مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۲۲۱-۲۳۵

تأثیر عوامل اقلیمی دما و بارش بر الگوی رویش شعاعی راش و بلندمازو در ارتفاعات رشته‌کوه البرز مرکزی

نرگس کنعانی[۱]، اصغر فلاح[۲]، رئوفه عابدینی[۳]* و سیف‌الله خورنکه[۴]

[۱] کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[۲] دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[۳] استادیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[۴] کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵)

چکیده

درختان در طول زندگی به تغییرات محیطی واکنش نشـــان می‌دهند. یکی از روش‌های بررســـی واکنش درختان به متغیرهای محیطی، بررســـی تغییرات حلقه‌های رویش درختان با اسـتفاده از علم گاه‌شـناسـی درختی اسـت. دما و بارندگی مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار و محدودکننده در رشـد درختان هسـتند. در تحقیق حاضـر، اثر دما و بارندگی بر رویش سـالانهٔ گونه‌های راش شـرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) و بلندمازو (*Querscus castaneifolia* C.A. Mey) بررسـی شد. جمع‌آوری نمونه‌های رویشی از جنگل‌های بخش۲ نکا و هفت‌خال ۲، واقع در بخش مرکزی دامنهٔ شـمالی رشـته‌کوه البرز، از سـه طبقهٔ ارتفاعی (۴۵۰، ۹۰۰ و ۱۳۸۰ متر از سطح دریا) توسط متهٔ سال‌سنج از دو جهت تنه درخت انجام شد. اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشـی، با دقت ۰/۱ میلی‌متر، توسـط بینوکولار و میز اندازه‌گیری LINTAB6 انجام گرفت و سـپس سری‌های زمانی حاصـل تحلیل شـد. نتایج نشـان داد که ارتفاع تأثیر معنی‌داری در تعیین میانگین رویش بلندمازو و راش دارد. درختان در سـه ارتفاع واکنش‌های متفاوتی به دما و بارندگی سـالیانه داشـتند. بلندمازو بیشتر از راش به تغییرات اقلیمی حساسیت نشان داد. دما در ماه‌های پیش از شروع فصل رشد اثر منفی بر رویش درختـان بلنـدمازو در ارتفاع بالابند و اثر مثبت بر رویش این درختان در ارتفاع میان‌بند و پایین‌بند داشـت. در هر سـه ارتفاع، بـارندگی خرداد همبسـتگی مثبتی با رویش بلندمازو نشـان داد. درختان راش در ارتفاع بالابند رابطهٔ مثبتی با بارندگی اسـفند پیش از رویش و بارندگی فصل تابستان نشان دادند، اما در ارتفاع پایین‌بند همبستگی معنی‌داری بین رویش راش و اقلیم مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، بارندگی، حلقه‌های رویش، سری‌های زمانی، گاه‌شناسی درختی.

مقدمه

تغییر اقلیم پدیده‌ای اسـت که در نتیجهٔ عواملی همچون فراینـدهـای دینامیکی زمین یا عوامل بیرونی مانند تغییرات شـدت تابش آفتاب، انحراف در مسـیر حرکـت زمین و افزایش غلظـت گـازهـای گلخـانـه‌ای درنتیجه‌ی فعالیت‌های انسـانی رخ می‌دهد. تغییرات اقلیم اثرهای شـدیدی بر بوم‌سـازگان‌های کرهٔ زمین دارد و واکنش بوم‌سازگان‌ها به این تغییرات در حال و آینده حائز اهمیت اسـت (Kiaee & Jafari, 2014). تغییرات آب‌وهوایی موجـب گرم شـدن کرهٔ زمین، طولانی شـدن فصل رشد، و تغییر رژیم بارش می‌شود، به‌طوری که آب‌وهوا عامل اصلی مؤثر بر الگوهای رشد

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۱۱۳۳۸۸۲۹۸۴
ایمیل: r.abedini@sanru.ac.ir

جنگل به‌شمار می‌رود (Castagneri et al., 2014).

توالی سالانهٔ اقلیم مساعد و نامساعد (سال‌های پربارندگی و خشک یا گرم و سرد) با تأثیر بر رویش سالیانهٔ درختان، بر پهنای حلقه‌های رویشی مؤثر است، بنابراین درختان حلقه‌های رویش سالانهٔ متوالی با پهنای متفاوت تشکیل می‌دهند (Balapour et al., 2010). در مناطق معتدله، هرساله یک لایهٔ جدید توسط بافت زاینده ساخته شده و به ساقهٔ درخت اضافه می‌شود که پهنای این لایه در درجهٔ اول، متأثر از سن درخت، ویژگی‌های فیزیولوژیک گونه و عوامل مختلف رویشگاهی مانند خاک و اقلیم است (Pourtahmasi et al., 2009; Hedayati et al., 2014). دما و بارش مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر پهنای حلقه‌های رویش درختان‌اند. شدت تأثیر بارندگی و دمای هوا بر رشد سالانهٔ درختان، بسته به عوامل رویشگاهی دیگر از قبیل خاک، جهت و ارتفاع از سطح دریا متفاوت است (Balapour et al., 2010). یکی از روش‌های رایج در زمینهٔ مطالعات وضعیت رویشی درختان، استفاده از گاه‌شناسی درختی است. در مطالعات گاه‌شناسی درختی، با تجزیه‌وتحلیل حلقه‌های رویشی، می‌توان به شرایط رویشگاهی و محیطی آن گونه‌ها در گذشتهٔ دور پی برد و همچنین تأثیرپذیری رویش از عوامل اقلیمی را تعیین کرد (Balapour & Kazemi, 2012). برآوردهای اقلیمی از حلقه‌های رویشی درختان، اطلاعات ارزشمندی برای دوره و مناطق فاقد اطلاعات هواشناسی فراهم می‌آورد (Fritts, 1976).

در بررسی حاضر، حلقه‌های رویشی سالیانهٔ دو گونهٔ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) و بلندمازو (*Querscus castaneifolia* C.A. Mey) بررسی شد. تغییرات پهنای حلقه‌های رویش راش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پهن‌برگ جنگل‌های شمال ایران، شاخصی بسیار حساس است که به‌وضوح تأثیر عوامل محیطی را نشان می‌دهد و بسیار مناسب مطالعات گاه‌شناسی درختی است (Dittmar et al., 2003). گونه‌ی بلندمازو نیز با حلقه‌های کاملاً واضح و مشخص، نبود حلقه‌های رویشی کاذب یا گمشده و دیرزیستی زیاد (Nasiri et al., 2014)، برای اجرای تحقیقات گاه‌شناسی و بازسازی اقلیمی مناسب است. به علاوه حساسیت این گونه به شرایط اقلیمی زیاد است (Poursartip et al., 2014). یکی دیگر از دلایل استفاده از دو گونهٔ راش و بلندمازو، تمرکز بیشتر مطالعات جهانی بر این گونه‌ها، فراوانی و اهمیت آنها در منطقهٔ تحقیق و همچنین کاربرد گستردهٔ چوب آنها در بناهای تاریخی و فرهنگی منطقه بود.

