

مطالعه اقلیم نگاری درختی گونه کاج الدار در سه منطقه تهران

وحیدرضا صفدری

استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

داوود پارسا پژوه

استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران

امیر هومن حمصی*

استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

در این پژوهش رابطه بین دما و بارندگی سالیانه با پهنی دوایر رویشی گونه کاج الدار در سه پارک چیتگر، المهدی و سرخه حصار واقع در منطقه تهران، هر یک با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی مجاور هر یک از این رویشگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بر روی نمونه‌های سونداژ شده درختان، به ترتیب عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی، تاریخ‌گذاری و اندازه‌گیری پهنی دوایر صورت پذیرفت و سپس به منظور امحاء اثرات سن و گرایش‌های بیولوژیکی، داده‌های پهنی دوایر درختان استاندارد گردیدند. درختان سه رویشگاه تقریباً واکنش‌های متشابهی نسبت به دما و بارندگی سالیانه از خود نشان دادند. همبستگی مقادیر استاندارد شده (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 سرخه حصار و بارندگی اوت تقریباً در هر سه رویشگاه بالاترین همبستگی را با پهنی دوایر رویشی داشته است. عدم معنی‌داری دمای ماه‌های سال با رویش شعاعی درختان حاکی از تأثیرپذیری بیشتر درختان منطقه خشک از بارندگی است.

واژه‌های کلیدی: کاج الداریکا، تاریخ‌گذاری تطبیقی، بارندگی، دما، رویش شعاعی.

مقدمه

اقلیم‌نگاری درختی معادل واژه Dendroclimatology است که Dendro به معنی درخت، Climate به معنی اقلیم و Logy به معنی مطالعه و شناخت می‌باشد. آندرو دوگلاس^۱ بنیانگذار علم گاه‌شناسی، و اولین شخصی بود که حلقه‌های رویشی درختان را با حلقه‌های رویشی چوب‌های به کار برده شده در ابنیه باستانی پابلو هندی^۲ واقع در جنوب شرقی ایالات متحده آمریکا، تاریخ‌گذاری تطبیقی^۳ نمود تا تاریخ دقیق چوب‌های ساختمانی را تعیین نماید. به تدریج و با گذشت زمان، دانش گاه‌شناسی درختی به سایر نقاط جهان توسعه پیدا کرد و در تحقیقات بسیاری از علوم مورد استفاده قرار گرفت (دوال^۴ و همکاران، ۱۹۹۵).

هنوز گذشته بسیاری از جنگل‌ها مورد مطالعه قرار نگرفته و در این رابطه درختان به‌عنوان قدیمی‌ترین موجودات روی کره زمین، معتبرترین منبع تحقیقاتی محسوب می‌شوند. کلیه وقایع طبیعی از قبیل تأثیرات اقلیم (دوال، ۱۹۹۵)، عوامل مزاحم نظیر فرسایش خاک اطراف ریشه درختان (لامارچ^۵، ۱۹۶۶)، فعالیت و فوران آتش‌فشان‌های مجاور رویشگاه‌ها (یاماگوجی^۶، ۱۹۸۵)، لغزش صخره‌ها (رودر^۷، ۱۹۷۸)، سیلاب‌ها (یگافوس^۸، ۱۹۶۴)، آتش‌سوزی (دیتریچ^۹، ۱۹۸۰)، حملات حشرات (سوتنام^{۱۰} و همکاران، ۱۹۸۵)، آلودگی هوا (باس^{۱۱} و همکاران، ۱۹۸۳) و غیره ممکن است هیچ‌گونه آثار ظاهری روی درختان باقی نگذارند ولی بر پهنی دوایر رویشی تأثیر گذار باشند. کلیه این وقایع در طول عمر درختان در حلقه‌های رویشی ضبط شده و همواره قابل استخراج و تجزیه و تحلیل‌اند.

در کشور ایران به دلیل عدم آشنایی محققان با دانش گاه‌شناسی^{۱۲}، کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، عدم وجود سوابق طویل‌مدت داده‌های هواشناسی، فقدان درختان مناسب در ارتفاعات پایین و حضور آن‌ها در مناطق صعب‌العبور باعث گردیده تا روابط بین حلقه‌های رویشی و پدیده‌های طبیعی تأثیرگذار بر رویش درختان چندان مورد توجه قرار نگیرد.

به دلیل واقع شدن کشور ایران در ناحیه معتدله و از آنجا که هر یک از حلقه‌های رویشی درختان در این منطقه معرف یک سال رویشی می‌باشد، انجام مطالعات اقلیم‌نگاری درختی^{۱۳} توجیه‌پذیر است. چنانکه پورطهماسبی (۱۳۸۰)، روابط دما و بارندگی با پهنی دوایر در گونه ارس^{۱۴} واقع در ارتفاعات البرز را مورد مطالعه قرار داد و همبستگی بالایی بین پهنی دوایر رویشی سال جاری و بارندگی‌های پاییز و زمستان سال قبل یافت و دمای ماه سپتامبر سال گذشته را در تشکیل چوب بهاره سال بعد درختان ارس به‌صورت معنی‌داری مؤثر دانست و سال‌های بحرانی مشترکی بین نقاط مرتفع ایران با کشورهای همجوار مشاهده نمود.

پارسا‌پژوه (۲۰۰۱)، صفات، پهنی دوایر، دانسیته و درصد بافت گونه راش ایران^{۱۵} را در سه ارتفاع ۷۵۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۵۰ متر مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع، صفات مذکور کاهش می‌یابد.

امیدوار (۱۳۶۶)، تأثیر رویش سالیانه را در کاج تدا^{۱۶} در منطقه رشت مورد بررسی قرار داد و دریافت با تغییرات پهنی دوایر، بعضی از خواص آناتومیکی در داخل حلقه‌ها نیز تغییر می‌یابد و درختان واجد پهنای رویشی کم، از مقاومت مکانیکی بالاتری نسبت به درختان دارای دوایر پهن‌تر برخوردارند.

مکیمی و نیکولاس^{۱۷} (۱۹۷۱) دریافتند که دانسیته درخت دوگلاس تحت تأثیر دو فاکتور مشترک ژن و محیط می‌باشد، درحالی‌که اریکسون^{۱۸} (۱۹۶۰) دریافت که ژنوتیپ‌های مختلف درختان کاج جنگلی^{۱۹} چندان تحت

1- Andrew E. Douglass	2- Pueblo Indian	3- Cross Dating	4- Devall
5- La March	6- Yamaguchi	7- Shroder	8- Sigafos
9- Dieterich	10- Swetnam	11- Baes	12- Dendrochronology
13- Dendroclimatology	14- Juniperus polycarpus	15- Fagus orientalis	16- Pinus taeda
17- McKimby & Nicholas	18- Erickson	19- Pinus sylvestris	

تأثیر شرایط محیطی قرار ندارند، درحالی که رینک و سور^۱ (۱۹۷۳) در مطالعات خود پی بردند که تأثیرات عوامل محیطی بر دانسیته گونه کاج ویرجنیا^۲ بیشتر از فاکتورهای ژنی است. تمامی این اختلاف نظرها، گواه بر پیچیدگی و عدم شناخت تأثیرات ژن در رویش درختان می باشد.

ساوا^۳ و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیرات اقلیم را روی کاج جنگلی در ۱۲ منطقه واقع در جنوب سیبری مورد بررسی قرار دادند. در همه نقاط، دمای ماه آوریل عامل تعیین کننده در شروع فعالیت کامبیوم محسوب می شد و بارندگی های ماه مه تأثیر معکوس روی دانسیته چوب بهاره درختان کاج داشته و افزایش دمای تابستان با دانسیته چوب تابستانه همبستگی مثبت داشته است.

