

مدل‌سازی پراکنش بلوط ایرانی در جنوب غرب ایران بر اساس روش مبتنی بر حضور حداکثر آنتروپی

شیرین محمودی^{۱*}، کورش احمدی^۲، مهدی زهراوی^۳ و امید کرمی^۴

۱- دکتری، مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

(shirin.mahmoodi@ut.ac.ir)

۲- دکتری اکولوژی جنگل، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (kouroshahmadi66@yahoo.com)

۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (mzahravi@yahoo.com)

۴- کارشناس، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام، ایلام، ایران. (omid64karami@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

چکیده

آگاهی از پویایی و پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی یک استراتژی مهم برای حفاظت از تنوع زیستی است. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی یکی از روش‌های مهم در این زمینه است که از شاخص‌های مناسب برای تشخیص روابط متغیرهای مختلف زیست‌محیطی و ارزیابی مطلوبیت زیستگاه برای یک گونه خاص استفاده می‌کند. در این بررسی برای شناسایی مناطق مناسب برای حضور گونه بلوط ایرانی که یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی در جنگل‌های زاگرس در ایران است، از مدل پراکنش گونه‌ای حداکثر آنتروپی استفاده شد. از ۱۶ متغیر محیطی شامل متغیرهای توپوگرافی، اقلیمی و خاکی به‌عنوان متغیرهای مستقل و نقاط حضور گونه بلوط ایرانی به‌عنوان متغیر پاسخ استفاده شد. برای ارزیابی مدل از معیار سطح زیر منحنی (AUC) استفاده شد. برای تعیین و ارزیابی اهمیت متغیرهای محیطی از روش جک‌نایف (Jackknife) استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) دارای کارایی بالایی با مقدار سطح زیر منحنی (AUC) ۰/۹۸ بود و متغیرهای متوسط دمای سالیانه، ارتفاع، و بارندگی در چارک مرطوب سال اهمیت بیشتری دارند. همچنین متغیرهای جهت و NDVI کمترین اهمیت را در ساخت مدل داشتند. همچنین در این پژوهش نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه بلوط ایرانی در منطقه مورد بررسی تهیه شد که می‌تواند یک منبع مطمئن برای مدیران در امر برنامه‌ریزی برای حفاظت و احیای جنگل‌های تخریب شده در منطقه مورد بررسی باشد.

واژه‌های کلیدی: پراکنش جغرافیایی، جک‌نایف، دینارکوه، آشیان اکولوژیک.

مقدمه

قرار دارد (Ma and Sun, 2018). الگوریتم‌های مدل-سازی بی‌شماری مانند GARP، CLIMEX، حداکثر آنتروپی (MaxEnt) و BIOMAPPER برای بررسی پاسخ‌های زیست‌محیطی، نیازهای بوم‌شناسی و مناطق توزیع، پیش‌بینی کیفیت زیستگاه و شبیه‌سازی توزیع مکانی گونه‌های گیاهی و الگوی مکانی تنوع گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی وجود دارد (Hirzel, 2002). در واقع، این الگوریتم‌ها متغیرهای قابل پیش‌بینی و همچنین ارتباط آن‌ها با متغیر پاسخ را تعیین می‌کنند و همچنین مطلوبیت زیستگاه را برای یک گونه خاص در مناطق پراکنش آن‌ها پیش‌بینی می‌کنند. بهبود الگوریتم‌های مدل‌سازی به استفاده گسترده از مدل‌های مطلوبیت زیستگاه در بررسی مسائل زیست-محیطی، جغرافیای زیستی، حفاظت و مدیریت گونه کمک می‌کند (Bradly et al., 2012). تاکنون در پژوهش‌های بسیاری از مدل‌های پراکنش گونه‌ای با اهداف مختلف مانند حفاظت از گونه‌ها (Ferraz et al., 2012) و شناسایی مناطق مطلوب برای احیا و بازسازی گونه‌های مختلف (Barnes and Delborne, 2019) در نقاط مختلف دنیا استفاده شده است. Jensen et al. (2020) به منظور شناسایی مناطق مناسب جنگلکاری در چین از مدل‌های پراکنش گونه‌ای استفاده کردند و مناطق دارای پتانسیل بالا را برای کاشت گونه سرخدار شناسایی کردند. Yang et al. (2013) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی به بررسی مناطق مناسب برای بازسازی گونه گیاهی *Justicia adhatoda* L. در چین پرداختند. اگرچه در ایران و به‌ویژه در جنگل‌های شمال و ارسباران پژوهش‌های زیادی در زمینه مدل‌سازی پراکنش گونه‌های درختی انجام شده است اما هدف بیشتر این پژوهش‌ها بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های درختی بوده است (Ahmadi et al., 2020). (Alavi et al., 2019) با

رشد جمعیت انسانی، تغییر کاربری اراضی، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه، بهره‌برداری بیش از حد از اراضی طبیعی و هجوم گونه‌های گیاهی بیگانه از عوامل مهم انقراض گونه‌ها در سراسر جهان است. در نتیجه، یک پنجم گونه‌های گیاهی به دلیل این عوامل در معرض خطر انقراض و از بین رفتن رویشگاه قرار دارند. بدیهی است که از بین رفتن هر گونه می‌تواند اثرهای منفی قابل توجهی بر عملکرد اکوسیستم بگذارد. احیا رویشگاه یکی از اقدامات اساسی برای حفاظت از گونه‌های گیاهی است و یکی از الزامات این اقدامات آگاهی از پراکنش گونه‌ها در هر منطقه است. بنابراین، درک روابط گونه‌ها با عوامل محیطی و پیش‌بینی تغییرات آن به یکی از چالش‌های اساسی بوم‌شناسان تبدیل شده است (Kong et al., 2021). از این رو آگاهی از مطلوبیت رویشگاه گونه‌های در معرض خطر و نیازهای رویشگاهی آن‌ها بخش مهمی از اقدامات حفاظت از گونه‌ها است. با استفاده از نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه و شناسایی مناطقی که هر گونه پتانسیل حضور دارد، به‌ویژه برای گونه‌هایی که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و تخریب قرار دارند، امکان بازسازی و احیا فراهم می‌شود.