در کشوری مانند ایران، نبود داده‌های درازمدت هواشناسی، ناآشنایی با دانش گاه‌شناسی، کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، نبود درختان مناسب در ارتفاعات پایین و حضور آن در مناطق صعب‌العبور سبب شد تا روابط بین حلقه‌های رویشی و پدیده‌های طبیعی تأثیرگذار بر رویش درختان به اندازهٔ کافی بررسی نشود. جنگل‌های شمال ایران با درختان کهنسال متنوع پهن‌برگ، امکان تجزیه‌وتحلیل حلقه‌های رویشی را برای اهداف مختلف فراهم می‌کند. آگاهی دقیق‌تر از تغییرات اقلیمی بر رویش درختان جنگلی، در برنامه‌ریزی و طرح‌های درازمدت مدیریت جنگل کارساز خواهد بود (Karamzadeh et al., 2011). مطالعات معدودی در ایران به بررسی روابط متغیرهای اقلیمی و رویش سالانهٔ درختان پرداخته‌اند. Fallah et al. (2014) در بررسی گاه‌شناسی درختان ارس شاه‌کوه شاهرود واقع در رشته‌کوه البرز اظهار داشتند که مهم‌ترین عامل مؤثر بر رشد، عامل میانگین دمای هوا در اواخر زمستان قبل از فصل رشد است. Poursartip et al. (2013) با هدف ارزیابی تغییرات سالانهٔ حلقه‌های رویشی درختان بلوط اوری (*Quercus macranthera*) و بلندمازو در اقلیم‌های گوناگون، درختانی را از شش رویشگاه در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان گزینش کردند. نتایج نشان داد که در همهٔ رویشگاه‌ها در هر دو گونه، ارتباط مثبتی بین دوایر سالیانه و بارندگی ماه خرداد

(ژوئن) وجود دارد. بررسی درون‌سالی پویایی کامبیوم توسط Oladi et al. (2011) نشان داد که شروع فعالیت کامبیوم درختان راش شرقی در سه منطقهٔ رویشی در ارتفاعات ۶۵۰، ۱۱۰۰ و ۱۶۰۰ متر جنگل‌های نوشهر متفاوت است. شروع فعالیت کامبیوم در ارتفاع پایین و میانه همزمان در اواخر ماه مارس شروع شد، اما به‌دلیل دمای کم، شروع مجدد فعالیت کامبیوم با ده روز تأخیر در ارتفاعات بالا رخ داد. در ضمن خواب کامبیوم هم زودتر و در میانهٔ ماه سپتامبر اتفاق افتاد که سبب رشد آهسته‌تر و حلقه‌های رویشی باریک‌تر در ارتفاع بالاتر شد. Castagneri et al. (2014) در بررسی تغییرات آب‌وهوای تابستانی شرق اروپا، طی ۲۵۰ سال گذشته از روی بررسی رشد شعاعی گونه‌های راش (*Fagus sylvatica* L.)، نراد (*Abies alba* Mill.) و نوئل (*Picea abies* karst.) دریافتند که علائم آب‌وهوایی برای راش به‌طور کلی کم و با همبستگی منفی برای دمای ماه آوریل در طی دهه‌های گذشته بوده است. در نوئل و نراد، اثر مثبت دما در بهار سال‌های جاری کاهش یافت، درحالی که اثر منفی دمای تابستان قبل، به‌طور چشمگیری در طول قرن گذشته افزایش یافته است. دمای تابستان اثر منفی بر رشد نوئل نشان داد و بارندگی تابستان رشد نراد را بهبود بخشید. دوره‌های طولانی‌مدت خشکسالی موجب کاهش شدید رشد راش شد. با وجود افزایش دما طی سه دههٔ گذشته، نراد هیچ کاهش رشدی نشان نداد، درحالی‌که کاهش رشد شدیدی در راش و نوئل مشاهده شد. همچنین بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر پهنای حلقه‌های رویش سه گونهٔ پهن‌برگ بلوط سرخ (*Quercus rubra*)، افرا قندی (*Acer saccharum*) و راش آمریکایی (*Fagus grandifolia*) در کوهستان‌های کانادا نشان داد بلوط سرخ همبستگی منفی با دمای ماه می و بارندگی ماه ژوئن دارد. الگوی رویش افرا نیز مشابه بلوط مشاهده شد، درحالی که راش هیچ همبستگی مثبت یا منفی با بارندگی و دما نشان نداد. بررسی‌ها نشان داد که گرم شدن جهانی همراه با افزایش تنش خشکی، رشد شعاعی این سه گونه را به‌طور متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد و رشد بلوط بیشتر از دو گونهٔ دیگر توسط تنش خشکی ابتدای تابستان محدود خواهد شد (Takahashi & Takahashi, 2016). اما واکنش راش اروپا به تغییرات اقلیم متفاوت بود؛ Dulamsuren et al. (2017) با بررسی واکنش و حساسیت راش اروپا به تغییرات اقلیمی در ارتفاعات مختلف (متر ۱۲۳۰-۱۱۰) نشان دادند که در ارتفاعات پایین‌تر، رشد شعاعی به‌شدت توسط بارندگی آوریل و می و در ارتفاع ۱۲۳۰ متر با دماهای کم تابستان محدود می‌شود. در ارتفاع میانه (۶۴۰ متر) نشانه‌هایی از محدود شدن رشد توسط رطوبت و دما مشاهده شد. Costa et al. (2016) نیز پاسخ اقلیمی رشد بافت چوبی بلوط جنگل‌های مدیترانه در جنوب غربی پرتغال را بررسی کردند. در این پژوهش میانگین حساسیت و همبستگی زیاد بین سری حلقه‌های بافت چوبی نشان داد که اقلیم به احتمال زیاد یک عامل غالب بر رشد بلوط است، اما تنش‌های محیطی محلی مانند رطوبت در دسترس خاک نیز می‌تواند بر این عامل (اقلیم) تأثیر بگذارد. با اینکه درختان بلوط به تنش خشکی مقاوم‌اند، جنگل‌های بلوط در جنوب غربی پرتغال در روند گرمایش جهانی رشد کمتری داشتند.

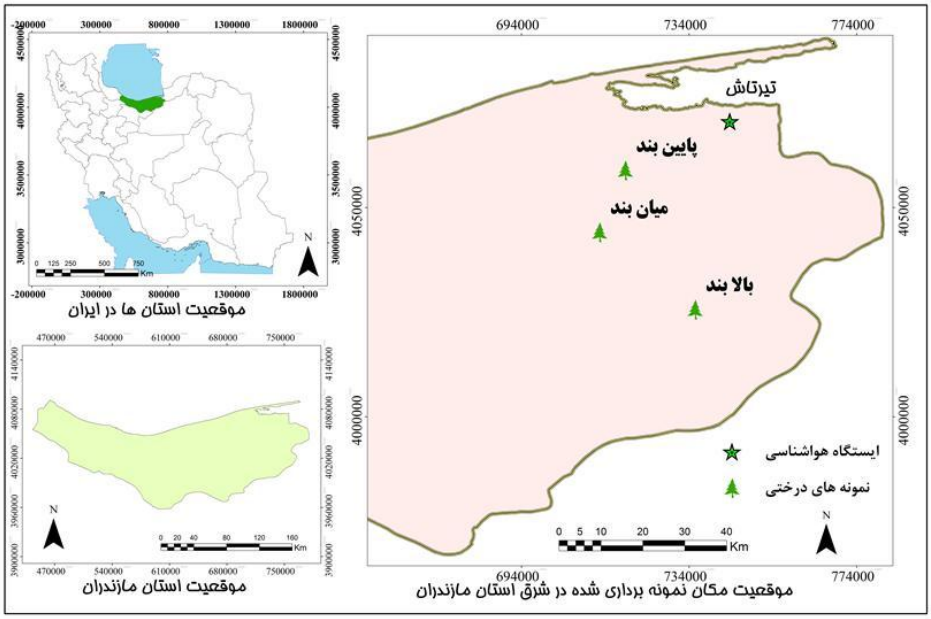
با توجه به اهمیت کاربرد روش‌ها و اصول گاه‌شناسی درختی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر حلقه‌های رویشی سالیانهٔ گونه‌های راش و بلندمازو در پروفیل‌های ارتفاعی متفاوت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ تحقیق در جنگل‌های اطراف شهرستان نکا، از ارتفاع ۴۵۰ متر با طول ″۰۴.۴ ′۲۵ °۵۳ و عرض جغرافیایی ″۲۸.۱ ′۳۳ °۳۶ شروع می‌شود و تا ارتفاع ۱۳۸۰ متر با طول و عرض جغرافیایی ″۱۰.۳ ′۳۳ °۵۳

و″۴۸.۲ ′۲۱ °۳۶ ادامه پیدا کرده است. سه منطقهٔ ارتفاعی برای جمع‌آوری نمونه‌های رویشی انتخاب شد. منطقهٔ اول (پایین‌بند) در ارتفاع ۴۵۰ متری و دارای پوشش جنگلی انجیلی، ممرز، بلوط، راش، افرا و خرمندی است و در قسمت‌های نزدیک دره‌ها ظهور گونه‌های توسکا مشهود است. منطقهٔ دوم (میان‌بند) با ۹۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارای پوشش جنگلی افرا، شیردار، ملچ، ممرز و راش و منطقهٔ سوم (بالابند) در ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا با گونه‌های جنگلی توسکا، ممرز، و راش است (شکل ۱). در هر ارتفاع، انتخاب درختان از وسط توده انجام گرفت و عواملی مانند تقارن تاج، سیلندریک بودن تنه، حداقل شاخه‌دوانی و پیچیدگی تنه درنظر گرفته شد.



