مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۳۰ شماره ۲، صفحه ۱۱۸-۱۰۳، (۱۴۰۱)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2022.358884.2054
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350883.1401.30.2.1.7

درخت‌گاه‌شماری زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) به‌منظور تعیین رویش قطری سالانه و معرفی مسن‌ترین پایه‌ها در رویشگاه هیرکانی

طیبه امینی اشکوری [۱]، حمید اجتهادی [۲*] و مرتضی جمالی [۳]

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهی، آزمایشگاه تحقیقاتی اکولوژی آماری و تنوع زیستی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، آزمایشگاه تحقیقاتی اکولوژی آماری و تنوع زیستی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پست الکترونیک: hejtehadi@um.ac.ir

۳- دانشیار، پژوهشکده اکولوژی و تنوع زیستی مدیترانه (CNRS)، مارسی، فرانسه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

چکیده

رویش یک‌ساله درختان در مناطق معتدله با تشکیل حلقه‌های رشد همراه است که از شرایط بوم‌شناختی رویشگاه و نیز ویژگی‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی درختان تأثیر می‌پذیرد. این رابطه‌ها در درخت‌گاه‌شماری بررسی می‌شوند. زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*)، تنها سرو بومی ایران و یک عنصر مدیترانه‌ای باارزش است که در برخی از رویشگاه‌های جنگلی هیرکانی می‌روید. در پژوهش پیش‌رو به‌منظور تعیین دقیق مقدار رویش قطری زربین، رابطه آن با ویژگی‌های بوم‌شناختی و نیز شناخت مسن‌ترین پایه‌های این گونه در جنگل‌های هیرکانی (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان)، ۹۲ درخت مسن انتخاب شد. نمونه‌برداری با استفاده از مته سال‌سنج با لوله‌ای به‌طور ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. ابتدا، پهنای حلقه‌های رویشی با دقت یک‌صدم میلی‌متر توسط استریومیکروسکوپ و میز Lintab 6 اندازه‌گیری شدند. سپس، ثبت و تطابق زمانی توسط نرم‌افزار تحلیل سری‌های زمانی TSAP-Win به‌طور خودکار انجام شد. پس از تاریخ‌گذاری تطبیقی و رفع هرگونه خطای اندازه‌گیری، متوسط پهنای حلقه‌های رویشی همه نمونه‌ها محاسبه شد و میانگین رویش قطری درختان زربین به‌دست آمد. ارتباط بین پهنای حلقه‌های رشد و تفاوت رویش درختان با استفاده از نرم‌افزار R ارزیابی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مسن‌ترین زربین شناسایی‌شده مربوط به درختی در «ویایه» در شهرستان رودبار با سن ۱۵۱۹ سال بود. میانگین رویش قطری سالانه زربین در رویشگاه‌های هیرکانی ۰/۹۵ میلی‌متر برآورد شد. تغییرات مقدار رویش این گونه در نمونه‌های مربوط به استان مازندران طی ۴۵۰ سال گذشته نسبت به دو استان دیگر، شیب ملایم‌تری داشته‌اند. این نتایج نشان‌دهنده شرایط اقلیمی و رویشگاهی همگن با دامنه تغییرات کم در جنگل‌های حسن‌آباد واقع در استان مازندران است که در بخشی از محدوده زیست‌اقلیمی نزدیک به شرایط مدیترانه‌ای گسترده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های هیرکانی، حلقه رویشی، رویش قطری سالانه، سن درخت.

مقدمه

گیاهان در مناطق جغرافیایی مختلف جهان به‌شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی رشد می‌کنند، بنابراین آن‌ها دربردارنده شواهد دقیقی از رویدادهای گذشته مانند سیل، خشک‌سالی، طغیان حشرات، صاعقه و حتی زمین‌لرزه هستند. رویش قطری سالانه در درختان مناطق معتدله به‌صورت حلقه‌های رشد در مقطع عرضی تنه نمایان می‌شود. پهنای حلقه‌های رویشی متأثر از ساختار ژنتیکی و عوامل فیزیولوژیکی، فیزیوگرافی رویشگاه (ازجمله جهت، ارتفاع از سطح دریا، شیب، خاک و سنگ مادر)، عوامل انسان‌زاد (زخمی کردن،

شاخه‌زنی، کوددهی و مهم‌ترین آن آلودگی هوا) و به‌ویژه اقلیم (مانند آب در دسترس) تغییر می‌کنند (Balapour & Mammadov, 2016). ازآنجایی‌که هرساله، مقدار آب در دسترس پایه‌های درختی متغیر است، می‌توان با استفاده از الگوی پهنای حلقه‌های رویشی درختان، خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی آن ناحیه را بازسازی کرد (Toghraii, 2013). یکی از مهم‌ترین پارامترهای کمی در مدیریت جنگل و جنگل‌داری، اندازه‌گیری رویش قطری درختان است. درخت‌گاه‌شماری (Dendrochronology) به مطالعه حلقه‌های رشد سالانه می‌پردازد. این علم مهم در ایران به‌دلیل آشنایی کم با آن، عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی مدرن در رویشگاه‌های جنگلی و نبود داده‌های هواشناسی طولانی‌مدت، سابقه پژوهشی طولانی ندارد.

در ساختار پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی و ترکیب تیپ‌های رویشی آن‌ها در دامنه‌های ارتفاعی مختلف، یکنواختی نسبی وجود دارد. در برخی از این توده‌ها به‌علت وجود شرایط اقلیمی محدود و وابسته به زمین‌ریخت‌شناسی منطقه‌ای، ساختارهای فلوریستیکی و فیزیونومیکی متفاوتی مشاهده می‌شوند که با رویشگاه‌های دیگر هیرکانی، متفاوت هستند. ازجمله این جنگل‌ها می‌توان به توده‌های گسسته زربین (Cupressus sempervirens L. var. horizontalis) اشاره کرد که رویش آن‌ها به شرایط اقلیمی بستگی دارند (Amini et al., 2020; Zare, 2001). زربین، یک درخت مدیترانه‌ای و تنها گونه از جنس سرو در ایران است که به‌صورت طبیعی در برخی مناطق هیرکانی و نیز به‌صورت غیربومی، اما با تاریخچه کهن در مناطق رویشی دیگر ایران انتشار دارد (Assadi, 1997). رویشگاه‌های باقی‌مانده زربین در منطقه هیرکانی که بازمانده‌ای از توده‌های پیوسته تاریخی است، اغلب در نواحی که شرایط برای رویش گونه‌های پهن‌برگ بومی، سخت و دشوار است، حضور دارند. گسترش باغ‌های زیتون در گیلان، این جنگل‌ها را تهدید می‌کند. همچنین، توده‌های باقی‌مانده زربین در دره اشکور شهرستان رودسر نیز به شیب‌های صخره‌ای و پرتگاه‌ها محدود و رانده شده‌اند. تنها رویشگاه زربین در مازندران متعلق به منطقه حسن‌آباد در شهرستان نوشهر با توده‌هایی به‌نسبت پیوسته و خالص است. بستر مارن آهکی این منطقه با تابش مستقیم نور خورشید، شرایط رویش را برای گونه‌های دیگر سخت و محدود کرده است. در سه رویشگاه قدیمی استان گلستان (زرین‌گل، رامیان و دره چهل‌چای)، زربین به‌صورت آمیخته با گونه‌های دیگر در شیب‌ها و بسترهای سنگلاخی حضور دارد. در رویشگاه‌هایی که به‌تازگی معرفی شده‌اند (قوشه‌چشمه، سواربالا، زاوکوه و پارک ملی گلستان)، این گونه منحصربه‌فرد فقط در حاشیه مزارع و دره رودخانه‌ها با شرایط رویشی بسیار شکننده‌ای مشاهده شده است (Amini *et al*., 2020).

