مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره پنج، مردادماه۱۴۰۲ (۴۳-۲۷)

بررسی ارتباط رویش قطری توسکای ییلاقی با پارامترهای اقلیمی در جنگل‌های نکا- ظالمرود استان مازندران

مرتضی حبیبی [۱]

ساسان بابایی کفاکی [۲*]

Sasan_babaie@yahoo.com

امیرحسین مشکوتی [۳]

رضا اخوان [۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف: کسب اطلاعات درخصوص تاثیر متغیرهای اقلیمی روی رشد درختان در طولانی‌مدت می‌تواند از طریق تحلیل گذشته‌نگر دوایر سالیانه درخت و با استفاده از روش گاه‌شناسی درختی حاصل شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر رویش قطری گونه توسکای ییلاقی در طول یک گرادیان ارتفاعی در جنگل‌های کمتر دست خورده هیرکانی (جنگل‌های نکا- ظالمرود استان مازندران) انجام گرفته است.

روش بررسی: برای این منظور سه منطقه ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند، بالابند) در پارسل‌های شاهد انتخاب شدند. در هر یک از مناطق ۱۰ پایه درخت و در مجموع تعداد ۳۰ پایه با استفاده از روش نمونه‌برداری هدفمند انتخاب شد. از این پایه‌ها با استفاده از مته سال‌سنج نمونه‌های لازم در زمستان ۱۳۹۵ تهیه گردید. داده‌های اقلیمی ۵۰ ساله (۲۰۱۴-۱۹۶۵) دما، بارندگی و رطوبت نسبی از منابع مرتبط تهیه و شاخص SPI نیز محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که همبستگی بین سری‌های زمانی قابل قبول و رابطه قوی بین رویش و متغیرهای اقلیمی وجود دارد. تفاوت معنی‌داری بین هر سه منطقه وجود داشته و در میان‌بند بیشترین رویش قطری به‌دست آمده است. بررسی رابطه متغیرهای اقلیمی و رویش قطری نیز نشان داد که در منطقه پایین‌بند، عوامل دما و رطوبت نسبی به ترتیب همبستگی منفی (۰/۵۷۱-) و مثبت (۰/۷۳۴)

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران. *(مسوول مکاتبات).

۳- دانشیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم و فناوری های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

۴- دانشیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

معنی‌داری با رویش دارند. در منطقه میان‌بند نیز همین متغیرها معنی دار بودند. در منطقه بالابند، هیچکدام از متغیرهای اقلیمی ارتباط معنی داری با رویش نشان ندادند.

بحث و نتیجه گیری: رویش در ارتفاعات پایین بند و میان بند وابستگی بیشتری به اقلیم نشان داده اند و رشد قطری این گونه در طول دوره مطالعه کاهش داشته است.

واژه‌های کلیدی: گاه‌شناسی درختی، رطوبت نسبی،LINTAB، رویش قطری.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 5, August, 2022

Investigation of the relationship between diameter growth of Alder species and climatic parameters in Neka-Zalmarud forests of Mazandaran province

Morteza Habibi [1]
Sasan Babaie Kafaky [2*]
Sasan_babaie@yahoo.com
Amir Hussain Meshkatee[3]
Reza Akhavan[4]

Admission Date: October 10, 2022 Date Received: April 26, 2022

Abstract

Background and Objective: Obtaining information about the impact of climatic variables on the growth of trees in the long run can be obtained through retrospective analysis of annual tree rings and using the tree chronology method. The aim of this study was to investigate the effect of climatic variables on the diameter growth of alder species along an altitude gradient in undisturbed Hyrcanian forests (Neka-Zalmorud forests of Mazandaran province).

Material and Methodology: For this purpose, three altitude regions (low land, middle land and high land) in sample parcels were selected. In each area, 10 trees and totally 30 trees were selected using seleted sampling method. Necessary samples were prepared from using increment borer. 50-year (1965-2014) climatic data of temperature, precipitation and relative humidity were prepared from related sources and the SPI index was calculated.

Findings: The results showed that there is a correlation between acceptable the time series and a strong relationship between growth and climatic variables. There was a significant difference between all three regions and the highest diameter growth was obtained in the middle land. The study of the relationship between climatic variables and the growth also showed that in the low land region, temperature and relative humidity factors have a significant negative correlation (-0.571) and positive (0.734), respectively. The same variables were significant in the middle land area. In high land region, none of the climatic variables showed a significant relationship with growth.

Discussion and Conclusion: Growth at low and middle lands has shown more dependence on climate and growth of this species has decreased during the study period.

Keywords: Tree chronology, Relative humidity, LINTAB, Diameter growth.

1- Ph.D. Student of Forestry, Department of Environment and Forest Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Environment and Forest Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Associate Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Convergent Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

مقدمه

پوشش گیاهی موجود در اکوسیستم خشکی کره زمین تقریبا ۶۱۰ پتاگرم کربن (معادل ۶۱۰۰۰ تراگرم) را در خود ذخیره دارد (۱). از میان آنها جنگلها که حدود ۳۰ درصد از کل سطح زمین را پوشش می دهند، نقش مهمی در چرخه کربن، جذب و آزاد سازی آن و حفظ تنوع زیستی دارند (۲، ۳). از عوامل تهدید کننده رشد و زنده‌مانی درختان و در نهایت اکوسیستم-های جنگلی تغییرات در اقلیم و آب و هوا می باشد (۴). تغییر در اقلیم بر فتوسنتز، تنفس گیاه و تجزیه مواد آلی که تماماً بر جریان کربن اتمسفر نقش دارند، اثر گذار است. همچنین اثرات تغییر اقلیم منجر به تخریب غیر قابل برگشت گونه های گیاهی، تغییر سیما و ساختار جنگل ها و عدم تعادل اکولوژیکی و هیدرولوژیکی اکوسیستم خواهد شد (۷-۵). از سوی دیگر اکوسیستم های جنگلی بدون شک نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی ایفا می کنند (۸).

رابطه بین آب و هوا و رشد درختان بسیار پیچیده است (۴). بیشترین تأثیر اقلیم بر درختان را می‌توان بر پهنای دوایر رویشی آنان دید (۹). در واقع می‌توان گفت تشکیل حلقه‌های رویشی یک درخت متأثر از عوامل مختلف محیطی و فیزیولوژیکی است کـه در این میان اقلیم نقش بسزایی دارد (۳، ۹- ۱۲).

درختان سالانه، حلقه های رویشی متوالی با پهنای متفاوتی تشکیل می دهند که تشکیل آنها متاثر از مجموعه ای از ویژگی های رویشگاهی و اقلیمی است. تغییرات سالانه پارامترهایی مانند بارندگی و دما در حلقه های سالیانه قابل مشاهده است (۷، ۸، ۱۳، ۱۴). پهنای نسبی یک حلقه سالانه، به مقدار زیادی به وسیله نرخ رشد درختان در طول سال رشد، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در نواحی معتدل، حلقه‌های درختی فاکتور قابل اعتمادی برای ارزیابی سن و نرخ رشد درختان می باشند (۶، ۱۰، ۱۳، ۱۵-۱۷). چرا که در این مناطق با توجه به ساختار آناتومیکی درخت و شرایط آب و هوایی، هر یک از این دوایر رویشی مبین یک سال از زندگی درخت بوده و می توان خصوصیات اقلیمی را در سال هایی که دوایر سالیانه تشکیل شده اند، بازسازی کرد (۶، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۸، ۱۹).

استخراج این اطلاعات از طریق دوایر رویشی و با استفاده از علم گاه‌شناسی درختی (dendrochronology) می‌توانـد مـا را از میزان تأثیرات این عوامل بر روی رشد و شاخص‌های دیگر این درختان آگاه سازد (۱۰، ۲۰). گاه‌شناسی در واقـع بـه عنوان علم تـاریخ گـذاری لایـه هـای سـالانه رشـد در درختان به شمار می‌رود (۷، ۹، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۲۱). این دانش شامل بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در ساختار حلقه های تاریخ گذاری شده و استفاده از آن برای پاسخگویی به پرسش های تاریخی و زیست محیطی است (۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۲۲).