شکل ۱- مکان نمونه‌برداری و منطقهٔ تحقیق

روش پژوهش

برای تهیهٔ نمونه، ۱۵ اصله درخت سالم و قطور با دامنهٔ قطری حدود ۱۰۰ سانتی‌متر از هر کدام از دو گونهٔ راش و بلندمازو و در هر ارتفاع پایین‌بند، میان‌بند و بالابند انتخاب شد. نمونه‌های حلقهٔ رویشی برای مدت دست‌کم ۲۰ سال به کمک متهٔ رویش‌سنج در ارتفاع برابرسینه (۱/۳۰متری) و از دو سمت درخت در جهت‌های شمال و جنوب استخراج شد. برای اندازه‌گیری، حلقه‌های رویش همهٔ نمونه‌ها در زیر لوپ شمارش و به دوره‌های ۱۰ ساله جدا و علامت‌گذاری شد تا دقت کافی در هنگام اندازه‌گیری به عمل آید. پهنای حلقه‌های رویش از سمت پوست به سمت مغز، با دقت ۰/۱ میلی‌متر توسط بینوکولار و میز اندازه‌گیری LINTAB و نرم‌افزار TSAPWin در پژوهشکدهٔ اکوسیستم‌های خزری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری اندازه‌گیری شد. این نرم‌افزار امکان مقایسهٔ ظاهری و آماری تطابق منحنی‌های رویش را فراهم می‌کند. در نرم‌افزار TSAP دو آمارهٔ اصلی Gleichlaeufigkeit (GLK) و t-values چگونگی تطابق آماری بین سری‌های زمانی را نشان می‌دهد (Abedini et al., 2010). پس از اندازه‌گیری پهنای دوایر رویش در هر جفت نمونه از هر درخت، منحنی میانگین رویش شعاعی هر درخت به‌دست آمد و تطابق زمانی بین تک‌تک درختان و میانگین رویش هر

ارتفاع برهم‌گذاری و مقایسه شد. چنانچه در برخی از درختان تطابق زمانی مناسب مشاهده نمی‌شد، اندازه‌گیری دوباره صورت می‌گرفت تا بیشترین تطابق زمانی حاصل شود؛ در غیر این صورت از میانگین‌گیری حذف می‌شدند. به همین علت تعداد درختان محاسبه شده در ایجاد کرونولوژی به ۱۲ درخت کاهش یافت. به این ترتیب منحنی میانگین رویش هر ارتفاع تهیه شد. برای حذف اثر گرایش‌های رویشی و بررسی اثر اقلیم در رشد شعاعی درختان مورد بررسی، استانداردسازی انجام گرفت و آماره‌های گاه‌شناسی درختان به‌دست آمد. در این بررسی، استانداردسازی با استفاده از روش هموارسازی[1] با بسامد کم (ده‌ساله) توسط نرم‌افزار ARSTAN انجام پذیرفت (Fallah et al., 2014). به این ترتیب که به هر سری زمانی رویش یک منحنی رگرسیونی مناسب برازش داده شد و گاه‌شناسی استاندارد تهیه شد. این عمل سبب حذف گرایش‌های رویشی از منحنی رویش می‌شود و شاخصی باقی می‌ماند که نوسان‌های آن نشان‌دهندهٔ شرایط اقلیمی است. میانگین حساسیت (MS[2]) و نسبت سیگنال به ناهنجاری (SNR[3])، rbar و EPS[4] عواملی هستند که توسط نرم‌افزار ARSTAN محاسبه می‌شوند و به‌منظور ارزیابی کرونولوژی به‌کار می‌روند. MS معرف مقدار تغییر پهنای دوایر سالیانه در طول سری زمانی و SNR معرف قوت سیگنال‌های با فرکانس زیاد در حلقه‌های رویش استانداردشده، rbar میانگین ضرایب همبستگی بین درختان و EPS سیگنال معرف جمعیت آماری است (Fallah et al., 2014). در بررسی روابط رویش و اقلیم از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تیرتاش که در طول جغرافیایی ´۴۴ °۵۳ و عرض جغرافیایی ´۴۵ °۳۶ و ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا واقع شده است استفاده شد که در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری از منطقهٔ تحقیق قرار دارد.

روش تحلیل

در این بررسی از داده‌های هواشناسی دمای ماهانه و بارش ماهانه به مدت ۲۰ سال، از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. ضریب همبستگی رگرسیون این داده‌ها با گاه‌شناسی استاندارد هر ارتفاع در محیط SPSS به‌دست آمد و نمودارهای مربوط به نتایج در محیط اکسل رسم گردید.

نتایج

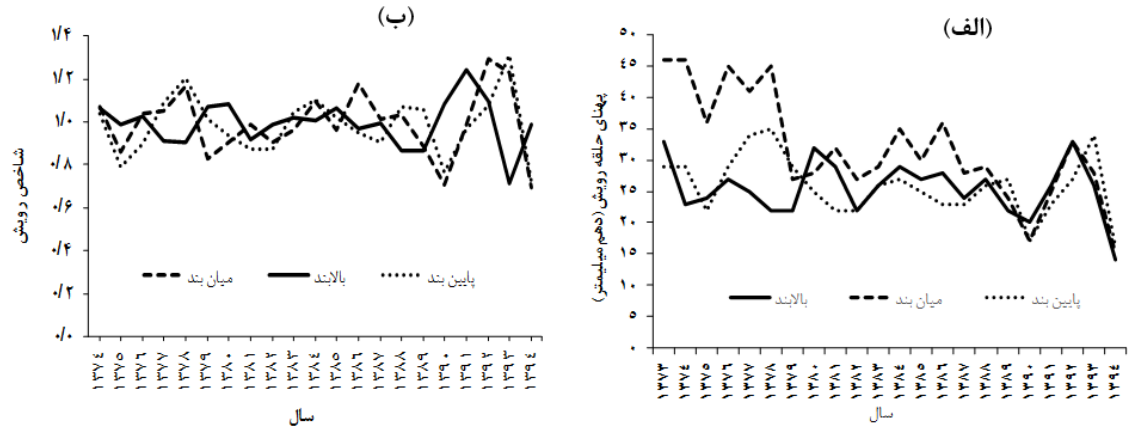
مقایسهٔ میانگین رویش و کرونولوژی درختان راش و بلندمازو

در این پژوهش با به‌کارگیری روش‌های اندازه‌گیری و تحلیل اطلاعات، نوسان‌های رویشی درختان، سال دقیق تشکیل هر حلقه رویش و ارتباط بین پهنای حلقه‌ها و متغیرهای اقلیمی بررسی شد. نتایج مقایسهٔ پهنای حلقه‌های رویش در سه ارتفاع رویشی و دو گونهٔ مورد بررسی در این بخش ارائه شده است (شکل‌های ۲ و ۳). شکل ۲ (الف) نمودار میانگین پهنای حلقه‌های رویش درختان راش در سه ارتفاع را نشان می‌دهد. مقادیر حداقل و حداکثر رویش شعاعی در هر ارتفاع نیز در این شکل مشهود است. میانگین رویش در دورهٔ بیست‌سالهٔ اخیر در ارتفاع میان‌بند ۳/۱ میلی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با مقادیر میانگین رویش ۲/۵۳ و ۲/۵۸ میلی‌متر به ترتیب در دو ارتفاع بالابند و پایین‌بند افزایش معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد (Sig=۰/۰۰۲) داشته است.