پژوهش‌های پراکنده‌ای در خصوص زربین و برخی ویژگی‌های رویشی و بوم‌شناختی آن انجام شده‌اند. ارزیابی رویش شعاعی زربین در منطقه علی‌آباد کتول در استان گرگان حاکی از طول گاه‌شماری این درختان تا ۲۴۴ سال بود (Hedayati et al., 2014). بررسی رویش زربین در جنگل‌های استان گیلان به‌روش آنالیز تنه نشان داد که متوسط رویش قطری سالانه این گونه در توده طبیعی و کمتردست‌خورده سیدان ۱/۸۹ میلی‌متر و در توده دست‌کاشت دولت‌آباد ۳/۵ میلی‌متر بودند (Mohtadi Haghi, 2002). همچنین، متوسط رویش ارتفاعی زربین در توده‌های مذکور به‌ترتیب ۱۱/۱۳ و ۲۲/۴۵ سانتی‌متر در سال گزارش شد. Arsalani و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی روابط بین اقلیم و حلقه‌های رشد زربین در جنگل‌های زاگرس توانستند شرایط آب‌وهوایی را برای سال‌های ۱۵۶۰ تا ۲۰۱۵ بازسازی کنند. براساس نتایج پژوهش مذکور، بارش و کمینه دما، همبستگی مثبتی با رشد شعاعی درختان زربین داشتند، درحالی‌که این پارامتر تحت اثر منفی بیشینه دما بود. بررسی تغییرات پهنای حلقه‌های رویش اُرس (Juniperus polycarpos K.Koch) در سه رویشگاه لاین (استان خراسان)، فیروزکوه (استان تهران) و استان زنجان نشان داد که درختان رویشگاه لاین، مسن‌تر از دو رویشگاه دیگر بودند. ازنظر کیفی نیز این گونه در رویشگاه زنجان، شرایط نامساعدتری داشت (Pourtahmasbi et al., 2008).

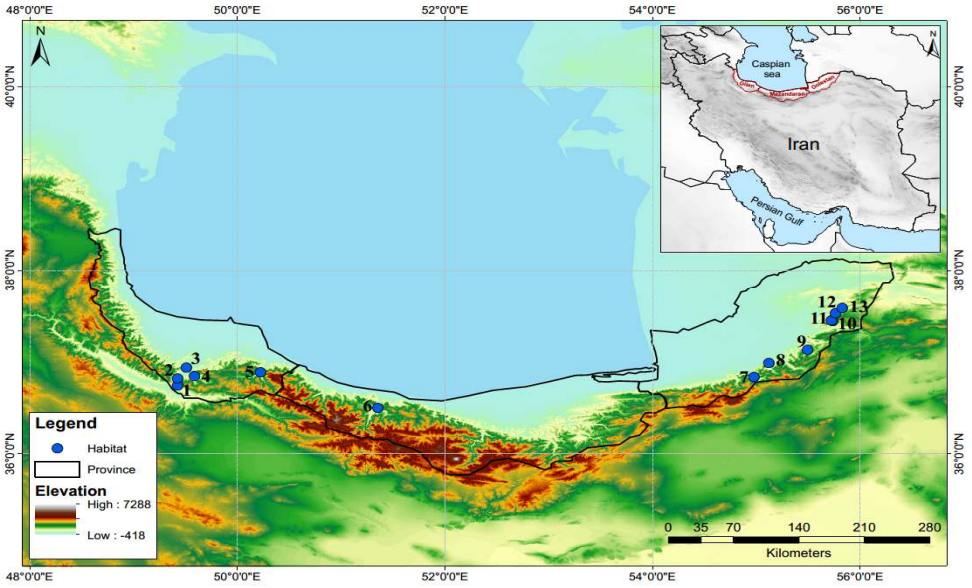
مطالعات درخت‌گاه‌شماری با بررسی حلقه‌های رشد

درختان در رویشگاه‌های مختلف می‌تواند ویژگی‌های رویشگاهی و به‌ویژه تغییرات اقلیمی را در سری‌های زمانی طبقه‌بندی‌شده و یا شرایط اقلیم گذشته نشان دهند و برخی وقایع طبیعی را نیز قضاوت کنند. پژوهش پیش‌رو نیز با هدف درخت‌گاه‌شماری زربین به‌عنوان یک گونه مقاوم به شرایط سخت رویشگاهی و بررسی حلقه‌های رشد آن انجام شد. تعیین ارتباط رویش و سن این درختان ازطریق اندازه‌گیری قطر با استفاده از روش‌های دستی مرسوم سبب برآوردهای متفاوتی می‌شود. به همین دلیل، این روش نمی‌تواند بیان‌کننده واقعیت‌های رویشی درختان باشد. بررسی دقیق حلقه‌های رشد زربین و مقایسه رویش قطری آن‌ها بین رویشگاه‌های مختلف هیرکانی در پژوهش پیش‌رو می‌تواند نتایج ارزشمندی در رابطه با ویژگی‌های کمی رشد این درختان ارائه کند. این اطلاعات در مدیریت بهینه و اصولی این رویشگاه‌ها که اغلب در قالب ذخیره‌گاه‌های جنگلی و حمایت‌شده هستند، کاربرد دارند. همچنین، این نتایج می‌توانند در حل مسائل مدیریتی ازطریق کسب آگاهی از قدمت، ارزش حفاظتی و حفظ توده‌های باارزش این درختان تاریخی استفاده شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه‌های مورد مطالعه

باتوجه‌به اینکه هدف پژوهش پیش‌رو بررسی رویش قطری سالانه زربین در رویشگاه‌های طبیعی آن بود، نمونه‌برداری‌ها فقط در بخش‌هایی از جنگل‌های هیرکانی انجام شد که این گونه به‌طور طبیعی در آن‌ها حضور داشت. غربی‌ترین رویشگاه زربین در هرزویل رودبار با مختصات ۴۱″ ۴۴ ′۳۶ °۳۶ شمالی و ″۳۸ ′۲۵ °۴۹ شرقی در استان گیلان قرار دارد. قزل‌اتاق در گلیداغی با مختصات ″۴/۷ ۳۵ ′۳۷ °۳۷ شمالی و ″۴۱ ′۴۹ °۵۵ شرقی در استان گلستان نیز شرقی‌ترین رویشگاه این گونه در جنگل‌های هیرکانی است. در سراسر ناحیه هیرکانی، ۱۳ رویشگاه مشخص و مجزا برای زربین وجود دارد. دامنه ارتفاعی انتشار این گونه از ۲۵۰ متر تا ۱۳۰۰ متر متغیر است (شکل ۱).