سدرو^۴ (۲۰۰۱)، اثرات بارندگی و دما را روی رویش شعاعی گونه دوگلاس^۵ در شش نقطه کشور لهستان مورد بررسی قرار داد و دمای بالای فصل زمستان، دمای ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه و دمای ابتدای فصل بهار (مارس)، را مهم ترین عامل تأثیرگذار مثبت بر رویش شعاعی درختان دانسته و اثرات بارندگی را روی رویش شعاعی درختان ناچیز مشاهده نمود.

پهنای یک حلقه سالیانه اعم از پهنای چوب بهاره، تابستانه و دانسیته چوب، مجموعه مشخصاتی است که متأثر از آب و هوای ماه های سال جاری و چندین ماه پیش از شروع آن می باشد (فریتس^۶، ۱۹۷۶). تغییرات پهنی دوایر رویشی یک درخت اطلاعاتی در مورد کل وقایع وارد شده بر آن درخت را برای ما مهیا می کند، ولی متوسط پهنی حلقه های رویشی چند درخت پس از عملیات تاریخ گذاری تطبیقی^۷ و استاندارد کردن^۸ قادر است اطلاعاتی از مجموعه درختی آن رویشگاه برای ما مهیا کند (کوک^۹ و همکاران، ۱۹۸۷).

تهران با متوسط دمای ۱۶ درجه سانتی گراد و متوسط بارش ۲۳۰ میلی متر در سال به عنوان مناطق نیمه خشک محسوب می شود. منبع پراکنش قابل قبول گونه دست کاشت کاج الداریکا، وضوح دوایر رویشی آن و وجود چندین ایستگاه هواشناسی شرایط خوبی را فراهم آورد تا تأثیرات آب و هوا (بارش و دمای ماه های سال) روی پهنی دوایر رویشی این گونه در سه منطقه تهران مورد مطالعه قرارگیرد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات آب و هوا بر روی درختان کاج الدار، یک رویشگاه در غرب تهران (پارک چیتگر)، دیگری در شرق تهران (پارک سرخه حصار) و یک رویشگاه میان دو رویشگاه اخیر (پارک المهدی واقع در میدان آزادی) برگزیده شد.

مطالعات گاه شناسی از نوع آزمون های بدون تخریب^{۱۰} محسوب شده و نیازی به قطع درختان نیست و می توان مجموعه حلقه های رویشی را به وسیله مته سال سنج^{۱۱} (رویش سنج) از داخل تنه درختان استخراج نمود.

در خرداد ماه سال ۱۳۸۲ (ژوئن، ۲۰۰۲ میلادی)، حلقه های رویشی با مته سال سنج به قطر ۵ میلی متر از ارتفاع قطر برابر سینه (۱/۳۰ متر) به دلیل دارا بودن نرمال ترین شرایط حلقه رویشی از تنه درختان سه رویشگاه خارج گردیدند. در هر رویشگاه پنج درخت سالم، دارای تاج پوشش متقارن، بدون خمیدگی و عاری از چوب واکنشی انتخاب و از هر درخت یک نمونه استوانه ای در جهت غرب و شرق تنه درختان استخراج گردید و در داخل محفظه های پلاستیکی قرار داده شد و پس از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل گردید. قبل از نمونه برداری بعضی از مشخصات جغرافیایی نظیر طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از دستگاه GPS^{۱۲} یادداشت برداری

1- Rink & Thor

4- Cedro

7- Cross dating

10- Non-destructive test

2- Virginian Pinus

5- Pseudotsuga menziesii

8- Standardization

11- Increment borer

3- Savva

6- Fritts

9- Cook

12- Global Positioning System

شد (جدول ۱). پس از نمونه برداری از درختان، سوراخ‌های ایجاد شده توسط مته سال سنج با استفاده از پنبه و چسب پیوند باغبانی به منظور جلوگیری از حملات حشرات و قارچ‌ها پر گردید.

نمونه‌های استوانه‌ای در داخل نگاه‌دارنده‌های چوبی تثبیت و در زیر میکروسکوپ بینوکولر با بزرگنمایی 10X قرار گرفت و سطح خارجی آن‌ها به منظور وضوح بیشتر حد بین چوب بهاره و تابستانه با تیغه تیز لایه برداری گردید و به ترتیب با سمباده‌های ۱۰۰ و ۴۰۰ پرداخت و سپس عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی، تاریخ‌گذاری و اندازه‌گیری پهنی دایره انجام گرفت. فشردگی و ضخامت بیشتر دیواره تراکئید چوب تابستانه در سوزنی برگان، و حساسیت آن‌ها به عوامل تأثیرگذار محیطی باعث می‌گردد تا تشخیص، شمارش دایره سالیانه و در نتیجه عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی^۱ و تاریخ‌گذاری^۲ در آن با سهولت صورت پذیرد.

حلقه‌های رویشی درختان موجود در یک پهنه جغرافیایی در واکنش به تغییرات اقلیم از خود الگوی متشابهی نشان می‌دهند. جفت و جور کردن^۳ حلقه‌های رویشی درختان که در رویشگاه‌های مجاور یکدیگر قرار دارند این امکان را فراهم می‌سازد تا زمان دقیق تشکیل هر حلقه در درخت یا درختان مشخص گردد. به این فرآیند در علم گاه‌شناسی درختی، تاریخ‌گذاری تطبیقی اطلاق می‌گردد (دوال و همکاران، ۱۹۹۵). بعد از اتمام عمل تاریخ‌گذاری تطبیقی، حلقه‌های گمشده یا کاذب در درختان قابل شناسایی بوده و بدین ترتیب اندازه‌گیری پهنی دایره و زمان تشکیل آن‌ها به دقت کافی در تک تک درختان و بدون خطا صورت پذیرد.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به رویشگاه‌های نمونه برداری شده درختان کاج

نقاط نمونه برداری	ارتفاع (M)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	pH خاک	تیپ خاک	نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی
پارک چیتگر	۱۲۸۹	۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمال	۵۱ درجه و ۱۴ دقیقه شرق	>۷	رسوبات آهکی	ایستگاه چیتگر
پارک المهدی	۱۲۰۹	۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه شمال	۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرق	>۷	رسوبات آهکی	ایستگاه مهر آباد
پارک سرخه حصار	۱۳۵۵	۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمال	۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرق	>۷	رسوبات آهکی	ایستگاه دوشان تپه

گریبیل^۴ (۱۹۸۲) عوامل تأثیرگذار بر پهنی دایره رویش در زمان مشخص^t را در قالب رابطه فرضی زیر مشخص نمود:

$$R(t) = C_t + B_t + D1_t + D2_t + e_t \quad (1)$$

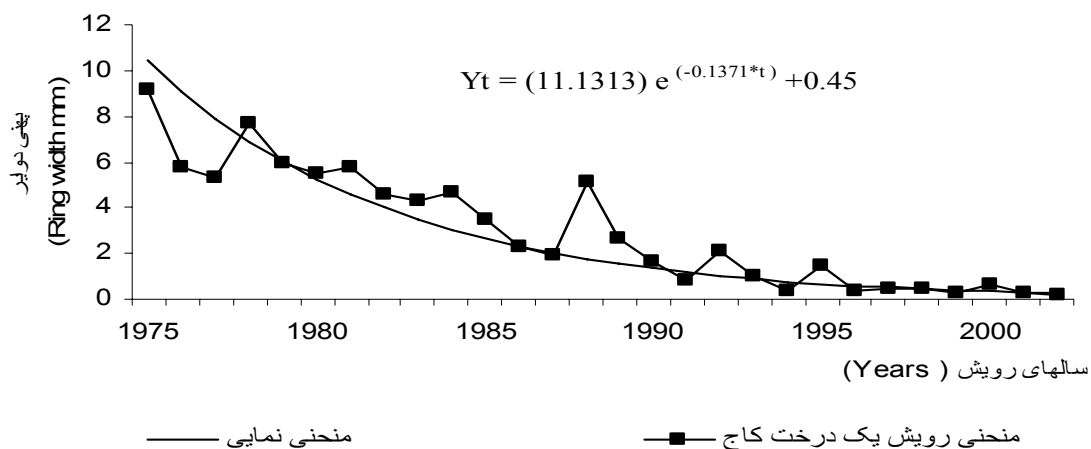
در معادله فوق؛ C_t ، اجزای تشکیل دهنده اقلیم در سال (t) ، B_t گرایشات بیولوژیکی؛ $D1_t$ علائم اختلال مربوط به یک درخت نظیر خم شدگی و یا افتادن توسط باد (عوامل درون توده‌ای)؛ $D2_t$ علائم اختلال که می‌تواند تحت تأثیر آلودگی هوا، آتش سوزی و غیره به وجود می‌آید (عوامل برون توده‌ای) و e_t خطاهای تصادفی که در فرآیند فوق مورد توجه قرار نگرفته‌اند. به منظور ظاهر شدن اثرات مربوط به C و $D2$ تا آن جا که امکان دارد بایستی اثرات مربوط به B و $D1$ از سری حلقه‌های رویشی حذف گردد. گرایشات بیولوژیکی تغییرات ناچیزی است که در واکنش به تغییرات اقلیم در هر درخت ایجاد می‌شود (فریتس و سوتنام^۵، ۱۹۸۶). برای حذف اثرات مربوط به سن درخت