جنگل‌های شمال ایران بدلیل قرارگرفتن در ناحیه اقلیمی معتدله و اینکه هر یک از دوایر سالیانه نشان دهنده یک سال رویشی است، انجام مطالعات اقلیم‌نگاری را ممکن ساخته است. مطالعه انجام شده توسط جعفرنیا و همکاران (۱۳۹۲) در جنگل‌های داربکلای ساری بر روی گونه های دست کاشت توسکا ییلاقی، گردو و کاج بروسیا نشان داد که پهنای حلقه های رویشی توسکا با بیشینه دمای آذر و تبخیر و تعرق بهمن دارای ارتباط منفی و با بیشینه رطوبت تابستان دارای ارتباط مثبت می باشند (۲۰). جلیل وند و بالاپور (۱۳۹۲)، در بررسی اثر اقلیم بر رویش سالیانه گونه اوری در حد فوقانی جنگل هیرکانی در جنگل های نکاء در مازندران دریافتند که دمای هوای مارس (ابتدای فصل رویش) و جولای مهمترین عوامل اثرگذار بر رشد بودند (۹). مطالعه هدایتی و همکاران (۱۳۹۲)، رویش شعاعی درختان زربین را در علی آباد کتول بررسی نمودند. بررسی رابطه رویش و اقلیم با تابع پاسخ مشخص کرد که حداقل دمای ماه فوریه در فصل رویشی پیشین، مهمترین عامل اقلیمی تأثیرگذار بر رشد زربین بوده است (۱۰). معروفی اقدم و همکاران (۱۳۹۴)، تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و تابش را بر رشد قطری درختان بلوط بلندمازو در آستار در شمال ایران با استفاده از دیسک برداشت شده از این درختان بررسی نموده و دریافتند که هر دو پارامتر دما و تابش اثری منفی و معنی‌داری بر رشد بلوط بلندمازو دارند (۲۳).

در خارج از کشور Du و همکاران (۲۰۰۷) در چین با مطالعه ارتباط حلقه های رویشی *Quercus liaotungensis* با

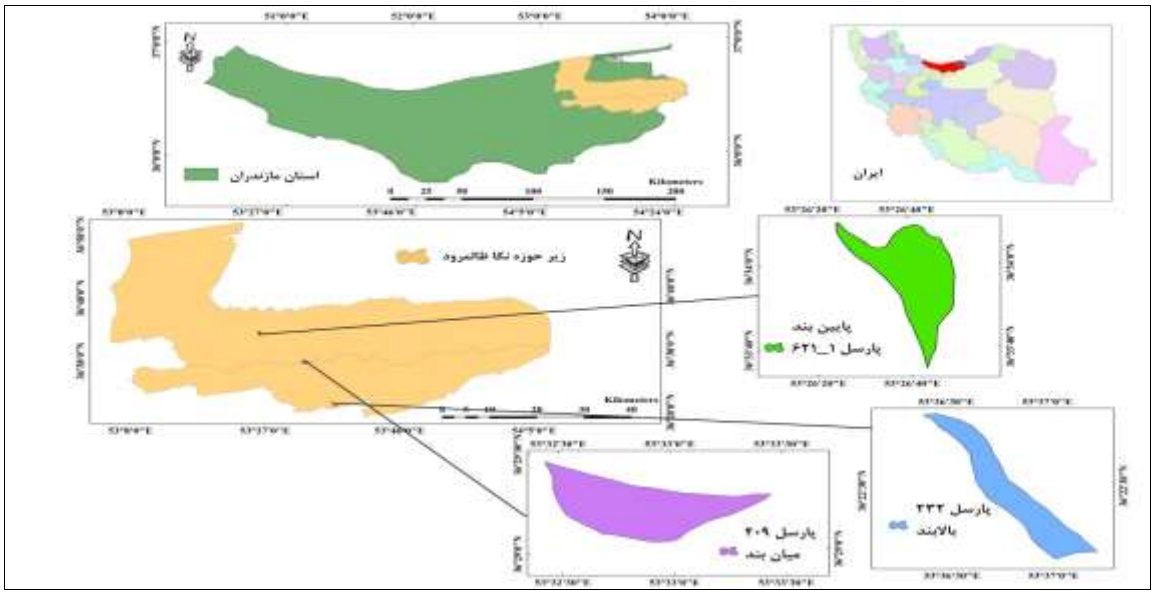
متغیرهای اقلیمی نشان دادند که رشد قطری، ارتباط مثبتی با میزان بارندگی در سپتامبر سال قبل و آوریل تا ژوئن سال جاری و با میزان دمای اکتبر سال قبل داشته است (۱۱). Van der Werf و همکاران (۲۰۰۷) اثر خشکسالی تابستان ۲۰۰۳ را روی الگوی رشد سالانه راش غربی (*Fagus sylvatica*) و بلوط سفید (*Quercus robur*) در هلند بررسی نمودند (۶). مطالعه Simon و Lena (۲۰۱۶) در مورد واکنش رشد شعاعی درختان شاه‌بلوط (*Aesculus hippocastanum*) به آب و هوا در اسلوونی نشان داد که باریکترین دوایر رویشی در نتیجه دوره‌های خشکی غیرمعمول در زمان فعالیت کامبیوم حاصل شده اند. Subotić و همکاران (۲۰۲۰)، روابط بین متغیرهای آب و هوایی (دما و بارش) و عرض حلقه های درختان *Abies alba* را در پارک ملی کوزارا در بوسنی و هرزگوین بررسی نمودند. تجزیه و تحلیلهای همبستگی نشان داد که بارش تأثیر قوی‌تر و معنی‌داری بر رشد شعاعی، به‌ویژه در آغاز فصل رشد، در ماه‌های آوریل و می داشته است (۱۷).

در ایران به دلیل کمبود ایستگاه های هواشناسی، فقدان سوابق طولانی مدت داده های هواشناسی، فقدان درختان مناسب در ارتفاعات پایین و حضور آنها در مناطق صعب العبور، همچنین کمبود محققان مسلط به دانش گاه‌شناسی، مطالعات جامع کمی در این خصوص انجام شده و سبب گردیده تا چندان روابط بین حلقه‌های رویشی و پدیده های طبیعی تأثیر گذار بر روی رویش درختان مورد توجه قرار نگیرد (۲، ۱۵). در میان اکوسیستم های جنگلی ایران، جنگل های پهن برگ خزان کننده هیرکانی در شمال ایران به عنوان یک اکوسیستم جنگلی با تنوع زیستی بالا قابل توجه است و اهمیت اکولوژیک، اقتصادی و توریستی فراوانی دارد (۳، ۴). این جنگل ها به دلیل واقع شدن در ناحیه معتدل و به دلیل این که هر یک از حلقه های رویشی درختان معرف یک سال رویشی می باشد، مطالعات اقلیم نگاری درختی را ممکن ساخته است (۳، ۲۰). در این میان گونه توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) به‌عنوان چهارمین گونه اصلی جنگل‌های هیرکانی حدود ۷/۷۵ درصد حجم سرپای این جنگل‌ها را تشکیل می‌دهد و به دلیل پراکنش آن از حد غربی جنگل‌های هیرکانی تا حد شرقی و از پایین تا بالابند در سواحل جنوبی دریای خزر برای این مطالعه انتخاب شده است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی عمده شامل دما، بارندگی و رطوبت نسبی و شاخص SPI بر رشد شعاعی این گونه در سه محدوده ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند و بالابند) با استفاده از تجزیه و تحلیل های زمانی و اقلیمی و روش گاهشناسی درختی برای استخراج منحنی رویش قطری، تعیین عوامل اقلیمی مرتبط با رویش قطری در جنگل‌های نکا- ظالمرود استان مازندران انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام تحقیق حاضر، جنگل‌های سری ۶ حوزه آبخیز ۷۵ طرح جنگلداری نکا - ظالمرود تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان ساری استان مازندران انتخاب شد. بررسی ها در یک گرادیان ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند، بالابند) و در پارسل‌های شاهد انجام گرفت. این موضوع برای به حداقل رساندن اثرات دخالت انسانی (بهره‌برداری و مدیریت) می باشد. با توجه به این که در پژوهش حاضر تاثیر متغیرهای اقلیمی (دما، بارندگی و رطوبت نسبی و شاخص SPI) مدنظر می‌باشد و بمنظور به حداقل رساندن اثر سایر متغیرهای محیطی، نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع هر پارسل تهیه و نقشه واحدهای همگن شکل زمین ایجاد و واحدهای مشابه از نظر شکل زمین شناسایی شد. در این واحدها در دامنه‌های روبه شمال با شیب کمتر از ۳۰ درصد در سه محدوده ارتفاعی نمونه‌برداری انجام گرفت. مشخصات کلی سه منطقه در جدول ۲ و شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه

