ارزیابی رویش شعاعی درختان زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) با استفاده از دانش گاه‌شناسی درختی در رویشگاه طبیعی آن (مطالعهٔ موردی: علی‌آباد کتول گرگان)

سارا هدایتی[۱*]، جواد سوسنی[۲]، حسن اکبری[۳] ، اصغر فلاح[۴] و شمس‌الدین بالاپور[۵]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی خرم آباد
[۲] استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی خرم‌آباد
[۳] استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۴] دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۵] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۹)

چکیده

درختان با داشتن دیرزیستی بالا، قادرند تأثیرات طولانی‌مدت شرایط اقلیمی را بر پهنای حلقه‌های رویش خود منعکس کنند. در این پژوهش سعی شد تأثیر متغیرهای اقلیمی (بارندگی و دما) بر رویش شعاعی سالیانهٔ زربین در رویشگاه علی‌آباد کتول گرگان بررسی شود. به این منظور از ۲۳ درخت زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*)، نمونه‌های رویشی در ارتفاع برابر سینه، با استفاده از متهٔ سال‌سنج استخراج شد. پهنای دوایر سالیانهٔ نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی، با استفاده از میز اندازه‌گیری (LINTAB 6)، همراه با برنامه (TSAPWIN)، با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تاریخ‌گذاری و تطبیق نمونه‌ها انجام گرفت و بیشترین و کمترین مقدار ضرایب درصد تطابق واریانس‌ها (GLK) در بین نمونه‌ها، ۷۵/۸ و ۵۹/۲ درصد به‌دست آمد. میانگین مقادیر پهنای دوایر سالیانه استاندارد و شاخص زربین محاسبه شد. طول گاه‌شناسی اصلی حاصل ۲۴۴ (۲۰۱۰-۱۷۶۷) سال تعیین شد. رابطه رویش و اقلیم با استفاده از روش تابع پاسخ مشخص کرد که حداقل دمای ماه فوریه در فصل رویشی پیشین، مهم‌ترین عامل اقلیمی تأثیرگذار بر رشد زربین است. بررسی سال‌های شاخص نشان داد که حداقل فاصلهٔ زمانی وقوع احتمالی رویدادهای خشک اقلیمی، یک سال و حداکثر شش سال در منطقه است. این تحقیق مشخص کرد که همواره عامل محدودکنندهٔ رشد در ارتفاعات پایین بارندگی نیست، بلکه دما نیز در این ارتفاعات نقش خود را آشکار می‌کند. بررسی بیشتر سایر گونه‌ها می‌تواند درستی نتیجهٔ این تحقیق را اثبات یا رد کند.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، پهنای حلقه رویش، دما، زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*)، علی‌آباد کتول، گاه‌شناسی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۷۹۵۲۷۶۹۳ Email: sara_hedayati88@yahoo.com

مقدمه و هدف

شرایط اقلیمی، عامل‌های طبیعی مهم و مؤثری برای رشد درخت هستند. این فاکتورها به‌طور ثابت بر ساختار زیست‌توده تأثیر می‌گذارند و بنابراین، درختان نمایانگر حالت محیط در ساختار حلقه رویشی خود هستند. پهنای نسبی حلقه به‌شدت تحت‌تأثیر نرخ رشد درختان در طول سال رشد، قرار می‌گیرد. رشد شعاعی در هر سال معین، ترکیبی از تأثیرات شرایط اقلیمی طی رشد پیشین، شرایط رویشگاه محلی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گونه‌های درختی است. برخلاف تعداد پدیده‌های مؤثر، درختان یک گونه ممکن است در یک رویشگاه معین، الگوی پهنای حلقه مشابهی به‌دلیل تأثیرات آب‌وهوایی محلی نشان دهند. اقلیم‌نگاری درختی[1] تلاش می‌کند اطلاعات آب‌وهوایی موجود در سری‌های حلقه رویشی را به‌عنوان مقادیر شاخص برای بازسازی آب‌وهوای گذشته استفاده کند (Fritts, 1976). در نواحی معتدل، حلقه‌های رویشی، میانگین اطمینان‌بخشی از ارزیابی سن و نرخ رشد درخت نشان می‌دهند (Schweingruber, 1988). بیشتر درختان در سال‌هایی که شرایط محیطی نامساعد غالب باشد، حلقه رویشی ندارند یا حلقه‌هایی خیلی باریک، یا فقط در یک قسمت از تنهٔ درخت تشکیل می‌دهند. در بعضی از سال‌ها که شرایط محیطی مناسب است، در درختان جوان حلقهٔ دوم نیز تشکیل می‌شود (Larson, 1994). این قبیل حلقه‌ها، با مقایسهٔ الگوهای حلقه رویشی در چند نمونه از یک درخت و چند درخت از رویشگاهی یکسان بررسی می‌شوند (Stokes & Smiley, 1968). روند تطابق الگوهای حلقه‌های رویشی درختان، تطابق زمانی[2] نامیده می‌شود (Fritts, 1976). در ایران تحقیقات گاه‌شناسی درختی پیشینهٔ چندانی ندارد. جلیل‌پور (۱۳۸۲) تأثیر آلودگی‌های ناشی از جنگ خلیج فارس را بر رویش سه گونهٔ درختی کنار، کهور و بلوط ایرانی در یک دامنهٔ زمانی چهارده ساله با بهره‌گیری از پژوهش‌های گاه‌شناسی بررسی کرد و دریافت که در سال تنش، رویش به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. صفدری (۱۳۸۵) رابطهٔ دما و بارندگی سالیانه با پهنای دوایر رویشی گونهٔ کاج الدار را در سه پارک چیتگر، المهدی و سرخه‌حصار تهران بررسی کرد و اظهار داشت که واکنش درختان سه رویشگاه به دما و بارندگی سالیانه شباهت داشت. همبستگی مقدارهای استانداردشده نمایه‌های رویشی با بارندگی ماه‌های سال نشان داد که بارندگی اکتبر سال قبل در دو رویشگاه المهدی و چیتگر و بارندگی ماه‌های مارس و آوریل در رویشگاه سرخه‌حصار و بارندگی اوت، در هر سه رویشگاه، بیشترین همبستگی را با پهنای حلقه رویشی داشته است. عدم معنی‌داری دماهای سال با رویش شعاعی درختان ناشی از تأثیرپذیری بیشتر درختان رویشگاه منطقهٔ خشک از بارندگی است. پورسرتیپ (۱۳۸۵) رویش شعاعی اوری را در دو دامنهٔ شمال و جنوب البرز در منطقهٔ چهارباغ گرگان بررسی کرد و نشان داد که اثر دمای محیط بر رشد در طول فصل رویش از بارندگی مهم‌تر است. بالاپور (۱۳۸۶) تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رویش دو گونهٔ راش و بلندمازو را در دو جهت شمالی و جنوبی در حوزهٔ جنگل‌های ساری، بررسی و با استفاده از روش همبستگی پیرسون، تأثیر متغیرهای اقلیمی بر حلقه‌های سالیانه را مطالعه کرد. در هر دو رویشگاه راش و بلندمازو، بارندگی و دما عوامل تأثیرگذار بر رشد سالیانه بوده‌اند. جلیلوند (۱۳۸۶) به‌منظور تعیین واکنش رشد حلقه‌ها به متغیرهای اقلیمی، ۳۵ پایه زبان‌گنجشک از اشکوب غالب در پارک جنگلی نور برداشت کرد. نتایج نشان داد که رشد زبان‌گنجشک با متغیرهای اقلیمی سال‌های قبل از سال جاری رویشی وابستگی دارد. زبان‌گنجشک شرایط گرم‌تر را در انتها و اواسط فصل رشد در حضور رطوبت در دسترس و بارندگی را در ماه‌های ابتدای فصل رویش (اردیبهشت – خرداد دو