۱- کلیه عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی، تاریخ‌گذاری و اندازه‌گیری پهنی دایره در آزمایشگاه گاه‌شناسی درختی دانشگاه اشتونگارت آلمان زیر نظر پرفسور Achim Breuning انجام شد.

2- Cross Dating
5- Graybill

3- Dating
6- Fritts & Swetnam

4- Matching of ring width



شکل ۱- یک زنجیره زمانی از حلقه‌های رویش درخت کاج میدان آزادی که توسط منحنی نمایی با توجه به معادله مربوطه برآزش گردیده. در سال‌های آخر به دلیل افزایش سن و واریانس کمتر، الگوی رشد، تقریباً خطی شده است. انحراف مثبت از خط برآزش شده برای سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۸۰ و انحراف منفی در اوایل دوره رویش (۱۹۷۷ - ۱۹۷۵) کاملاً مشخص است.

(روند رویشی^۱) روی منحنی‌های رویشی درخت که غالباً به صورت نمایی^۲ می‌باشد، خطی برآزش^۳ می‌نمایند. بهترین برآزش، از حداقل مجذور مربعات خطا برخوردار بوده و ضریب تعیین (R^2) آن، زیاد می‌باشد (شکل ۱).

در مطالعات اقلیم‌نگاری درختی، هدف برآورد ارتباط درست بین اقلیم و رویش بوده و توابع (معادلات) زیادی توسط محققان به منظور تخمین گرایش‌های حاصل از رویش مطرح گردیده است. درختان در اوایل دوره رویش از سرعت رشد بالایی برخوردار بوده و به تدریج از سرعت رشدشان کاسته شده و منحنی الگوی رویشی آن‌ها خطی می‌شود، چنین منحنی‌های رشد می‌تواند توسط رابطه نمایی زیر برآزش شوند (فریتس و سوتنام، ۱۹۸۶):

$$Y_t = ae^{-bt} + K \quad (2)$$

مقادیر a ، b و k در یک سری از داده‌ها به شیب خط وابسته بوده و بهترین برآزش با سری دیگر کاملاً متفاوت می‌باشد.

سپس، مقدار پهنی دایره (مقدار واقعی) هر سال (W_t)، با تقسیم بر مقدار تخمین زده شده (Y_t) به یک نمایه^۴ (I_t) یا یک مقدار استاندارد شده تبدیل می‌شود:

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t} \quad (3)$$

بدین ترتیب سری داده‌های پهنی دایره رویش عاری از هر نوع گرایش‌های رویشی بوده و اختلاف واریانس بسیار زیاد حاصل از سن به واریانس همگون و کم تبدیل می‌شود. سپس از نمایه‌های رویشی درختان هر رویشگاه میانگین‌گیری به عمل می‌آید تا گاه‌شناسی (کرونولوژی) هر رویشگاه تشکیل گردد (فریتس، ۱۹۷۶). این کرونولوژی‌ها قادرند اطلاعاتی در مورد عوامل تأثیرگذار بر جامعه درختی آن رویشگاه را مهیا نمایند. به‌عنوان مثال با توجه به کرونولوژی هر رویشگاه می‌توان سال‌های نمادین مثبت و سال‌های نمادین منفی را در هر رویشگاه یافت. از لحاظ کمی می‌توان با استفاده از روش کروپر^۵ (۱۹۷۹) چنین سال‌هایی را از سری زمانی حلقه‌های رویش

خارج ساخت (پورطهماسی، ۱۳۸۰).

$$Z_i = \frac{X_i - \text{mean}[\text{Window}]}{\text{std}[\text{Window}]} \quad (۴)$$

Z_i = مقدار نمایه در سال i

X_i = مقدار پهنای حلقه در سال i

Mean (window) = میانگین پهنای حلقه در محدوده $X_{i-2}, X_{i-1}, X_i, X_{i+1}, X_{i+2}$

Std (window) = انحراف معیار پهنای حلقه در محدوده $X_{i-2}, X_{i-1}, X_i, X_{i+1}, X_{i+2}$

در این روش، سطح بحرانی $\text{std}(\text{window})$ مقدار $0/5$ انتخاب می‌گردد، بدین ترتیب چنانچه مقدار Z_i بزرگتر از $0/5+$ گردد، سال تشکیل آن حلقه به‌عنوان سال نمادین مثبت^۱ یا همان سال مطلوب نامگذاری می‌گردد و چنانچه از $0/5-$ کوچکتر باشد، به‌عنوان سال نمادین منفی^۲ یا همان سال بحرانی نامگذاری می‌شود. در مورد اولی شرایط برای رویش بسیار مناسب بوده ولی در مورد اخیر شرایط برای رویش مناسب نبوده است.

به منظور درک ارتباط بین پهنی دواير و آب و هوا، روش‌های متعددی وجود دارد. آزمون آماری همبستگی پیرسون^۳ بین پهنی دواير رویش، به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های اقلیم به‌عنوان داده‌های مستقل، یکی از بهترین روش‌های درک ارتباط اقلیم با پهنی دواير رویشی است. اگر بین داده‌های مستقل یک خود همبستگی^۴ وجود داشته باشد، نتایج حاصل از رگرسیون و همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته ناصحیح است (جانسون^۵، ۱۹۹۸). به منظور از بین بردن این همبستگی‌ها، ترکیبات اصلی داده‌ها^۶ (PC) داده‌ها با کمک نرم افزار SPSS محاسبه گردید.

نتایج

بعد از اتمام عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی، تاریخ‌گذاری و اندازه‌گیری پهنی دواير، نهایتاً دواير کاذب در داخل سری زمانی حلقه‌های رویشی (نمونه‌های استوانه‌ای) درختان کاج یافت گردید. محققان وجود حلقه‌های کاذب را در درختان، حاصل از دو فاکتور تغییرات ناگهانی آب و هوا (نظیر باران‌های غیرمنتظره در مناطق خشک و یا خشکی‌های ناگهانی در مناطق مرطوب) و ژن می‌پندارند. درباره مورد اخیر، تشکیل حلقه کاذب فقط در بعضی از گونه‌های یک رویشگاه گزارش شده است (تسومیس، ۱۹۹۱). اتفاقاً در پژوهشی که به موازات این تحقیق روی درختان زبان گنجشک در داخل همین سه رویشگاه صورت گرفت (صفدری، ۱۳۸۴)، هیچ دواير کاذبی در حلقه‌های رویشی درختان زبان گنجشک یافت نگردید، که با نتایج تحقیقات تسومیس (۱۹۹۱) کاملاً هم خوانی دارد.