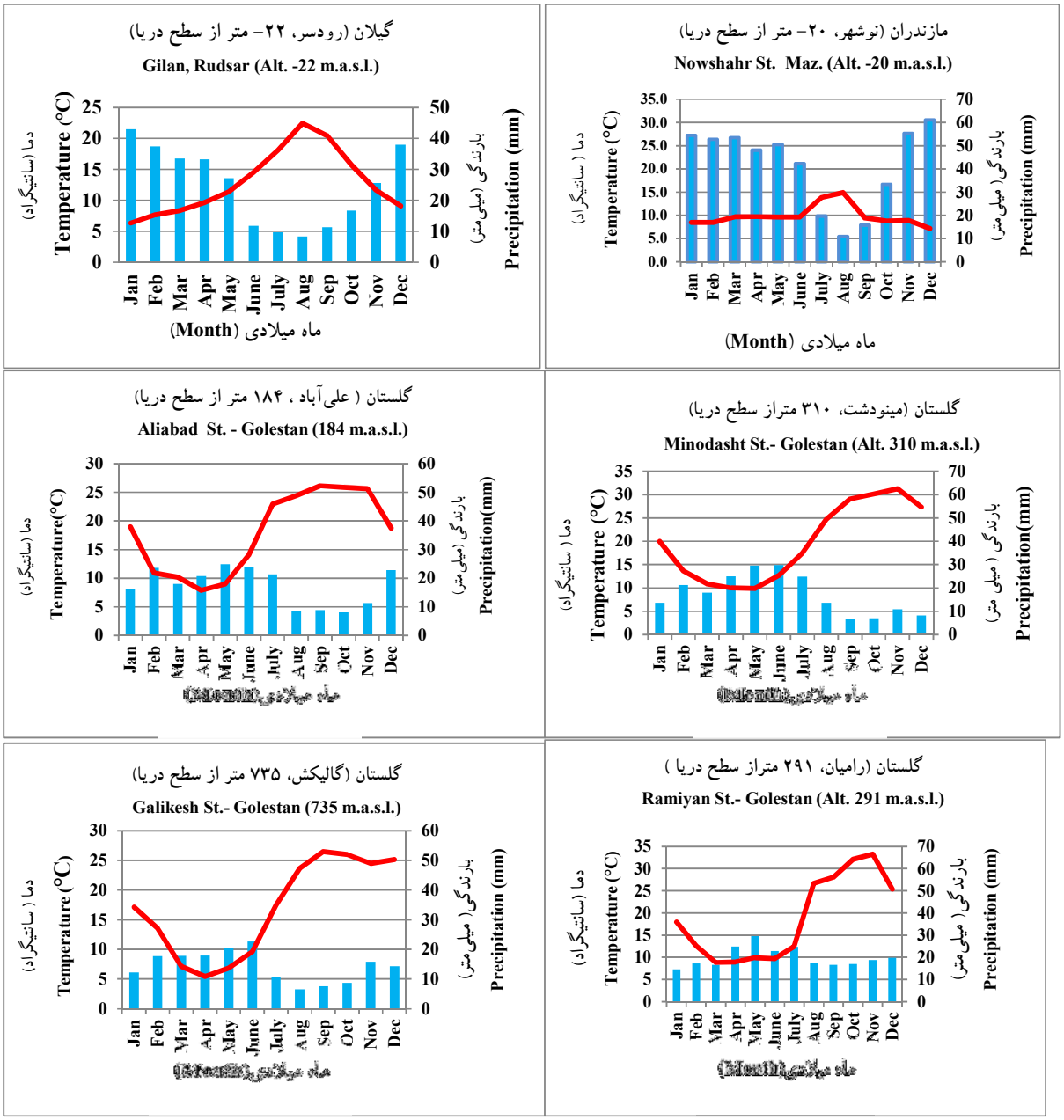


شکل ۱- مناطق نمونه‌برداری از ۱۳ رویشگاه زربین در جنگل‌های هیرکانی

Figure 1. Sampling areas in 13 Cypress habitats in the Hyrcanian vegetation area, Iran

روش پژوهش

باتوجه‌به گسترده بودن رویشگاه‌های زربین، نمودارهای آمبروترمیک با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی از ابتدای سال تأسیس آن‌ها (به‌طور میانگین بیشتر از ۲۵ سال) تهیه شد (شکل ۲).



شکل ۲- نمودارهای آمبروترمیک نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به رویشگاه‌های زربین در منطقه رویشی هیرکانی

Figure 2. Ambrothermic diagrams of the nearest meteorological stations to cypress habitats in the Hyrcanian vegetation area

در انتخاب ۹۲ درخت از ۱۳ رویشگاه جهت نمونه برداری زربین، پارامترهای مختلفی مدنظر قرار گرفت. درختان سرپا با تنه استوانه‌ای‌شکل، سالم، بدون زخم و شکاف با تاج متقارن که در مرزهای بالا و پایین مناطق پراکنش و در شرایط رویشی نامساعد شامل اراضی شیب دار با خاک کم‌عمق، مناطق سنگلاخی و صخره‌ای، رویشگاه‌های تحت‌فشار محیطی و دور از دخالت انسان رشد کرده بودند، انتخاب شدند. ساختار درختان نمونه ازنظر فرم، قطر تنه و تاج‌پوشش تا جای ممکن یکسان بودند. از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ پس از انتخاب درختان در هر رویشگاه، مغزی لوله‌ای‌شکلی از چوب (Carrot core or) با استفاده از مته سال‌سنج به‌طول ۵۰ سانتی‌متر از تنه درختان نمونه بیرون کشیده شد. مته‌های نمونه‌گیری در ارتفاع برابرسینه (حدود ۱۲۰ سانتی‌متر از سطح زمین) و به‌طور کامل در جهت مرکز درخت قرار گرفتند. از هر درخت، دو نمونه در جهت مخالف یکدیگر تهیه شد. نمونه‌ها در خشاب‌های چوبی طراحی‌شده برای این منظور قرار داده شدند و سطح‌های خارجی و قابل‌مشاهده آن‌ها در امتداد طولی خشاب برش خوردند. به‌منظور بهبود وضعیت حلقه‌ها، سطح آن‌ها با استفاده از سمباده نرم صاف شد.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، حلقه‌ها با استفاده از دستگاه بینوکولار به دسته‌های ده‌تایی تفکیک شدند. پهنای حلقه رویشی در نمونه‌ها از سمت پوست به مغز و با دقت ۰/۰۱ میلی متر توسط استریومیکروسکوپ و میز اندازه‌گیری Lintab 6 تعیین شد. با استفاده از نرم‌افزار تحلیل سری‌های زمانی TSAP-Win، داده‌های مربوط به حلقه‌ها به‌طور خودکار ثبت شدند و تطابق زمانی انجام گرفت. پس از تاریخ‌گذاری تطبیقی و رفع هرگونه خطای اندازه‌گیری، میانگین پهنای حلقه‌های رویشی همه نمونه‌ها محاسبه شد تا درنهایت، میانگین رویش قطری درختان زربین به‌دست آمد. ارتباط بین پهنای حلقه‌های رشد درختان در رویشگاه‌های مختلف زربین و تفاوت رویش آن‌ها در سه استان گیلان، مازندران و گلستان با استفاده از نرم‌افزار R (۲۰۲۲) تحلیل شدند. به‌طور خلاصه برای مدیریت بهتر، ابتدا داده‌ها به دسته‌های ۵۰ سال تقسیم شدند. سپس از رویش همه نمونه‌های مربوط به رویشگاه یا رویشگاه‌های هر استان، یک میانگین برای هرسال برآورد شد. با محاسبه میانگین رویش قطری سالانه برای همه رویشگاه‌ها در سال‌های مورد نظر، نمودارهای مربوطه رسم شد. مقدار رشد سالانه هر منطقه در مقایسه با مناطق دیگر برای نُه بازه ۵۰ ساله تعیین شد. باتوجه‌به اینکه تعداد نمونه‌های مسن‌تر از ۴۵۰ سال برای همه منطقه زیاد نبود، تحلیل‌ها تا دامنه سنی ۴۵۰ سال ادامه یافت.

نتایج

باتوجه‌به نمونه‌برداری از ۹۲ درخت، نتایج سن‌یابی ۴۲ نمونه از درختان با سن بیشتر از ۵۰۰ سال در جدول ۱ آمده است. براین‌اساس، مسن‌ترین درخت در بین نمونه‌ها، پایه‌ای در ویایه واقع در شهرستان رودبار با سن ۱۵۱۹ سال بود. پس‌ازآن، دو درخت در پارک ملی گلستان با سن‌های ۱۲۲۱ و ۱۲۲۰ سال به‌ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را ازنظر قدمت به‌خود اختصاص دادند. مسن‌ترین پایه اندازه‌گیری‌شده در رویشگاه حسن‌آباد در استان مازندران ۱۱۱۵ ساله بود.

