردوج عددی بزرگ‌تر است. سیگنال

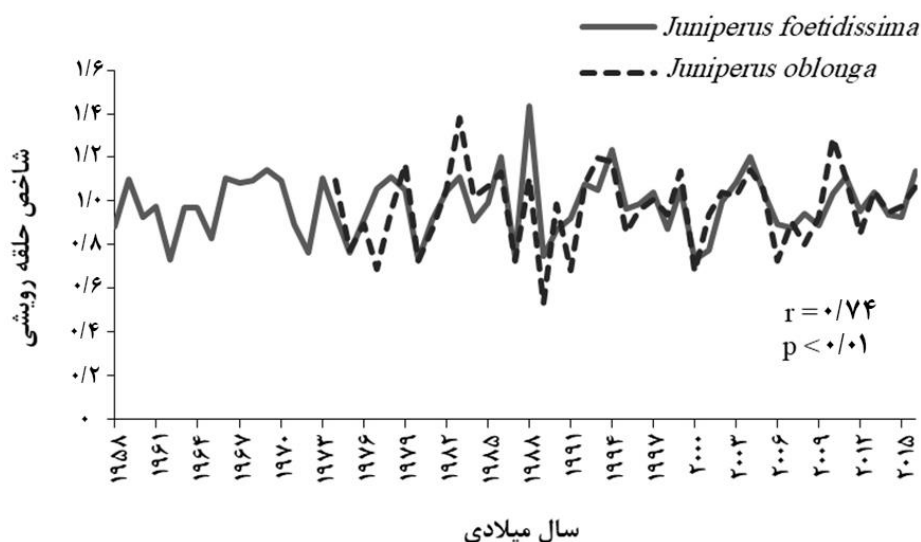
درختچه‌ها در منطقه مدیترانه و به‌خصوص در مناطق دارای آب‌وهوای گرم و خشک نیز گزارش شده است [۱۷]. این همبستگی زیاد، ناشی از حساسیت زیاد هر دو گونه به اقلیم و تراکم کم گونه‌های دیگر است، به‌نحوی که رقابت بین‌گونه‌ای در منطقه بسیار اندک است و حلقه‌های سالیانه بیشتر متأثر از تغییرات محیطی‌اند. تحقیقات در این منطقه نشان می‌دهد که تراکم درختان آردوج - به‌عنوان درختان غالب در منطقه - ۶۱ پایه در هکتار است [۶].

سیگنال‌های اقلیمی به‌خوبی در سری زمانی ایجادشده نمایان شوند [۹]. حد آستانه EPS در پژوهش‌های اقلیم‌شناسی درختی ۰/۸۵ در نظر گرفته می‌شود. هر دو گونه درختی و درختچه‌ای چتنه سیگنال تجمعی زیادی داشتند.

در شکل‌های ۳ و ۴ به‌ترتیب، پهنای خام و شاخص استاندارد شده حلقه رویشی در دو گونه آردوج و درختچه چتنه نشان داده شده است. همبستگی زیادی بین شاخص حلقه رویشی دو گونه در سطح معنی‌داری $p < 0/01$ به‌دست آمد. چنین نتیجه‌ای در رابطه بین درختان و