مدل‌سازی پراکنش گونه (Species Distribution Model) یکی از روش‌های مهم در این زمینه است که از شاخص‌های مناسب برای تشخیص روابط متغیرهای مختلف زیست‌محیطی و ارزیابی مطلوبیت زیستگاه برای یک گونه خاص استفاده می‌کند. بنابراین، دانش در مورد مطلوبیت زیستگاه برای توسعه اقدامات حفاظت بلندمدت، مورد توجه بوم‌شناسان

استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای به بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه در معرض خطر سرخدار در جنگل‌های هیرکانی پرداختند. Taleshi et al. (2019) اثر تغییر اقلیم را بر تنوع درختان جنگلی شمال ایران بررسی کردند. Ahmadi et al. (2020a) به بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سرخدار با استفاده از مدل‌های منطقه‌ای و جهانی در جنگل‌های هیرکانی پرداختند. متاسفانه پژوهش‌هایی با هدف حفاظت و شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالا برای احیا گونه‌های درختی تخریب‌شده در ایران و به‌ویژه مناطقی غربی کشور معدود است.

مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) برای ارزیابی نیاز اکولوژیکی، پاسخ‌های زیست‌محیطی و مطلوبیت رویشگاه گونه‌های مختلف استفاده می‌شود. این مدل در مقیاس‌های کوچک و به‌خصوص زمانی که تعداد نمونه زیاد نباشد نسبت به دیگر مدل‌ها دارای عملکرد بهتری است (Phillips and Dudík, 2008). از مزایای این روش نسبت به دیگر روش‌ها این است که این روش هم برای داده‌های پیوسته و هم گسسته قابل استفاده است و همچنین به سادگی، سرعت عمل بالا و توانایی بالای آن در پیش‌بینی اطلاعات ناقص این روش نیز اشاره کرد (Hoffman et al., 2008). مطابق با این روش هر سلول یک ارزش دارد که تابعی از متغیرهای زیست‌محیطی است و سلول‌هایی که ارزش بالایی دارند نشان‌دهنده مطلوبیت بالای آن برای گونه مورد بررسی است. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه به‌منظور شناسایی مناطق مطلوب برای استقرار گونه در رویشگاه بسیار حائز اهمیت است. با استفاده از این روش می‌توان تنوع زیستی را حفاظت کرد و همچنین می‌توان مناطق مطلوب برای جنگلکاری و دیگر اقدامات احیا و حفاظت تعیین نمود.

تعیین عوامل اصلی محیطی در شکل‌گیری پراکنش گونه‌های گیاهی اقدامات اساسی برای حفاظت و توسعه گونه‌های گیاهی با ارزش است (Ahmadi et al., 2020b). به‌دلیل نگرانی‌های جدی در مورد تغییر شرایط محیطی در جهان، مانند غرب ایران و تأثیر آن بر پوشش گیاهی و در نتیجه زندگی مردم بومی و دیگر موجودات زنده در منطقه، تمایل زیادی به ایجاد پیش‌بینی‌ها برای درک وضعیت پراکنش جوامع گیاهی وجود دارد (Qin et al., 2020). این بررسی با هدف پیش‌بینی توزیع جغرافیایی بالقوه فعلی گونه بلوط در غرب ایران انجام شده است. داده‌های حضور و متغیرهای زیست‌اقلیمی مورد استفاده قرار گرفت و یک مدل پیش‌بینی با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در نرم‌افزار MaxEnt ایجاد شد و در نهایت نقشه پتانسیل حضور گونه بلوط ایرانی در منطقه به‌منظور حفاظت و احیای این گونه با ارزش شناسایی شد. همچنین در این بررسی تلاش شد که به سوالات زیر پاسخ داده شود:

مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر توزیع گونه بلوط ایرانی کدامند؟

آیا مدل MaxEnt کارایی بالایی در پراکنش گونه بلوط ایرانی دارد؟

نتایج این بررسی به درک بهتر فرایندها و مکانیسم‌های سازگاری و انتشار زیست‌شناسی در شرایط پیچیده محیطی کمک می‌کند و مبانی نظری و پایه‌ای برای مدیریت بهتر پوشش گیاهی در منطقه را فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

مساحت منطقه حفاظت‌شده دینارکوه تقریباً ۴۰۷۷۹ هکتار است. این منطقه کوهستانی جنگلی، در استان