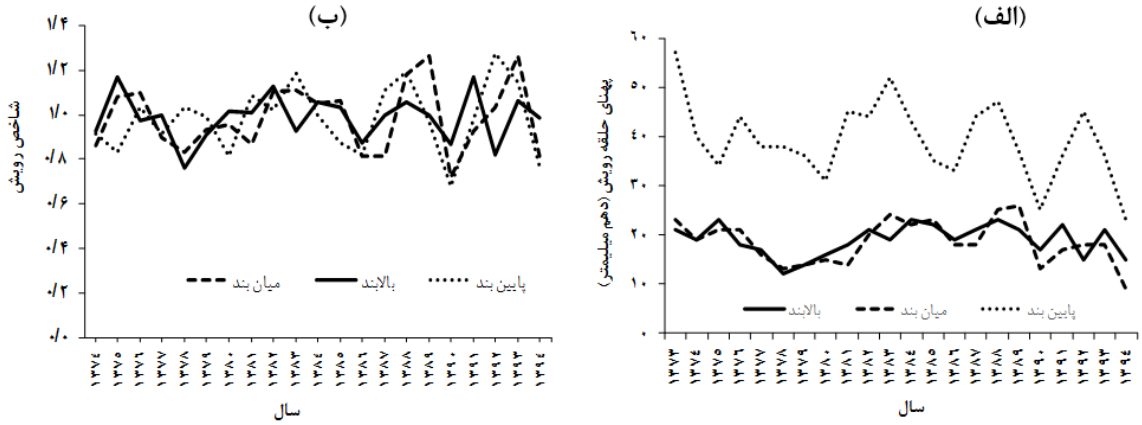
شکل ۳ (الف) مقدار رویش درختان بلوط را در سه ارتفاع رویشی در دامنهٔ زمانی بیست‌سالهٔ اخیر نشان می‌دهد. میانگین رویش ارتفاع پایین‌بند شایان توجه و بیشتر از دو ارتفاع دیگر است که این تفاوت رویش در

1. Cubic smoothing spline
2. Mean Sensitivity
3. Signal-to-noise Ratio
4. Expressed Population Signal

سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. میانگین رویش درختان ارتفاع میان‌بند در دو دهۀ اخیر برابر با ۳/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین رویش شعاعی در ارتفاع بالابند و میان‌بند نزدیک به هم و به‌ترتیب ۱/۸۸ و ۱/۸۴ میلی‌متر است.



شکل ۲- (الف) میانگین رویش و (ب) گاه‌شناسی گونه راش در سه ارتفاع منطقۀ تحقیق (فاصلۀ زمانی ۱۳۹۴ – ۱۳۷۳)



شکل ۳- (الف) میانگین رویش و (ب) گاه‌شناسی گونۀ بلندمازو در سه ارتفاع منطقۀ تحقیق (فاصلۀ زمانی ۱۳۹۴ – ۱۳۷۳)

تطابق میانگین رویش سالانه بلندمازو و راش در سه ارتفاع توسط آمارۀ GLK نرم‌افزار TSAP بررسی و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. این آماره تطابق کلی دو سری زمانی را نشان می‌دهد.

تغییرات ناشی از روند سنی با استفاده از برنامۀ ARSTAN از سری زمانی رویش درختان حذف شد و آمارۀ گاه‌شناسی درختی سری‌های زمانی برای هر سه ارتفاع به‌دست آمد (جدول ۲).

منحنی گاه‌شناسی گونه‌های بلندمازو و راش در سه طبقۀ ارتفاعی نیز در شکل‌های ۲ و ۳ (ب) نشان داده شده است. در جدول ۲، مشخصات رویشی نمونه‌های تهیه‌شدۀ درختان بلندمازو و راش ارائه شده است. اگرچه همبستگی بین گاه‌شناسی و عوامل اقلیمی دو دهه بررسی شد، به‌منظور افزایش اعتبار نتایج، پهنای تمامی حلقه‌های رویش نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. طولانی‌ترین گاه‌شناسی

اندازه‌گیری‌شـــده در بلندمازو در ارتفاع میان‌بند، ۱۲۱ سال داشت. در راش نیز طولانی‌ترین گاه‌شناسی با ۹۳ سال از ارتفاع میان‌بند تهیه شد.

جدول ۱- آمارهٔ تطابق (GLK) منحنی میانگین رویش درختان بلندمازو و راش در سه ارتفاع

گونه	ارتفاع	بالابند	میان‌بند	پایین‌بند
بلندمازو	بالابند	۱	٪ ۶۴ **	٪ ۵۱
	میان‌بند	٪ ۶۴ **	۱	٪ ۶۲ *
	پایین‌بند	٪ ۵۱	٪ ۶۲ *	۱
راش	بالابند	۱	٪ ۶۰ *	٪ ۴۶
	میان‌بند	٪ ۶۰ *	۱	٪ ۵۸
	پایین‌بند	٪ ۴۶	٪ ۵۸	۱

جدول ۲- ویژگی‌های گاه‌شناسی‌های محاسبه‌شده

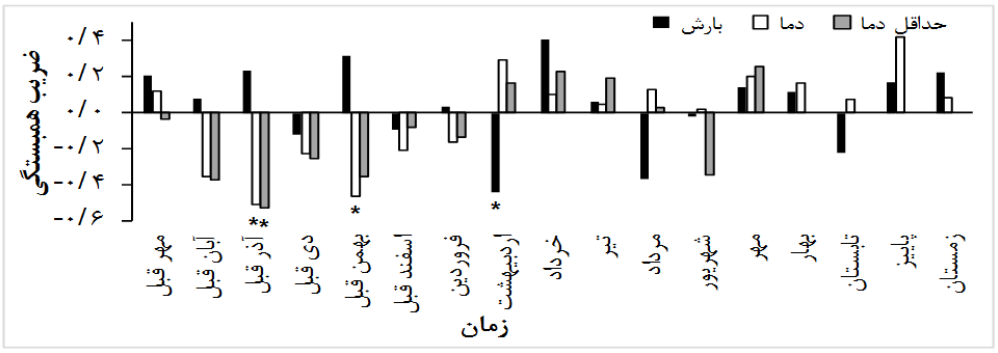
گونه	ارتفاع	سال آغاز کرنولوژی	سال پایان کرنولوژی	طول کرنولوژی	میانگین حساسیت	(SNR)	rbar	EPS	انحراف معیار	تعداد درختان
بلند مازو	بالابند	۱۲۹۸	۱۳۹۴	۹۷	۰/۱۴۶۶	۳/۶۳۳	۰/۳۲۵	۰/۸۵۲	±۰/۲۲	۱۲
	میان‌بند	۱۲۷۴	۱۳۹۴	۱۲۱	۰/۱۵۰۲	۵/۰۷۵	۰/۳۰۱	۰/۸۴	±۰/۱۷	۱۲
	پایین‌بند	۱۳۰۸	۱۳۹۴	۸۷	۰/۱۸۳۶	۷/۶۰۳	۰/۳۰۷	۰/۸۴	±۰/۲۲	۱۲
راش	بالابند	۱۳۰۶	۱۳۹۴	۸۸	۰/۱۰۱۵	۱/۱۸۵	۰/۱۳۰	۰/۶۴	±۰/۱۳	۱۲
	میان‌بند	۱۳۰۲	۱۳۹۴	۹۳	۰/۱۷۶۴	۴/۲۳۲	۰/۳۱۹	۰/۸۵	±۰/۲۹	۱۲
	پایین‌بند	۱۳۲۵	۱۳۹۴	۷۰	۰/۱۰۱۰	۱/۰۷۱	۰/۱۵۲	۰/۶۸۲	±۰/۱۱	۱۲