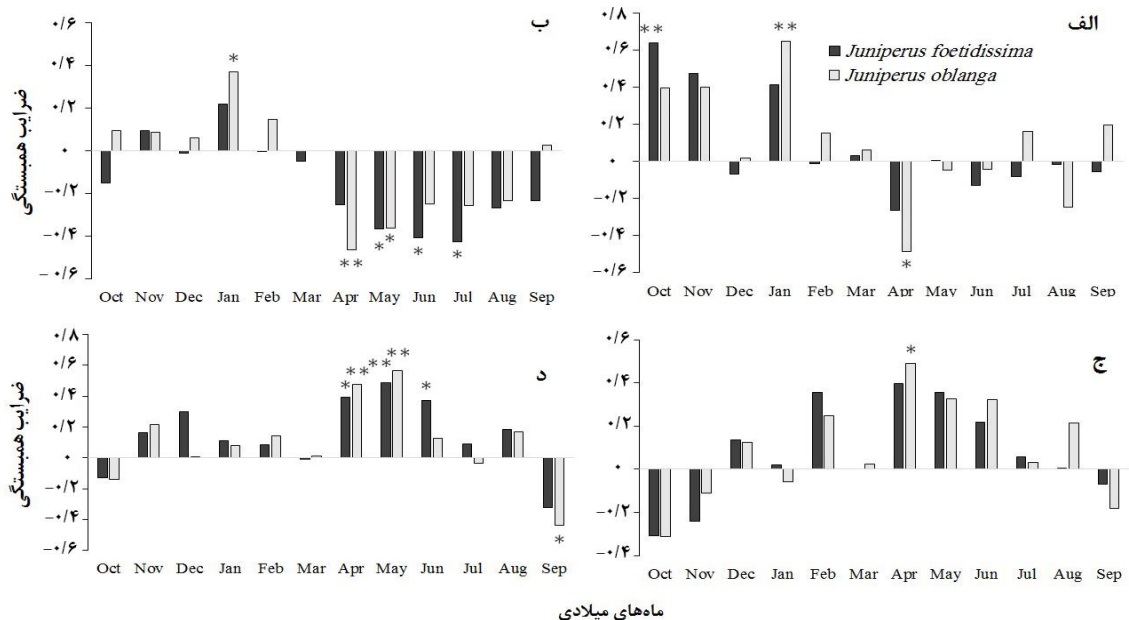
شکل ۳. پهنای خام (استاندارد نشده) حلقه‌های رویشی در دو گونه آردوج و درختچه چتنه



شکل ۴. شاخص حلقه رویشی استاندارد سازی شده در دو گونه آردوج و درختچه چتنه

اهر) همبستگی مثبت معنی‌داری ($p < 0.05$) با شاخص حلقه‌رویشی درختچه چتنه نشان داد. تأثیر مثبت دمای قبل فصل رویش بر گونه آوری [۱۸] و درختان و درختچه‌های منطقه مدیترانه و گونه‌های سوزنی‌برگ در مناطق مرتفع آسیای شرقی نیز گزارش شده است [۱۷]. از علت‌های تأثیر مثبت دمای قبل از فصل رویش می‌توان به کاهش صدمه به ریشه در طول دوره یخبندان و دسترس‌پذیر بودن بیشتر هورمون‌ها و کربوهیدرات‌ها برای دوره رویش جدید اشاره کرد [۱۹].

شکل ۵ و جدول ۲، همبستگی بین متغیرهای اقلیمی (میانگین دما و مجموع بارش ماهانه) و شاخص حلقه‌رویشی استانداردسازی شده در دو گونه آردوج و درختچه چتنه را به ترتیب - در بازه ماهیانه و فصلی نشان داده‌اند. دمای پیش از آغاز فصل رویش تأثیر مثبتی بر رشد هر دو گونه دارد (شکل ۵ الف). دمای ماه ژانویه و اکتبر (ایستگاه هواشناسی کلیبر) به ترتیب با شاخص حلقه‌رویشی آردوج و درختچه چتنه همبستگی مثبت معنی‌داری ($p < 0.01$) نشان داد. همچنین دمای ماه ژانویه (ایستگاه هواشناسی



شکل ۵. همبستگی بین داده‌های اقلیمی (میانگین دما و مجموع بارش ماهانه) و شاخص حلقه‌رویشی استانداردسازی شده گونه آردوج و درختچه چتنه. الف) همبستگی بین میانگین دمای ماهانه (ایستگاه هواشناسی کلیبر) با شاخص حلقه‌رویشی؛ ب) همبستگی بین میانگین دمای ماهانه (ایستگاه هواشناسی اهر) با شاخص حلقه‌رویشی؛ ج) همبستگی بین مجموع بارش ماهانه (ایستگاه هواشناسی کلیبر) با شاخص حلقه‌رویشی؛ د) همبستگی بین مجموع بارش ماهانه (ایستگاه هواشناسی اهر) با شاخص حلقه‌رویشی. * و ** به ترتیب سطح معنی‌داری را در 0.05 و 0.01 نشان می‌دهند.

جدول ۲. ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و شاخص حلقه‌رویشی به صورت فصلی. علامت‌های * و ** به ترتیب سطح معنی‌داری را در 0.05 و 0.01 نشان می‌دهند.