1. Dendroclimatology
2. Crossdating

سال قبل) بیشتر می‌پسندد. بخشی و همکاران (۱۳۸۷) رابطهٔ دما و بارندگی سالیانه با پهنای حلقه رویشی زربین را در سه ارتفاع ۴۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری از سطح دریا، در منطقهٔ نوشهر بررسی کردند. در ارتفاع ۴۰۰ متری، همبستگی مثبت بین دمای ماه‌های آغازین با پهنای حلقه رویش، مشاهده شد. پورطهماسی و همکاران (۱۳۸۷) تغییرات حلقه‌های رویشی گونه ارس را در سه رویشگاه لاین (خراسان)، فیروزکوه (تهران) و زنجان، بررسی کردند و نتیجه گرفتند که پهنای حلقه‌های رویش ارس در رویشگاه‌های محل تحقیق، روابط معنی‌داری با عامل‌های بارندگی و دما داشته است. مهم‌ترین این روابط، اثر مثبت و معنی‌دار بارندگی در پاییز و زمستان قبل از شروع رویش فصل جاری و در طول فصل رویش بود. پورطهماسی و همکاران (۱۳۸۸) رابطهٔ اقلیم و شاخص پهنای حلقه‌های رویش گونه‌های ارس و اوری را در دو دامنهٔ شمال و جنوب البرز در منطقهٔ چهارباغ گرگان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که طی فصل رویش، بارندگی در مقایسه با دمای محیط اثر معنی‌دارتری بر درختان ارس داشته است، درحالی که در پاییز و زمستان پیش از فصل رویش، به‌ویژه در ماه اسفند (مارس)، دمای محیط بر رویش درختان اثرگذارتر از بارندگی بوده است. در مورد درختان بلوط طی فصل رویش و پیش از آن، دمای محیط بیشتر از بارندگی بر رویش درختان بلوط مؤثر بوده است. در طول ماه‌های پیش از فصل رویش، بارندگی در ماه‌های مارس (اسفند) بر رویش بلوط تأثیر بیشتری داشته است. همچنین ارتباط رویش بلوط با دمای محیط به‌ویژه در ماه دی (ژانویه)، در ماه‌های پیش از فصل رویش همواره مثبت بوده است. Akkemik (2000) برای تعیین واکنش حلقه رویشی به اقلیم، ۲۰ درخت از گونهٔ *Pinus pinea* را در استانبول استخراج کرد و از آنالیز تابع پاسخ برای بررسی ارتباط حلقه رویشی و اقلیم بهره گرفت، بارش سال جاری و دما در شروع دورهٔ رشد، اثر مثبت معنی‌داری بر رشد حلقه رویشی نشان دادند و دما فقط در ماه‌های مارس و آوریل به‌علت اینکه دورهٔ رشد در آغاز مارس شروع می‌شود، تأثیرگذار بود و در سایر فصول اثر مهمی بر رشد نداشت. Abdon *et al*. (2005) رویش شعاعی درختان کهنسال گونهٔ *Cupressus depreziana* را در منطقهٔ سهارامندان، با استفاده از تاریخ‌گذاری به‌وسیلهٔ رادیوکربن و برداشت نمونه رویشی در سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۹۷، یعنی ۳۰ سال، بررسی کردند و نتیجه گرفتند که رویش در این گونه با خانوادهٔ *Cupressaceae* مدیترانه‌ای اختلاف چندانی ندارد و نزدیک به آن است. دامنهٔ سنی درختان در این تحقیق، بین ۶۰۰ تا ۲۴۰۰ سال بوده است و در نهایت، میانگین رویش شعاعی سالانه برای درختان جوان، بین ۰/۳۸ تا ۲/۳۳ میلی‌متر و برای درختان کهنسال بین ۰/۷ تا ۰/۲۷ میلی‌متر در سال برآورد شد. Pourtahmasi *et al*. (2007) با بررسی کرونولوژی‌های شاخص پهنای حلقهٔ رویش گونهٔ ارس (*Juniperus polycarpos*) با داده‌های اقلیمی، نتیجه‌گیری کردند که پهنای حلقهٔ رویشی این گونه، ارتباط مثبتی با بارندگی فراوان در بهار و آغاز تابستان و دمای بیشتر در دسامبر پیش از فصل رویش دارد. همچنین از کرونولوژی‌های حلقه‌های رویش درختان در ناحیهٔ شمال ایران و نواحی مرتفع کشورهای همجوار استفاده کردند تا تفاوت‌ها و شباهت‌های واکنش درختان در سال‌های بحرانی را در یک دامنه گسترده رویشگاهی بررسی کنند. در این تحقیق از تکنیک سال‌های نمادین[1] استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تشابهات رفتاری رویش شعاعی درختان در شمال ایران با نواحی مرتفع آسیا بیشتر از نواحی شرقی مدیترانه‌ای است.

هدف این تحقیق بر معرفی الگوی رویشی درختان زربین، در رویشگاه درهٔ علی‌آباد کتول گرگان و بررسی رابطهٔ الگوی رویشی سالیانه شعاعی درختان زربین با

1. Pointer Years

مقدار بارندگی و دما استوار است. با برآوردهای اقلیمی از روی حلقه‌های رویشی می‌توان اطلاعات ارزشمندی را برای دوره‌ها و مناطق فاقد داده‌های هواشناسی فراهم آورد و جایگزین آن کرد (Fritts, 1976). وجود گونه‌های درختی کهنسال در جنگل‌های شمال، امکان بررسی اقلیم گذشته را از روی حلقه‌های رویشی برای این گستره فراهم می‌آورد. گونهٔ زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*)، یکی از سوزنی‌برگان مهم و بومی ایران است که در مناطقی از کشور با آب و هوای مدیترانه‌ای پراکنده شده است. (زارع،۱۳۸۱). فلات ایران و به‌ویژه برخی از دره‌های انشعابات البرز رویشگاه‌های طبیعی این گونه و جوامع خاصی با شرایط اکولوژیکی در نواری بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا را دربر می‌گیرند که از آن میان می‌توان مناطق رودبار، دیلمان، اشکور، حسن‌آباد و علی‌آباد کتول را نام برد (ثابتی، ۱۳۷۳). دیرزیستی فیزیولوژیک زربین در شمال ایران به بیش از ۱۰۰۰ سال می‌رسد و به راحتی می‌توان گونه‌هایی با عمر طولانی را پیدا کرد (رضایی، ۱۳۷۱). این گونه، حساس به رویشگاه محسوب می‌شود و با کوچک‌ترین تغییر در محیط رویش، حلقه‌های سالیانه آن از خود واکنش نشان می‌دهند (Zobel, 1989). این ویژگی، آن را برای مطالعات اقلیمی مناسب کرده است.

مواد و روش‌ها

- منطقهٔ مورد بررسی

منطقهٔ مورد بررسی در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان علی‌آباد و سه کیلومتری شمال غربی روستای چینو و پنج کیلومتری روستای زرین‌گل در مجاور جاده آسفالته قرار دارد. این رویشگاه دارای یک جبههٔ شمال شرقی است که رودخانهٔ علم‌کوه، جبههٔ جنوب غربی را از جبههٔ مذکور تفکیک کرده است. این منطقه در طول جغرافیایی "۵۴°۵۸'۱۵- "۵۴°۵۵'۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی "۵۵ '۴۹°۳۶ - "۳۵ '۵۰°۳۶ شمالی و در ارتفاع ۴۰۸ تا ۸۳۰ متری از سطح دریا واقع شده است. این اراضی در واحد فیزیوگرافی کوهستان با شیب متوسط تا زیاد قرار گرفته و دامنهٔ عمومی آن شرقی (۶۱ درصد) و شمالی (۳۷ درصد) است و پوشش گیاهی عرصه نیز بر این اساس شکل گرفته است. به‌طوری‌که در بخش‌های مرطوب با خاک عمیق، گونه‌های پهن‌برگ و در قسمت‌های صخره‌ای، یال‌ها و شیب‌های تند، گونه‌های کم‌توقع و مقاوم پهن‌برگ وجود دارد. سنگ آهک‌های پرمین و شیست‌های متامورفیک گرگان در تشکیلات زمین‌شناسی منطقه دیده می‌شود. گونهٔ زربین در دامنهٔ جنوبی این منطقه واقع شده است (بی‌نام، ۱۳۶۲).