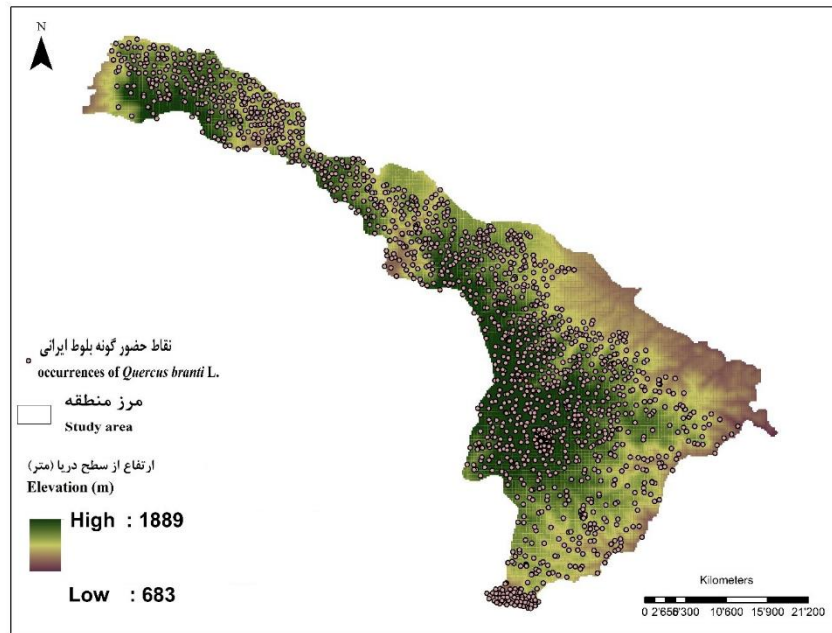
حداکثر آنتروپی (MaxEnt) استفاده شد. از ۱۶ متغیر محیطی شامل شیب، جهت، ارتفاع، تشعشع خورشیدی، نقشه پوشش زمین، فاصله از روستا، تیپ خاک، زمین شناسی، شاخص پوشش گیاهی NDVI (مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای MODIS)، محدوده متوسط روزانه (میانگین ماهانه (حداکثر دما - حداقل دما) (bio2)، ایزوترمال (bio3)، (bio7)، متوسط درجه حرارت سالیانه (bio1) و فاصله از رودخانه، بارش خشک‌ترین سه ماهه (bio17)، بارش سه ماهه مرطوب (bio16)، استفاده شد. از مدل رقومی ارتفاع برای ساخت متغیرهای شیب و جهت با استفاده از جعبه ابزار Spatial analyst tool در نرم‌افزار ArcGIS 10.4 استفاده شد. در میان ۱۹ متغیر اقلیمی، آزمون همبستگی پیرسون انجام شد. این آزمون در نرم‌افزار GIS و با استفاده از دستور Principal Component Analysis انجام شد. به علت همبستگی بالای ۰/۷ موجود در بین برخی متغیرها، ۱۳ متغیر حذف شد و ۶ متغیر اقلیمی شامل، محدوده متوسط روزانه (میانگین ماهانه (حداکثر دما - حداقل دما) (bio2)، ایزوترمال (bio3)، (bio7)، متوسط درجه حرارت سالیانه (bio1)، بارش خشک‌ترین سه ماهه (bio17)، بارش سه ماهه مرطوب (bio16) انتخاب شدند. همه لایه‌ها باید مرز و اندازه سلول یکسانی داشته باشند. لایه‌های زیست‌محیطی به فرمت ascii با اندازه سلول ۱ کیلومتر تهیه شدند. مدل‌سازی بر اساس رابطه ۱ انجام شد و این فرمول براساس تعداد متغیرهای زیست‌محیطی (۱۶ متغیر) است و همچنین مدل ۱۰ بار اجرا شد. در روش مدل‌سازی حداکثر آنتروپی برای تهیه نقشه رویشگاه، از ۷۵ درصد نقاط حضور در اجرای مدل آموزش و ۲۵ درصد برای آزمون مدل استفاده شد. این روش برای همه متغیرهای موجود در مدل، منحنی پاسخ ایجاد می‌کند و برای

ایلام شهرستان آبدانان واقع شده است (شکل ۱). مختصات جغرافیایی منطقه ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی است. این منطقه در محدوده ارتفاعی از ۵۴۰ تا ۱۹۵۵ متر از سطح دریا قرار دارد و متوسط بارندگی سالانه این منطقه حدود ۲۹۲/۲ میلی‌متر بوده و بیشتر به صورت بارش باران است. دوره خشکی منطقه از اواسط اردیبهشت تا آبان است متوسط دمای سالیانه ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد است. میانگین رطوبت نسبی ۳۸/۸ درصد است. منطقه دارای اقلیم بیابان گرم است (ادراه کل حفاظت از محیط زیست استان ایلام، ۱۳۹۳). این منطقه آخرین نقطه پراکنش بلوط در جنوب غرب کشور محسوب می‌شود و مهم‌ترین توده جنگلی این منطقه جنگل‌های بلوط ایرانی است.

در این پژوهش از الگوریتم حداکثر آنتروپی برای تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه بلوط ایرانی (*Quercus branttis* L.) استفاده شد. تعداد نقاط حضور در الگوریتم حداکثر آنتروپی به عوامل متعددی مانند مقدار یکنواختی منطقه مورد بررسی از نظر شیب، ارتفاع و همچنین مقدار تخصصی بودن گونه مورد بررسی و آشیان بوم‌شناختی گونه بستگی دارد. بررسی Hirzel et al. (2002) نشان داد که ۲۰ الی ۳۰ نقطه حضور نتایج مشابه و قابل‌اعتمادی را با ۱۰۰ نقطه حضور ارائه می‌دهند. نمونه‌گیری به صورت تصادفی در طی قدم زدن در طول مسیر با مشاهده مستقیم گونه انجام شد. پس از بررسی اولیه و پیمایش صحرایی مناطقی که گونه بلوط ایرانی حضور داشتند، شناسایی شد و با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی GPS مختصات جغرافیایی آن‌ها ثبت شد. ۱۳۹۵ نقطه حضور ثبت شد. بعد از جمع‌آوری اطلاعات با توجه به هدف پژوهش برای مدل‌سازی رویشگاه گونه مورد بررسی از روش مدل‌سازی

عملکرد قابل‌قبول مدل است. همچنین از تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت‌کننده (ROC) برای ارزیابی مدل استفاده شد. به‌منظور تعیین اهمیت متغیرهای محیطی از روش جک‌نایف (Jackknife) استفاده شد.