همبســـتگی الگوی رویش درختـــان بلنـــدمازو و عوامل اقلیمی

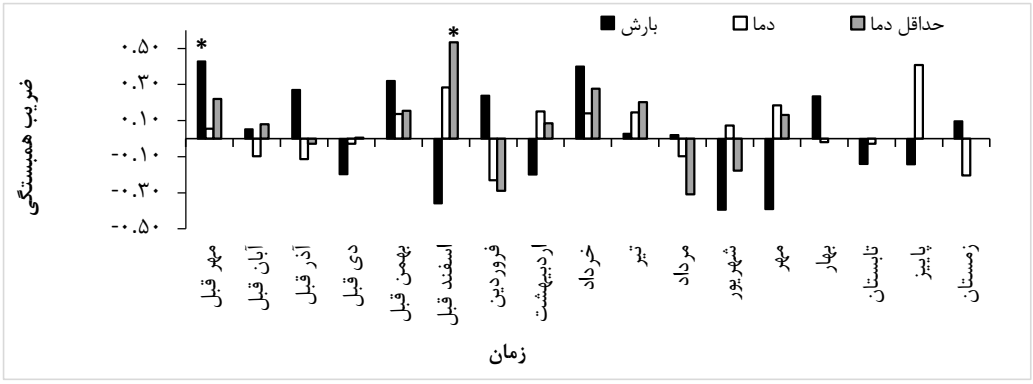
نتایج همبســـتگی دو عامل اقلیمی دما و بارندگی و تأثیر آنها بر رویش درختان منطقه در شـــکل‌های ۴ تا ۶ نشـــان داده شـــده اســـت. همبســـتگی شـــاخص رویش با حداقل، حداکثر و میانگین دما و بارندگی ماهانه بررسی شـــد، اما به‌منظور وضوح بهتر شکل‌ها، نتایج همبستگی حداکثر دما در شـــکل ارائه نشـــد. نتایج نشـــان داد که مقدار رویش بلندمازو در ارتفاع بالابند همبستگی منفی معنی‌دار (r=-۰/۴۴۱ p=۰/۰۲۸) با بارندگی اردیبهشـــت مـــاه فصـــل رویـــش داشـــت. دمـــا نـــیـــز در آذر (r=-۰/۵۱ p=۰/۰۱۵) و بهمن (r=-۰/۴۴۱ p=۰/۰۲۸) قبل از شـــروع فصـــل رشـــد همبســـتگی منفی با رویش نشان داد (شکل ۴).

در ارتفاع میان‌بند، بارندگی در مهرماه ســـال پیش از رویش، اثر مثبت معنی‌دار (r=۰/۴۲۹ p=۰/۰۴۶) بر رویش درختان بلندمازو داشـــت. حداقل دمای اســـفند قـــبـــل از رویش نیز همبســـتگی مثبـــت معنی‌داری (r=۰/۵۳۴ p=۰/۰۵) با گاه‌شـــناسی بلندمازو نشان داد (شکل ۵).

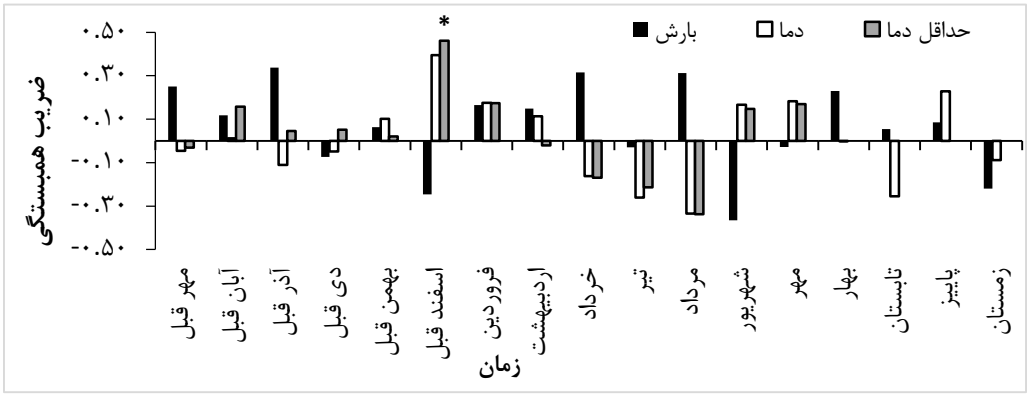
در ارتفاع پایین‌بند بارندگی در اغلب ماه‌های فصـــل رشـــد اثر مثبتی بر رویش بلندمازو نشـــان داد، اما این اثرها از نظر آماری معنی‌دار نبودند. دما در اســـفندماه پـــیـــش از فصـــل رویـــش اثـــر مـــثـــبـــت مـــعنی‌دار (r=۰/۴۶۱ p=۰/۰۳) بر رویش درختان بلندمازو نشان داد (شکل ۶).



شکل ۴- همبستگی اقلیمی دما و بارش با گاه‌شناسی گونهٔ بلندمازو در ارتفاع بالابند
(*اثر معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد)



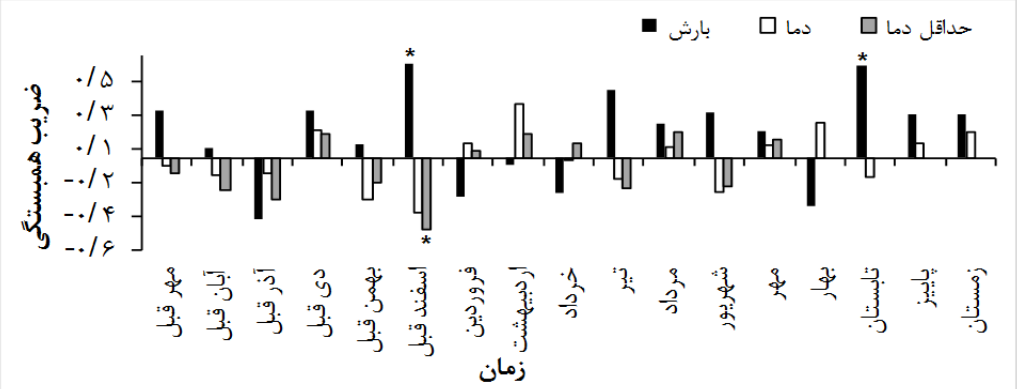
شکل ۵- همبستگی اقلیمی دما و بارش با گاه‌شناسی درختان بلندمازو در ارتفاع میان‌بند
(*اثر معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد)



شکل ۶- همبستگی دما و بارش با گاه‌شناسی گونهٔ بلندمازو در ارتفاع پایین‌بند (*اثر معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد)

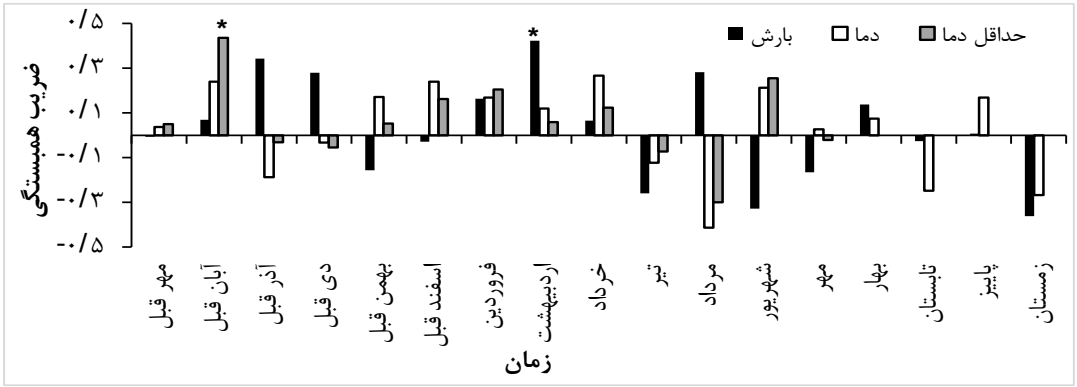
همبستگی الگوی رویش درختان راش و عوامل اقلیمی دما و بارندگی

همبستگی عوامل اقلیمی دما و بارندگی با گاه‌شناسی درختان راش در ارتفاعات مختلف در شکل‌های ۷ تا ۹ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، بارندگی در اسفندماه، قبل از شروع فصل رویش، بیشترین اثر را بر پهنای حلقه‌های رویش درختان راش در ارتفاع بالابند داشت که این همبستگی از نظر آماری نیز در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بود (r=۰/۵۵ p=۰/۰۰۷). همچنین میانگین بارندگی‌های فصل تابستان نیز اثر مثبت معنی‌داری (r=۰/۵۴۱ p=۰/۰۴) بر گاه‌شناسی درختان راش ارتفاع بالابند داشت. حداقل دمای اسفند پیش از رویش اثر منفی معنی‌دار (r=-۰/۴۲۷ p=۰/۰۵) بر شاخص رشد نشان داد و در ماه‌های دیگر اثر این عامل معنی‌دار نبود (شکل ۷).