- انتخاب نمونه و آنالیز حلقه‌های رویشی

با توجه به اینکه هدف اصلی پژوهش، بررسی اثر اقلیم بر رویش گونهٔ زربین در منطقه و تهیهٔ گاه‌شناسی درختی منطقه‌ای و افزایش طول گاه‌شناسی رویشگاه است، ابتدا با بازدید میدانی، شرایط رویشگاه بررسی شد و سپس درختان سالم قطور (Manetti, 2006)، با شرایط میکروکلیمای یکسان انتخاب شدند (پورطهماسی، ۱۳۸۷). ۲۳ درخت زربین در منطقه به صورت گزینشی انتخاب شدند (Fritts, 1976). از درختان زربین در تیرماه سال ۱۳۸۹ در ارتفاع برابر سینه در دو جهت عمود بر هم، در جهت دامنهٔ جنوبی با استفاده از متهٔ رویش سنج نمونه‌برداری شد. نمونه‌های به‌دست‌آمده پس از انتقال به آزمایشگاه و خارج شدن از قاب‌های پلاستیکی به‌صورت جداگانه روی یک نگهدارندهٔ چوبی تثبیت شدند. سطح نمونه‌های رویشی ابتدا با تیغ اسکالپر هموار و واضح شد تا تفکیک حلقه‌ها امکان‌پذیر شود. اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی (RW) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر توسط بینوکولار و میز اندازه‌گیری (RINNTECH LINTAB6) ساخت Frankrinn آلمان و برنامه تحلیل سری‌های زمانی

TSAP (Time Series Analysis program) به انجام رسید (Rinn, 1996). تاریخ‌گذاری تطبیقی مهم‌ترین مرحله علم گاه‌شناسی است. این مرحله در برنامه، TSAP انجام می‌گیرد. بعد از تطابق زمانی دو نمونه از یک درخت و حذف دو نمونه به‌علت تطابق زمانی ضعیف، مقادیر تک‌تک سری‌های درختان شامل ۴۴ منحنی با هم و با میانگین کل سری‌ها مقایسه شدند. در بعضی از درختان، در بخش‌هایی از سری تطابق زمانی کافی دیده نمی‌شد که پهنای حلقه در آن بخش‌ها دوباره اندازه‌گیری شد تا در حد امکان، تطابق زمانی لازم بین نمونه‌های رویشی حاصل شود و دو منحنی از الگوی یکسانی پیروی کنند. نکته ضروری برای محقق در تاریخ‌گذاری تطبیقی زیاد بودن مقدار GLK است. GLK، آماره‌ای است که دو سری زمانی را از نظر شیب آن‌ها بررسی می‌کند و تطابق کلی دو سری زمانی را نشان می‌دهد. مقادیر تطابق نمونه‌ها با محاسبهٔ ضرایب درصد تطابق واریانس‌ها[1] یا (GLK) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$GLK = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n=1}\left|G_{ix} + G_{iy}\right| \qquad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، G_{ix} اختلاف بین مقادیر پهنای حلقه رویشی در سال i نسبت به سال قبل از خود است.

پس از ایجاد نهایت تطابق زمانی و افزایش GLK، میانگینی از دو سری زمانی از هر درخت به‌دست‌آمد و به‌منظور بررسی عامل‌های اقلیمی مؤثر بر رویش درختان زربین، گاه‌شناسی درختی گونه تهیه شد. در فرآیندهای رشد درخت، تغییرات پهنای حلقهٔ رویشی علاوه بر آب و هوا و عامل‌های محیطی، تحت تأثیر سن کامبیوم نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بیشترین تغییرپذیری تحت اثر متغیرهای اقلیمی در توده‌های سرپای جوان نسبت به مسن اتفاق می‌افتد. در نتیجه، لازم است تا گرایش‌های سن در ارتباط با سن کامبیوم را حذف کنیم (Yan & Xuemi, 2009). استاندارد کردن، گرایش‌های اکولوژیکی و ژئومتریکی را حذف می‌کند، درحالی‌که تغییرات با نوسات بالای بین‌سالی که احتمالاً در ارتباط با اقلیم هستند را حفظ می‌کند (Bogino *et al.*, 2009). در مرحله استاندارد کردن، با برازش یک منحنی بر سری زمانی حلقه رویشی، مقادیر پهنای حلقه رویشی به مقادیر برآوردی منحنی تقسیم می‌شود و شاخص رویشی سری زمانی به‌دست می‌آید که حاوی سیگنال‌های محیطی خواهد بود. روش‌های مختلفی در استاندارسازی سری زمانی رویش وجود دارد. در این مطالعه با استفاده از روش هموارسازی[2] با بسامد کم (۱۵ ساله) استانداردسازی انجام گرفت. همهٔ مراحل استانداردسازی به کمک برنامهٔ ARSTAN انجام گرفت (Cook & Holmes, 1984; Holmes, 2001). در نهایت شاخص پهنای حلقه رویشی محاسبه می‌شود.

به کمک رابطهٔ زیر پهنای حلقه رویشی میانگین کل نمونه‌ها استاندارد شد.

$$i = \frac{w_t}{y_t} \qquad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه، i شاخص دوایر رویشی؛ w_t، مقادیر اندازه‌گیری شده و y_t مقادیر برآوردی حلقه رویشی است.

گاه‌شناسی همهٔ نمونه‌ها ترسیم و میانگین گاه‌شناسی با استفاده از روش میانگین biweight robust درختان استانداردشده و شاخص‌های مذکور تهیه شد.

میانگین حساسیت برای گاه‌شناسی منطقه با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد که اندازه‌ای از تغییرپذیری کلی در یک گاه‌شناسی هستند و تغییرپذیری سال به سال در ثبت‌های پهنای حلقه را شرح می‌دهد (Fritts, 1976).

$$\boldsymbol{S_i} = \frac{(\boldsymbol{X_{i+1}}-\boldsymbol{X_i})*\boldsymbol{2}}{(\boldsymbol{X_{i+2}}+\boldsymbol{X_i})} \qquad \text{رابطه ۳}$$

S_i، حساسیت حلقه سالانه متعلق به سال i؛ M_s، میانگین حساسیت یک نمونه و X_i، پهنای حلقه رویش در سال i است.

1. Percentage of parallel variation
2. Cubic smoothing spline

رابطه ۴ $M_S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}|s_{i+1}|}{n-1}$

نسبت سیگنال به ناهنجاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد و اندازه‌ای از تغییرپذیری است که منحصراً تحت تأثیر شرایط آب و هوایی ایجاد می‌شود. در کاربرد این روش می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

رابطه ۵ $\mathrm{SNR} = \mathrm{t}\frac{|r_{bt}|}{1-r_{bt}}$

در رابطه بالا، SNR نسبت سیگنال به ناهنجاری؛ t، تعداد درخت و r_{bt}، میانگین ضرایب همبستگی بین درختان است.

- اقلیم منطقه

بارندگی ماهانه

یکی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی حوزهٔ طرح، ایستگاه باران‌سنجی زرین‌گل است که در ۲/۵ کیلومتری شمال شرق ذخیره‌گاه، در عرض جغرافیایی "۱۰ '۵۳ °۳۶ و طول جغرافیایی "۳۰ '۵۷ °۵۴ قرار دارد. این ایستگاه، یک ایستگاه باران‌سنجی است و فاقد هر گونه اطلاعات دما و رطوبت نسبی است. ارتفاع محل ایستگاه، از سطح دریا ۳۰۰ متر است و از نظر بهره‌گیری از رطوبت خزری همانند محل ذخیره‌گاه است. با توجه به آمار بارندگی ماهیانهٔ ده‌ساله، بیشترین و کمترین باران ماهانه در اسفندماه به ترتیب، ۱۱۰/۳۵ و ۸۱/۲ میلی‌متر، ثبت گردیده است و پراکنش بارندگی در ماه‌های مختلف سال مناسب است (جدول ۱). اقلیم زرین‌گل بر اساس روش آمبرژه از نوع معتدل مرطوب است (بی نام، ۱۳۶۲).