جدول ۱- نتایج سن‌یابی مسن‌ترین نمونه‌های چوب زربین

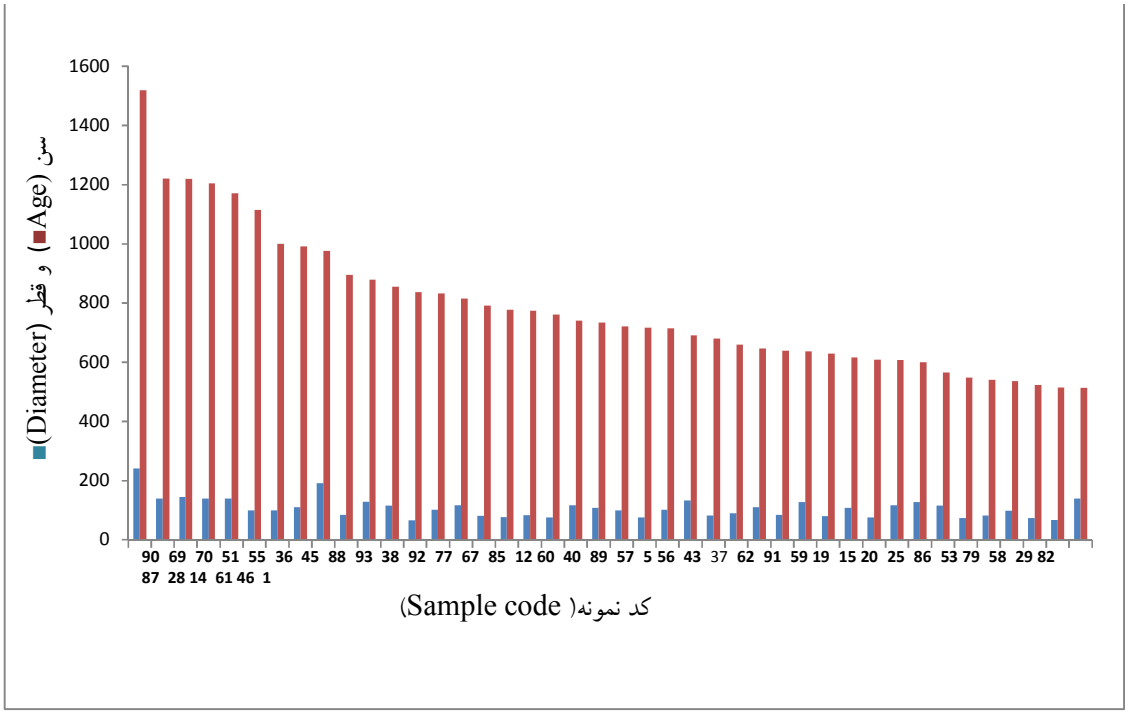
Table1. The age of the oldest cypress wood samples

ردیف Row	شماره نمونه Sample number	محل جمع آوری Sampling location	محیط (سانتی‌متر) Perimeter	قطر (سانتی‌متر) diameter	شعاع (سانتی‌متر) Radius	سن Age
1	90	گیلان، رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	759	241	120.5	**1519**
2	69	گلستان، پارک ملی گستان Golestan, National Park	439	140	70	**1221**
3	70	گلستان، پارک ملی گستان Golestan, National Park	455	145	72.5	**1220**
4	51	گیلان، توتکابن، پشتهان Gilan, Totkabon, Poshtehan	440	140	70	**1205**
5	55	گیلان، توتکابن، پشتهان Gilan, Totkabon, Poshtehan	440	140	70	**1171**
6	36	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	300	100	50	**1115**
7	45	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	300	100	50	**1001**
8	88	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	230	110	55	**992**
9	93	گیلان رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	600	191	95.5	**976**
10	38	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	266	85	42.5	**895**
11	92	گیلان رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	402	128	64	**880**
12	77	گلستان، پارک ملی گستان Golestan, National Park	362	115	57.5	**855**
13	67	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	207	65	32.5	**837**
14	85	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	322	102	51	**833**
15	12	مازندران، حسن آباد، بسطام Mazandaran, Hassanabad, Bastam	370	117	58.5	**816**
16	60	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	253	81	40.5	**791**
17	40	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	242	77	38.5	**778**
18	89	گیلان رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	264	84	42	**774**
19	57	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	235	75	37.5	**761**

ردیف Row	شماره نمونه Sample number	محل جمع آوری Sampling location	محیط (سانتی‌متر) Perimeter	قطر (سانتی‌متر) diameter	شعاع (سانتی‌متر) Radius	سن Age
20	5	گیلان رودبار، سیدان Gilan, Rudbar, Seyedan	365	116	58	**740**
21	56	گیلان، توتکابن، پشتهان Gilan, Totkabon, Poshtehan	340	108	54	**734**
22	43	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	310	100	50	**721**
23	37	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	235	75	37.5	**717**
24	62	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	322	102	51	**715**
25	91	گیلان رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	414	132	66	**691**
26	59	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	263	83	41.5	**680**
27	19	مازندران، حسن آباد، ساروس Mazandaran, Hassanabad,Saros	285	90	45	**660**
28	15	گیلان رودبار، ویایه Gilan, Rudbar, Viayeh	345	110	55	**647**
29	20	مازندران، حسن آباد، بنیاد Mazandaran,, Hassanabad, Bonyad	266	85	42.5	**639**
30	25	مازندران، حسن آباد، دو آب Mazandaran, Hassanabad, Doab	400	127	63.5	**637**
31	86	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	253	80	40	**630**
32	53	گیلان، توتکابن، پشتهان Gilan, Totkabon, Poshtehan	340	108	54	**616**
33	79	گلستان، گالیکش، سوار بالا Golestan, Galykesh, Savarbala	235	75	37.5	**608**
34	58	مازندران، حسن آباد، دو آب Mazandaran, Hassanabad, Doab	400	117	58.5	**607**
35	29	مازندران، حسن آباد، دو آب Mazandaran, Hassanabad, Doab	400	127	63.5	**600**
36	82	گلستان، گالیکش، سوار بالا Golestan, Galykesh, Savarbala	361	115	57.5	**566**
37	87	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	230	73	36.5	**548**
38	28	مازندران، حسن آباد، بسطام Mazandaran, Hassanabad, Bastam	260	82	41	**541**
39	14	گیلان، توتکابن، پشتهان Gilan, Totkabon, Poshtehan	370	118	58	**536**

ردیف Row	شماره نمونه Sample number	محل جمع آوری Sampling location	محیط (سانتی‌متر) Perimeter	قطر (سانتی‌متر) diameter	شعاع (سانتی‌متر) Radius	سن Age
40	61	مازندران، حسن آباد، کانی Mazandaran, Hassanabad, Kani	230	73	36.5	**523**
41	46	مازندران، حسن آباد، بسطام Mazandaran,, Hassanabad, Bastam	211	67	33.5	**515**
42	1	مازندران، حسن آباد، ساروس Mazandaran, Hassanabad,Saros	440	140	70	**514**

همان‌طورکه از داده‌های جدول ۱ و شکل ۳ مشخص است، بین قطر و سن درخت، یک رابطه مستقیم وجود ندارد. این مهم به‌طور کامل تابع ویژگی‌های اقلیمی، شرایط رویشگاهی و چگونگی برخورداری درختان از منابع و شرایط رشد است. به‌عنوان‌مثال، نمونه شماره یک با قطر ۱۴۰ سانتی‌متر و سن ۵۱۴ سال، درخت شماره ۳۶ با قطر ۱۰۰ سانتی‌متر و سن ۱۱۱۵ سال و پایه شماره ۶۷ با قطر ۶۵ سانتی‌متر و سن ۸۳۷ سال، همگی مربوط به رویشگاه حسن‌آباد هستند. اولی در مسیر روستا و برخوردار از آبیاری با آب‌های روان فصلی و دو درخت دیگر در شرایط سخت‌تر و خشک‌تری رشد کرده‌اند.