Figure 1. Location of the studied region

جدول ۱- ویژگی های مناطق مطالعاتی در گرادیان ارتفاعی

Table 1. the characteristics of the studied altitudinal gradient

منطقه	پایین بند (جنگل ویولی سه‌گاه)	میان‌بند (جنگل لرجی)	بالابند
شماره پارسل	۶۲۱/۱	۴۰۹	۲۳۲
مساحت (هکتار)	۳۰/۵	۵۳	۳۸/۹۰
موقعیت جغرافیایی	″۵۳°۲۶′۱۰ تا ″۵۳°۲۷′۳۰ شرقی	″۵۳°۳۱′۲۳ تا ″۵۳°۳۴′۰۳ شرقی	″۵۳°۳۶′۱۱ تا ″۵۳°۳۷′۳۱ شرقی
	″۳۶°۳۳′۱۱ تا ″۳۶°۳۴′۱۷ شمالی	″۳۶°۲۸′۴۶ تا ″۳۶°۲۹′۵۱ شمالی	″۳۶°۲۲′۱۱ تا ″۳۶°۲۳′۱۶ شمالی
متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)	۴۷۰-۲۵۰	۱۰۲۰-۸۴۰	۲۰۲۰-۱۶۷۰
میانگین دمای سالیانه (سانتیگراد)	۱۶/۰۱	۱۳/۶۰	۱۱/۳۰
مجموع بارندگی سالیانه (میلیمتر)	۶۳۰	۶۶۵	۶۱۰
پدولوژی و نوع خاک	سنگ مادر مارن آهک - مارن سیلتی، تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده کلسیک با بافت سنگین و عمق خاک زیاد	سنگ مادر آهک مارنی، آهک ماسه‌ای، آهک، تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده کلسیک با بافت سنگین و عمق خاک زیاد	سنگ مادری آهک، آهک دولومیتی، با لایه‌های نازک مارن و سازند روته، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت خاک سنگین و عمیق
تعداد نمونه های برداشتی	۱۰	۱۰	۱۰

روش پژوهش

با بررسی‌های صورت گرفته گونه توسکای ییلاقی به‌خاطر سطح وسیع پراکنش از غرب تا شرق حوزه دریای مازندران و استقرار آن از مناطق پایین‌بند تا بالابند انتخاب شد. پایه‌های درختی گونه توسکای ییلاقی با استفاده از روش نمونه‌برداری انتخابی، در سه منطقه در یک گرادیان ارتفاعی انتخاب شدند. تعداد ۳۰ نمونه از درختان مطلوب و در کلاسه های قطری ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری با معیارهایی همچون عدم پیچ خوردگی تنه، تاج سالم و متقارن، غالب، بدون پوسیدگی و سوختگی روی تنه انتخاب شد(۳، ۱۱، ۲۴). مختصات جغرافیایی پایه‌های نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه GPS یاداشت شده و مشخصه قطر برابر سینه و ارتفاع درخت نیز، جمع آوری گردید. به‌علت عدم بهره‌برداری در پارسل‌های شاهد امکان تهیه دیسک از تنه درختان مهیا نبوده؛ بنابراین جمع آوری نمونه ها پس از فصل رشد و با قطر ۵ میلی متر در ارتفاع برابر سینه، در جهت شمال و موازی با خطوط منحنی میزان و توسط مته سال‌سنج انجام شد (۲۴). در نهایت نمونه‌های برداشت شده جهت اندازه-گیری رشد شعاعی به آزمایشگاه منتقل شدند.

در آزمایشگاه همه نمونه های رویشی با استفاده از تکنیک های استاندارد در هوا خشک و سمباده شدند تا حلقه‌های درختان در زیر میکروسکوپ به سطح مطلوب وضوح دید برسند (۸، ۱۰، ۲۱، ۲۲، ۲۵). قبل از آغاز اندازه‌گیری، ابتدا حلقه‌های رویش سالیانه از سمت پوست به سمت مغز شمارش و در ردیف‌های ده‌تایی علامت‌گذاری شدند (۱۸، ۲۲، ۲۵). کار اندازه‌گیری، عرض حلقه‌های رویشی سالیانه نمونه‌ها توسط میکروسکوپ بینوکولار و میز اندازه‌گیری LINTAB 6 ساخت شرکت Rinntech آلمان که مجهز به نرم افزار تخصصی تحلیل سری های زمانی (TSAP-win software) است، با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر از سمت پوست به مغز انجام شد (۹، ۱۳، ۱۸). با استفاده از برنامه تحلیل سری‌های زمانی TSAPwin™ و پارامتر GLK (Gleichläufigkeit' values) (ضریب درصد تطابق واریانس ها) (percentage of parallel variation)، انطباق زمانی دوایر سالیانه مورد بررسی قرار گرفت (۹، ۱۰، ۱۳، ۲۴). GLK (درصد تطابق واریانس ها) آماره ای است که دو سری زمانی را از نظر شیب آنها بررسی می کند و تطابق کلی دو سری زمانی را نشان می دهد (رابطه ۱).

$$GLK = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n=1}\left|G_{ix} - G_{iy}\right| \qquad (۱)$$

$\left|G_{ix} - G_{iy}\right|$: اختلاف بین مقادیر پهنای حلقه های رویشی در سال i نسبت به سال ماقبل می باشد (۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۰).

عموماً از مقدار ضریب همبستگی بین درختان به منظور تست اطمینان گاه‌شناسی ایجاد شده حلقه رویشی استفاده می شود. اساس این آماره ها ضرایب همبستگی، تعداد نمونه های رویشی و درخت نمونه گیری شده می باشد. ESP (explanation of population signal) و SNR (signal to noise ratio) از جمله این روش ها هستند. آماره ESP سیگنال معرف جمعیت آماری است تا قابل استفاده بودن یا نبودن گاهشناسی ایجاد شده در آنالیزها بررسی گردد. بالابودن این ضریب انجام مطالعه با تعداد اندک نمونه رویشی یا درخت را ممکن می سازد. آماره SNR نسبت سیگنال به ناهنجاری روشی ست بر اساس تعداد گاهشناسی حلقه رویشی و ضرایب همبستگی میانگین بین این گاهشناسی ها. بالابودن این ضریب نیز بیانگر کافی بودن تعداد نمونه ها و ضرایب همبستگی بالا بین درختان بوده و بررسی هر چه بهتر اثرات اقلیمی را مطرح می کند (۲۴). در نهایت، برای حذف سایر عوامل غیر اقلیمی تاثیرگذار بر رویش سالیانه درختان لازم است سری زمانی دوایر سالیانه، استاندارد شوند (۹، ۱۸، ۲۲). همهٔ مراحل استانداردسازی و حذف روندهای رشد مرتبط با سن و اختلالات رشد ناشی از پویایی جنگل در سری حلقه های درختی، با کمک برنامه ARSTAN انجام شد (۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۵). گاه‌شناسی ۵۰ ساله مربوط به هر گرادیان ارتفاعی از تاریخ ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۴ (۱۳۴۳ تا ۱۳۹۲) تهیه گردید.