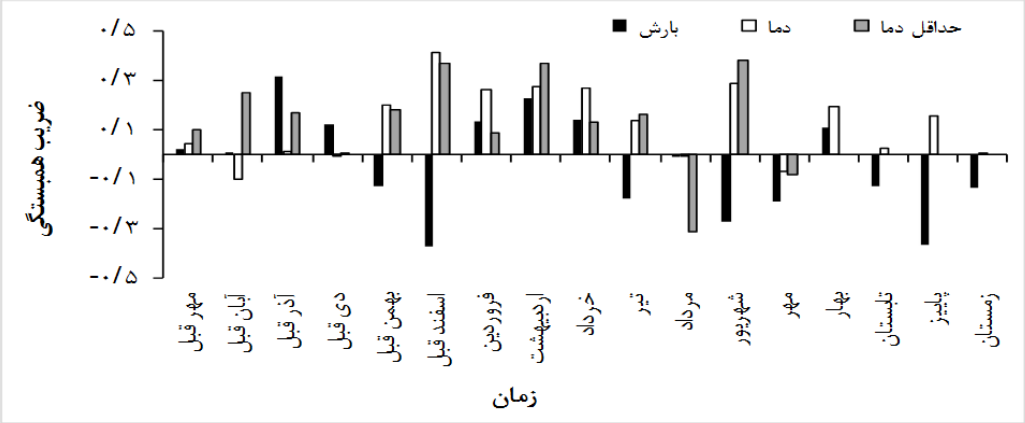
شکل ۷- همبستگی عوامل اقلیمی دما و بارش با گاه‌شناسی گونه راش در ارتفاع بالابند
(*اثر معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد)

بارندگی اردیبهشت‌ماه فصل رویش اثر مثبت معنی‌داری (r=۰/۴۲۲ p=۰/۰۵۷) بر رویش درختان راش ارتفاع میان‌بند داشت. در ماه‌های فروردین، خرداد و مرداد فصل رویش، بارندگی اثر مثبت در رویش نشان داد که از نظر آماری معنی‌دار نبود. تنها حداقل دمای آبان‌ماه پیش از رویش اثر معنی‌دار (r=۰/۴۳۵ p=۰/۰۴) بر رویش درختان راش میان‌بند داشت (شکل ۸).



شکل ۸- همبستگی دما و بارش با گاه‌شناسی گونهٔ راش در ارتفاع میان‌بند (*اثر معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد)

در ارتفاع پایین‌بند، بارش و دما همبستگی معنی‌دار با شاخص رویش درختان راش نشان ندادند. با وجود این، بیشترین همبستگی بین رویش و دمای اسفندماه پیش از شروع فصل رشد مشاهده شد که از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۹).



شکل ۹- همبستگی دما و بارش با گاه‌شناسی راش در ارتفاع پایین‌بند

بحث

اثر عوامل اقلیمی بر میانگین رویش و گاه‌شناسی درختان راش و بلندمازو در ارتفاعات مختلف متفاوت بود. در دو دهۀ اخیر، میانگین رویش درختان راش در سه ارتفاع بررسی‌شده بسیار به هم نزدیک و میانگین رویش ارتفاع میان‌بند بیشتر از دو ارتفاع دیگر بود؛ این اختلاف از نظر آماری نیز در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. کاهش شدید رشد شعاعی درختان راش اروپا در ارتفاعات بالای ۸۰۰ متر از سطح دریا، در پژوهش‌های Dittmar et al. (2003) نیز گزارش شده است. طول دورۀ کوتاه گرمای تابستانه در ارتفاع بالابند می‌تواند مهم‌ترین علت میانگین رویش کمتر در ارتفاع بالابند باشد. Dulamsuren et al. (2017) دمای کم تابستان در ارتفاعات بالا را محدودکنندۀ رشد دانستند. اما در ارتفاع پایین‌بند، علت میانگین رویش کم و غیرقابل انتظار راش را می‌توان به اثر دخالت‌های انسانی نسبت داد که می‌تواند با اثر بر الگوی رویش درختان، به نبود همبستگی بین اقلیم و رویش، در درختان این ارتفاع بینجامد (شکل ۹).

میانگین رویش درختان بلندمازوی پایین‌بند افزایش چشمگیری نسبت به دو ارتفاع دیگر نشان داد، درحالی که میانگین رویش در ارتفاع بالابند و میان‌بند بسیار به هم نزدیک بود. در دسترس بودن آب فراوان در ابتدای فصل رویش، دمای تابستانۀ مناسب و همچنین گرماپسند بودن بلندمازو (Pourtahmasi et al., 2009) می‌تواند مهم‌ترین دلایل افزایش پهنای حلقه‌های رویش و میانگین رویش زیاد در ارتفاع پایین‌بند باشد.

مقایسۀ میانگین رویش درختان بلوط و راش در ارتفاعات مختلف نشان داد که ارتفاع تأثیر بسزایی بر تغییر میانگین رویش درختان و به‌خصوص بلندمازو دارد. Dittmar et al. (2003) نیز با بررسی ۳۶ رویشگاه راش اروپایی اظهار داشتند که حلقه‌های رویشی راش اثرهای اقلیمی را به‌خوبی منعکس می‌کند و اثر محدودکنندگی عوامل اقلیمی به ارتفاع بستگی دارد که دما به‌عنوان عامل اصلی محدودکنندۀ رشد حلقه‌های رویش در ارتفاعات بالا (۸۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا) معرفی شد.

پهنای حلقه‌های رویش و متعاقب آن میانگین رویش درختان تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله

روند سنی، سیگنال‌های اقلیمی، شرایط رویش منطقه و عوامل درونی درخت قرار دارد (Cropper, 1979). به‌کمک استانداردسازی می‌توان روند سنی را از نمودار رویش درختان حذف کرد و به همبستگی بهتری بین داده‌های اقلیمی و سری زمانی دست یافت. براساس مقایسهٔ آماره‌های گاه‌شناسی درختان راش و بلندمازو پس از استانداردسازی (جدول۲)، نسبت سیگنال به ناهنجاری برای گونهٔ بلندمازو نسبت به گونهٔ راش بیشتر است که نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر درختان بلوط این ناحیه به عوامل اقلیمی است. هر چقدر نسبت سیگنال‌های اقلیمی به دیگر سیگنال‌های محیطی (سیگنال‌های ناهنجار) بزرگ‌تر باشد، به همان اندازه تأثیر سیگنال‌های اقلیمی بر رشد بیشتر و رابطه‌ای قوی بین رویش سالانه و اقلیم نمایان خواهد شد (Fritts, 1976). Dulamsuren et al. (2017) بیان داشته‌اند که با وجود گزارش‌های متناقض در خصوص حساس نبودن راش اروپایی به تغییرات آب‌وهوایی، این گونه حساسیت زیادی به دوره‌های گرما و خشکی تابستان نشان می‌دهد. Dittmar et al. (2003) نیز راش را گونه‌ای بسیار حساس و منعکس‌کنندهٔ اثرهای اقلیمی معرفی می‌کنند. این در حالی است که Castanegri et al. (2014)، پاسخ راش به متغیرهای اقلیمی را در مقایسه با دو سوزنی‌برگ نوئل و نراد، به‌نسبت ضعیف بیان داشته‌اند. برخی مطالعات دیگر نیز به واکنش ضعیف راش به عوامل اقلیمی اشاره کرده‌اند (Takahashi & Takahashi, 2016). با توجه به حساسیت بیشتر گونهٔ بلندمازو نسبت به راش در بررسی حاضر، به‌نظر می‌رسد که بلندمازو می‌تواند منبع ارزشمندی برای مطالعات گاه‌شناسی درختی در ارتفاعات مختلف رشته‌کوه البرز باشد.

نتایج نشان داد که واکنش درختان راش و بلندمازو به تغییرات دما و بارش در سه ارتفاع متفاوت بود. این واکنش متفاوت ممکن است ناشی از تفاوت ژنتیکی دو گونه و همچنین تأثیر میکروکلیمای ارتفاع از سطح دریا باشد (Jafari & Khoranke, 2013). با وجود دقت زیاد در اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویش، همبستگی‌های قوی مورد انتظار بین اقلیم و رویش در دو دههٔ اخیر مشاهده نشد. علت احتمالی کاهش همبستگی در سال‌های اخیر را می‌توان دخالت‌های انسان، مانند سرشاخه‌زنی و چرای دام، و در پی آن تغییر پوشش گیاهی و زیستی خاک نسبت داد (Pourtahmasi et al., 2009).