جدول ۱- متوسط بارندگی ماهیانهٔ ایستگاه باران سنجی‌زرین‌گل از ۸۴-۱۳۷۳

ماه‌های سال	متوسط ده‌سالهٔ بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۱۰۰/۶
اردیبهشت	۱۰۸/۳
خرداد	۵۸/۴۵
تیر	۴۴
مرداد	۴۶/۵۵
شهریور	۶۱/۸
مهر	۸۸/۱۵
آبان	۹۵/۸
آذر	۸۵
دی	۵۹/۱
بهمن	۷۷/۴
اسفند	۱۱۰/۳۵

به دلیل کوتاه‌بودن طول داده‌های اقلیمی ایستگاه مذکور، داده‌های بارندگی و دما از سازمان هواشناسی ایران و از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی موجود در محدودهٔ منطقه، یعنی ایستگاه هواشناسی گرگان که یکی از مطمئن‌ترین گزارش‌های اقلیمی را به‌صورت سینوپتیک دارد، تهیه شد تا شرایط اقلیمی منطقه ارزیابی شود. این ایستگاه در سه کیلومتری غرب گرگان و در ارتفاع ۱۳/۳ متری از سطح دریا قرار دارد.

طـــول و عـــرض جغرافیـــایی آن ′۱۶ °۵۴ شـــرقی و ′۵۱ °۳۶ شمالی و طول زمانی داده‌هـای آن، ۵۴ سـال یعنی از سال ۱۹۵۴ تـا ۲۰۰۵ اسـت. در ایـن تحقیـق، اطلاعات ایستگاه‌ها بـه‌علـت اینکـه سـعی بـر بازسـازی داده‌های اقلیمی نبـوده و هـدف، بررسـی تـأثیر کلیـات اقلیمی بر مقدار رویش شعاعی گونهٔ زربین در رویشـگاه بوده است، بدون عملیات تصحیح داده‌های اقلیمـی، بـر اساس معـادلات طـول و عـرض جغرافیـایی یـا ارتفـاع رویشگاه استفاده شده است (پورطهماسی، ۱۳۸۰).

- ویژگی‌های داده‌های هواشناسی ایستگاه گرگان

شکل ۱، منحنـی آمبروترمیـک منطقـه را نمـایش می‌دهد. دورهٔ خشکی در این ناحیه، از حـدود اواسـط ماه آوریل (فروردین) شروع می‌شود و در حدود اوایـل ماه اکتبر (مهر) خاتمه می‌یابـد. بیشـترین و کمتـرین مقدار باران ماهانـه بـه‌ترتیـب در اسـفند ۸۰/۲ و تیـر ۲۱/۲ میلی‌متر، ثبـت شـده اسـت. کمتـرین دمـا ۸/۲ درجه در دی ماه و ۸/۸۶ درجهٔ سانتی‌گـراد در بهمـن مـــاه و بیشـــترین دمـــا ۲۸/۳ در تیـــر و ۲۸/۳ درجـــهٔ سانتی‌گراد در مرداد ماه بوده است.

شکل ۱- منحنی آمبروترمیک ایستگاه هواشناسی گرگان (مدت آمار: ۲۰۰۵- میلادی۱۹۵۱)

- بررسی روابط رویش و اقلیم

در این مطالعه، همبستگی بـین رویـش سـالیانه و عامل‌های اقلیمی از قبیل دمـا و مجمـوع بارنـدگی در ۱۲ ماه سال از اکتبر (مهـر) قبـل از فصـل رویـش تـا سپتامبر (شهریور) سال تشکیل حلقه رویشی ارزیـابی شد. از آنجا که متغیـرهـای اقلیمـی خـودهمبسـتگی داخلی دارند، ابتدا این متغیرها بـا اسـتفاده از تحلیـل مؤلفه‌های اصلی تغییر می‌یابند و سپس در همبستگی بـا داده‌هـای حلقـه‌هـای رویـش، اسـتفاده مـی‌شـوند (Guiot *et al.*, 1982). در ایـن تحقیـق، از روش تـابع پاسخ[1] برای یـافتن هرگونـه رابطـهٔ بـین رویـش و اقلـیم استفاده شد. تحلیل تـابع پاسـخ، نـوعی روش رگرسـیون چندگانه است که مؤلفه‌های اصلی داده‌های ماهانهٔ اقلـیم را برای برآورد مقادیر شاخص پهنای حلقـه‌هـای رویشـی به کار مـی‌بـرد. برنامـهٔ (DENDROCLIM 2002)، بـا استفاده از این روش روابط مقادیر شاخص حلقـه‌هـای رویشی و متغیرهای اقلیمی را بررسی می‌کند و نتیجه را بـــه‌صـــورت نمـــوداری گـــزارش مـــی‌دهـــد (Biondi & Waikul, 2004). ایـن برنامـه از فواصـل معنی‌دار بوت اسـتراپد[2]، بـرای ارزیـابی ضـرایب تـابع

1. Response Function (RF)
2. Bootstrapped

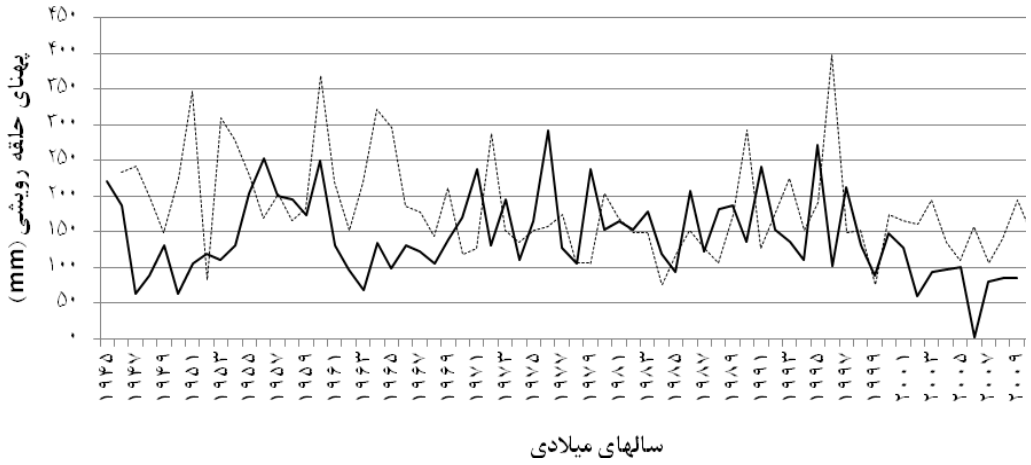
پاسخ و همبستگی استفاده می‌کند. رابطهٔ کلی حاکم بر این روش به صورت زیر است:

رابطه ۶ $W_i = \sum_{j=1}^{j} a_j t_{ij} + \sum_{k=1}^{k} b_k p_{ik} + \sum_{l=-m}^{-l} c_l w_l$

در رابطهٔ بالا $i=1$ تا n سال؛ W_i، شاخص دوایر سالیانه؛ t_{ij}، مقادیر دمای j در سال i؛ p_{ik}، مقادیر بارندگی k در سال i؛ c_l، b_k، a_j ضرایب دما، بارندگی و رویش سال قبل و W_l مقدار اختلاف دوایر سالیانه تا m سال قبل است.

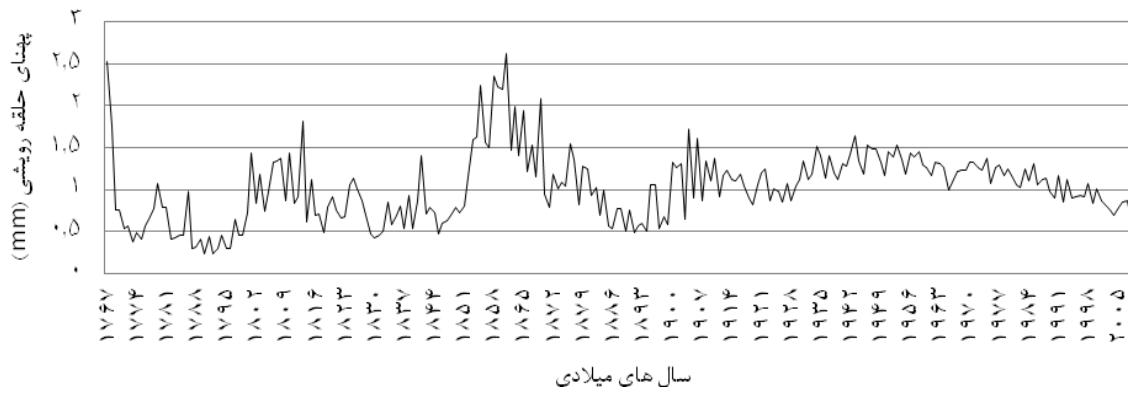
نتایج

ویژگی‌های کیفی منحنی رویش سالیانهٔ زربین در رویشگاه، پس از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویش در هر جفت نمونه از هر درخت در جهت عمود بر یکدیگر تهیه شد. منحنی میانگین رویش هر درخت به‌دست آمد، به‌همین ترتیب منحنی میانگین رویش تمام درختان سایت تهیه شد و با میانگین گرفتن از تمام درختان منطقه به‌کمک نرم‌افزار TSAP، منحنی میانگین رویش منطقه رسم شد. میانگین پهنای حلقه رویش درختان این منطقه ۱/۵ میلی‌متر و بیشترین و کمترین مقدار پهنای حلقه رویشی، به‌ترتیب ۸/۰۲ و ۰/۲۴، میلی‌متر بوده است. برای درک بهتر توالی حلقه‌های رویش درختان و منحنی‌های حاصل از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویش، منحنی‌های رویش در دو جهت درخت با زاویهٔ ۹۰ درجه در شکل ۲، نشان داده شده است. این دو نمودار کاملاً بر روی هم منطبق نیستند، ولی از الگوی یکسان رفتاری رویش پیروی می‌کنند.