به دلیل عدم تفاوت فاحش سن در بین درختان سه رویشگاه و وجود یک منبع تغییر (تغییرات شرایط رویشگاهی)، متوسط رویش درختان کاج سه رویشگاه با طرح آماری فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی^۷، توسط نرم افزار MSTATC تجزیه واریانس گردید. به طوری که تیمارها از دو فاکتور رویشگاه در سه سطح (چیتگر، آزادی، سرخه حصار) و جهت جغرافیایی در دو سطح (غرب و شرق) تشکیل گردید.

هیچ یک از فاکتورهای رویشگاه، جهت جغرافیایی و روابط متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد و عدم معنی‌داری در مورد اخیر بدین معنی است که تفاوت ناچیز پهنی حلقه‌های رویشی در شرق و غرب درخت، در هر سه رویشگاه روال کاملاً متشابهی داشته است (به دلیل شفافیت شکل‌های ۲ و ۳ در بیان موضوع از درج جدول تجزیه واریانس خوداری گردید).

چنانکه در شکل ۲ مشخص شده، پهنی دواير در سمت غرب با حلقه همتای خودش در طرف مقابل (شرق) تنه درختان، تفاوت نامحسوسی دارد. در صورت وجود چوب واکنشی در درختان، این تفاوت‌ها نامحسوس و قابل اغماض

1- Positive point year

4- Multi-Co linearity

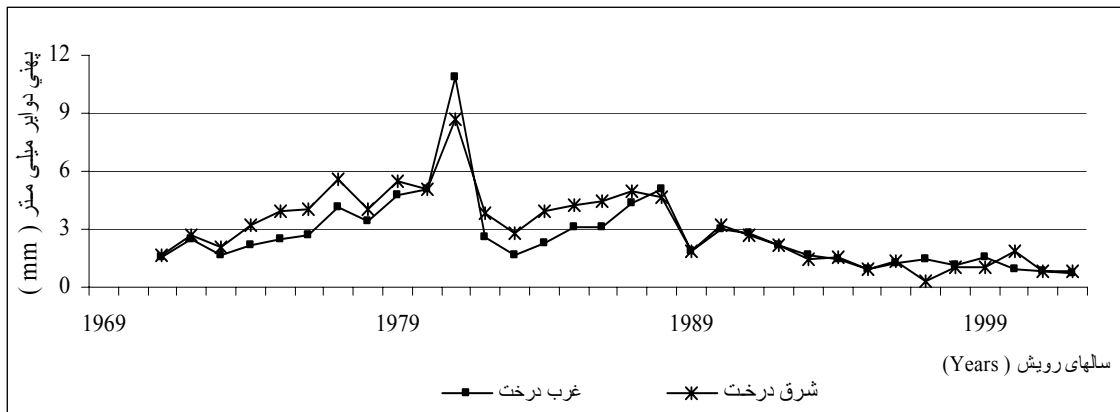
7- Complete randomized design

2- Negative point year

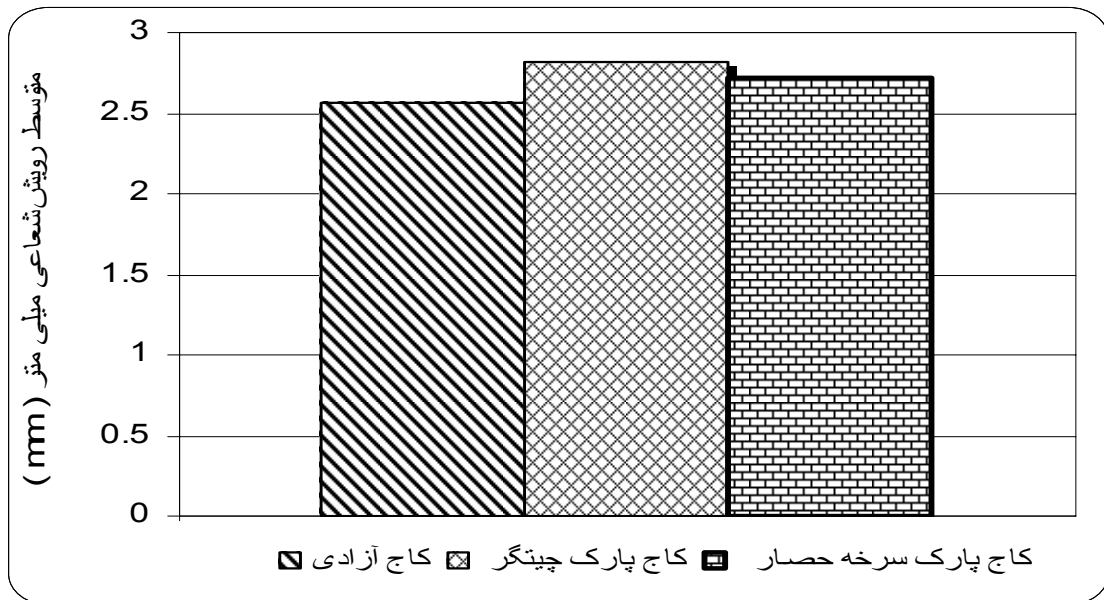
5- Johnson

3- Pearson correlation

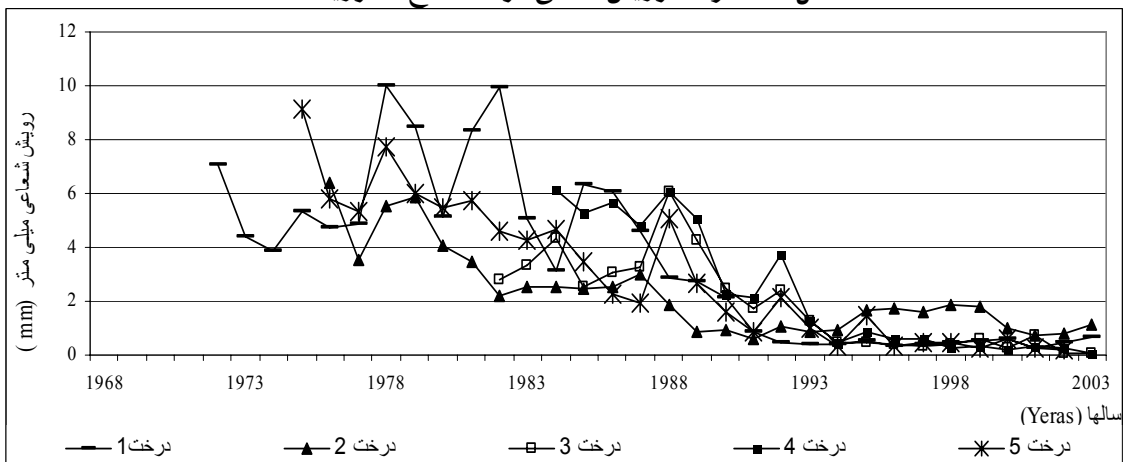
6- Principal component



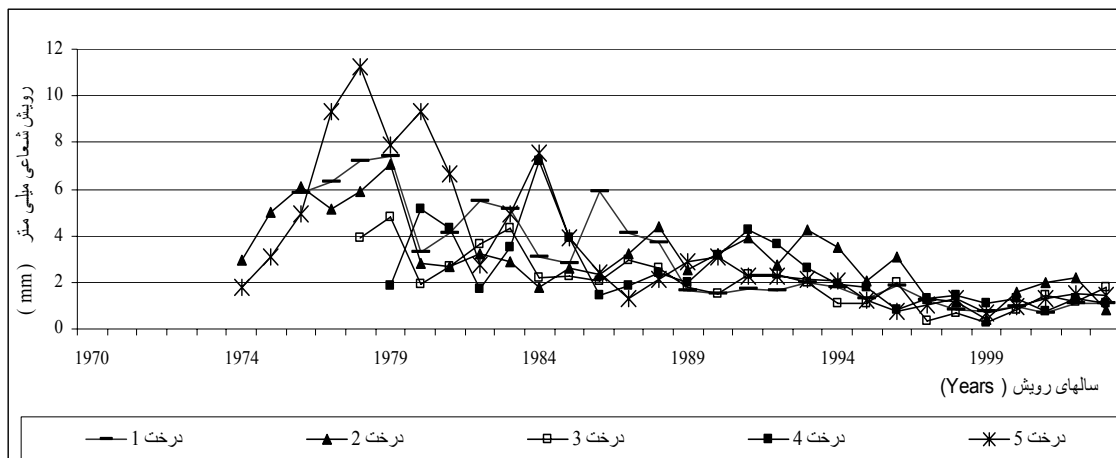
شکل ۲- منحنی تغییرات رویش دو نمونه استوانه‌ای (سونداژ) در جهات غربی و شرقی درخت کاج الدار