در مرحله آخر برای تهیه داده‌های مربوط به متغیرهای اقلیمی متناظر با تاریخ گاه‌شناسی، یعنی داده های میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد)، مجموع بارندگی سالیانه (میلی‌متر) و رطوبت نسبی سالیانه (درصد) از اطلاعات نزدیکترین ایستگاه-های سینوپتیک، هواشناسی و باران سنجی استفاده شد.

(سازمان هواشناسی کشور). به دلیل فقدان آمار طولانی مدت ایستگاه های هواشناسی نکا از آمار هواشناسی ایستگاه های بابع کلا، نوذرآباد، گلورد، پجیم، اواراد، سفیدچاه، بارکلا، آبلو، جفاکنده، دارابکلا، شاهکوه، خرم چماز، تازه آباد، تیرتاش و بهشهر از سازمان هواشناسی ایران استفاده شد. این داده ها با استفاده از روش درون یابی کریجینگ برای گرادیان ارتفاعی ساخته شد (۳۶ و ۳۷). در کنار آن از داده‌های آرشیوی مرکز ECMWF (Advancing global NWP through international collaboration) استفاده گردید. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) برای کمی کردن کمبود بارش در مقیاس های زمانی متفاوت طراحی شده است. مشخصه اصلی این شاخص انعطاف پذیری در اندازه گیری خشکسالی در مقیاس های زمانی متفاوت است. کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت عمدتاً بر روی وضعیت رطوبت خاک اثر می گذارد در صورتیکه کمبود بارش در مقیاس زمانی طولانی مدت اغلب بر آبهای زیرزمینی، جریان رودخانه و ذخایر و منابع آب تاثیر می گذارد. این شاخص به دلیل ویژگی های خوب آن در شناسایی خشکسالی و پیش بینی انتقال طبقات خشکسالی استفاده می شود (۲۶، ۲۷). این شاخص توسط McKee و همکاران توسعه داده شد (۲۸). شاخص بارش استاندارد شده با اختلاف بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی خاص محاسبه می‌شود و سپس با تقسیم بر انحراف معیار، بدست می‌آید و تنها فاکتور موثر بر محاسبه این شاخص، عنصر بارندگی است. این شاخص را می توان در مقیاسهای زمانی مختلف ۱ و ۳ و ۶و ۹ و ۱۲و ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. مقادیر مثبت این شاخص بیانگر بیشتر بودن بارندگی از میانه و مقادیر منفی بیانگر کمتر بودن بارندگی از میانه است. بنابراین برای پایش دوره های خشک و مرطوب مورد استفاده قرار می گیرد (۲۹).

پس از تهیه پایگاه داده گاه‌شناسی مناسب رویشگاه و داده های هواشناسی موجود از ایستگاههای هواشناسی مناطق مورد مطالعه، رابطه بین رشد درختان و متغیرهای آب و هوایی بررسی شد. در این مرحله به کمک نرم‌افزار SPSS، پس از تست نرمالیتی کالموگروف اسمیرونوف داده ها، از همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) برای داده‌های نرمال و از همبستگی اسپیرمن (Spearman Correlation) برای داده‌های غیر نرمال، جهت بررسی وجود همبستگی بین رشد قطری و پارامترهای اقلیمی یاد شده طی دوره (۲۰۱۴-۱۹۶۵) استفاده گردید (۱۱، ۱۷، ۲۵). در روش ضرایب، همبستگی، وجود یا فقدان یک رابطه خطی معنی دار بررسی می شود. ضرایب بیشترین مقادیر منفی (رابطه عکس) و مثبت (رابطه مستقیم) را در برمی گیرد. ضرایب نزدیک به ۰ ضعیف بودن رابطه را منعکس می کند (۲۲). مقایسه میانگین رویش قطری توسکای ییلاقی در طبقات ارتفاعی با تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون توکی (Tuckey Test) انجام شد (۷، ۱۲).

یافته ها

گاه‌شماری گونه توسکا ییلاقی

در جدول ۲ و ۳ نتایج مربوط به ویژگی‌های گاه‌شناسی گونه توسکای ییلاقی در سه منطقه ارتفاعی ارائه شده است. مقادیر بالای GLK و معنی‌دار بودن آنها نشان داد که درصد انطباق واریانس‌ها بالا است. هر چه این عدد به ۱۰۰ نزدیک باشد، معنی‌دارتر می‌باشد. همچنین، نتایج بررسی آماره‌های گاه شناسی نشان داد که همبستگی بین سری‌های زمانی قابل قبول و نتایج گاه‌شناسی قابل استفاده است، زیرا مقدار آماره EPS در سه منطقه بالای ۷۵ درصد است. از طرف دیگر مقدار بالای آماره SNR نیز نشان می‌دهد که رابطه قوی بین رویش و متغیرهای اقلیمی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۲- مقادیر GLK بین گاه‌شناسی‌های فردی و اصلی گونه توسکا ییلاقی در گرادیان ارتفاعی

Table 2. GLK values between individual and main chronologies of Alder species in altitude gradient

منطقه	نمونه‌های درختی									
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
پایین‌بند	۸۵	۷۲/۳	۷۴	۸۱/۲	۷۸	۷۴/۵	۷۳	۷۷/۸	۹۱	۷۴
میان‌بند	۷۴/۳	۷۳/۵	۷۸/۸	۷۶	۸۲/۶	۶۹/۷	۷۵/۷	۸۲/۴	۷۶/۸	۷۳
بالابند	۷۳	۷۲/۲	۸۱/۱	۹۰/۲	۷۶/۳	۷۰/۵	۸۲/۴	۶۹	۷۹/۳	۶۸/۳

کلیه مقادیر در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشند.

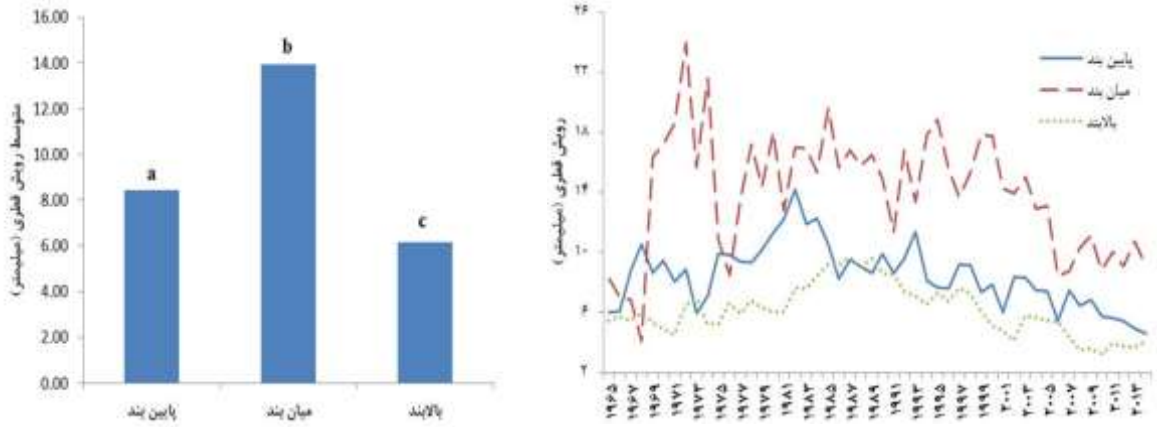
جدول ۳- آماره‌های گاه‌شناسی گونه توسکای ییلاقی در گرادیان ارتفاعی با استفاده از برنامه ARSTAN

Table 3. Chronological statistics of Alder species in altitude gradient using ARSTAN program

منطقه	تعداد درختان	دوره گاه‌شناسی	MS	EPS	SNR
پایین‌بند	۱۰	۲۰۱۴-۱۹۶۵	۰/۲۵	۰/۷۶	۷/۱۵
میان‌بند	۱۰	۲۰۱۴-۱۹۶۵	۰/۲۷	۰/۷۸	۶/۱۷
بالابند	۱۰	۲۰۱۴-۱۹۶۵	۰/۲۶	۰/۶۴	۴/۱۸

رویش قطری گونه توسکا ییلاقی

مقایسه میانگین رویش قطری گونه توسکا ییلاقی در سه گرادیان ارتفاعی نشان داد که مقادیر میانگین رویش قطری این گونه در پایین‌بند، میان‌بند و بالابند بترتیب ۸/۴۴، ۱۳/۹۳ و ۶/۱۶ میلی‌متر در سال بوده و در ارتفاع میان‌بند بیشترین مقدار رویش قطری را داشته است (شکل ۲، چپ). مقایسه آماری رویش قطری در منطقه با آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون دانکن نشان داد که بین سه محدوده ارتفاعی اختلاف معنی‌داری وجود داشته به طوری که در سه گروه جداگانه قرار می گیرند ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۴).