شکل ۳- رابطه بین قطر و سن در ۴۲ نمونه چوب حاصل از درختان زربین مسن‌تر از ۵۰۰ سال

Figure 3. The relationship between diameter and age in 42 wood samples taken from the cypress trees over 500 years old

جدول شماره ۲، تحلیل واریانس سری زمانی رویش قطری زربین (دوره‌های ۵۰ ساله) در رویشگاه‌های مورد بررسی در سه استان گلستان، مازندران و گیلان را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تحلیل واریانس سری زمانی برای رویش قطری سالانه زربین (دوره ۵۰ ساله) در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان

Table 2. Analysis of variance for time series (50-year period) of the annual diameter growth of cypress in Golestan, Mazandaran and Gilan provinces, Iran

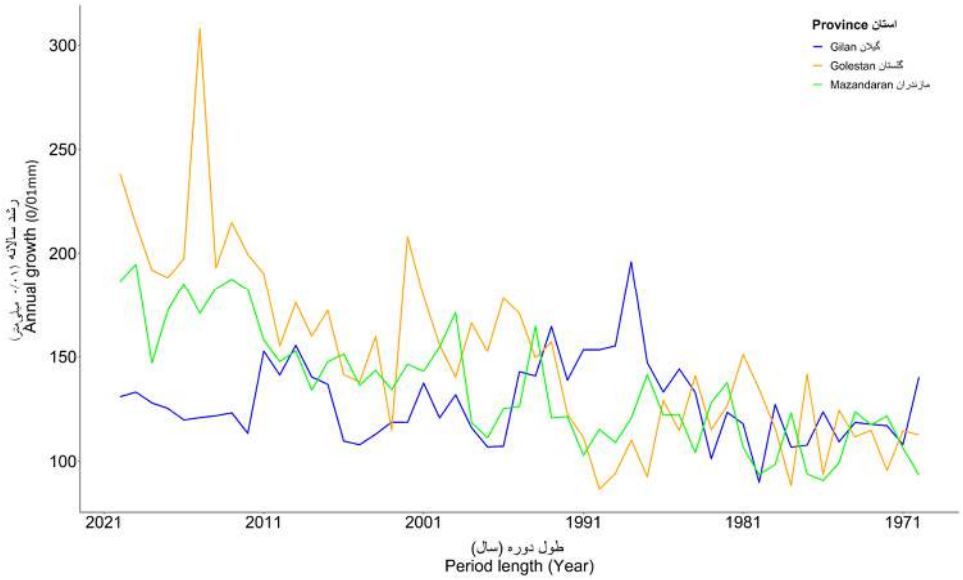
سری زمانی Time Series	مجموع مربعات The sum of the squares	درجه آزادی Degree of freedom	F value	P
1971-2021	13895929	2	0.51	0.51
1921-1971	45260294	2	4.021	0.0215*
1871-1921	9329523	2	1.772	0.177
1821-1871	27229489	2	8.033	0.000754***
1771-1821	13324760	2	6.402	0.00313***
1721–1771	2093540	2	0.647	0.528
1671-1721	16142526	2	13.57	5.85e-05***
1621-1671	1887829	2	2.197	0.135
1571-1621	5226502	2	4.649	0.0227*

*** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

***: Significant at p<0.01; *: Significant at p<0.05

براساس این جدول، واریانس رویش قطری فقط در پنجاه سال دوم، چهارم، پنجم، هفتم و نهم، به‌طور معنی‌داری بین سه استان مورد مطالعه متفاوت بودند.

در شکل‌های ۴ و ۵، رویش قطری سالانه زربین به‌ترتیب برای سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۲۱ (پنجاه سال اخیر) و ۱۹۲۱ تا ۱۹۷۱ (پنجاه سال دوم) و بین سه استان مورد مطالعه مقایسه شده‌اند. براین‌اساس، میانگین رویش قطری سالانه زربین در استان گیلان طی پنجاه سال گذشته به‌ندرت به ۱/۵ و در ۱۰۰ سال گذشته به‌ندرت به ۱/۲ میلی‌متر رسیده بود. در سال‌های قبل‌تر، میانگین این متغیر به ۰/۸ میلی‌متر یا کمتر می‌رسید. منحنی‌های رشد در این استان نشان می‌دهد که در برخی سال‌ها، نمودار رویش قطری سالانه، شیب تندی دارد. این شیب نشان‌دهنده تغییرات شدید اقلیمی در سری‌های زمانی مورد نظر است. مقایسه منحنی‌ها حاکی از آن است که مقدار رشد حلقه‌ها از ۵۰۰ سال گذشته تاکنون، بی‌نظمی و تغییرات کمتری از خود نشان داده‌اند. به‌طوری‌که روند کلی نمودارها، با نزدیک تر شدن به زمان حال، همگن‌تر و یکنواخت‌تر شده است.

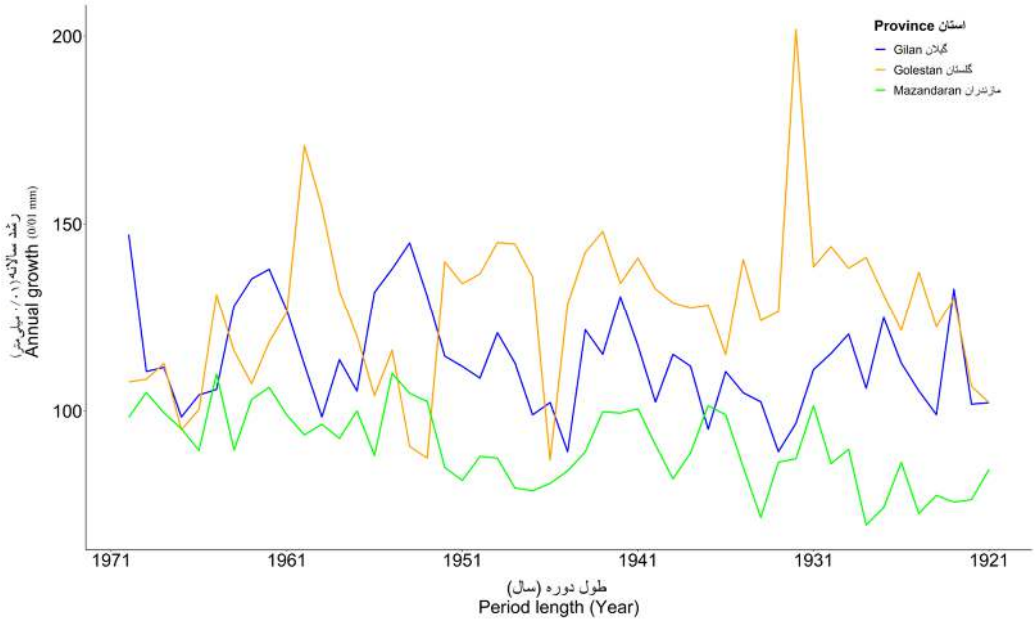


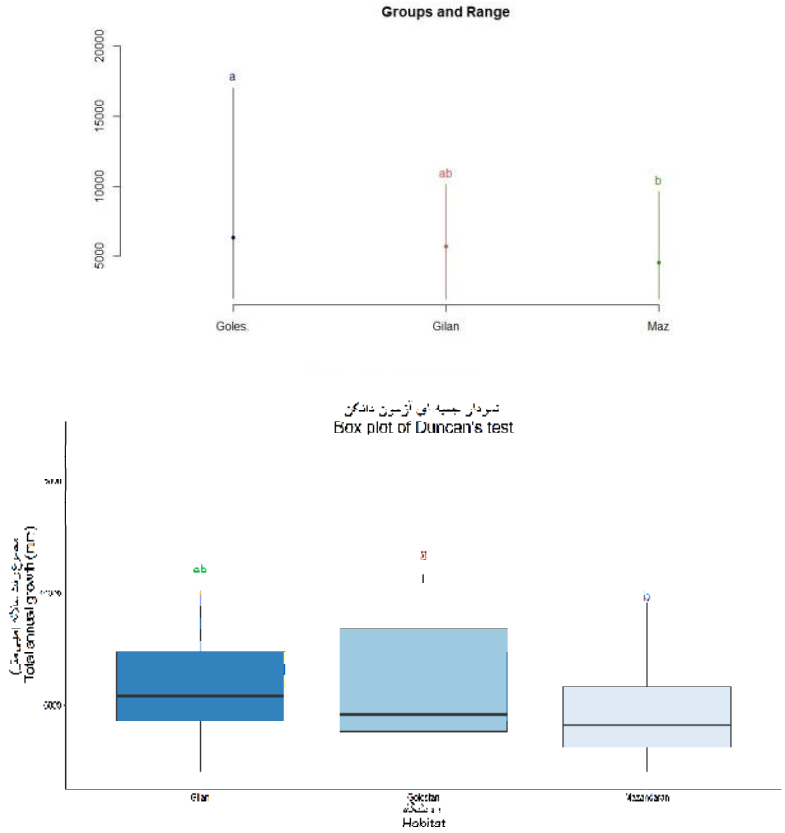
شکل ۴- مقایسه رویش قطری سالانه در زربین طی پنجاه سال گذشته بین سه استان مورد مطالعه

استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به‌ترتیب با رنگ‌های آبی، سبز و نارنجی مشخص شده‌اند.