ارزیابی کیفیت کلی مدل تحلیل سطح زیر منحنی (AUC) انجام شد. اگر مقدار AUC مدل برابر یک باشد نشان‌دهنده پیش‌بینی کامل مدل است، اگر مقدار آن بالاتر از ۰/۹ باشد نشان‌دهنده عملکرد بسیار خوب مدل است و اگر بالاتر از ۰/۸ باشد، نشان‌دهنده عملکرد خوب مدل و اگر بالاتر از ۰/۷ باشد بیانگر



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی (منطقه حفاظت‌شده دینارکوه)

Figure 1. Study area map (Dinarkouh protected area)

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در ساخت مدل

Table 1. Variables used for modeling

نوع	اختصار	تشریح	واحد	منبع
Type	Abbreviations	Description	Unit	Source
اقلیمی Bioclimatic	Bio1	میانگین دمای سالانه Annual mean temperature	درجه سانتیگراد °C	www.worldclim2.org (Fick et al., 2017)
	Bio2	میانگین دامنه دمای روزانه Mean diurnal range	درجه سانتیگراد °C	
	Bio3	ایزوترمال Isothermality	بدون واحد Unitless	
	Bio4	دمای فصلی Temperature seasonality	بدون واحد Unitless	
	Bio5	حداکثر دما گرم‌ترین ماه سال Max temperature for warmest month	درجه سانتیگراد °C	

ادامه جدول ۱.

Comtined table 1.

نوع Type	اختصار Abbreviations	تشریح Description	واحد Unit	منبع Source
	Bio6	حداقل دما سردترین ماه سال Min temperature for coldest month	درجه سانتی گراد °C	
	Bio7	دامنه دمای سالانه Temperature annual range	درجه سانتی گراد °C	
	Bio8	میانگین دمای مرطوبترین سه ماه Mean temperature of wettest quarter	درجه سانتی گراد °C	
	Bio9	میانگین دمای خشکترین سه ماهه Mean temperature of driest quarter	درجه سانتی گراد °C	
	Bio10	میانگین دمای گرمترین سه ماهه Mean temperature of warmest quarter	درجه سانتی گراد °C	
	Bio11	میانگین دمای سردترین سه ماهه Mean temperature of coldest quarter	درجه سانتی گراد °C	
اقليمی Bioclimatic	Bio12	بارش سالانه Annual precipitation	میلی متر mm	www.worldclim2.org (Fick et al., 2017)
	Bio13	بارش گرمترین ماه Precipitation of wettest month	میلی متر mm	
	Bio14	بارش خشکترین ماه Precipitation of driest month	میلی متر mm	
	Bio15	بارش فصلی Precipitation seasonality	بدون واحد Unitless	
	Bio16	بارش مرطوبترین سه ماهه Precipitation of wettest quarter	میلی متر mm	
	Bio17	بارش خشکترین سه ماهه Precipitation of driest quarter	میلی متر mm	
	Bio18	بارش گرمترین سه ماهه Precipitation of warmest quarter	میلی متر mm	
	Bio19	بارش سردترین سه ماهه Precipitation of coldest quarter	میلی متر mm	

ادامه جدول ۱.

Comtined table 1.

نوع Type	اختصار Abbreviations	تشریح Description	واحد Unit	منبع Source
	Bio6	حداقل دما سردترین ماه سال Min temperature for coldest month	°C	
	Bio7	دامنه دمای سالانه Temperature annual range	°C	
	Bio8	میانگین دمای مرطوب‌ترین سه ماه Mean temperature of wettest quarter	°C	
	Bio9	میانگین دمای خشک‌ترین سه ماهه Mean temperature of driest quarter	°C	
	Bio10	میانگین دمای گرم‌ترین سه ماهه Mean temperature of warmest quarter	°C	
	Bio11	میانگین دمای سردترین سه ماهه Mean temperature of coldest quarter	°C	
اقليمی Bioclimatic	Bio12	بارش سالانه Annual precipitation	Mm	www.worldclim2.org (Fick et al., 2017)
	Bio13	بارش گرم‌ترین ماه Precipitation of wettest month	Mm	
	Bio14	بارش خشک‌ترین ماه Precipitation of driest month	Mm	
	Bio15	بارش فصلی Precipitation seasonality	Unitless	
	Bio16	بارش مرطوب‌ترین سه ماهه Precipitation of wettest quarter	Mm	
	Bio17	بارش خشک‌ترین سه ماهه Precipitation of driest quarter	Mm	
	Bio18	بارش گرم‌ترین سه ماهه Precipitation of warmest quarter	Mm	
	Bio19	بارش سردترین سه ماهه Precipitation of coldest quarter	Mm	

ادامه جدول ۱.

Comtined table 1.

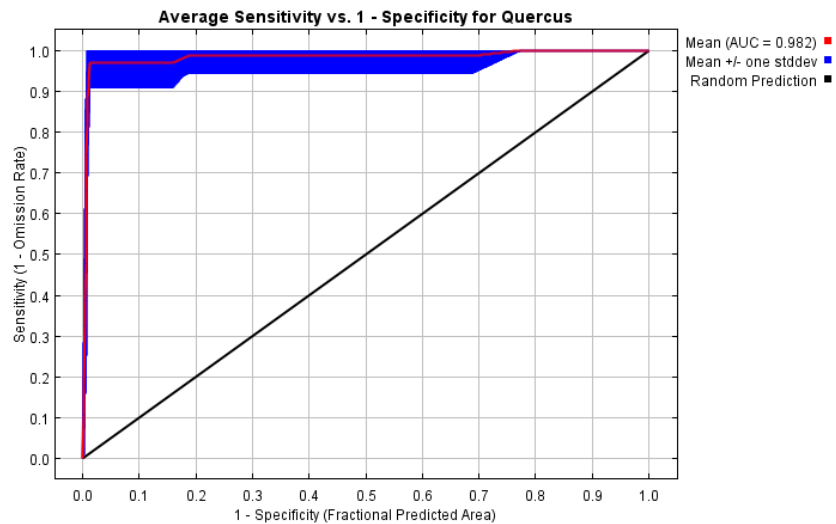
نوع Type	اختصار Abbreviations	تشریح Description	واحد Unit	منبع Source
توپوگرافی Topography	SLP	شیب Slope	درصد Percentage	DoE, 2018, FRWMO, 2010
	ASP	جهت Aspect	درجه Degree	
	DEM	ارتفاع Elevation	متر Meter	
سطح تابش خورشیدی Solar Radiation	SRAD	تابش خورشیدی Solar Radiation		
خاک Soil	SOIL	تیپ خاک Types of soil	کلاس Class	
فاصله از رودخانه Distance of rivers	DISR	فاصله از جاده Distance of roads	متر Meter	
شاخص پوشش گیاهی NDVI	NDVI			
فاصله از روستا Distance of Village	DISV	فاصله از رودخانه‌ها Distance of rivers	متر Meter	
زمین شناسی Geology	GEO	زمین شناسی Geology	کلاس Class	