شکل ۲-چپ: مقایسه میانگین رویش قطری گونه توسکای ییلاقی در گرادیان ارتفاعی، راست: منحنی رویش قطری گونه توسکا ییلاقی در گرادیان ارتفاعی در طول دوره مطالعه

Figure 2 left. Comparison of the mean diameter growth of Alder species in altitude gradient, right: Diameter growth of Alder species in altitude gradient during the study period

جدول ۴- تحلیل واریانس یکطرفه رویش قطری گونه توسکا ییلاقی در گرادیان ارتفاعی

Table 4 One-way analysis of variance (ANOVA) of diameter growth of Alder species in altitude gradient

منبع تغییرات	مجموع مربعات	دامنه آزادی	مربع میانگین	F	Sig.
بین گروهها	۱۵۹۵/۳۳۴	۲	۷۹۷/۶۶۷	۹۸/۱۱۱	۰/۰۰۰
میان گروهها	۱۱۹۵/۱۴۲	۱۴۷	۸/۱۳۰		
مجموع	۲۷۹۰/۴۷۶	۱۴۹			

منحنی رویش قطری گونه توسکای ییلاقی منتج از گاه‌شماری درختی در گرادیان ارتفاعی در شکل ۲، راست نشان داد که به طور کلی در ارتفاع پایین بند از ابتدای دوره مطالعه تا ۱۹۸۱ روند افزایشی داشته و پس از آن انتهای دوره روند کاهشی بوده است. در میان بند تا ۱۹۷۱ روند صعودی و پس از آن یک سیر نزولی دیده شده است. در بالابند از ابتدای دوره تا دهه ۱۹۸۰ روند افزایشی و پس از آن روند نزولی شده است. در هر سه منطقه پس از سال ۱۹۹۹ روند نزولی رویش قطری گونه بوده است.

رابطه متغیرهای اقلیمی و رویش قطری

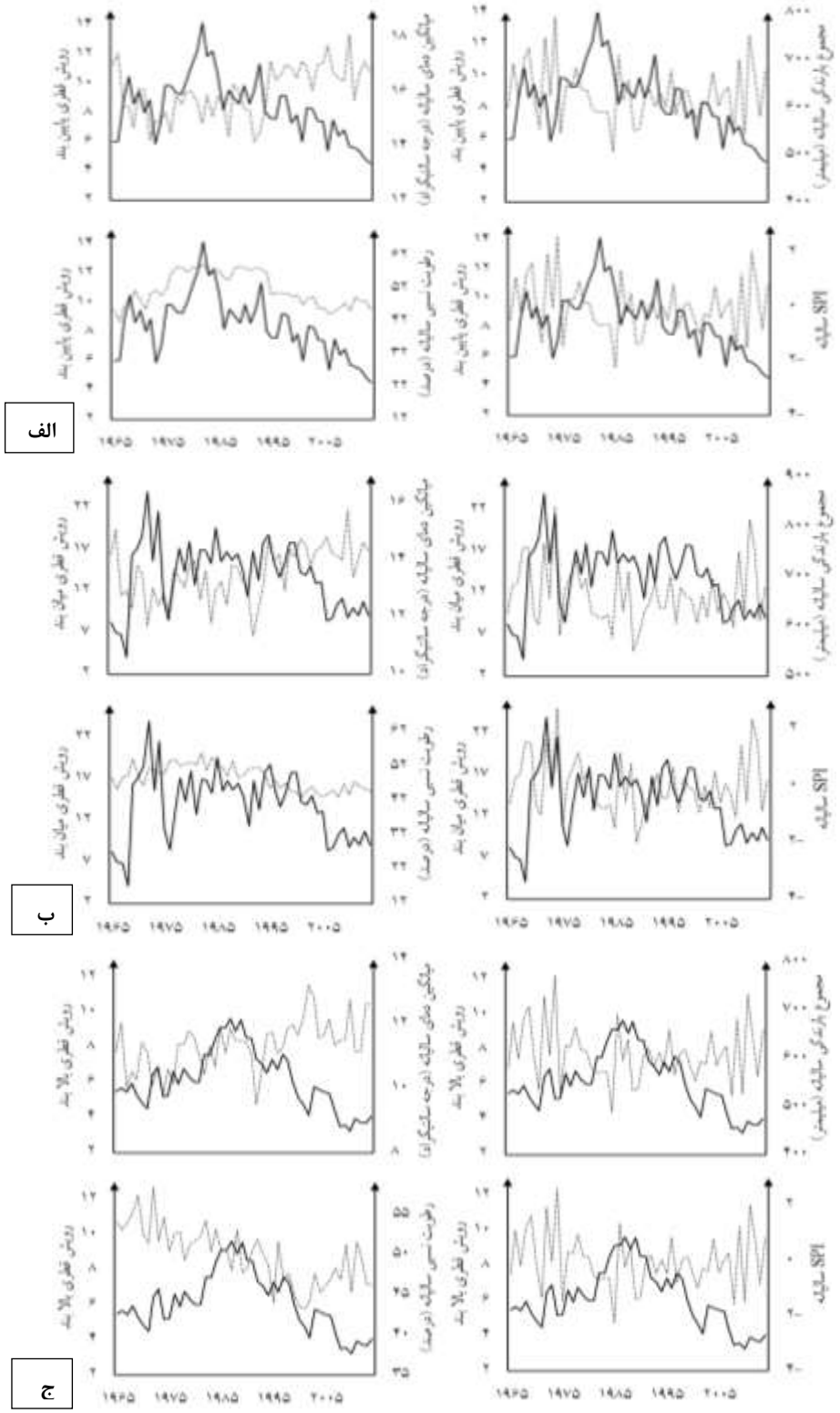
رابطه رویش قطری گونه توسکای ییلاقی با متغیرهای اقلیمی در گرادیان ارتفاعی در قالب نمودار و ضرایب همبستگی مورد بررسی قرار گرفت (شکل‌های ۳ و جداول ۵). نتایج نشان داد که در گرادیان ارتفاعی پایین‌بند، رویش قطری بالاترین ضریب همبستگی را با پارمتر رطوبت نسبی داشته (مثبت)، پس از آن متغیر دما بالاترین میزان همبستگی را نشان داده است (منفی). یعنی با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی میزان رویش در پایین بند کاهش نشان داده است. این مسئله دلیل اصلی روند کاهشی رویش در این منطقه می باشد. رابطه رویش با سه متغیر دما، بارندگی و شاخص SPI منفی ست یعنی روند افزایشی این پارامترها باعث کاهش رویش گردیده است در مقابل با افزایش رطوبت نسبی، میزان رویش قطری نیز افزایش پیدا می‌کند. در ارتفاع میان بند بالاترین ضریب همبستگی با پارمتر دما دیده شده (منفی)، پس از آن متغیر رطوبت نسبی بالاترین میزان همبستگی را نشان داده است (مثبت). اما میزان این همبستگی پایین است. نوع رابطه رویش با متغیرهای اقلیمی در این منطقه همانند پایین بند می باشد. نتایج مربوط به رابطه بین متغیرهای اقلیمی و رویش قطری در بالابند نشان داد که هیچکدام از متغیرهای اقلیمی همبستگی معنی‌داری با رویش قطری ندارند؛ با این وجود متغیر دما بالاترین همبستگی (منفی) را نشان داده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین رویش قطری گونه توسکای ییلاقی و متغیرهای اقلیمی در گرادیان ارتفاعی