Figure 4. Comparisons of annual diameter growth of cypress in the last fifty years between the three studied province in Iran

Gilan, Mazandaran and Golestan provinces are marked in blue, green and orange, respectively.





شکل ۵- رویش قطری سالانه زربین بین سال‌های ۱۹۲۱ تا ۱۹۷۱ میلادی (پنجاه سال دوم) در سه استان مورد مطالعه (الف و A) و مقایسه میانگین آن‌ها با استفاده ازنمودار جعبه ای آزمون دانکن (ب و B)

استان‌های گیلان، مازندران و گلستان در شکل ۵- الف به‌ترتیب با رنگ‌های آبی، سبز و نارنجی مشخص شده‌اند.

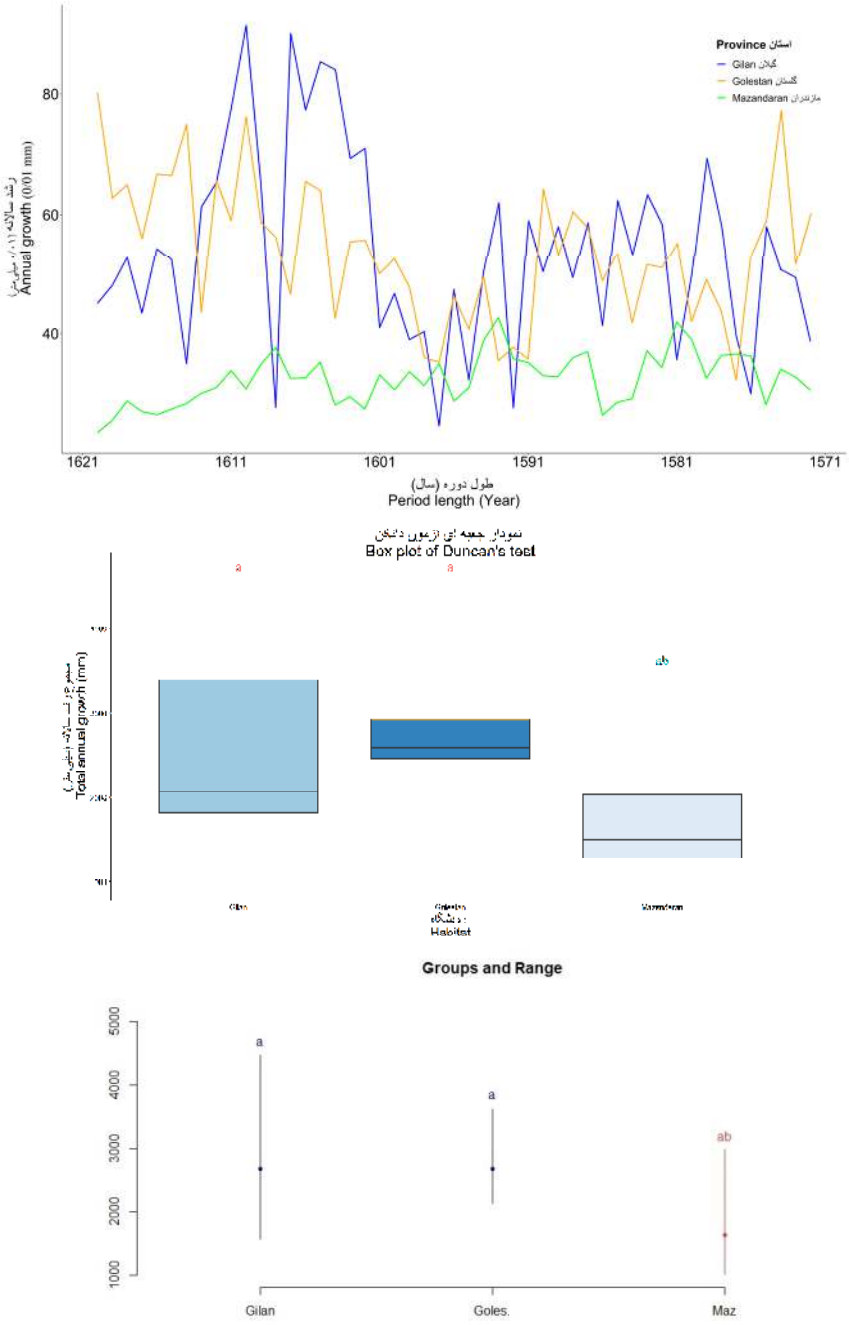
حرف‌های متفاوت لاتین در شکل ۵- ب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 5. The annual diameter growth of cypress in 1921 to 1971 (the second fifty years) in three studied provinces, Iran (A) and comparison of them using Duncan test

Gilan, Mazandaran and Golestan provinces in Figure 5-A are marked in blue, green and orange, respectively.

Different letters in Figure 5-B indicate a significant difference between means (P<0.05).

براساس شکل‌های ۴، ۵ و ۶، روند رویش قطری زربین در استان مازندران، واریانس کمتر و نظم و یکنواختی بیشتری دارد. به‌طوری‌که منحنی‌های رویش قطری سالانه طی ۴۵۰ سال گذشته در این استان، شیب ملایم‌تری داشتند. مقدار پهنای حلقه‌ها طی پنجاه سال اخیر در پایه‌های این استان اغلب یک تا دو میلی‌متر در سال تعیین شد. در پنجاه سال دوم، این میانگین به‌ندرت به ۱/۲ میلی‌متر، در پنجاه سال سوم حداکثر به ۰/۹ میلی‌متر و در سال‌های پیش از آن به‌ندرت به ۰/۴ میلی‌متر در سال رسید. در رویشگاه‌های مربوط به استان گلستان، رویش قطری سالانه فقط یک‌بار در پنجاه سال اول، بیشتر از ۲/۵ میلی‌متر و در پنجاه سال دوم، بیشتر از دو میلی‌متر بود. به‌طوری‌که در اغلب سال‌های مذکور، رشد پایه‌های زربین در این استان کمتر از ۱/۵ میلی‌متر به‌دست آمد. در ۴۰۰ تا ۴۵۰ سال گذشته نیز رشد سالانه آن کمتر از ۰/۸ میلی‌متر بود. پهنای حلقه‌های رشد سالانه در رویشگاه‌های استان گلستان هر سال نسبت به سال بعد با تغییرات زیادی همراه بود. این شدت تغییرات سبب تندی شیب در منحنی‌های رویش قطری سالانه برای این استان شده است.



شکل ۶- رویش قطری سالانه زربین بین سال‌های ۱۵۷۱ تا ۱۶۲۱ میلادی (پنجاه سال نهم) در سه استان مورد مطالعه (الف) و **A** و مقایسه میانگین آن‌ها با استفاده ازنمودار جعبه‌ای آزمون دانکن (ب) و **B**

استان‌های گیلان، مازندران و گلستان در شکل ۶- الف به‌ترتیب با رنگ‌های آبی، سبز و نارنجی مشخص شده‌اند.

حرف‌های متفاوت لاتین در شکل ۶- ب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 5. The annual diameter growth of cypress in 1571 to 1621 (the ninth fifty years) in three studied provinces, Iran (A) and comparison of them using Duncan test

Gilan, Mazandaran and Golestan provinces in Figure 6-A are marked in blue, green and orange, respectively.

Different letters in Figure 5-B indicate a significant difference between means (P<0.05).