شکل ۲- منحنی‌های رویش حاصل از دو نمونهٔ عمود بر هم اندازه‌گیری‌شده از یک درخت زربین

میانگین منحنی رویش درختان زربین در منطقه در شکل ۳ مشاهده می‌شود. بررسی رویش به‌صورت نموداری نشان می‌دهد که طولانی‌ترین دورهٔ کاهش رویش بین سال‌های ۱۷۶۹-۱۷۱۵ است. در درختان تحت بررسی می‌توان به‌ترتیب از سال‌های ۱۷۷۵، ۱۷۹۶، ۱۷۹۹، ۱۸۴۰، ۱۸۱۸، ۱۸۵۹، ۱۷۷۳، ۱۸۷۰، ۱۸۳۹، ۱۸۲۳، به‌عنوان سال‌هایی نام برد که کمترین رویش را داشته‌اند. طولانی‌ترین دورهٔ افزایش رویش بین سال‌های ۱۷۸۰-۱۷۷۵ است. در سال‌های ۱۷۶۷، ۱۸۶۰، ۱۸۴۱، ۱۸۰۱، ۱۸۱۰۱۸۱۳، ۱۷۶۷، ۱۸۳۳، ۱۷۹۹، ۱۸۶۹، به‌ترتیب بیشترین رویش، مشاهده شد. نکته مهم، نوسانات سال به سال رویش درختان زربین است که حساسیت این درختان به تغییرات اقلیم منطقه را نشان می‌دهد. این ویژگی از قابلیت‌های درختان زربین است که با کوچک‌ترین تغییرات اقلیمی، نشانه‌هایی از افزایش یا کاهش رشد را می‌توان در آنها مشاهده کرد.



شکل ۳- میانگین منحنی‌های رویش درختان زربین در منطقه

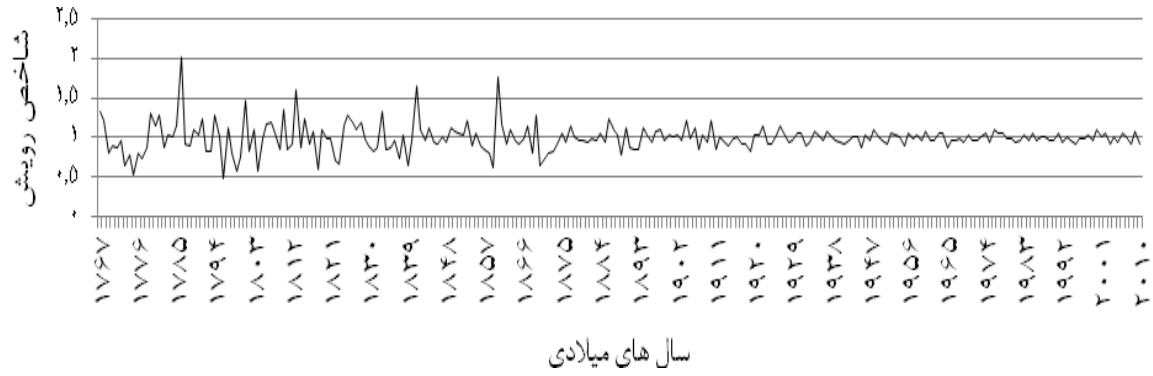
تاریخ‌گذاری تطبیقی از حساس‌ترین و اساسی‌ترین مراحل مطالعات گاه‌شناسی درختی است. ازاین‌رو به دست آوردن حداکثر تطابق بین نمونه‌ها ضروری است. تطابق کلی نمونه‌های به‌دست‌آمده از درختان زربین در جدول ۲ مشاهده می‌شود. با استفاده از روش‌های معمول، گاه‌شناسی گونهٔ زربین محاسبه شد (شکل ۴).

جدول ۲- مقادیر GLK بین گاه‌شناسی‌های فردی و گاه‌شناسی اصلی

شماره درختان	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
GLK	۵۹/۲	۷۵/۸	۶۲/۴	۶۶/۴	۶۵/۷	۶۲	۶۳/۳	۶۰/۱	۶۰/۶	۷۱/۶	۶۲/۴	۶۳/۷
شماره درختان	۱۴	۱۵		۱۶	۱۷	۱۸		۱۹	۲۰	۲۲		۲۳
GLK	۶۰/۳	۶۶/۱		۵۹/۶	۶۷/۱	۶۳/۶		۶۲/۵	۶۸/۱	۶۵/۹		۶۲/۳

(تمامی مقادیر در سطح ۹۹/۹ درصد معنی دار است)

با توجه به جدول ۳، طول گاه‌شناسی، ۲۴۴ سال و سال آغاز آن، ۱۷۶۷ میلادی (۱۱۴۵ شمسی) و سال پایان آن، ۲۰۱۰ میلادی (۱۳۸۸ شمسی) است.

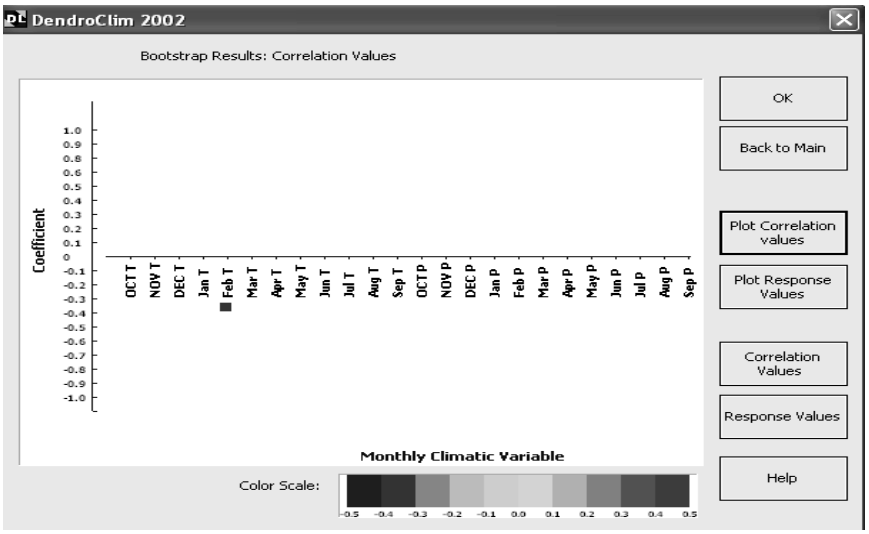


شکل ۴- گاه‌شناسی استاندارد گونهٔ زربین

ارتباط شاخص پهنای حلقه و داده‌های اقلیمی بررسی شد. در (DENDROCLIME, 2002)، ضرایب معنی‌دار با نشانه‌های کدبندی رنگی‌شده، مشخص می‌شود. نتیجه نشان داد که رابطهٔ معنی‌داری بین شاخص پهنای حلقه و بارندگی وجود ندارد، اما رویش درختان از حداقل دمای هوا در بهمن ماه (r=-۰/3) از سال رویشی پیشین، تأثیر منفی پذیرفته است (شکل ۵).