Table 5. Correlation coefficients between diameter growth of Alder species and climatic variables in altitude gradient

متغیر	میانگین دمای سالیانه	مجموع بارندگی سالیانه	رطوبت نسبی	SPI
رویش قطری پایین‌بند	-۰/۵۷۱ **	-۰/۲۱۳	۰/۷۳۴ **	-۰/۲۰۹
رویش قطری میان بند	-۰/۳۴۵ *	-۰/۰۲۳	۰/۳۱۲ *	-۰/۰۳۱
رویش قطری بالابند	-۰/۲۴۱	-۰/۱۵۰	۰/۱۶۷	-۰/۱۴۷

*: معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۵، **: معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۱



شکل ۳- بررسی انطباق متغیرهای اقلیمی با رویش قطری گونه توسکای ییلاقی در گرادیان ارتفاعی الف: پایین بند، ب: میان بند، ج: بالابند (خط پیوسته: رویش قطری)

Figure 3. Assessment of the adaptation of climatic variables to the diameter growth of Alder species in the altitude gradient A: low, B: middle, C: high (continuous line: Diagonal growth)(

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی حلقه‌های رویشی گونه توسکای ییلاقی در گرادیان ارتفاعی نشان داد که طی سالهای ۲۰۱۴-۱۹۶۵، رویش قطری از ارتفاع پایین‌بند به میان‌بند افزایش و در ارتفاع بالابند دوباره کاهش یافته است. بیشترین و کمترین رشد به ترتیب مربوط به ارتفاعات میان بند و بالابند بوده است. تفاوت معنی داری بین طبقات ارتفاعی مشاهده شده و روند نزولی رویش در هر سه منطقه در طی دوره زمانی به خصوص از وسط‌های دوره مطالعه تا انتها دیده شده است.

مطالعه سری های زمانی حلقه های رشد راش در یک دوره ۵۰ ساله توسط Pourtahmasi و همکاران (۲۰۱۱) در منطقه خیرودکنار در سه سایت ارتفاعی ۱۲۶۰، ۲۰۰ و ۲۲۰۰ متری نشان داد که با افزایش ارتفاع میانگین پهنای حلقه های رویشی روندی کاهشی داشته است (۲۵). پژوهش جعفری و خورنکه (۱۳۹۲) در جنگل های منطقه گلوگاه مازندران در سه سایت در ارتفاعات ۳۵۰، ۸۰۰ و ۱۳۸۰ متری در یک دوره ۵۴ ساله نشان داد که پهنای دوایر رویشی راش در ارتفاع پایین بند کاهش، اما در ارتفاع میانی افزایش یافته، در حالی که در ارتفاع بالا تغییر قابل اشاره‌ای نداشته است (۳۰). بررسی های ۴۴ ساله در یک پروفیل ارتفاعی در سه ارتفاع ۴۰۰، ۹۰۰ و ۱۲۵۰ متری در جنگل های آستارا نشان داد که پهنای دوایر رویشی برای ممرز و نیـز راش در هر سه سایت ارتفـاعی در طول دوره مطالعه روند کـاهشی داشته است (۳۱). Di Filippo و همکاران (۲۰۰۷) در مورد رشد شعاعی راش غربی در کوه‌های آلپ شرقی نشان دادند که میانگین عرض حلقه با ارتفاع همبستگی منفی داشته است (۱۹). این گونه در کوه‌های Montseny در کاتالونیا (شمال شرقی اسپانیا) در سه سایت ارتفاعی ۹۹۲، ۱۱۲۷ و ۱۶۴۰ متری، رشد قابل‌توجهی در ارتفاعات پایین در مقایسه با ارتفاعات بالاتر داشته است (۱۲). اما بررسی روابط اقلیم-رشد با استفاده از ضرایب همبستگی پیرسون بین شاخص‌های عرض حلقه گونه Picea abies و متغیرهای آب و هوا در کارپات رومانی نشان داد که درختان مسن نسبت به درختان جوان نسبت به آب و هوا حساس تر بودند، اما پاسخ درختان پیر به آب و هوا بسیار به ارتفاع بستگی داشت (۳۲). مقایسه نتایج با نتایج سایر محققان نشان می دهد که واکنش درختان به تغییر پارامترهای اقلیمی در ارتفاعات مختلف متفاوت بوده و به سرشت اکولوژیک گونه، سن، محل رویش، نوع جنگل و ترکیب گونه‌ها بستگی دارد. (جعفری و خورنکه، ۱۳۹۲).

همچنین نتایج بررسی همبستگی رویش توسکا با متغیرهای اقلیمی به صورت کلی نشان داد که رویش ارتفاعات پایین بند و میان بند وابستگی بیشتری به اقلیم نشان داده اند. اما دو متغیر دما و رطوبت نسبی بالاترین همبستگی را داشته اند. ارتفاع بالابند هیچ ارتباط معنی داری با متغیرهای اقلیمی نشان نداده است. در تحقیقی که در جنگل دارابکلای ساری که توسط جعفرنیا و همکاران (۱۳۹۲) انجام پذیرفت، رطوبت نسبی بالای تابستان تاثیر مثبت و تبخیر و تعرق در بهمن ماه تاثیر منفی بر رشد حلقه‌های رویشی توسکا داشته که برای این موضوع دلیل منطقی پیدا نشده است. در مدل های ساخته شده در این مطالعه نیز عامل های دما و رطوبت از اهمیت بالایی برخوردار بوده اند. در این مطالعه عامل رطوبت نسبی در هر سه گونه مورد مطالعه (توسکای ییلاقی، گردو و کاج بروسیا) ارتباط معنی داری با پهنای حلقه های رویشی داشته است (۲۰). هدایتی و همکاران (۱۳۹۲) در توده های زربین علی آباد کتول اظهار می دارند که همواره عامل محدودکنندهٔ رشد در ارتفاعات پایین بارندگی نیست، بلکه دما نیز در این ارتفاعات نقش خود را آشکار می کند (۱۰). بررسی بیشتر سایر گونه ها می تواند درستی نتیجهٔ این تحقیق را اثبات یا رد کند. مطالعه تاثیر آب و هوا بر عرض حلقه درختان راش توسط Haghshenas و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که بین میانگین دمای سالانه و رشد شعاعی راش همبستگی معنی داری وجود دارد (۰/۵۴) (۳). در توده‌های مختلط جنگل های کوه‌های آپوسنی رومانی با سه گونهٔ نوئل، دوگلاس و راش غربی، Kern و Popa (۲۰۰۷) ارتباط معنی‌داری بین رویش راش و متوسط درجه حرارت در تابستان و شرایط آب و هوایی در شروع فصل رویش و همچنین رابطه منفی بین شاخص رویش راش با دمای ماه آوریل یافته اند. دمای انتهای فصل رویش و در زمستان و بارش

در آوریل به نظر می رسد فاکتور کلیدی مهم برای رویش راش و دوگلاس باشد.