نتایج تحلیل‌های زمانی حلقه‌های رشد بین نُه دوره مورد مطالعه نشان داد که به‌طورکلی، رویش زربین در هر سه استان مورد مطالعه در سده‌های قبل به‌مقدار قابل‌توجهی کمتر از یک‌صد سال اخیر بوده است. میانگین رویش قطری سالانه برای این گونه در سده‌های گذشته کمتر از ۰/۳ میلی‌متر بوده است، درحالی‌که در سال‌های اخیر به بیشتر از یک میلی‌متر رسیده است. طبق محاسبه‌های انجام‌شده می‌توان عدد ۰/۹۵ میلی‌متر را برای رویش قطری سالانه زربین در رویشگاه‌های هیرکانی گزارش کرد.

بحث

نمونه‌گیری از چوب تنه درختان به‌منظور تعیین دقیق رویش سالانه، اطلاعات ارزشمندی در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان جنگل قرار می‌دهد. در پژوهش پیش‌رو، اندازه‌گیری حلقه‌های رشد درختان زربین در رویشگاه‌های مختلف هیرکانی نشان داد که متوسط رویش قطری سالانه این گونه حدود ۰/۹۵ میلی‌متر است. این عدد در رویشگاه‌های مختلف با وجود تفاوت‌های قابل‌توجه اقلیمی، بیشتر تحت تأثیر شرایط محل استقرار درختان نمونه بود. پاسخ حلقه‌های رویشی درختان ون (Fraxinus excelsior L.) و بلوط اروپایی (Quercus robur L.) به تغییرات اقلیمی در مولداوی نیز نشان داد که پارامترهای اقلیمی، اثرات معنی‌داری بر مقدار رشد دایره‌های سالانه داشتند (Roibu et al., 2020).

از ۹۲ درخت نمونه زربین در پژوهش پیش‌رو فقط ۴۲ پایه مسن‌تر از ۵۰۰ سال بودند. درختی از منطقه ویایه در شهرستان رودبار (استان گیلان) با سن ۱۵۱۹ سال و قطر ۲۴۱ سانتی‌متر، رکورددار مسن‌ترین زربین هیرکانی برآورد شد (جدول ۱). پس‌ازآن، دو درخت در پارک ملی گلستان (استان گلستان) با سن‌های ۱۲۲۱ و ۱۲۲۰ سال و قطرهای ۱۴۰ و ۱۴۵ سانتی‌متر، پایه‌هایی در توتکابن رستم‌آباد (استان گیلان) با سن ۱۲۰۵ و ۱۱۷۱ سال و قطر حدود ۱۴۰ سانتی‌متر و دو درخت ۱۱۱۵ و ۱۰۰۱ ساله با قطر ۱۰۰ سانتی‌متر در رویشگاه حسن‌آباد (استان مازندران) مسن‌ترین پایه‌های نمونه بودند. با وجود ویژگی‌های اقلیمی مختلف و به‌تبع آن، تفاوت‌های بوم‌شناختی بین رویشگاه‌های مورد مطالعه، اثر جایگاه حضور درختان مسن نمونه و شرایط محل استقرار آن‌ها بر پهنای دایره‌های سالانه، بسیار تعیین‌کننده بودند. تشابه درختان پارک ملی گلستان، توتکابن و حسن‌آباد ازنظر قطر و سن نشان می‌دهد که این پایه‌ها در شرایط بسیار سخت‌تری مانند استقرار روی بستر سنگی، خاک کم‌عمق، فقیر و مارنی، دامنه جنوبی و آفتاب‌گیر نسبت به درخت رکورددار ویایه رویش داشته‌اند. به‌عنوان مثال، این درخت در ویایه با پایه شماره چهار در توتکابن در نزدیکی یکدیگر قرار داشتند، درحالی‌که درخت ویایه، یک متر قطورتر، اما فقط حدود ۳۰۰ سال مسن‌تر از درخت شماره چهار بود (جدول ۱). اگرچه همواره محل درختان نمونه از ایستگاه‌های هواشناسی دور بود، اما تشابه شرایط اقلیمی و نزدیکی دو درخت نمونه مذکور با وجود اختلاف فاحش قطر و تفاوت سن کم آن‌ها ناشی از تفاوت‌های محل استقرار و برخورداری آن‌ها از آبیاری و حاصلخیزی رویشگاه یا عدم آن است. نتایج مطالعات درخت‌گاه‌شماری و اقلیم نیز که توسط Harsini و همکاران (۱۳۹۰) بر روی مازودار انجام شد، حاکی از اثر مثبت بارندگی و تأثیر منفی دما بودند. گاه‌شماری درختی مازودار (Quercus infectoria Oliv.) در جنگل‌های بلوط کرمانشاه نیز حاکی از اثر مثبت بارندگی و تأثیر منفی دما بر رویش شعاعی درختان مورد مطالعه بود (Najafi Harsini et al., 2012).

همچنین، پاسخ حلقه‌های رویشی درختان ون و بلوط اروپایی به تغییرات اقلیمی در مولداوی بیانگر اثرات مثبت رطوبت و بارندگی بر رویش گونه‌های مذکور بود (Roibu et al., 2020). مهم‌ترین عامل مؤثر بر تفاوت رویش سالانه اوری (Quercus macranthera Fisch. & C.A.Mey.) درارتفاعات فوقانی جنگل‌های هیرکانی نیز ترسالی و خشک‌سالی گزارش شد (Jalilvand & Balapour, 2014). اگرچه اختلاف قطر این درختان نیز تابع محل استقرار و چگونگی برخورداری از منابع و شرایط رویشی بود، بنابراین

علاوه‌بر تأثیر اقلیم باید اثرات فیزیوگرافی و حاصلخیزی رویشگاه نیز مدنظر قرار گیرد.

چنانچه در جدول ۱ و شکل ۳ آمده است، رابطه بین قطر و سن درختان، تابع ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه است. در رویشگاه‌های با شرایط سخت رویشی، درختان با قطر کمتر، سن بیشتری دارند. به‌عبارت‌دیگر، یک رابطه خطی بین قطر و سن درخت وجود ندارد. بلکه این مهم به‌طور کامل تابع شرایط رویشگاهی و چگونگی برخورداری از منابع و شرایط رشد است. در راستای این نتایج، رویش قطری سالانه سپیدار (Populus alba L.) و زربین نیز تحت تأثیر اقلیم و شرایط رویشگاهی گزارش شد (Kazemi et al., 2012; Hedayati et al., 2014).

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که رویش قطری سالانه زربین در سده‌های قبل تا ۰/۰۳ میلی‌متر و به‌طور چشم‌گیری کمتر از یک‌صد سال اخیر بوده است. به‌طوری‌که در سال‌های اخیر به بیشتر از یک میلی‌متر رسیده است. رویش سالانه درختان، یک تابع چندمتغیره است و به چندین عامل ازجمله گرم‌تر شدن هوا و مقدار بارندگی وابسته است. باتوجه‌به تحمل زیاد و بردباری زربین به کم‌آبی و تنش‌های خشک‌سالی، افزایش پهنای حلقه‌های رشد سالانه در سال‌های اخیر را می‌توان به تأثیر مثبت تغییر اقلیم، هوای گرم‌تر و بارش‌های منطقه‌ای و تابستانی در چند سال اخیر بر رویش سالانه این گونه نسبت داد. Koval و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی درخت‌گاه‌شماری بلوط اروپایی در اوکراین، نتایج مشابهی را گزارش کردند. طبق محاسبه‌های انجام‌شده در پژوهش پیش‌رو، میانگین رویش قطری سالانه زربین در رویشگاه‌های هیرکانی ۰/۹۵ میلی‌متر برآورد شد. منحنی رویش قطری سالانه زربین در رویشگاه حسن‌آباد در استان مازندران نسبت به دو استان دیگر، نظم و یکنواختی بیشتری داشت و با شیب ملایم‌تری همراه بود. عدم وجود تغییرات ناگهانی در منحنی رویش حسن‌آباد نشان‌دهنده شرایط یکنواخت‌تر اقلیمی و رویشگاهی ناشی از شکل و زمین‌ساخت منطقه، تداخل اقلیمی تدریجی و محصور شدن بین رویش‌های هیرکانی متأثر از آن است.