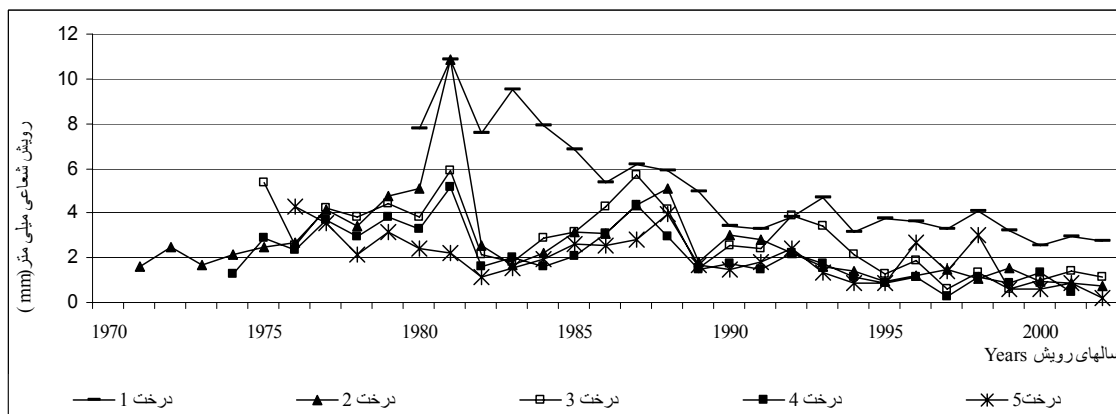
شکل ۳- متوسط رویش شعاعی درختان کاج سه رویشگاه



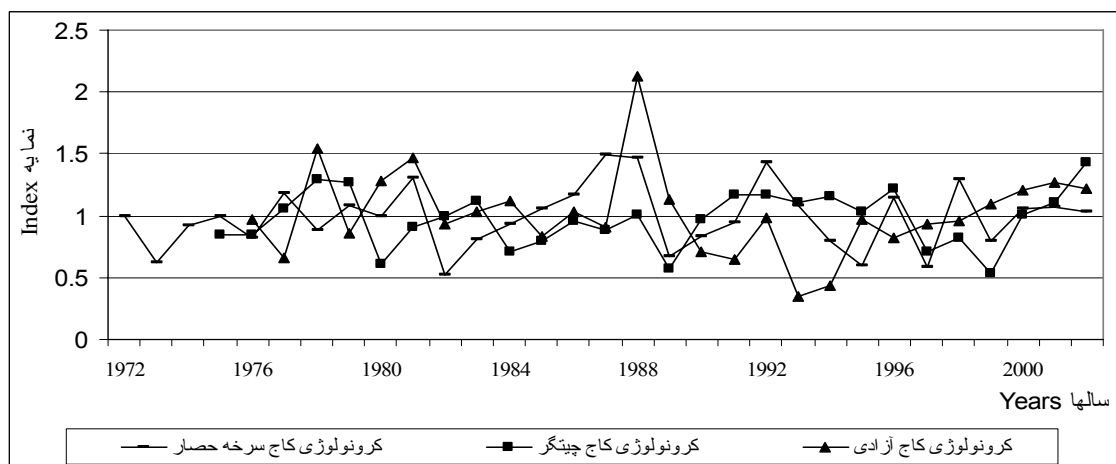
شکل ۴- منحنی تغییرات رویش درختان کاج آزادی بعد از تاریخ گذاری تطبیقی



شکل ۵ - منحنی تغییرات رویش درختان کاج چیتگر بعد از تاریخ گذاری تطبیقی



شکل ۶ - منحنی تغییرات رویش درختان کاج سرخه حصار بعد از تاریخ گذاری تطبیقی



شکل ۷ - برهم گذاری کرونولوژی های کاج سه رویشگاه

نوده و طبعاً فاکتور جهت جغرافیایی معنی‌دار می‌گردید. وجود این تفاوت‌های ناچیز را می‌توان در عدم تقارن کامل تاج پوشش، سیلندری نبودن کامل تنه درختان و عدم برخورداری نایکسان یک درخت از عوامل ریز اقلیم^۱ و انحراف جزئی درختان از وضعیت عمودیشان دانست. چنانکه محققان اثبات کردند، انحراف دو درجه‌ای در یک درخت از راستای قائم کافی است تا آن درخت چوب واکنشی تشکیل دهد (تسومیس، ۱۹۹۱).

اشکال (۵،۴ و ۶) نشان می‌دهد که درختان کاج سه رویشگاه تقریباً در شرایط سنی یکسانی قرار دارند و سال شروع رشد آن‌ها تقریباً از دهه ۱۹۷۰ میلادی آغاز می‌گردد. چنانکه در هر سه شکل مشخص گردیده الگوی رویشی درختان کاملاً طبیعی است، بدین ترتیب که در اوایل سنین رویشی خود دارای سرعت رشد بالاتری بودند و به تدریج از سرعت رشد آن‌ها کاسته شده و از سال ۱۹۹۰ به بعد الگوی رویشی آن‌ها تقریباً خطی می‌گردد، در واقع، یکسانی شرایط سنی درختان سه رویشگاه و متشابه بودن خصوصیات آب و هوایی باعث گردیده تا تفاوت معنی‌داری در متوسط رویش درختان سه رویشگاه پدید نیاید (شکل ۳). متغیر بودن عوامل میکروکلیم و خصوصیات ژنتیکی انحصاری درختان با یکدیگر از دلایل عمده عدم انطباق الگوهای رویشی روی هم دیگر است.

شکل ۷، کروئولوژی درختان کاج سه رویشگاه را نشان می‌دهد. کروئولوژی‌های رویشگاه میدان آزادی با پارک چیتگر از انطباق مطلوبی برخوردار بودند که احتمالاً می‌تواند به دلیل نزدیکی دو رویشگاه باشد. به‌عنوان نمونه، منحنی رویش دو رویشگاه چیتگر و آزادی در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۷-۱۹۸۶-۱۹۸۵-۱۹۸۳-۱۹۸۲ با اختلاف بسیار جزئی بر روی هم منطبق گردیدند. اما دو رویشگاه آزادی و سرخه حصار علی‌رغم آنکه از روند رویشی کاملاً یکسانی برخوردار بودند اما در هیچ یک از سال‌های رویش بر روی هم منطبق نگردیدند؛ ولی حلقه‌های رویش پارک چیتگر و سرخه حصار در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۰-۱۹۹۷-۱۹۹۶-۱۹۸۹-۱۹۷۶ تطابق خوبی با یکدیگر داشتند. در مجموع کروئولوژی‌های گونه‌های کاج سه رویشگاه علی‌رغم ناچیز بودن فاصله مکانی از همبستگی و یا برهم‌گذاری‌های مطلوبی برخوردار نبودند و این متغیر بودن شرایط محیطی حاکم بر سه رویشگاه و روابط متقابلشان با عوامل آب و هوایی را به اثبات می‌رساند (فریتس، ۱۹۷۶).