جدول ۳- ویژگی‌های کرونولوژی محاسبه‌شدهٔ رویشگاه

گونه درختی	سال آغاز کرونولوژی	سال پایان کرونولوژی	طول کرونولوژی	انحراف معیار	میانگین حساسیت	خود هم بستگی مرتبه اول	نسبت سیگنال به اغتشاش
Cupressus	۱۷۶۷	۲۰۱۰	۲۴۴	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۳۸	۵/۲۳



شکل ۵- نمودار همبستگی دمای ماه فوریه (بهمن) با شاخص پهنای حلقهٔ رویشی زربین (R = -0/3)

- سال‌های نمادین

تغییرات شدید شرایط محیطی، موجب تشکیل حلقه‌های درختی می‌شود که در مقایسه با پهنای حلقهٔ درختی مجاور پهن‌تر یا باریک‌ترند، یا ویژگی‌های مشهود دیگری از قبیل حلقه‌های گم‌شده، چوب واکنشی، مناطق ناشی از ضایعه و... در پی دارند. اگر این وقایع در تعداد زیادی از افراد یک گروه از درختان در سال یکسان ثبت شوند، به‌عنوان سال‌های نمادین مشخص می‌شوند. سال‌های نمادین تأثیرات محلی و ناحیه‌ای تغییرات محیطی را مشخص می‌کنند (Schweingruber, 1988). این سال‌ها، با استفاده از روش کروپر در رابطه زیر و در نرم افزار EXCEL به‌دست آمد.

رابطه ۷ $$z_i = \frac{x_i - mean[window]}{std[window]}$$

در رابطه بالا z_i، مقدار نمایه در سال؛ x_i، مقدار پهنای حلقه در سال i؛ $mean[window]$ میانگین پهنای حلقه در محدوده‌های x_{i+2}، x_{i-2} انحراف معیار پهنای حلقه در محدوده‌های x_{i+2}، $x_{i-2}x_{i-1}x_i x_{i+1}$ است.

بر این اساس، اگر مقدار z_i، بزرگ‌تر از ۰/۷۵− شود، سال تشکیل آن حلقه، سال نمادین مثبت (ترسالی) و اگر کوچک‌تر از۰/۷۵− شود سال نمادین

منفی (خشکسالی)، نام‌گذاری می‌شود (جدول ۴). سال نمادین منفی، سالی است که شرایط برای رویش بسیار نامناسب بوده است (پورطهماسی، ۱۳۸۷).

جدول ۴- سال‌های شاخص مثبت و منفی در منحنی رویش درختان

سال‌های شاخص مثبت	۱۹۵۶	۱۹۶۰	۱۹۶۲	۱۹۶۳	۱۹۶۴	۱۹۷۰	۱۹۷۶	۱۹۸۳	۱۹۸۵	۱۹۸۸	۱۹۹۱	۲۰۰۰
سال‌های شاخص منفی	۱۹۵۵	۱۹۵۹	۱۹۶۵	۱۹۶۶	۱۹۷۲	۱۹۷۴	۱۹۷۵	۱۹۸۱	۱۹۸۶	۱۹۸۹	۱۹۹۲	۱۹۹۵	۱۹۹۹	۲۰۰۳

بحث

برای دستیابی به مدلی برای رویش درختان زربین در رویشگاه علی‌آباد کتول گرگان، که تاریخ دقیق تشکیل حلقه را شناسایی کند و بیانگر نوسانات رویش درختان با افزایش سن باشد، از روش‌های جدید اندازه گیری و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. معرفی یک گاه‌شناسی با طول رویش ۲۴۴ سال برای درختان زربین در رویشگاه علی‌آباد کتول گرگان، نتیجهٔ این تحقیق است. با تهیهٔ ۴۶ نمونهٔ رویشی از ۲۳ درخت زربین، تاریخ‌گذاری تطبیقی بین گاه‌شناسی فردی درختان با میانگین آنها انجام گرفت و نتیجهٔ آن در جدول ۲ آورده شده است. زیادبودن مقادیر درصد واریانس تطبیقی، دقت اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. انحراف معیار استاندارد، ۰/۲۲ به‌دست آمد که اندازه‌ای از تغییرپذیری در یک کرونولوژی را نشان می‌دهد. میانگین حساسیت ۰/۲۲ به‌دست آمد و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که زربین، گونهٔ حساسی برای مطالعات گاه‌شناسی درختی است Akkemik (2000) این مقدار ضریب حساسیت را به دلیل حساس‌بودن گونهٔ درختی کاج به اقلیم معرفی کرده است. خودهمبستگی، به همبستگی مقادیر متوالی در یک سری زمانی اشاره دارد. کمتر بودن خودهمبستگی مرتبهٔ اول در رویشگاه می‌شود که منحصراً انعکاس نوسانات حاصل از تغییرات اقلیمی را در خود داشته باشد. مقدار SNR نیز اهمیت گاه‌شناسی ایجادشده را در ارزیابی روابط رویش و اقلیم نشان داد. بلایای طبیعی و دخالت بشر در رویشگاه‌ها سبب کم‌بودن این مقدار می‌شود و زیاد بودن آن همبستگی بیشتر درختان و کافی بودن تعداد نمونه‌ها را نشان می‌دهد و بدین ترتیب ارزیابی بهتر اقلیمی را معلوم می‌کند (Fritts, 1976). در این بررسی زنجیره حلقه رویشی زربین با حداقل دمای هوا در ماه بهمن (فوریه) سال پیشین (r = -۰/۳) رابطهٔ عکس نشان داد، اما ارتباط معنی‌داری با دمای سایر فصول نشان نداد. درواقع می‌توان گفت عوامل اقلیمی می‌توانند دامنهٔ وسیعی از فرآیندهای گیاهی را محدود می‌کنند، که در چرخش می‌تواند برای رشد و پهنای حلقه محدودکننده باشد. در حالی‌که فرآیندهای رشد در لحظهٔ خاصی از زمان ضرورتاً در اثر فرآیندهایی کنترل می‌شوند که بیشتر محدودکننده‌اند (Fritts, 1976). رشد گونهٔ زربین تحت اثر دمای زمستان کنترل می‌شود و اگر دمای زمستان بیشتر باشد، لایهٔ یخزدهٔ سطح خاک کم‌عمق خواهد بود و درختان می‌توانند رشد را زودتر آغاز کنند. همچنین ارتباط معنی‌داری با بارش مشاهده نشد. با توجه به اطلاعات ایستگاه باران‌سنجی زرین‌گل، پراکنش باران در ماه‌های مختلف سال مناسب می‌باشد. به‌گونه‌ای که مقدار بارندگی و رطوبت ذخیره‌شده در خاک کافی است. رضایی (۱۳۷۱) نیز نتیجه گرفت که رویشگاه زرین‌گل از نظر مقدار بارندگی، رطوبت موجود در خاک و هوا و شرایط تغذیه‌ای در وضعیت مناسبی است که این