باتوجه‌به دیرزیستی و قدمت درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل‌های هیرکانی، پنج درخت اول جدول ۱ به‌عنوان قدیمی‌ترین نمونه‌های زنده درختی (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) به‌حساب می‌آیند. این نتایج، یک رکورد بسیار ارزشمند در رابطه با برخی از قدیمی‌ترین موجودات ایران هستند. به‌طورکلی در استان گیلان و به‌طور مشخص در محدوده دره سفیدرود، قدیمی‌ترین پایه‌های زربین مربوط به آرامگاه‌ها و امامزاده‌ها هستند. به‌طور قطع می‌توان گفت که تک‌درخت سرو هرزویل در استان گیلان که به‌عنوان یک اثر طبیعی ملی به‌ثبت رسیده است، مسن‌ترین سرو در جنگل‌های هیرکانی نیست. ضمن اینکه به‌علت محدودیت در نمونه‌برداری از این درخت، هنوز زربین و تیپیک بودن آن مشخص نیست. احتمال دارد که این درخت، کولتیواری با فرم رویشی مجزا و کاشته‌شده باشد.

درختان زربین موجود در طبیعت استان گیلان به‌علت بهره‌برداری‌های تدریجی در گذشته، به‌ندرت سنی بیشتر از دویست سال دارند، درحالی‌که در رویشگاه حسن‌آباد واقع در استان مازندران، درختان مسن زربین اغلب در مناطقی دور از دسترس واقع شده‌اند که قطع و حمل تنه‌های سنگین آن تا جاده را بسیار دشوار کرده است. شاه‌سور، درخت زربین بزرگی در رویشگاه حسن‌آباد است که مردم محلی آن را بزرگ‌ترین و مسن‌ترین درخت و نماد منطقه می‌دانند. به‌طوری‌که سن آن را حدود دو هزار سال پیش‌بینی می‌کنند، درحالی‌که سن این درخت فقط ۵۱۴ سال است (ردیف ۴۲، جدول ۱). در چند کیلومتری آن در جایی دور از دسترس، بزرگ‌ترین درخت زربین اندازه‌گیری‌شده در این منطقه با سن ۱۱۱۵ سال (ردیف ۶، جدول ۱) حضور دارد. در استان گلستان، زربین‌هایی با سنی بیشتر از ۱۲۰۰ سال مشاهده شدند. این پایه‌ها به‌دلیل شرایط خاص موجود در پارک ملی گلستان و دور از دسترس بودن، سالم باقی مانده‌اند. هرچند وجود گونه زربین در این پارک تا پیش از سال ۱۳۹۹ گزارش نشده بود (Amini et al., 2020).

منابع مورد استفاده

- Amini, T., Ejtehadi, H., Djamali, M. and Guibal, F., 2020. The world's easternmost natural stands of *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae) in the Hyrcanian forests of Iran. Journal of Mediterranean Ecology, 18(1): 3-8.
- Arsalani, M., Grießinger, J., Pourtahmasi, K. and Bräuning, A., 2021. Multi-centennial reconstruction of drought events in South-Western Iran using tree rings of Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 567: 110296.
- Assadi, M., 1997. Flora of Iran, Vols. 19-22: Pinaceae, Taxaceae, Cupressaceae and Ephedraceae. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 58p (In Persian with English summery).
- Balapour, Sh. and Mammadov, T.S., 2016. Principles, Methods and Application of Dendrochronology. Jedikar Publications, Tehran, 354p (In Persian with English summery).
- Hedayati, S., Soosani, J., Akbari, H., Fallah, A. and Balapour, S., 2014. Assessment of radial growth of *Cupressus sempervirense* var. *horizontalis* trees by use of dendrochronology knowledge in its native site (Case study: Gorgan Ali Abad Catool). Iranian Journal of Forest, 5(4): 361-376 (In Persian with English summery with English summary).
- Jalilvand, H. and Balapour, Sh., 2014. The effect of climate on tree-ring chronologies of oak (*Quercus macranthera*) on tree line of Hyrcanian forest. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(4): 1-19 (In Persian with English summery with English summary).
- Kazemi, S.M., Balapour, Sh. and Rezaei, F., 2012. Investigation of climate variables (temperature and precipitation) effects on *Populus alba* annual growth. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(2): 143-152 (In Persian with English summery with English summary).
- Koval, I., Meshkova, V., Maksymenko, N., Roibu, C.C. and Obolonik, I., 2021. Assessment of climate change by dendrochronological methods in Polissya. SHS Web of Conferences, 100: 05005.
- Mohtadi Haghi, A., 2002. Estimating the growth of common cypress species in natural and hand-planted stands of Guilan province by trunk analysis method. M.Sc. thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, 116p (In Persian with English summery).
- Najafi Harsini, F., Pourtahmasi, K. and Karimi, A.N., 2012. Dendrochronological investigation of radial growth of *Quercus infectoria* in Kermanshah oak forests. Journal of Forest and Wood Products, 65(1): 119 -129 (In Persian with English summery with English summary).
- Pourtahmasbi, K., Parsapajouh, 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 (In Persian with English summery with English summary).
- Roibu, C.C., Sfeclă, V., Mursa, A., Ionita, M., Nagavciuc, V., Chiriloaei, F., ... and Popa, I., 2020. The climatic response of tree ring width components of ash (*Fraxinus excelsior* L.) and common oak (*Quercus robur* L.) from eastern Europe. Forests, 11: 600.
- Toghraii, N., 2013. Dendrochronology. Development of Geological Education, 74: 58-64 (In Persian with English summery).
- Zare, H., 2001. Native and Non-native Conifer Species in Iran. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 500p (In Persian with English summery).

Dendrochronological studies of common cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) to determine its annual diameter growth rate and identify the oldest trees in the Hyrcanian habitats, Iran

T. Amini Eshkevari [1], H. Ejtehadi [2*] and M. Djamali [3]

1- Ph.D. Student, Quantitative Plant Ecology and Biodiversity Research Lab., Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2*- Corresponding author, Prof., Quantitative Plant Ecology and Biodiversity Research Lab., Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: hejtehadi@um.ac.ir

3- Research Scientist, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie, Aix-Marseille Université, CNRS, Université d'Avignon, France

Received: 31.05.2022 Accepted: 09.07.2022

Abstract

In temperate regions, the one-year life cycle forms observable growth rings influenced by the genetic, physiological, climatic, and physiographic structures of trees that consider in dendrochronology. Common cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) is a precious Mediterranean species that grows in the Hyrcanian regions, as the only native cypress in Iran. In order to determine the annual diameter growth of this species and to identify the oldest trees, a sample of 92 aging woods was selected in the Hyrcanian habitats of Iran. Samples were collected by an increment borer with a length of 50 cm and measured in the dendrochronology laboratory by Lintab 6 device, and the obtained data were automatically recorded for time matching in TSAP-Win software and time series analysis. After comparative dating and eliminating any measurement error, the mean values of the vegetative ring width of all specimens were calculated and the average growth of the cypress was obtained. The relationship between the width of growth rings in each cypress tree, and the difference in tree growth of the three provinces viz. Gilan, Mazandaran and Golestan was evaluated using R software. The results showed that a tree in Viaeyeh, Rudbar county is the oldest tree in existence reaching an age of 1519 years. The annual diameter growth of cypress is reported as 0.95 mm. The growth rate curve in Mazandaran province during the last 450 years showed milder characteristics in the arrangement, uniformity and slope of change compared to the other two provinces. This indicates the stability of climatic and habitat conditions in Hassanabad, Mazandaran province, compared with the two other areas and sufficient evidence that this area is very close to the Mediterranean climate.

Keywords: Annual diameter growth, growth ring, Hyrcanian forests, tree age.