نتایج

براساس جدول ۲ هر کدام یک از متغیرها با درصد خاصی در ساخت مدل مشارکت داشته‌اند. متغیر ارتفاع، فاصله از روستا و bio1 مشارکت بیشتری در توسعه مدل دارند و متغیرهای NDVI، شیب و جهت کمترین درصد مشارکت را در ساخت مدل دارند.

نتایج آزمون جک‌نایف نشان داد متغیرهای متوسط درجه حرارت سالیانه، ارتفاع، bio16 اهمیت بیشتری دارند و متغیرهای جهت و NDVI کمترین اهمیت را در ساخت مدل دارند (شکل ۳).

سطح زیر منحنی به‌دست‌آمده در این بررسی ۰/۹۸ است که بر این اساس الگوریتم حداکثر آنتروپی به‌طور معنی‌داری ($P=0.01$) قدرت پیش‌بینی عالی را برای حضور بلوط ایرانی در مناطق نمونه‌برداری ارائه کرده است و نشان می‌دهد که مدل به‌خوبی می‌تواند مناطق مطلوب و نامطلوب را از همدیگر تفکیک کند. علاوه بر این، هم‌پوشانی داده‌های تعلیمی و آزمون تأیید کننده نتایج مدل است (شکل ۲).



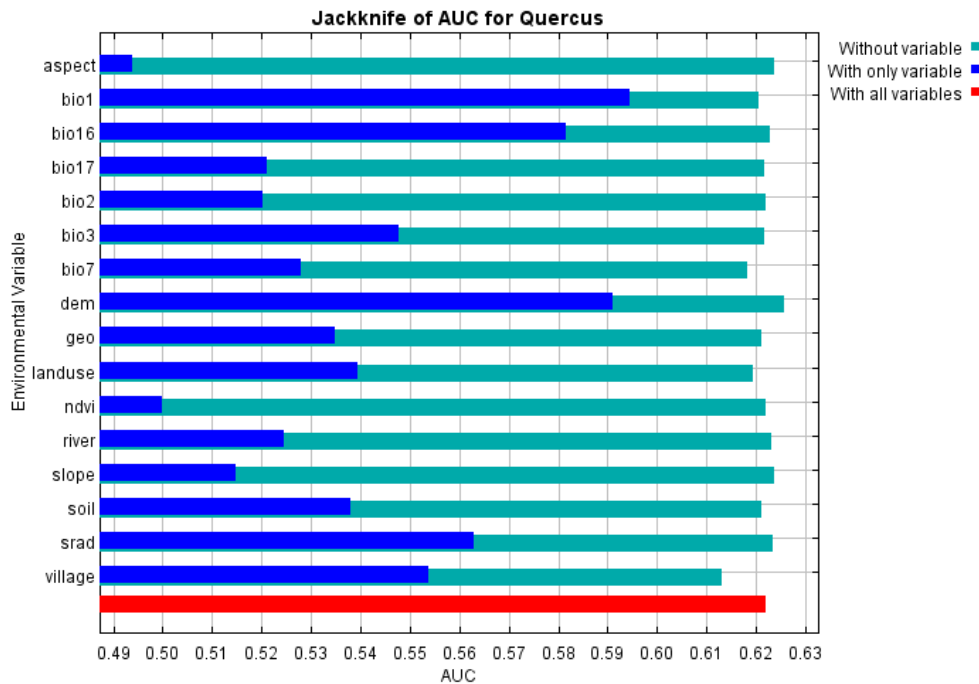
شکل ۲- منحنی ROC محاسبه شده توسط مدل MaxEnt

Figure 2. ROC curve calculated by MaxEnt model

جدول ۲- درصد مشارکت هر متغیر در توسعه مدل

Table 2. Percent of contribution of variables in the model

درصد مشارکت	نام متغیر	درصد مشارکت	نام متغیر
Percent of Contribution	Variable name	Percent of Contribution	Variable name
1.4	زمین شناسی Geology	6.33	ارتفاع Elevation
1.4	Bio3 ایزوترمال	20.3	فاصله از روستا Distance from village
1.3	Bio2 میانگین دما در روزانه	14.2	Bio1 میانگین دمای سالانه
1.2	فاصله از روخانه Distance from River	8.7	Bio17 بارش خشک‌ترین سه ماهه
0.9	سطح تابش خورشیدی Solar Radation	6.2	پوشش زمین Land cover
0.4	جهت Aspect	4.1	تیپ خاک Soil type
0.4	شیب Slope	3.1	Bio16 بارش مرطوب‌ترین سه ماهه
0	شاخص پوشش گیاهی NDVI	2.7	Bio7 دما در سالانه