براساس نتایج همبستگی اقلیم و شاخص رویش بلندمازو در ارتفاع بالابند، دما در ماه‌های پیش از شروع فصل رشد اثر منفی بر گاه‌شناسی حلقه‌های سالیانه نشان داد. در این ارتفاع، رطوبت اغلب به‌صورت باران و برف در دسترس است، اما نبود دمای مناسب عامل محدودکنندهٔ رشد است. در ماه‌های پیش از شروع فصل رویش، عملاً کامبیوم خفته است و دما رابطهٔ مثبتی با رویش نشان نمی‌دهد و حتی کاهش دما در این ماه‌ها احتمالاً موجب همبستگی منفی با پهنای حلقه‌های رویش شده است. بلندمازو گونه‌ای گرمادوست و نورپسند است و حضور عوامل رویش (دما، رطوبت و خاک مناسب)، سبب بهبود رشد آن می‌شود. کاهش دما سبب حداقل فعالیت فتوسنتزی، کاهش فعالیت فیزیولوژیکی و تقسیم سلولی درخت و در نتیجه تشکیل حلقه‌های باریک می‌شود (Fritts, 1976). دما در ماه‌های پایانی پاییز و شروع زمستان کم و بارندگی زیاد است. هوای سرد در پاییز سبب توقف زودهنگام رشد می‌شود. به‌علت کوتاه شدن دورهٔ رویش و دمای کم هوا، تقسیم سلولی کاهش می‌یابد و حلقه‌های باریک تشکیل می‌شود. Balapour et al. (2010)، Najafi et al. (2012) نیز اثر عکس دما بر رویش بلندمازو را در ماه‌های پیش از شروع فصل رویش مشاهده کردند. در خصوص بارندگی و شاخص رویش بلندمازو در ارتفاع بالابند، نتایج نشان داد که با وجود نیاز آبی درخت در اردیبهشت، همبستگی منفی بین گاه‌شناسی بلندمازو و بارش مشاهده شد. بارش، همزمان با پوشش آسمان توسط ابرها و نرسیدن نور و گرمای کافی به کامبیوم

برای فعالیت است. Smith et al. (2009) برخی عوامل محدودکنندهٔ رشد در ارتفاعات زیاد را دمای کم هوا، اندازهٔ آشکاری آسمان (طول روز و شب)، و مدت زمان در معرض باد و نور قرار داشتن بیان می‌دارند. با توجه به ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر این منطقه، بیشتر بارش‌ها در این ناحیه حتی در اردیبهشت به‌صورت برف، تگرگ، یخبندان و رعدوبرق است. این عوامل ممکن است موجب آسیب‌دیدگی گیاه و در نتیجه کاهش رشد شوند. بارندگی در ارتفاعات میان‌بند و پایین‌بند اثر مثبتی بر مقدار رویش هر دو گونهٔ بلندمازو و راش در ماه‌های اردیبهشت و خرداد داشت. Karamzadeh et al. (2011)، نیز تأثیر مثبت بارندگی فصل رویش در افزایش رشد گونه بلندمازو را گزارش کرده‌اند. در ارتفاع میان‌بند و پایین‌بند حداقل دمای اسفندماه قبل از شروع فصل رشد، رابطهٔ مثبت معنی‌داری با پهنای حلقه‌های رویش بلندمازو نشان داد که نشان‌دهندهٔ اهمیت دما برای شروع مجدد فعالیت کامبیوم است. دما در ماه‌های کم‌بارش سال (خرداد، تیر و مرداد)، رابطهٔ منفی با رویش درختان بلندمازو در ارتفاع پایین‌بند نشان داد. افزایش دمای هوا، سبب تعرق سریع، افزایش افت آب موجود در درخت، کاهش فتوسنتز خالص، انتقال بسیار اندک مواد غذایی و تنظیم‌کننده‌های رشد، کاهش شکل‌گیری مواد دیوارهٔ سلولی، کاهش نرخ تقسیم سلولی و در نتیجه تشکیل حلقهٔ رویشی باریک خواهد شد. از طرف دیگر تنش آبی ناشی از بارندگی کم نیز ممکن است موجب کاهش رطوبت خاک، افت آب موجود در درخت و کاهش تعداد و اندازهٔ شاخه‌های جدید شود که به کاهش فتوسنتز و تشکیل حلقه‌های رویش باریک خواهد انجامید (Balapour et al., 2010).

به‌طور کلی در هر سه ارتفاع، همبستگی مثبت بین بارندگی خردادماه و رویش بلندمازو مشاهده شد که در تحقیقات Poursartip et al. (2013) روی دو گونهٔ بلندمازو و اوری نیز چنین رابطهٔ مثبتی در خردادماه گزارش شده است. این موضوع اهمیت دسترسی به رطوبت کافی همزمان با شروع گرمای تابستانه را نشان می‌دهد.

همبستگی بین شرایط اقلیمی و رویش در راش شرقی نشان داد در ارتفاع بالابند، بین مقدار رویش گونهٔ راش با بارندگی اسفندماه و میانگین بارندگی فصل تابستان (به‌خصوص شهریورماه) رابطهٔ مثبت معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد وجود داشت. Haghshenas et al. (2016) نیز به ارتباط مثبت بین رویش راش و بارش ماه مارس در ارتفاعات جنگل‌های خزری اشاره کردند. راش سایه‌پسند در دامنه‌های شمالی مستقر می‌شود تا رطوبت بیشتری را از محیط کسب کند و این امر بیانگر اهمیت رطوبت در دسترس خاک و تقویت رشد در فصل رویش است. Balapour & Kazemi (2012) نیز تأثیر مثبت بارندگی اسفند و شهریور بر رویش شعاعی گونهٔ راش را گزارش کرده‌اند. اردیبهشت اغلب همزمان با حداکثر تقسیمات کامبیومی و نیاز آبی زیاد درخت است. همین امر احتمالاً سبب ایجاد رابطهٔ مثبت در همبستگی بین بارش و مقدار رویش درختان راش در ارتفاع میان‌بند شده است. در این ارتفاع، دما فقط در آبان‌ماه قبل از شروع فصل رشد همبستگی مثبت معنی‌داری با رویش درختان راش نشان داد. Castagneri et al. (2014) نیز تأثیر دمای پاییز سال پیش از رویش را بر گاه‌شناسی راش اروپا مثبت ارزیابی کردند. درحالی که تأثیر دما در فصل‌های دیگر سال ثابت نبود. با این حال، مطالعات Haghshenas et al. (2016) در ارتفاعات ۱۰۰۰ متری جنگل‌های خزری، بیانگر همبستگی مثبت بین متوسط دمای سالانه و رویش شعاعی راش در تمامی ماه‌های سال است که این همبستگی‌ها در تمامی فصول از نظر آماری معنی‌دار بود. آنها بیان داشتند که رشد درختان راش در منطقهٔ خزری، اغلب توسط دما کنترل می‌شود. در ارتفاع پایین‌بند، همبستگی معنی‌داری بین هیچ‌یک از عوامل اقلیمی مشاهده نشد که این وضعیت، ممکن است به‌علت دسترسی آسان‌تر

و افزایش دخالت انسان در بوم‌سازگان‌های جنگلی و در نتیجه تغییر الگوی رویش درختان این مناطق باشد (Pourtahmasi et al., 2009). در مطالعات Takahashi & Takahashi (2016) نیز هیچ‌گونه همبستگی مثبت یا منفی با عوامل اقلیمی دما و بارش در راش آمریکایی مشاهده نشد.