در منطقه مورد مطالعه، عوامل اقلیمی طی ۵۰ سال گذشته روندهای متفاوتی داشتند. در این دوره ها دما با یک روند سینوسی به طور نسبی افزایش یافته، در حالی که رطوبت نسبی در ارتفاعات پایین و میان بند به ترتیب تا دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ روند افزایشی و پس از آن روند کاهشی داشته، در بالابند این روند کلاً نزولی بوده است. در مقایسه با دما و بارش، نوسانات رطوبت نسبی طی سالهای ۱۹۶۵-۲۰۱۴ از شیب بسیار ملایمی بخصوص در ارتفاعات بالا برخوردار بوده است. از سال ۱۹۹۵ روند کلی این متغیر بصورت کاهشی می‌باشد که البته این امر در ارتفاع پایین‌بند و میان‌بند مشهودتر است و با افزایش ارتفاع این روند نزولی با شیب کمتری مشاهده می‌شود. در ارتباط با همبستگی میان رطوبت نسبی و پهنای دوایر رویشی برای گونه توسکا ییلاقی، به جز در موارد اندک، از سال ۱۹۶۵ تا سال ۲۰۱۴، رطوبت نسبی دارای اثری مستقیم و معنادار بر رشد این گونه داشته، به عبارت دیگر می‌توان گفت حساسیت این گونه به رطوبت نسبی نسبت به بارش و دما بیشتر است. منطبق بودن روند رطوبت نسبی با روند رویش در دوره مطالعه این موضوع را کاملاً نشان می دهد. از سوی دیگر افزایش دما باعث کاهش رشد می‌شود. فتوسنتز بر دما متکی ست. در ارتفاعات بالای ۱۰۰۰ متری، رویش توسط دمای پایین تر و دوره رشد کوتاه‌تر محدود می‌شود و این دلیلی بر کاهش رشد شعاعی گونه در سایت های ارتفاعی بالاست (۳). تحقیقات Van der Maaten (۲۰۱۲) در باب رشد شعاعی راش غربی در آلمان نشان داده که دمای بالا باعث ایجاد تنش‌های خشکی در درختان شده و کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رویش درختان را سبب می گردد. همچنین، افزایش تبخیر و تعرق و کاهش ذخیره آب ناشی از بارندگی‌های زمستان و ابتدای بهار می‌تواند یکی از علل تأثیر منفی دمای بالا بر میزان پهنای دوایر رویشی باشد. رابطه منفی میان پهنای دوایر رویشی و بارش احتمالاً ناشی از فراهم نشدن آب مورد نیاز برای این گونه می‌باشد. همچنین تنش های خشکی روی درختان و کاهش فتوسنتز به دلیل دمای بالا باعث کاهش رشد درختان می شود. با توجه به این‌که توسکا گونه ای رطوبت پسند است. این میزان بارش برای رشد توسکا مطلوب نبوده؛ به عبارت دیگر، کاهش بارندگی، همزمان با دمای بالا اثر منفی بر رشد این گونه داشته است. بعلاوه، دمای بالا در انتهای فصل رویش موجب مصرف بیش از اندازه مواد غذایی می‌گردد و کاهش ذخیره موادی که برای رویش سال بعد مورد نیاز می‌باشد را به همراه خواهد داشت. بنابراین افزایش دمای منطقه و کاهش بارندگی در طول شیب ارتفاعی را می توان از عوامل اصلی کاهش رشد درختان در ارتفاعات دانست.

براساس نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که فراهم بودن رطوبت کافی به همراه دمای متعادل سبب رشد بالای پهنای دوایر رویشی گونه توسکا می‌شود. همچنین بررسی پهنای رویش قطری این گونه نشان داد که واکنش درختان نسبت به تغییر عوامل آب و هوایی، شرایط دمایی و رطوبتی گوناگون در ارتفاعات مختلف، متفاوت است. اما باید توجه داشت که عکس‌العمل درختان به تغییرات آب و هوا به عواملی مثل رقابت، پویایی توده، محل قرارگیری درخت در توده، سن و تراکم رویشگاه، تیپ جنگل و ترکیب گونه ای ارتباط نزدیکی دارد (۳۴). رفتارهای رویشی گونه‌ها و واکنش آنها نسبت به تغییرات پارامترهای آب و هوا در ارتفاعات مختلف، نه تنها بیان کننده تفاوت عملکرد یک گونه معین در مقابل عوامل بیرونی (هواشناختی) و درونی (خصوصیات ژنتیکی، بافت و ساختار گیاه، پایه‌ای و توده‌ای بودن) در ارتفاعات مختلف می‌باشد (۱۹، ۲۵)، بلکه سرشت (نیاز اکولوژیک) گونه‌ها در بروز این تفاوتها مؤثر هستند (۳۰). پاسخ رشد درخت به عوامل آب و هوایی به دلیل تنوع مکانی (مانند ناهمگونی توپوگرافی، شرایط محیطی سایت و تعاملات گونه‌ها) از نظر مکانی وابسته بوده، علاوه بر این، افزایش فراوانی و شدت آشفتگی های محیطی می تواند باعث اختلالات فیزیولوژیکی شود (۳۵). مطالعه Bayat و همکاران (۲۰۱۹) در خیرودکنار مازندران به مدلسازی فاکتورهای اکولوژیک کنترل کننده (عوامل زنده و غیر زنده) رشد قطری راش در دوره ۲۰۱۲-

۲۰۰۳ در ۱۴۴پلات با متغیرهای پیش‌بینی‌کننده‌تابش خورشیدی، دمای هوا، شاخص رطوبت توپوگرافی، سرعت باد، سطح مقطع برابر سینه و قطر اولیه پرداخته است نتایج نشان داد که چهار عامل غیر زنده با هم در حدود ۵۰/۸٪ و دو عامل زنده ۴۹/۲٪ از عوامل موثر کنترل کننده رشد راش می باشند و کنترل افزایش قطر راش به احتمال زیاد به طور مساوی بین متغیرهای غیرزیستی و زنده تقسیم گردیده است. میانگین قطر اولیه درختان در ارتفاع برابر سینه قوی‌ترین همبستگی را با افزایش قطر نشان داده است. متغیرهای بکار گرفته شده ۷۵ درصد از از واریانس افزایش رشد قطری در طول دوره را توجیه می نمایند (۳۵).

کاهنده شدن رشد حلقه ها در سال های اخیر یک هشدار مهم محسوب می شود که اگر روند افزایشی دمای هوا به همین ترتیب ادامه یابد این گونه آسیب خواهد دید. بنابراین به منظور حمایت و جلوگیری از انقراض گونه ها، بهره‌برداری از این گونه باید کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می گردد با مدل سازی تغییرات اقلیمی این امر بیشتر بررسی گردد تا برنامه و استراتژی هایی جهت شناسایی و توسعه جنگلکاری گونه‌های مقاوم به منظور سازگاری با شرایط آب و هوایی آینده صورت گیرد. توصیه می گردد در تحقیقات آتی سایر عوامل جنگلشناسی مانند نور، رقابت بین گونه ای، ویژگی های خاک و .. بر رویش این گونه مورد بررسی قرار گیرد. وارد کردن متغیرهای اقلیمی بیشتر مانند تبخیر و تعرق، نوسانات پارامترهای اقلیمی در طول فصل رویش، ابتدا و انتهای آن و حتی نوسانات آبهای زیر زمینی نیز می تواند دقت مطالعه را افزایش دهد. با در نظر گرفتن شرایط خاص این جنگل ها مطالعات مشابه در سطح وسیع‌تر برروی گونه های مختلف و بویژه کمیاب انجام پذیرد تا با شناسایی گونه‌های آسیب پذیر، برنامه ریزی جهت حفظ بقای آنها صورت گیرد.

References

1. Djomo, A.N., Knohl, A., Gravenhorst, G., 2011. Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. Forest Ecology and Management, 261(8): 1448-1459.
2. Ghanbari Motlagh, M., Kafaky, S.B., Mataji, A., Akhavan, R. 2019. Calculation of the aboveground carbon stocks with satellite data and statistical models integrated into the climatic parameters in the Alborz Mountain forests (northern Iran). J. For. Sci., 65: 493–503.
3. Haghshenas, M., Mohadjer, M.R.M., Attarod, P., Pourtahmasi, K., Feldhaus, J. and 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.
4. Marvi Mohadjer, M.R., 2012. Silviculture. Tehran, Iran: University of Tehran Press, 387pp. (In Persian).
5. Kiaee Ziabari, 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. (In Persian)
6. Van der Werf, G.W., Sass-Klaassen, U.G. and Mohren, G.M.J., 2007. The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (Fagus sylvatica L.) and oak (Quercus robur L.) on a dry site in the Netherlands. Dendrochronologia, 25(2): 103-112.
7. Simon, P., and Lena, M., 2016. Radial growth response of horse chestnut (Aesculus hippocastanum L.) trees to climate in Ljubljana, Slovenia. Urban Forestry & Urban Greening, 18: 110-116.
8. Garamszegi, B., and Kern, Z., 2014. Climate influence on radial growth of Fagus sylvatica growing near the edge

of its distribution in Bukk Mts., Hungary. Dendrobiology, 72: 93-102.