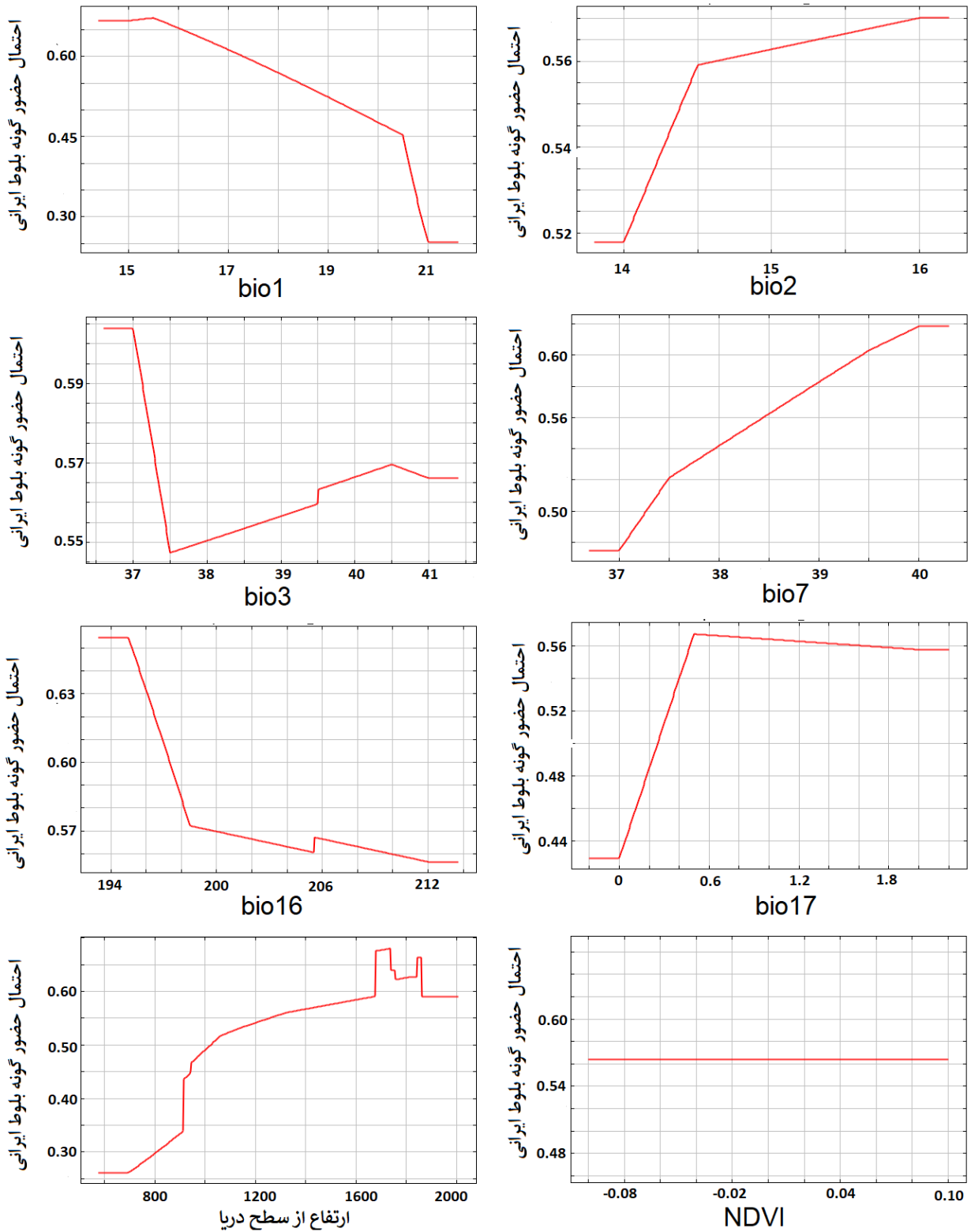


شکل ۳- بررسی اهمیت متغیرها براساس روش جک‌نایف

Figure 3. Relative variable importance based on jackknife

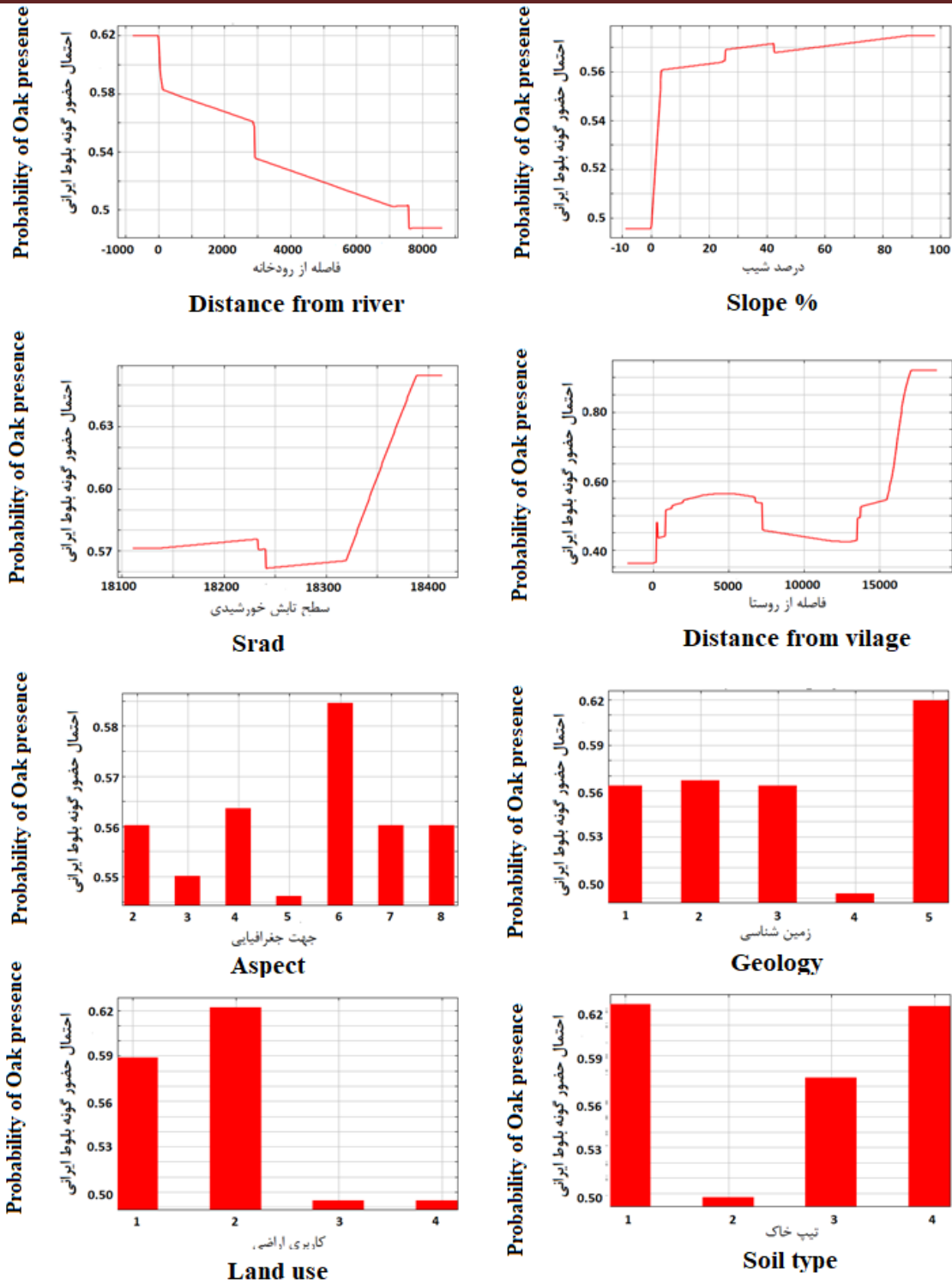
در نهایت پس از ساخت مدل حداکثر آنتروپی و شناسایی متغیرهای تأثیرگذار، ارزیابی مدل، و تهیه منحنی پاسخ متغیرهای محیطی نسبت به احتمال حضور گونه بلوط، نقشه پتانسیل حضور این گونه در منطقه مورد بررسی تهیه شد (شکل ۶). سپس مقدار آستانه که نقشه به دست آمده را با این مقدار به دو قسمت مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌کند، محاسبه شد. با استفاده از این مقدار که در این بررسی ۰/۵ بود نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه حضور و عدم حضور تقسیم شد (شکل ۷).