موضوع جایگزین شدن پهن‌برگان را به‌دنبال داشته است. عدم معنی‌داری بارندگی با رویش شعاعی درختان ناشی از تأثیرپذیربودن بیشتر درختان رویشگاه مرطوب از دماست. زربین در اغلب شیب‌ها و جهت‌های جغرافیایی رشد می‌کند، خشکی‌گراست و در برابر رطوبت نرمش دارد و در محیط‌های به‌نسبت مرطوب می‌روید (جزیره‌ای، ۱۳۸۰). فتاحی (۱۳۷۳)، نیز کشت این گونه را به‌دلیل حساسیت زیاد به سرما و یخبندان‌های شدید در استان کردستان و سردشت (آذربایجان غربی) ناموفق بیان کرده است. فنولوژی کامبیوم و تشکیل چوب تحت تأثیر دما تحریک می‌شود که عامل مؤثری برای رشد آغازین گیاه است. تأثیرات مستقیم دما بر رشد شعاعی بیشتر در آغاز فصل رویش، که آب‌وهوای سرد عادی موجب تأخیر در شکستن کمون شود، اتفاق می‌افتد (Fritts, 1976). این مسئله با کاهش طول دورهٔ رویش موجب تشکیل حلقهٔ باریک می‌شود. با آغاز رشد، هر دوره از آب و هوای سرد نزدیک به صفر درجهٔ رشد را محدود می‌کند، اما با افزایش دما در تابستان، عامل‌های دیگر محدودکننده خواهند شد. Mooney & Dunn (1970) بیان کردند در ماه‌های تابستان که دما برای رشد مناسب است، رطوبت محدودکننده است، درحالی‌که در زمستان که رطوبت موجود است، دماهای کم رشد آینده را محدود می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهند رشد شعاعی و تراکم چوب سوزنی برگان تحت اثر دما متغیر است (Denne, 1976). فصل رشد کوتاه، حلقه‌های رشد باریک کم تراکم، ایجاد می‌کند. درحالی‌که وضعیت گرم‌تر سبب آیجاد حلقه‌های پهن‌تر با چوب پایان متراکم‌تر، می‌شود (Gordon *et al*., 1992). Feliksik *et al*. (2000) نقش دماهای زمستان در فرآیند تشکیل چوب گونهٔ *Abies alba* را گزارش دادند. Shah *et al*. (2009) اثر اقلیم بر تغییرات پهنای حلقه درختی *Pinus walliciana* را در پنج رویشگاه مختلف، بررسی کردند. با استفاده از آنالیز جزء اصلی، ارتباط مستقیم دما با دسامبر و نوامبر به ترتیب از سال‌های قبل، نشان داد که فتوسنتز چشمگیری در سوزنی‌برگان همیشه‌سبز در طول زمستان‌های گرم می‌تواند اتفاق افتد که به‌عنوان انرژی ذخیره‌شده در فصل رشد بعدی استفاده می‌شود. زربین گونه‌ای همیشه‌سبز است. در واقع به علت همیشه‌سبز بودن و آوند چوبی چوب آغاز بزرگ آن‌ها در فصل رشد، سوزنی‌برگان قادرنداز دمای گرم در آغاز فصل رشد به اندازه‌ی کافی سودببرند و بنابراین حلقه‌های رشد بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند (Kilgore & Telwski, 2004).

ثابت شده است که شروع و خاتمه دورهٔ رویش گیاهی به روزهایی بستگی دارد که دما به مرز ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد و افزایش یا کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان ده درجهٔ سانتی‌گراد را مرز حرارتی دورهٔ رویش گیاهی درختان جنگلی دانست (مهاجر، ۱۳۸۵). دما در ماه بهمن ۸/۸۶ درجهٔ سانتی‌گراد و کمتر از دامنهٔ حرارتی مناسب یا همان دمای اپتیمم برای رشد و نمو گونهٔ زربین است Hart *et al*. (2010) کرونولوژی حلقه رویشی با استفاده از گونهٔ *Tsuga canadensis* از سه تودهٔ مجاور در محدودهٔ توزیع جنوبی گونه‌ها را در آمریکای شمالی توسعه دادند و اظهار داشتند، یک گونه همیشه سبز مانند *T. canadensis*، می‌تواند یک‌سوم از کربن سالیانه خود را خارج از فصل رشد اصلی تثبیت کرده و رشد سالیانه را دو ماه قبل از گونه‌های خزان‌کننده موجود شروع کند. از نظر سرشت اکولوژیک، زربین کاملاً روشنایی‌پسند است (جوزی، ۱۳۷۹). اثر منفی حداقل دما بر رشد، ناشی از ابرناکی و کاهش تشعشعات خورشیدی است و در نتیجه کاهش دمای گیاه، حداقل فعالیت فتوسنتزی رخ می‌دهد و فعالیت فیزیولوژیکی درخت کاهش می‌یابد. در اثر کاهش فعالیت فیزیولوژی درختان، نرخ تقسیم سلولی کاهش می‌یابد که سبب تشکیل حلقه‌های رویشی با حداقل پهنا می‌شود. همچنین با کاهش دما، هوا بیشتر ابری می‌شود و بارندگی شدید رخ می‌دهد. بارندگی فراوان

سبب افزایش رطوبت خاک می‌شود و رطوبت فراوان در خاک، تهویهٔ خاک را مختل می‌کند و موجب اختلال در مکش ریشه می‌شود و تنش آبی برای درخت پیش می آید، مانند شرایطی که در خشکی آب‌وهوا رخ می‌دهد. بدین ترتیب حلقه‌های رویشی باریک برای آن سال تشکیل می‌شود. Vitas (2008) کرونولوژی طولانی‌مدت درختان کاج اسکاتلندی را در لیتوانی توسعه داد. از آنالیز سال‌های نمادین نتیجه گرفته شد که سرما در زمستان- بهار، علت اصلی ثبت‌های تاریخی برای کاهش آشکار رشد شعاعی است. در رویشگاه مطالعه شده سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ (نجفی، ۱۳۸۸)، ۱۹۸۱، (Pourtahmasi, 2007) به‌عنوان رویداد اقلیمی مناسب (ترسالی) شناسایی شده‌اند. سال‌های ۱۹۶۵، ۱۹۶۶، ۱۹۹۹ (نجفی، ۱۳۸۸؛ پورطهماسی، ۱۳۸۰) ۱۹۵۵، ۱۹۷۴ و ۱۹۷۵ (پورطهماسی، ۱۳۸۰) ۱۹۸۹ (صفدری، ۱۳۸۵) به‌عنوان رویدادهای اقلیمی خشکسالی در منطقه معرفی شده‌اند. حداقل فاصلهٔ زمانی وقوع احتمالی رویدادهای خشک اقلیمی، یک سال و حداکثر شش سال در منطقه است. پاسخ گونه‌ها به متغیرهای اقلیمی، ممکن است بردباری‌های اکولوژیکی، محدودهٔ گسترش و در نتیجه قابلیت انعطاف در محیط‌های ویژه را روشن کند. استفاده از روش‌های دندروکرونولوژی ممکن است در معرفی عامل‌های محیطی سودمند که استقرار و موفقیت گونه‌ها را حمایت می‌کنند، مفید باشد.

منابع

بالاپور، شمس الدین، ۱۳۸۶. بررسی اثر متغیرهای مهم اقلیمی (بارندگی و دما و ترکیب آن‌ها) بر روی حلقه‌های رویشی گونه‌های راش و بلند مازو، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی ساری، ۸۰ ص.

بخشی، رضا، حبیب الله خادمی اسلام و داوود پارساپژوه، ۱۳۸۷. اثر ارتفاع از سطح دریا بر برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی گونه زربین (*Cupressus sempervirens*) در جنگل‌کاری منطقه نوشهر، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ۲۱۶-۲۰۶.

بی نام، ۱۳۶۲. کتابچه‌ی طرح جنگلداری ذخیره‌گاه زربین، اداره جنگلکاری و پارک‌ها، گرگان، ۸۰ص.

پورسرتیپ، لادن، ۱۳۸۵. مقایسه رویش شعاعی درختان اوری (*Quercus macranthera*) و ارس (*Juniperus polycarpus*) در دو دامنه شمالی و جنوبی البرز در منطقه چهارباغ گرگان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۹۰ ص.

پورطهماسی، کامبیز، ۱۳۸۰. بررسی تغییرات کمی و کیفی حلقه‌های رویشی ارس (*Juniperus polycarpos* C. Koch) در سه رویشگاه ایران، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۶ ص.

پورطهماسی، کامبیز، داوود پارساپژوه، محمد رضا مروی مهاجر و سودابه علی احمد کروری، ۱۳۸۷. ارزیابی رویش شعاعی ارس (*Juniperus polycarpos* C. Koch) در سه رویشگاه ایران با استفاده از دانش گاه‌شناسی درختی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶: ۳۴۲-۳۲۷.

پورطهماسی، کامبیز، لادن پورسرتیپ، آخیم براونینگ و داوود پارساپژوه، ۱۳۸۸. ارزیابی رویش شعاعی درختان ارس (*Juniperus polycarpus*) و اوری (*Quercus macranthera*) دردو دامنه شمال و جنوب البرز در منطقه چهار باغ گرگان، جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۲ (۲): ۱۶۲-۱۵۹.

ثابتی، حبیب الله، ۱۳۷۳. درختان و درختچه‌های ایران. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه یزد، شماره ۳۷۱، ۸۱۰ ص.

جزیره‌ای، محمد حسین، ۱۳۸۰. جنگل‌کاری در خشکبوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۵۰ ص.