ایستگاه هواشناسی	نوع گونه	میانگین دما			مجموع بارش		
		فصول رویش	فصول پیش از رویش	فصول تابستان	فصول زمستان	فصول پیش از رویش	فصول تابستان
کلیبر	آردوج	-۰/۰۷	-۰/۲۰	-۰/۲۳	-۰/۰۸	۰/۴۷	۰/۲۱
	چتنه	۰/۰۰	-۰/۳۲	-۰/۴۶	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۱۲
اهر	آردوج	-۰/۴۱*	-۰/۴۴*	-۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۵
	چتنه	-۰/۲۱	-۰/۴۹**	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۰۳

خلاصه کرد که دما و بارندگی در فصول پیش از رویش تأثیر چشمگیری بر رشد ندارند، ولی در دوره رشد و به‌ویژه فصل بهار، افزایش بارندگی و دما - به ترتیب - موجب تقویت و کند شدن رویش عرضی می‌شوند.

درختچه چتنه نسبت به درخت آردوج همبستگی بهتری با داده‌های اقلیمی نشان داده است. در مورد گونه‌های درختچه‌ای منطقه مدیترانه‌ای به‌ویژه در مناطق خشک و با پوشش گیاهی کمتر نیز نتیجه مشابهی به دست آمده، در حالی که در مناطق سرد و مرطوب چنین نبوده است [۱۷]. به نظر می‌رسد درختچه‌ها در مناطق خشک و با تراکم گیاهی کمتر با متغیرهای آب‌وهوایی ارتباط بهتری دارند. این مسئله ممکن است به این دلیل باشد که در مناطق با پوشش گیاهی تنک، سهم عوامل غیراقلیمی مانند رقابت درون و بین توده‌ای بر رشد عرضی، کمتر است و تأثیر عوامل مهم اقلیمی بر پهنای حلقه رویش بیشتر نمود می‌یابد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش، نخستین پژوهش گاه‌شناسی درختی در جنگل‌های ارسباران است که در آن ظرفیت دو گونه از جنس ارس برای بررسی‌های اقلیم‌شناسی درختی بررسی شد. هر دو گونه از نظر شاخص‌های آماری دارای کیفیت سری زمانی مناسبی بودند و همبستگی زیادی با متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) داشتند. این مسئله نشان‌دهنده پتانسیل زیاد هر دو گونه در بازسازی داده‌های اقلیمی و توسعه رو به عقب گاه‌شناسی در منطقه است. با این حال، طول سری زمانی ایجادشده خیلی زیاد نبود (۴۰ تا ۵۰ سال). با آنکه سن دیرزیستی آردوج بیش از ۱۰۰۰ سال است، طبق بررسی سن درختان منطقه، درختان مسن بسیار اندک دیده شدند. بسیاری از مناطق جنگل‌های ارسباران در حدود ۸۰ سال پیش، برای زغال‌گیری قطع یکسره شدند و کوتاه بودن طول سری زمانی به این دلیل است. در منطقه، خانه‌ها و بناهای قدیمی وجود دارند که در

برخلاف اثر مثبت دما بر شاخص حلقه رویشی قبل از فصل رویش، بیشتر بودن دما در طول فصل رویش، اغلب اثر منفی بر رشد هر دو گونه داشت (شکل ۵ الف و ب). در مورد ایستگاه هواشناسی کلیبر، دمای ماه آوریل همبستگی منفی معنی‌داری ($p < 0.05$) با شاخص حلقه رویشی درختچه چتنه نشان داد (شکل ۵ الف). دمای ماه‌های آوریل تا جولای ایستگاه هواشناسی اهر نیز همبستگی منفی معنی‌داری با شاخص حلقه‌های رویشی هر دو گونه داشتند (شکل ۵ ب). پیش از این، تأثیر منفی دما در طول فصل رویش بر رشد درختچه‌ها در منطقه نیمه‌خشک ناحیه ایرانی-تورانی نشان داده شده بود [۱۰]. همان‌طور که ذکر شد، اقلیم منطقه تحت مطالعه به روش آمبرژه، نیمه‌مرطوب سرد تا نیمه‌خشک سرد است [۶]. با توجه به اقلیم نیمه‌خشک منطقه، افزایش دما در طول فصل رویش، سبب کاهش رطوبت و آب در دسترس گیاه می‌شود که در نتیجه، عامل محدودکننده‌ای برای رشد خواهد بود. در نتیجه فعالیت کامبیوم و تقسیم سلولی و در نتیجه رشد عرضی کاهش می‌یابد. در مناطق نیمه‌خشک، کمبود آب در درختان بر اثر دمای زیاد هوا اتفاق می‌افتد، چراکه روزهای گرم با فقدان بارندگی و تبخیر و تعرق زیاد همراه است. دمای زیاد همراه با کمبود آب سبب کند شدن یا توقف رشد می‌شود [۲۰].