در این بررسی منحنی پاسخ گونه بلوط ایرانی نسبت به متغیرهای محیطی نیز بررسی شد (شکل ۴ و ۵). بر اساس این نتایج با افزایش مقدار bio1 و فاصله از رودخانه احتمال حضور گونه بلوط در منطقه مورد بررسی کاهش می‌یابد. پاسخ گونه بلوط نسبت به متغیر bio17، bio2، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، فاصله از روستا و bio7 کاملاً متفاوت است و با افزایش این مقادیر پراکنش این گونه نیز افزایش می‌یابد. شاخص NDVI نیز در این بررسی اهمیت کمی بر پراکنش گونه بلوط داشت و منحنی پاسخ بی‌تفاوتی را نسبت به احتمال حضور این گونه نشان داد.



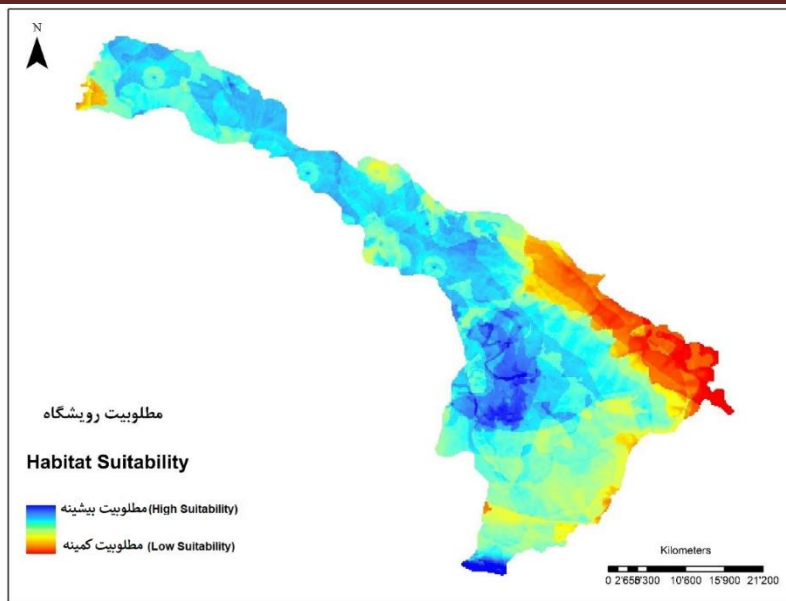
شکل ۴- منحنی پاسخ گونه بلوط ایرانی نسبت به متغیرهای محیطی در منطقه مورد بررسی

Figure 4. Response curve of Iranian oak to environmental variables in the study area

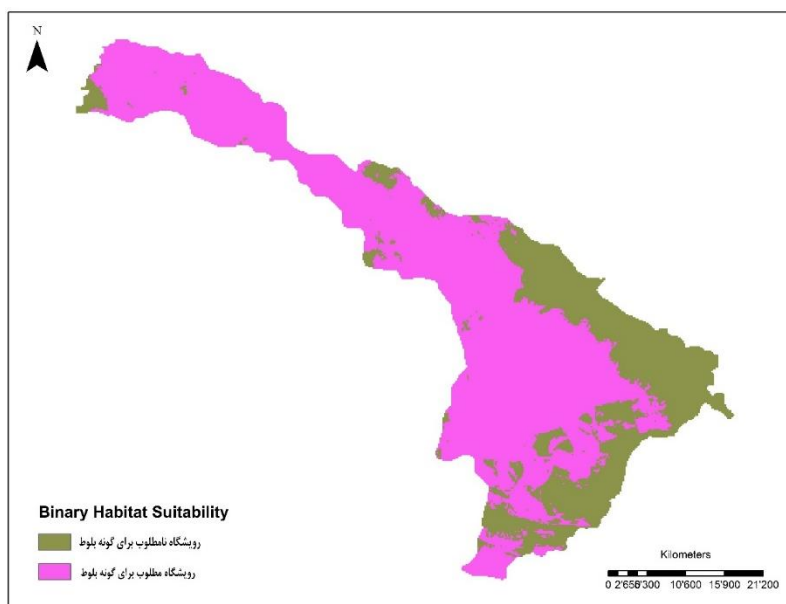


شکل ۵- منحنی پاسخ گونه بلوط ایرانی نسبت به متغیرهای محیطی در منطقه مورد بررسی

Figure 5. Response curve of Iranian oak to environmental variables in the study area