رویش هر دو گونهٔ بلندمازو و راش، در ارتفاع میان‌بند و پایین‌بند، همبستگی مثبتی با دمای اسفند و بهمن پیش از رویش نشان داد. این امر می‌تواند اثر مثبت دما بر شروع سریع‌تر فصل رشد در این دو ارتفاع را نشان دهد. Cedro (2001) نیز در تحقیقی روی گونهٔ سوزنی‌برگ دوگلاس‌فر، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار مثبت بر رویش شعاعی آن را دمای ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه و دمای ابتدای فصل بهار (مارس) بیان کرد. در ارتفاع بالابند، همبستگی مثبتی بین دما و رویش در هر دو گونهٔ راش و بلندمازو در اردیبهشت مشاهده شد که نشان می‌دهد افزایش دما و شروع رویش در این ارتفاع دیرتر اتفاق می‌افتد. این امر گویای نقش بارز دما در تعیین زمان آغاز فصل رویش در ارتفاعات بالاتر است (Oladi et al., 2011).

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، می‌توان اظهار داشت که بلندمازو کارایی بیشتری از راش شرقی در انعکاس اثر عوامل اقلیمی دارد. دما عاملی مهم و تأثیرگذار بر رویش درختان بلندمازو است. بارندگی ابتدا و انتهای فصل رویش و دمای پاییز پیش از رویش از عوامل مثبت مؤثر بر گاه‌شناسی حلقه‌های رویش درختان راش است. ارتفاع به‌عنوان میکروکلیما، تأثیر مشخصی بر تعیین میانگین رویش و همچنین اثرپذیری از عوامل اقلیمی مانند دما و بارندگی دارد.

References

Abedini, R., Pourtahmasi, K., Ghazanfari, H., & Karimi, A.N. (2010). Effect of severe lopping on radial growth of Lebanon Oak (*Quercus libani* Oliv.) trees in Baneh adjacent forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18*(4), 556-568.

Balapour, Sh., & Kazemi, S. M. (2012). Effects of climatic variables (temperature and precipitation) on the annual growth Zelkova. *Journal of Wood and Paper Science Research*, *27*(1), 69-80.

Balapour. Sh., Jalilvand, H., Raiini. M., & Asadpour, H. (2010). Relationship between tree rings of Beech (*Fagus orientalis*) with some climatic variables in experimental forest of Natural Resources Faculty (Darabcola). *Journal of Watershed Management, 88*, 1-10.

Castagneri, D., Nola, P., Carrer, M., & Motta, R. (2014). Summer climate variability over the last 250 years differently affected tree species radial growth in a mesic *Fagus–Abies–Picea* old-growth forest, *Forest Ecology and Management*, *320*, 21-29.

Cedro, A. (2001). Influence of thermic and pluvial conditions on the radial increments of *Pseudotsuga meziessi* Franco from western Pomerania. *Proceedings of Tree rings and people: International Conference on the Future of Dendrochronology*, 115-120.

Costa, A., Barbosa, I., Roussado, C., Grac¸ J., & Spiecker H. (2016). Climate response of cork growth in the Mediterranean oak (*Quercus suber* L.) woodlands of southwestern Portugal. *Dendrochronologia, 38*:72-81.

Cropper, J.P. 1979. Tree-ring skeleton plotting by computer. *Tree-Ring Bulletin, 39*, 47-60.

Dittmar, C., Zech, W., & Elling, W. (2003). Growth variations of common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest ecology and management, 173*, 63-78.

Dulamsuren, C., Hauck, M., Kopp, G., Ruff, M., & Leuschner, C. (2017). European beech responds to climate change with growth decline at lower, and growth increase at higher elevations in the center of its distribution range (SW Germany). *Trees, 31*(2), 673-686.

Fallah, A., Balapour, Sh., Yekehkani, M., & Jalilvand, H. (2014). The chronology of trees in the Elburz Mountains (Case Study: King of the Mountain anymore). *Journal of Wood and Paper Science Research, 29*(1), 94-105.

Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. New York: Academic Press.

Haghshenas M, Marvi Mohadjer M.R., Attarod P., Pourtahmasi K., Feldhaus J., & Sadeghi S.M.M. (2016). Climate effect on tree-ring widths of *Fagus orientalis* in the Caspian forests, northern Iran. *Forest Science and Technology, 12*(4), 176-182.

Hedayati S., Soosani J., Akbari H., Fallah A. & 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.

Jafari, M., & Khorankeh, S. (2013). Impact of climate and environmental changes on forest ecosystem's productivity (case study: Galugah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21*(1), 166-183.

Karamzadeh, S., Pourbabaii, H., & Torkman, J. (2011). Dendroclimatology of *Quercus castaneifolia* (C.A.Mey) in Saravan forests of Guilan. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19*(1), 15-26.

Kiaee, M., & Jafari, M. (2014). Investigation and consideration of forest tree reaction to climate and environmental changes (Case study: Lavizan forest park). *Journal of Plant research. 27*(1): 130-141.

Najafi, F., Pourtahmasi K., & 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.

Nasiri, S., Pourtahmasi, K., Bräuning, A., & Oladi R. (2014). Seasonal dynamic of radial growth in oak (*Quercus castaneifolia* C.A. May.) (Case study: Educational and Forest Research of University of Tehran, Nowshahr-Koliak). *Iranian Journal of Forest, 6*(3), 351-361.

Oladi, R., Pourtahmasi, K., Eckstein, D., & Brauning A. (2011). Seasonal dynamics of wood formation in oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) along an altitudinal gradient, in the Hyrcanian forest, Iran. *Trees Structure and Function, 25*(3), 425–433.

Poursartip, L., Pourtahmasi, K., Bräuning, A., & Eckstein, D. (2014). Analyze of Oak Chronology Network with Climate in Hyrcanian Forests. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 4*(2), 91-100.

Pourtahmasi, K., Poursartip, L., Bräuning, A., & Parsapjouh, D. (2009). Comparison between the radial growth of juniper (*Juniperus polycarpos*) and oak (*Querem macranthera*) trees in two sides of the Alborz Mountains in Chaharbagh region of Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products, 62*(2), 159-169.

Smith, W.K., Germino, M.J., Johnson, D.M., & Reinhardt K. (2009). The Altitude of Alpine Treeline: A Bellwether of Climate Change Effects. *Botanical Review, 75*,163–190.

Takahashi, K., & Takahashi, H. (2016). Effects of climatic conditions on tree-ring widths of three deciduous broad-leaved tree species at their northern distribution limit in Mont St. Hilaire, eastern Canada. *Journal of Forest Research, 21*, 178–184.

Iranian Journal of Forest
Vol. 10, No. 1, Spring 2018
pp. 221-235

Effect of climatic factors, temperature and precipitation, on radial growth patterns of beech and oak in of central Alborz Mountains altitudes

N. Kanani[1], A. Fallah[2], R. Abedini[3*], and S. Khorankeh[4]

[1] M.Sc., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran
[2] Associate Professor, Dept. of Forestry, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran
[3] Assistant professor, Dept. of Wood and Paper Engineering, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran
[4] Senior Research Expert, Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran province, Sari, Iran

(Received: 15 November 2017, Accepted: 6 March 2018)

Abstract

Trees respond to environmental and climatic changes during their biological life. Tree rings study is one way to discover these responses called dendrochronology. The most effective climatic factors which affect tree rings are temperature and precipitation. Present study aimed at investigating the influence of temperature and precipitation on annual growth of oriental beach (*Fagus orientalis* Lipsky) and oak (*Querscus castaneifolia* C.A. Mey), which clearly illustrate climatic factors on their tree rings. Trees were selected in three altitudes (450, 900 and 1380 a.s.l), from forest part 2 of Neka and Haft Khal in central Alborz mountains of Iran. Core samples were extracted from two sides of trees with an increment borer. Growth rings widths were measured by using LINTAB6 table with accuracy of 0.1 mm. The measurement results were analyzed using time series analysis software TSAPWin. Results showed that growth pattern of oak and beech in three altitudes were not similar. Altitudes affect mean growth of these species significantly. In each altitude, oak and beech have shown different responses to temperature and annual precipitation. These differences could be depending on species' nature. In response to climatic factors, oak was more sensitive than beech. In high altitude, previous growth season temperature of affect oak chronology negatively while had positive effect on mid and low altitudes. In all altitudes, oak positively affected by precipitation of June (of current growth year). Beech of high altitude showed positive correlation with March and summer precipitation. However, no significand correlation was detected in beech in low altitude.

Keywords: Altitude, Dendrochronology, Time series, Tree rings, Precipitation

* Corresponding author Tel: +981133882984 Email: r.abedini@sanru.ac.ir