تعیین سال‌های نمادین منفی در کروئولوژی درختان سه رویشگاه

همانطوری که در جدول (۲) مشخص گردیده درختان پارک سرخه حصار بیشترین سال‌های نمادین را پشت سر گذاشته‌اند. سه رویشگاه در بعضی از سال‌های بحرانی با یکدیگر مشترک هستند. مثلاً کاج آزادی فقط سال ۱۹۸۵ را با پارک چیتگر و سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۰-۱۹۸۲ را با پارک سرخه حصار مشترک بوده و دو پارک سرخه حصار و چیتگر سال‌های نمادین ۱۹۹۹-۱۹۹۷-۱۹۸۹ را با یکدیگر مشترک بوده‌اند. سه رویشگاه علی‌رغم فاصله مکانی کمی که با یکدیگر داشتند، از سال‌های مشترک زیادی برخوردار نبودند.

ارتباط دما و بارندگی با رویش شعاعی درختان سه رویشگاه

همانطور که در شکل ۹ مشخص گردیده، پهنی دواپر درختان کاج پارک المهدی همبستگی بیشتری با مقدار بارندگی از خود نشان دادند. با توجه به نتایج حاصله، همبستگی دمای هیچ یک از ماه‌های سال با پهنی دواپر رویش معنی‌دار نیست، ولی به دلیل بحران خشکی که درختان کاج در فصل تابستان سپری می‌کنند، دواپر رویشی با بارندگی‌های فصل تابستان همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. بارندگی ماه‌های ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر سال پیشین روی پهنی دواپر در سطح معنی‌دار ۵٪ اثر مثبت داشته و در همین سطح آماری با ماه فوریه همبستگی منفی داشته است. احتمالاً بارش برف و باران ماه فوریه بر کاهش دما مؤثر بوده و به علت اهمیتی که دمای این ماه با

تعیین سال‌های نمادین منفی در کرونولوژی درختان سه رویشگاه

همانطوری که در جدول (۲) مشخص گردیده درختان پارک سرخه حصار بیشترین سال‌های نمادین را پشت سر گذاشته‌اند. سه رویشگاه در بعضی از سال‌های بحرانی با یکدیگر مشترک هستند. مثلاً کاج آزادی فقط سال ۱۹۸۵ را با پارک چیتگر و سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۰-۱۹۸۲ را با پارک سرخه حصار مشترک بوده و دو پارک سرخه حصار و چیتگر سال‌های نمادین ۱۹۹۹-۱۹۹۷-۱۹۸۹ را با یکدیگر مشترک بوده‌اند. سه رویشگاه علیرغم فاصله مکانی کمی که با یکدیگر داشتند، از سال‌های مشترک زیادی برخوردار نبودند.

جدول ۲- سال‌های نمادین منفی در درختان کاج سه رویشگاه

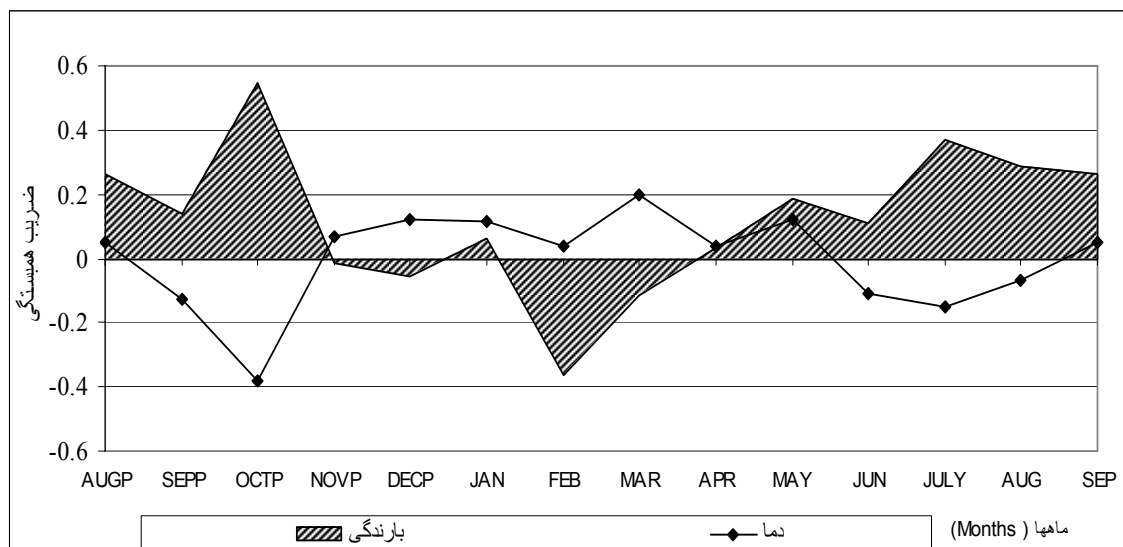
چیتگر	۱۹۸۰	۱۹۸۴	۱۹۸۵	۱۹۸۹	۱۹۹۷	۱۹۹۹			
آزادی	۱۹۸۰	۱۹۸۲	۱۹۸۵	۱۹۸۷	۱۹۹۰	۱۹۹۳	۱۹۹۴		
سرخه حصار	۱۹۷۶	۱۹۷۸	۱۹۸۲	۱۹۸۳	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۷ ۱۹۹۹

ارتباط دما و بارندگی با رویش شعاعی درختان سه رویشگاه

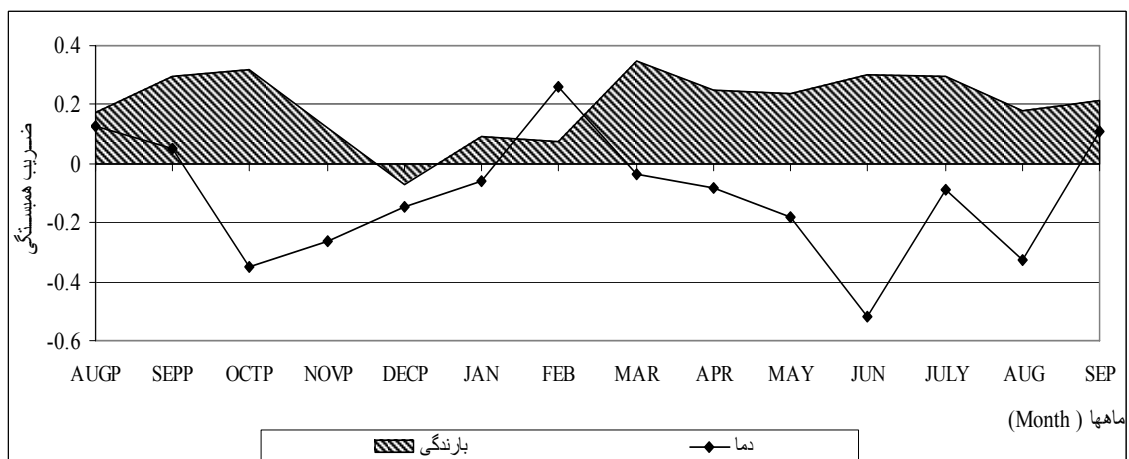
همانطور که در شکل ۸ مشخص گردیده، پهنی دواپر درختان کاج پارک المهدی همبستگی بیشتری با مقدار بارندگی از خود نشان دادند. با توجه به نتایج حاصله، همبستگی دمای هیچ یک از ماه‌های سال با پهنی دواپر رویش معنی‌دار نیست، ولی به دلیل بحران خشکی که درختان کاج در فصل تابستان سپری می‌کنند، دواپر رویشی با بارندگی‌های فصل تابستان همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. بارندگی ماه‌های ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر سال پیشین روی پهنی دواپر در سطح معنی‌دار ۵٪ اثر مثبت داشته و در همین سطح آماری با ماه فوریه همبستگی منفی داشته است. احتمالاً بارش برف و باران ماه فوریه بر کاهش دما مؤثر بوده و به علت اهمیتی که دمای این ماه با رویش شعاعی داشته است، باعث شده پهنی دواپر رویش در این ماه با بارش ماه فوریه همبستگی معکوس نشان دهد (تأثیر عمده دمای ماه فوریه در اشکال ۹ و ۱۰ بیشتر نمایان است). همبستگی مثبت بارندگی‌های اکتبر سال پیشین و رابطه معکوس دمای همین ماه با پهنی دواپر رویشی، حاکی از اهمیت خصوصیات آب و هوایی اکتبر سال قبل در تشکیل چوب بهاره سال بعد می‌باشد. همانطور که ذکر شد، بین دمای هیچ یک از ماه‌ها با پهنی دواپر رویشی ارتباط معنی‌داری مشاهده نگردید، اما در مجموع دمای ماه‌های فوریه بیشترین اثر مثبت و دمای ماه ژوئیه (جولای) و اکتبر سال قبل بیشترین اثر منفی را با پهنی دواپر رویشی داشته است. این مطلب حاکی از اثرات مطلوب دمای فصل زمستان، خصوصاً ماه‌های یاد شده روی پهنی دواپر رویش بوده و همچنین رابطه منفی دمای ماه ژوئیه با پهنی دواپر رویشی، بیانگر حساسیت درختان کاج به افزایش گرمای فصل تابستان است.