برخلاف دما، در هیچ یک از دو گونه، بارندگی در پیش از فصل رویش تأثیر معنی‌داری بر رشد عرضی نداشت (شکل ۵ ج و د). گونه‌های درختچه‌ای در مناطق خشک و سرد ایران کمتر متأثر از بارندگی قبل از فصل رویش‌اند [۱۰]، ولی تأثیر مثبت بارش در دوره رویش و به‌ویژه فصل بهار بر شاخص حلقه رویشی هر دو گونه معنی‌دار بود. بارندگی در دو ماه آوریل و می بیشترین تأثیر را بر رویش شعاعی دو گونه داشت. افزون‌بر بارندگی، مه‌بارش نیز سهم مهمی در تأمین آب درختچه‌ها در مناطق مرتفع فلات ایران دارد [۱۰] که باید در نظر گرفته شود. با بررسی ارتباط فصلی عوامل اقلیمی و رشد عرضی (جدول ۲)، می‌توان

سال) باشد. در اقلیم‌هایی با عامل محدودکننده مهم (سرما یا خشکی)، تأثیر درشت‌اقلیم (ماکروکلیم) غالب است و از این رو می‌توان از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی با فواصل دورتر نیز با اطمینان استفاده کرد. تأثیر غالب درشت‌اقلیم بر رویش عرضی در پاسخ یکسان دو گونه به عوامل اقلیمی نیز مشهود است. شرایط آب‌وهوایی در فصل بهار اثر مهمی بر رویش این دو گونه داشت؛ بارندگی بهاره سبب افزایش رشد می‌شود و دمای زیاد هوا در این فصل کاهش رشد را در پی دارد.

ساخت آنها از گرده‌بینه‌های قطور آردوج استفاده شده است. امکان بلندمدت‌تر کردن سری زمانی پهنای حلقه‌های رویشی با استفاده از این تیرهای چوبی باید در پژوهش مستقلی بررسی شود. با وجود نزدیک‌تر بودن ایستگاه هواشناسی کلیبر به منطقه نمونه برداری، همبستگی رویش عرضی هر دو گونه با داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی اهر بیشتر بود. علت این موضوع ممکن است کوتاه بودن بازه زمانی داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی کلیبر (۱۷ سال) نسبت به ایستگاه هواشناسی اهر (۳۰

References

- [1]. Sagheb Talebi, K., Sajedi, T., and Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Berlin: Springer.
- [2]. Rasuly, A., Naghdifar, R., and Rasoli, M. (2010). Detecting of Arasbaran forest changes applying image processing procedures and GIS techniques. *Procedia Environmental Sciences*, 2: 454-464.
- [3]. Alijanpour, A., Rad, J. E., and Shafiei, A. B. (2009). Comparison of woody plants diversity in protected and non-protected areas of Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(1): 125-133.
- [4]. Aliahmad Koruri, S., Khoushnevis, M., and Matinizadeh, M. (2011). *Comprehensive studies of Juniper species in Iran*. Publication of Pooneh, Forest and Ranges and Watershed Organization of Iran, Iran.
- [5]. Pourtahmasi, K., Poursartip, L., Bräuning, A., and Parsapjough, D. (2009). Comparison between the radial growth of juniper (*Juniperus polycarpos*) and oak (*Quercus macranthera*) trees in two sides of the Alborz Mountains in Chaharbagh region of Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products*, 62(2): 159-169.
- [6]. Ghanbari, S., and Sefidi, K. (2018). Structure and spatial distribution pattern of tree communities of Juniper (*Juniperus foetidissima* Willd.) in Arasbaran region. *Journal of Plant Research*, 31(4): 933-945.
- [7]. Asri, Y., and Partonia, L. (2017). Site and silvicultural characteristics of *Juniperus foetidissima* Willd. endangered species in Arasbaran Biosphere Reserve. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(4): 687-699.
- [8]. Khoshnevis, M., Teimouri, M., Matinizadeh, M., and Shirvany, A. (2012). Effect of hormones, light and media treatments on rooting of *Juniperus oblonga* cuttings. *Iranian Journal of Forest*, 4(2): 135-142.
- [9]. Fritts, H.C. (1976). *Tree Rings and Climate*, Academic Press, New York.
- [10]. Oladi, R., Emaminasab, M., and Eckstein, D. (2017). The dendroecological potential of shrubs in north Iranian semi-deserts. *Dendrochronologia*, 44: 94-102.
- [11]. Lu, X., and Liang, E. (2013). Progresses in dendrochronology of shrubs. *Acta Ecologica Sinica*, 33: 1367-1374.
- [12]. Pourtahmasi, K., Parsapazhouh, D., Marvi Mohajer M.R., and Ali Ahmad Korouri, S. (2008). Evaluation of juniper trees (*Juniperus polycarpos* c. Koch) radial growth in three sites of Iran by using dendrochronology. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(2): 327-342.
- [13]. Bunn, A. G. (2010). Statistical and visual crossdating in R using the dplR library. *Dendrochronologia*, 28(4): 251-258.
- [14]. Cook, E. R., and Peters, K. (1997). Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change. *The Holocene*, 7(3): 361-370.
- [15]. Schweingruber, F. H. (2012). *Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology*. Springer Science and Business Media.