جلیل‌پور، بابک، ۱۳۸۲. تأثیر آلودگی ناشی از جنگ خلیج فارس بر میزان رویش درختان (*Ziziphus spina-christi*)، (*Prosopis cineraria*) و (*Quercus brantii* var. *pesica*) در جنوب و جنوب غربی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، ۸۰ ص.

جلیلوند، حمید، ۱۳۸۶. واکنش رشد حلقه‌های رویشی زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) به متغیرهای اقلیمی در شمال ایران با استفاده از رگرسیون چندگانه، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۲ (۲): ۶۰۹-۵۰۷.

جوزی، علی، ۱۳۷۹. بررسی علل تخریب در ذخیره‌گاه جنگلی زربین حسن آباد چالوس، فصلنامه موج سبز، ۲۶:۳۰-۱.

رضایی، اسکندر، ۱۳۷۱. بررسی اکولوژیکی رویشگاه‌های طبیعی زربین در شمال ایران (حسن آباد چالوس، رامیان و زرین‌گل گرگان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۲۰ ص.

زارع، حبیب، ۱۳۸۱. گونه‌های بومی و غیر بومی سوزنی برگ در ایران، چاپ اول، انتشارت موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران، ۵۵۰ ص.

صفدری، وحیدرضا، ۱۳۸۵. مطالعه گاه‌شناسی (Dendrochronology) به‌منظور بررسی اثرات آلودگی و تغییرات آب و هوا بر رویش شعاعی دو گونه زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و کاج الدار (*Pinus eldarica*) در منطقه تهران، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۴۱ ص.

فتاحی، محمد، ۱۳۷۳. بررسی سوزنی‌برگان غیر بومی سازگار در کردستان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۱۰۹: ۵۴ ص.

مروی‌مهاجر، محمدرضا، ۱۳۸۵. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۷۰۹، تهران، ۳۸۷ ص.

نجفی هرسینی، فاطمه، ۱۳۸۸. ارزیابی رویش شعاعی گونه دارمازو (*Quercus infectoria*) در جنگل‌های بلوط کرمانشاه با استفاده از دانش گاه‌نگاری درختی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۷۹ ص.

Abdon, F., A.J.T. Jull, F. Guibal & M. Thinon, 2005. Radial growth of the Sahara's oldest trees: *Cupressus dupreziana* A. camus, *Trees*, 19: 661-670.

Akkemik, U., 2000. Dendroclimatology of Umberella Pine (*Pinus pinea* L) in Istanbul-Turkey, *Tree ring Bullettn*, 56: 17-20.

Biondi, F. & K. Waikul, 2004. DENDROCLIM 2002: AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologyies, *Computers and Geosciences*, 30: 303-311.

Bogino, S., M.J. Fernandez & F. Bravo, 2009. Climate Effect on Radial Growth of *Pinus sylvestris* at its Southern and Western Distribution Limits, *Silva Fennica*, 43(4): 609–623.

Cook, E.R. & R.L. Holmes, 1984. Program ARSTAN user's manual, Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA, 1-81.

Denne, M.P., 1976. Temperature and tracheid development in *Pinus sylvestris* seedlings, *Journal of Experimental Botany*, 22: 362–370.

Feliksik, E., S. Wilczynski & R. Podolski, 2000. Influence of thermal-pluvial conditions of radial increments of Scots pine, silver fir and common beech in swiętokrzyski National Park, *Sylwan*, 144(9): 53-62.

Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate, Academic Press, London, 439 pp.

Gordon, J., D. Rosanne & F. Rosemary, 1992. Tree-ring width and maximum latewood density at the North American tree line: parameters of climatic change, *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1290–1296.

Guiot, J., A.L. Brager, A.V. Munata & C. Till, 1982. Some new mathematical procedures in dendroclimatology with examples from Switzerland and Moroco, *Tree-ring Bulletin*, 42: 33-48.

Hart, J.L., S.L. Van de Geval, J. Skulich & H. -D. Grissino Mayer, 2010. Influence of climate and disturbance on the growth of *Tsuga canadensis* at its southern limit in eastern North America, *Trees*, 24: 621–633.

Holmes, R.L, 2001. Dendrochronology program library. Available from the Laboratory of Tree-ring Research, University of Arizona, Tucson, USA, 13-15.

Kilgore, J. & F.w. Telewski, 2004. Climate-growth relationship for native and nonnative pinaceae in northern Michigan Pine Barrens, *Tree-Ring-Research*, 60 (1): 3–13.

Larson, P.R., 1994. The Vascular Cambium. Development and Structure. Berlin: Springer-Verlag, Springer Series in Wood Science, 725 pp.

Manetti, C.M., 2006. Tree Ring growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) to stands under different silviculteral systems in central Italy, *Dendrochronologica*, 23: 145-150.

Mooney, H.A. & E.L. Dunn, 1970. Photosynthetic systems of Mediterranean-climate shrubs and trees of California and Chile, *American Naturalist*, 104: 447-453.

Pourtahmasi, K., D. Parsapajouh, A. Brauning, J. Esper & H. C. Fritz, 2007. Climate analysis of pointer years in Tree ring chronologies from Northern Iran and Neighboring High Mountain Areas, *Geooko volum/Band XXVIII*, 27-42.

Rinn, F., 1996. TSAP. Time series analysis and presentation, Version 3, Reference Manual, 262 PP.

Schweingruber, F.H., 1988. Tree ring: Basic and Application of dendrochronology, Kluwer Academic Publishers, Netherland, 276 pp.

Shah, K.S., A. Bhattacharyya & V. Chaudhary. Climatic influence on radial growth of *Pinus wallichiana* in Ziro Valley, 2009. Current Sciense, VOL. 96, NO. 5, 10.

Stokes, M.A. & T.L. Smiley, 1968. An introduction to tree-ring dating, University of Chicago Press, Chicago 110 pp.

Vitas, A., 2008. Tree-ring chronology of scots pine (*Pinus sylvestris*) for Lithuania, *Baltic Forestry*, 14(2): 110-115.

Yan, X. & S. Xuemi, 2009. Standardization of Qilian Juniper ring-width series in the eastern margin of the Qaidam Basin, *Journal of Geographical Sciences*, 61(9): 919-928.

Zobel, B. J. & J. P. van Buijtnen, 1989. Wood variation its causes and control, Springer-Verlag, Nature 363 pp.

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)

S. Hedayati[1*], J. Soosani[2], H. Akbari[3], A. Fallah[4], and S. Balapour[5]

[1] M.Sc. Graduated, Faculty of Agriculture, Lorestan University, I. R. Iran
[2] Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Lorestan University, I. R. Iran
[3] Assistant Prof., Department of Forestry, Sari Agricultural and Natural Resources University, I. R. Iran
[4] Associate Prof., Department of Forestry, Sari Agricultural and Natural Resources University, I. R. Iran
[5] M.Sc. Graduated, Sari Agricultural and Natural Resources University, I. R. Iran

(Received: 22 November 2011; Accepted: 27 February 2013)

Abstract

Trees having long living are able to reflex long effects of climatic conditions on their spread of tree ring width. So, this research we tried to analyse the impact of climatic variables (rainfall & temperature) on radial growth in Ali Abad Catool, Gorgan. For this reason between 23 (*Cupressus sempervirense* var. *horizontalis*) trees increment cores in diameter of beast height (DBH) using an increment borer were extracted. The width of annual rings of samples after making ready by use of measuring table, with LINTAB6 program and correctness 0.01 mm was measured. The cross-date and adjustment were done between samples, and maximum and minimum amount of GLK between samples, 0.75 and 59.2 were obtained. Average amount of tree ring width has been standardized and index of (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) has been calculated. Length of chronology that is got 244 years has been determined. The relationship between growth and climate was figured using action response function. That minimum February's temperature in the last growth season is most important factor of electable climate on growth of (*Cupressus sempervirens* var *horizontalis*). The analysis of pointer years showed that minimum chronological distance of eventual event of climatic arid phenomenon is one year and maximum six years in the region. This research was figured consistently the growth limiting factor isn't raining in the low heights but the temperature also reveals its role in low heights. Although the necessity of more study on other species can proves or disprove the results.

Keywords: Ali Abad Catool, Chronology, *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*, Precipitation, Temperature, Tree ring width.

* Corresponding author Tel: +989379527693 Email: sara_hedayati88@yahoo.com