9. Jalilvand, H., and Balapour, Sh., 2014. The effect of climate on tree-ring chronologies of Oak (Quercus macranthera) on tree line of Hyrcanian forest. J. of Wood & Forest Science and Technology, 20(4):1-19. (In Persian)
10. Hedayati, S., Soosani, J., Akbari, H., Fallah, A., and Balapour, S., 2014. Assessment of radial growth of Cupressus sempervirense var. horizontalis trees by use of dendrochronology knowledge in its native site (Case study: Gorgan Ali Abad Catool). Iranian Journal of Forest, 5(4): 361-376. (In Persian)
11. Du, S., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Otsuki, K., Wang, S. and Hou, Q., 2007. The effect of climate on radial growth of Quercus liaotungensis forest trees in Loess Plateau, China. Dendrochronologia, 25(1): 29-36.
12. Jump, A.S., Hunt, J.M. and Penuelas, J., 2006. Rapid climate change- related growth decline at the southern range edge of Fagus sylvatica. Global change biology, 12(11): 2163-2174.
13. Fallah, A., Balapour, B., Yekekhani, M. and Jalilvand, H., 2014. Dendrochronological studies of Juniperus polycarpos in alborz mountains (case study: Shahkuh of shahrood). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 29(1): 94-105. (In Persian)
14. Kern, Z., and Popa, I., 2007. Climate–growth relationship of tree species from a mixed stand of Apuseni Mts., Romania. Dendrochronologia, 24(2-3): 109-115.
15. Safdari, V.R., Parsapajouh, D., Hemmasi, A.H., 2005. A dendroclimatological evaluation of Pinus eldarica at three sites in Tehran. Agricultural Science. 11(2): 217- 231. (In Persian)
16. Zarean, H., Yazdanpanah, H., Movahedi, S., Jalilvand, H., Momeni, M. and Yarali, N., 2014. Chronological study of Quercus Persica growth ring response to climatic variables of precipitation and temperature in Zagros forests (a case study of Dena Region). J Appl Environ Biol Sci, 4(4): 247-255.
17. Subotić, J., Dukić, V., Popov, T., Trbić, G., Maunaga, Z. and Petrović, D., 2020. Relationships Between Climatic Variables and Tree-Ring Width of Silver Fir (Abies alba Mill.) in Kozara National Park (Bosnia and Herzegovina). South-east European forestry: SEEFOR, 11(1):17-27.
18. Ostakh, E., Soosani, J., Pilehvar, B., Poursartip L., Musavi, S., 2014. Investigation on Climate Variables (Temperature and Precipitation) Effects on Annual Width Rings of Pinus brutia in Lorestan Province. Ecology of Iranian Forest, 2(4): 19-27. (In Persian)
19. Di Filippo, A., Biondi, F., Čufar, K., De Luis, M., Grabner, M., Maugeri, M., Presutti Saba, E., Schirone, B. and Piovesan, G., 2007. Bioclimatology of beech (Fagus sylvatica L.) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree- ring network. Journal of Biogeography, 34(11): 1873-1892.

20. Jafarniya, Sh., Fallah, A., Jalilvand, H., 2014. Modeling rings width of Alder, Walnut and Brutian Pine and some climatical variables (case study: Darabkola Forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 452-466. (In Persian)
21. Nasseri Karimvand, S., Poursartip, L., Moradi, L., Soosani, J., 2016. Dynamic Effects of climate variables (temperature and precipitation) on the annual diameter growth of Iranian oak (Quercus brantti Lindl). Forest Research and Development, 2(1): 63-71. (In Persian)
22. Emaminasab, M., Oladi, R., Pourtahmasi, L., Shirvany, A., 2020. The potential of Juniperus foetidissima Willd. tree and Juniperus oblonga M.B. shrub for dendroclimatology in Arasbaran forests. Forest and Wood Products, 73(3): 353-363. (In Persian).
23. Maroufi Aghdam, B., Torkaman, J., Ghodskhah, M., Karamzadeh S., and Ahmadi, M. 2015. Comparison between the Effects of Temperature and Solar Radiation on Growth of Quercus castaneifolia C. A. Mey. in Astara Forests using the Dendrochronology Method. Ecology of Iranian Forests, 3(5): 1-10. (In Persian)
24. Balapour, Sh., and Mohammadov, T.S., 2016. Principles, methods and application of tree chronology. Dendrology Institute, Azernaijan National Academy of Sciences. Publisher: Jeddikar. 354 pp. (In Persian)
25. Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Bräuning, A. and Parsapajouh, D., 2011. Tree-ring width and vessel characteristics of oriental beech (Fagus orientalis) along an altitudinal gradient in the Caspian forests, northern Iran. IAWA journal, 32(4): 461-473.
26. Mostafazadeh, R., and Zabihi, M., 2016. Comparison of SPI and SPEI indices to meteorological drought assessment using R programming (Case study: Kurdistan Province). Journal of the Earth and Space Physics, 42(3): 633-643. (In Persian).
27. Zarei, A.R., and Eslamian, S., 2017. Trend assessment of precipitation and drought index (SPI) using parametric and non-parametric trend analysis methods (case study: arid regions of southern Iran). International Journal of Hydrology Science and Technology, 7(1): 12-38.
28. McKee T.B., Doesken N.J., and Kleist J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. InProceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17(22):179-183.
29. Nosrati, K., 2015. Assessment of Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) for Drought Identification in Different Climates of Iran. Environmental Sciences. 12(4): 63-74. (In Persian).
30. Jafari, M., and 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. (In Persian).
31. Jafari, M., 2012. Climate and environmental impacts on beech and oak wood production in the Hyrcanian forests. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 27(3): 386-408. (In Persian)
32. Primicia, I., Camarero, J.J., Janda, P., Čada, V., Morrissey, R.C., Trotsiuk,

V., Bače, R., Teodosiu, M. and Svoboda, M., 2015. Age, competition, disturbance and elevation effects on tree and stand growth response of primary Picea abies forest to climate. Forest Ecology and Management, 354: 77-86.

33. Van der Maaten, E. 2012. Climate sensitivity of radial growth in European beech (Fagus sylvatica L.) at different aspects in southwestern Germany. TreesStructure and Function, 26(3): 777–788.
34. Martin-Benito, D., Kint, V., Del Rio, M., Muys, B. and Cañellas, I., 2011. Growth responses of West-Mediterranean Pinus nigra to climate change are modulated by competition and productivity: Past trends and future perspectives. Forest Ecology and Management, 262(6): 1030-1040.
35. Bayat, M., Thanh Noi, P., Zare, R. and Tien Bui, D., 2019. A semi-empirical approach based on genetic programming for the study of biophysical controls on diameter-growth of Fagus orientalis in Northern Iran. Remote sensing, 11(14), p.1680.
36. Ghanbari Motlagh, M., Amraei, B., 2020. Detecting of the Spatiotemporal Relationship of Vegetation Changes with Climatic Elements in Mazandaran Province. Geography and Sustainability of Environment, 10(35): 37-55.
37. Bazrafshan Daryasari, M., Meftah Halghi, M., Ghorbani, Kh., Ghahraman. N., 2016. Comparative study of climatic regions of Golestan province under different climate change scenarios. J. of Water and Soil Conservation, 22(5): 187-202.