پهنی دواپر رویشی درختان کاج پارک چیتگر نسبت به تغییرات دما و بارندگی هیچ گونه همبستگی معنی‌داری از خود نشان ندادند، اما در مجموع بارندگی‌های اکتبر سال گذشته، آوریل، مه، ژوئیه و اوت سال جاری بالاترین تأثیرات مطلوب را برای درختان کاج پارک چیتگر داشتند. همچنین دمای ماه‌های اکتبر سال پیشین، ژوئن و اوت اثرات منفی، و دمای ماه فوریه اثر مثبت روی درختان کاج پارک چیتگر باقی گذاشتند.

حلقه‌های رویشی درختان کاج پارک سرخه حصار، نظیر درختان پارک چیتگر به تغییرات اقلیمی فصل بهار واکنش نشان دادند. همانگونه که در شکل ۱۰ مشخص گردیده، علیرغم آنکه تغییرات دما با پهنی دواپر رویشی درختان کاج این رویشگاه روابط معنی‌داری نداشتند، اما در مجموع، افزایش درجه حرارت ماه ژوئیه و اوت بالاترین تأثیرات منفی، و دمای ماه فوریه اثری مثبت روی رشد درختان داشته است.



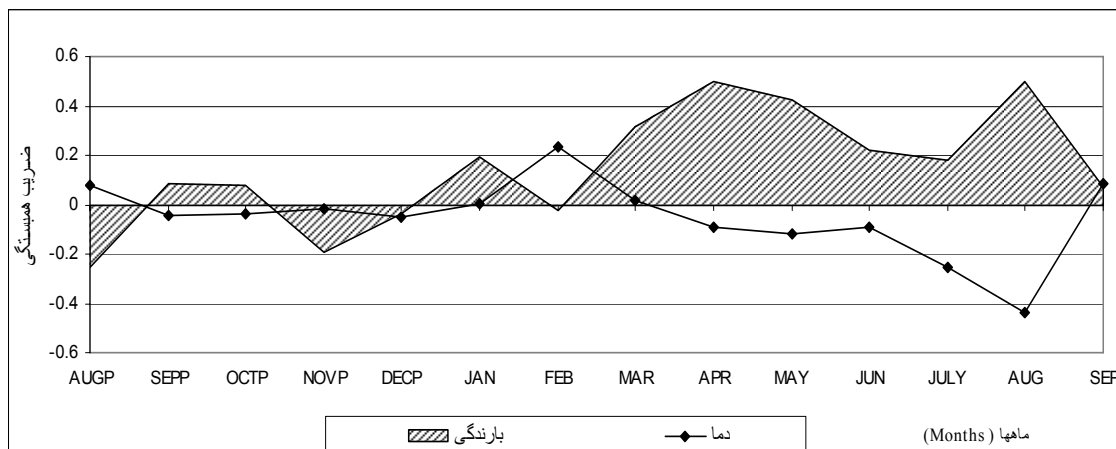
شکل ۸- همبستگی بین پهنی دواير رویشی درخت کاج میدان آزادی با دما و بارندگی ایستگاه مهرآباد



شکل ۹- همبستگی بین پهنی دواير رویشی درختان کاج پارک چیتگر با دما و بارندگی ایستگاه چیتگر

لازم به ذکر است که حلقه‌های رویشی درختان پارک سرخه حصار، به بارندگی‌های فصل بهار بیشترین همبستگی مثبت را نشان دادند؛ به طوری که پهنی دواير رویشی با میزان بارندگی ماه‌های آوریل، مه و اوت در سطح ۱٪ همبستگی معنی‌داری داشتند.

روابط پهنی دواير رویشی سه رویشگاه نسبت به دما کمی متفاوت بودند. به منظور بررسی تفاوت خصوصیات آب و هوایی سه رویشگاه، متوسط بارندگی و دمای سالیانه سه ایستگاه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس گردیدند. نتایج حاکی از آن است که میزان بارندگی سه ایستگاه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ولی اختلاف دمای سه ایستگاه در سطح ۱٪ معنی‌دار گردیده و آزمون چند دامنه‌ای دانکن^۱ دمای چیتگر را در یک گروه و دمای دو ایستگاه آزادی (ایستگاه مهرآباد) و سرخه حصار (ایستگاه دوشان تپه) را در یک گروه دیگر دسته‌بندی می‌نماید (جدول ۳).



شکل ۱۰- همبستگی بین پهنی دواير رویشی درخت کاج ارک سرخه حصار با دما و بارندگی ایستگاه دوشان تپه

جدول ۳- مقایسه متوسط دمای سالیانه سه ایستگاه هواشناسی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن

ایستگاه هواشناسی (تیمار)	متوسط دما (درجه سانتی گراد)	طبقه بندی دانکن
چیتگر	۱۶/۷۰	A
مهرآباد	۱۷/۹۱	B
دوشان تپه	۱۸/۱۲	B

بحث و نتیجه گیری

درختان کاج سه رویشگاه تقریباً واکنش‌های مشابهی به تغییرات اقلیم از خود نشان دادند. پهنی دواير رویشی درختان کاج الدار در دو رویشگاه پارک المهدی (میدان آزادی) و چیتگر با بارندگی ماه‌های اوت، ژوئیه و اکتبر سال قبل، بیشترین همبستگی مثبت را داشتند همچنین دمای ماه‌های اکتبر سال قبل و ژوئیه در پارک المهدی و دمای ماه ژوئن و اکتبر سال قبل در پارک چیتگر بالاترین همبستگی معکوس را با پهنی دواير داشته است که همگی نشانگر اهمیت خصوصیات آب و هوایی اکتبر سال قبل در پهنی دواير رویش این دو رویشگاه می‌باشد. واکنش دواير رویشی درختان دو رویشگاه، علیرغم فاصله مکانی ناچیز، به دمای تابستان کمی متفاوت بود که علت آن احتمالاً به عدم یکنواختی دما در رویشگاه المهدی و چیتگر مربوط می‌شود (جدول ۳).

به‌طور کلی می‌توان این نتیجه را گرفت که درختان کاج الدار اغلب به بارش‌های فصل بهار و تابستان بیشتر از سایر فصل‌ها حساس بوده و بارندگی ماه اوت در سه رویشگاه المهدی، سرخه حصار و چیتگر (ضریب همبستگی چیتگر از دو رویشگاه دیگر کمتر بوده) با پهنی دواير رویش همبستگی قابل توجهی داشته است و همچنین دمای همین ماه (اوت) در دو رویشگاه سرخه حصار و چیتگر با پهنی دواير رویش همبستگی معکوس داشته است که نشانگر اهمیت خصوصیات آب و هوایی این ماه در رویش شعاعی گونه کاج الدار در منطقه تهران می‌باشد. درختان کاج الدار به دلیل واقع شدن در آب و هوای خشک، اغلب نسبت به گرمای ماه‌های تابستان از خود همبستگی معکوس نشان دادند، به‌طوری که دمای ماه‌های ژوئن بالاترین تأثیر منفی را روی رویش شعاعی درختان سه رویشگاه داشته و در مقابل دمای ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس بالاترین تأثیر مثبت را بین دمای ماه‌های سال بر روی پهنی دواير رویشی داشته است. مطابق انتظار، بارش خصوصاً در فصل تابستان تأثیرات مثبت بیشتری در مقایسه با دما بر

روی حلقه‌های رویش اعمال نموده و بار دیگر اصل کلی تأثیرپذیری بیشتر درختان مناطق خشک از بارندگی مورد تأیید قرار گرفت.