- [16]. Wigley, T.M.L., Briffa, K.R., and Jones, P.D., (1984). On the average value of correlated time series, with applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 201-213.
- [17]. Gazol, A., and Camarero, J. J. (2012). Mediterranean dwarf shrubs and coexisting trees present different radial-growth synchronies and responses to climate. *Plant Ecology*, 213(10): 1687-1698.
- [18]. Pourtahmasi K., Poursartip L., Brauning A., Parsapazhouh D. (2009). Comparison between the radial growth of juniper (*Juniperus polycarpus*) and oak (*Quercus macranthera*) trees in two sides of the Alborz mountains in Chaharbagh region of Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products*, 62(2): 159-169.
- [19]. Oberhuber, W. (2004). Influence of climate on radial growth of *Pinus cembra* within the alpine timberline ecotone. *Tree physiology*, 24(3), 291-301.
- [20]. Du, S., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Otsuki, K., Wang, S., and Hou, Q. (2007). The effect of climate on radial growth of *Quercus liaotungensis* forest trees in Loess Plateau, China. *Dendrochronologia*, 25(1): 29-36.

The potential of *Juniperus foetidissima* Willd. tree and *Juniperus oblonga* M.B. shrub for dendroclimatology in Arasbaran forests

M. Emaminasab; Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

R. Oladi*; Assoc., Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

K. Pourtahmasi; Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

A. Shirvany; Assoc., Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 07 January 2020, Accepted: 07 March 2020)

ABSTRACT

Despite the importance of Arasbaran forests, no dendrochronological research has been conducted in this region, yet. In this study, for the first time, the potential of two juniper species, *Juniperus foetidissima* and *J. oblonga* was evaluated to be used in dendroecology. The first and the second species are respectively in the form of trees and shrubs in Arasbaran forests. Twenty-five trees of each species were samples and the sample preparation, ring width measurements, cross-dating, and construction of tree-ring chronology were performed according to the standard procedures. Developed tree-ring chronologies for juniper tree and shrub covered around 60 and 40 years, respectively. The statistics for evaluating the qualities of chronologies i.e. mean sensitivity (MS), signal-to-noise ratio (SNR), and expressed population signal (EPS) proved the capability of both species to study climate-growth relationships and reconstruction of climate. The relations between radial growth and climatic factors showed that both species have similar responses to climate: high temperature before the growing season promoted the growth while a warm spring reduced growth rate. Rainfall before the growing season had no meaningful effect on growth while spring precipitation strongly stimulated the radial growth. Overall, given the good distribution of juniper species in Arasbaran forest, the success of the developing ring-width series for studied junipers and its strong relationship with climate factors, these species can be used for dendroecological studies. For extending the length of tree ring chronology, juniper logs of old local buildings can also be used.

Keywords: Dendroecology, juniper, meteorological station, Ahar, precipitation, temperature, Kaleibar.

* Corresponding Author, Email: oladi@ut.ac.ir, Tel: +982632294311