درختان سه رویشگاه علیرغم نزدیکی به یکدیگر (فاصله مکانی کم)، از خصوصیات آب و هوایی کاملاً یکسانی برخوردار نبودند، به طوری که متوسط دمای سالیانه از سمت غرب به شرق ناحیه تهران به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. تغییر شرایط آب و هوایی حاکم بر سه رویشگاه و روابط متقابل آن‌ها با خصوصیات رویشگاهی باعث گردیده تا کروئولوژی درختان سه رویشگاه از برهم گذاری‌های خوبی برخوردار نباشند و تعداد سال‌های بحرانی مشترک آن‌ها در حد مطلوب مورد انتظار نبوده و در نتیجه درختان واکنش‌های متفاوتی نسبت به تغییرات آب و هوا خصوصاً به دما نشان دهند.

به طور کلی فرآیند رشد در درختان بسیار پیچیده بوده و علیرغم مطالعات بسیار زیادی که انجام شده، به پژوهش‌های بیشتری نیاز است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقای دکتر آخیم بروئینگ^۱، استاد گروه جغرافیای دانشگاه اشتوتگارت^۲ آلمان به سبب تاریخ‌گذاری تطبیقی، تاریخ‌گذاری و اندازه‌گیری پهنی دواپرسالیانه و راهنمایی‌های ارزشمندشان و همچنین مساعدت‌های سرکار خانم مارگاریت دوال^۳، محقق مرکز تحقیقات استون ویل آمریکا^۴ در تمامی مراحل این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع و مآخذ:

- ۱- امیدوار، علی اصغر، ۱۳۶۶. بررسی تأثیر پهنای دواپرسالیانه بر روی کیفیت تکنولوژیک و کاربردی چوب کاج تدا. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی نور.
- ۲- پارسا پژوه، داوود، فائزی پور، مهدی و تقی یاره، حمید رضا، ۱۳۸۰. فرهنگ ۴ زبانه گاه‌شناسی درختی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۸۴، ۳۰۸ صفحه.
- ۳- پور طهماسبی، کامبیز، ۱۳۸۰. بررسی تغییرات کمی و کیفی حلقه‌های رویش درختان ارس (*Juniperus polycarpus C.Koch*) در سه رویشگاه ایران. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. صفحات ۱۹ و ۱۳۱.
- ۴- چکیده مطالعات نیمی تفصیلی طرح اکولوژی تهران بزرگ، ۱۳۷۴. مجری طرح سازمان محیط زیست. صفحه ۳۵.
- ۵- صفدری، وحیدرضا، ۱۳۸۳. مطالعه گاه‌شناسی درختی (Dendrochronology) به منظور بررسی اثرات آلودگی و تغییرات آب و هوا بر روی رویش شعاعی دو گونه (*Fraxinus excelsior & Pinus eldarica*) منطقه تهران. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات صفحه ۱۴۱.
- 6- Baes, C.F.III., McLaughlin, S.B and Hagan, T, A., 1983. Multi -elemental analysis of tree rings: temporal accumulation pattern and relationship with air pollution. Presented at the symposium on air pollution and the productivity of the forest Washington, Dc.
- 7- Cedro, A. 2001. Influence of thermic and pluvial conditions on the radial increments of *Pseudotsuga menziessi* Franco from western Pomerania. Tree Ring and People. International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos, Switzerland. Page 115.
- 8- Cook E. R., Johnson A. H. and Blasing, T. J. 1987. Forest decline: modeling the effect of climate in tree rings. Tree Physiology 3:27-40.
- 9- Cropper, J. P. 1979. Tree ring skeleton plotting by computer. Tree -ring Bulletin, 39-47.

- 10- Dieterich, J. H. 1980. Chimney Spring forest fire history. Research Paper R M-220, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- 11- Devall, M. S., Parresol B. R. and Wright, S. J. 1995. Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* and *Annona spraguei* in central Panama. IAWA Journal, VOL.16 (4), 1995: 411-424.
- 12- Ericson, B. 1960. Studies on the genetical wood density variation in Scots pine and Norway spruce. Stat Skogsforskningsinst. Stockholm Rapp.4:1-52.
- 13- Fritts H. C. 1976. Tree Ring and Climate. Acad.Press, London. pp. 4,252-263,266.
- 14- Fritts, H.C. and Swetnam, T.W. 1986 .Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. Univ. of Arizona, Tuscon.pp.61.
- 15- Graybill, D. A. 1982. Chronology development and analysis. In: Hughes, M. D., Kelly, P. M. Plicher J. R and Lamarche, U. C Jr. (eds) Climate from tree rings. Cambridge University Press, Cambridge: 21-28.
- 16- Johnson E. D. 1998. Applied Multivariate methods for data analysts. Duxbury Press, pp. 100.
- 17- La Marche, V. C., Jr. 1966. An 88 year history of stream erosion as indicated by botanical evidence. In U.S. Geological Surevey Professional Paper 550-D, pp.83-86, Washington, D.C.
- 18- McKimmy, M. D. and Nicholas, D. D 1971. Genetic differences in wood traits among half – century old families of Douglas – fir. Wood and Fiber 2:347-355.
- 19- Parsapajouh, D. 2001. The Variation of the annual rings in Iranian beech (*Fagus orientalis* L.).Tree Ring and People, International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos, Switzerland. pp. 29.
- 20- Rink, G. & Thor. E. 1973. Inheritance and gains of three wood properties in Virginian pine. 12th Southern Forest Tree Improvement Conference, Baton Rouge, LA: 24-30.
- 21- Shroder, J.F., Jr. 1978. Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah.Quaternary Res.9:168-185.
- 22- Sigafos, R. S. 1964. Botanical evidence of floods and floodplain deposition.U.S. Geological Survey Professional Paper 485-1, Washington, D.C.
- 23- Swetnam, T. W., Thompson, M. A. and Sutherland, E. K. 1985. Using dendroc- hronology to measure radial growth of defoliated trees. Agriculture Handbook 639, U.S Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., pp, 39.
- 24- Tsoumis, G. 1991. Science and technology of wood, structure, properties utilization. Copyright 1991 by Van Nostrand Reinhold.pp, 88, 89.
- 25- Yamaguchi, D. K. 1985. Tree ring evidence for a two year interval between recent prehistoric explosive eruptions of Mount St.Helens. Geology 13:554-557.

A dendroclimatological evaluation of *Pinus eldarica* at three sites in Tehran

V. R. Safdari

Assistant Professor of Azad University, Karaj Branch

D. Parsapajouh

Full professor of Tehran University

A. H. Hemmasi*

*Assistant Professor of Azad University, Science and Research Branch,
Corresponding Author*

Abstract

In this research the correlation between annual temperature and precipitation with radial growth of *Pinus eldarica* in three parks of Tehran, Chitgar, Almahdi and Sorkhehesar using data gathered from each nearby metrological stations were evaluated. After crossdating and measuring ring widths, long-term variations were removed by standardization. The tree rings of three sites have shown somewhat different responses to climate. The correlations between indices and annual precipitation demonstrated that precipitation of prior October in Almahdi and Chitgar Park and precipitation of March and April in Sorkhehesar Park and precipitation of August approximately in all sites have most positive influence on ring width of Pine (*Pinus eldarica*) trees. Lack of significant correlation between radial growth and temperature indicates that trees in drought area are more influenced by precipitation.

Key words: *Pinus eldarica*, Cross dating, Precipitation, Temperature, Radial growth.

* Corresponding Authot