شکل ۶- نقشه نهایی مطلوبیت رویشگاه بلوط ایرانی
Figure 6. Final suitability map of *Quercus branti*



شکل ۷- نقشه مطلوبیت زیستگاه و حد آستانه
Figure 7. Suitability map and thresholds

بحث

این پژوهش، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، فاصله از روستا و میانگین دمای سالانه (bio1) مشارکت بیشتری در توسعه مدل داشتند. از سوی دیگر بر اساس آزمون جک‌نایف متغیر مقدار بارندگی در مرطوب‌ترین فصل سال نیز دارای اهمیت بود. در این بررسی نیز مقدار AUC مدل حداکثر

در این بررسی پراکنش گونه بلوط ایرانی با استفاده از روش حداکثر آنتروپی در منطقه حفاظت‌شده دینارکوه مورد بررسی قرار شد. نتایج نشان داد که مدل حداکثر آنتروپی کارایی بالایی در پیش‌بینی رویشگاه-های مطلوب گونه مورد بررسی دارد. بر اساس نتایج

شاخص‌های غنا و تنوع کمتری است. ارتفاع از سطح دریا از عوامل مهم تعیین‌کننده گستره و نوع پوشش گیاهی است. بسیاری از عامل-های محیطی مانند دما، مقدار بارش، ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خاک و طول دوره رشد، همگام با ارتفاع تغییر می‌یابند (Körner, 2007). از این‌رو ارتفاع می‌تواند به‌عنوان نماینده‌ای از ویژگی‌های زیستی و غیرزیستی برای درک تأثیر تغییرات اقلیمی بر رشد و فیزیولوژی گیاهان مورد بررسی قرار گیرد (Davis et al., 1991). به‌طور کلی پیش‌بینی می‌شود که در مناطق کوهستانی گونه‌های درختی در واکنش به تغییر اقلیم به سمت ارتفاعات بالاتر گسترش پیدا کنند (Beckage et al., 2008). (Soleymani et al., 2008) در بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر ساختار جست‌گروه‌های بلوط در جنگل باباکوسه علیا (استان کرمانشاه) مشاهده کردند که تغییرات ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های ساختاری جست تأثیرگذار است و با افزایش ارتفاع از سطح دریا تعداد جست‌ها کاهش می‌یابد. (Aghakhani et al., 2016) پیش‌بینی کردند که با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم، رویشگاه‌های بلوط ایرانی به سمت مناطق مرتفع‌تر با دمای کمتر جابجا خواهد شد. (Taleshi et al., 2019) نشان دادند که در شرایط تغییر اقلیم، رویشگاه‌های بلوط بلندمازو در ارتفاع بالاتری از سطح دریا خواهند بود. همچنین در دیگر پژوهش‌هایی که در زمینه مدل‌سازی پراکنش درختان در ایران انجام شده است به اهمیت متغیر ارتفاع از سطح دریا از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بودند (Alavi et al., 2019; Ahmadi et al., 2020a). با این حال گزارشات متناقضی در خصوص نقش ارتفاع وجود دارد. نتایج پژوهش Nourinejad and Rostami (2014) نشان داد عامل ارتفاع از سطح دریا اثر معنی-داری روی زوال درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس

آنتروپی حدود ۰/۹۸ بود که نشان‌دهنده عملکرد بالا در پیش‌بینی پراکنش گونه بلوط است. در سطح جهان نیز پژوهش‌های قابل‌توجهی برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های مختلف با استفاده از MaxEnt انجام شده است. به‌عنوان مثال، از مدل MaxEnt برای پیش‌بینی توزیع بالقوه *Phenacoccus solenopsis* (Fand et al., 2014; Kumar et al., 2014) و *Justicia adhatoda L.* استفاده کردند. همچنین در ایران Alavi et al. (2019) به بررسی پراکنش گونه سرخدار با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که این مدل دارای عملکرد بالایی در پیش-بینی پراکنش گونه سرخدار دارد.

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که عامل مجاورت با مکان زیست انسان (شهر یا روستا) می‌تواند از طریق تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌هایی از قبیل ساخت و ساز و کشاورزی بر پوشش گیاهی تأثیر بگذارد و به‌دلیل اینکه گونه بلوط ایرانی به‌عنوان یک گونه دارای اهمیت از نظر اقتصادی-اجتماعی است، بنابراین تحت تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد. (Bagheri et al., 2020) در بررسی توزیع مکانی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی مبتنی بر تلفیق تکنیک‌های زمین آماری و سنجش از دور، مشاهده کردند که پدیده خشکیدگی در ارتفاعات و اطراف آبراه‌ها کمتر دیده شده و با تغییر کاربری اراضی ناشی از فعالیت‌های انسانی مقدار خشکیدگی افزایش یافته است که دلیل آن می‌تواند افت سطح آب‌های زیر زمینی باشد. فاصله با روستا همچنین می‌تواند در مقدار تأثیر آشفته‌گی‌های با منشاء انسانی مانند آتش-سوزی و چرای دام نقش داشته باشد و این آشفته‌گی‌ها سبب ایجاد تغییرات در پوشش گیاهی و خاک می‌شود. (Sefidi et al., 2020) نشان دادند که تیپ جنگلی تخریب‌شده دارای گونه‌های مهاجم بیشتر و

به جز ماه مارس (اسفند) وجود داشت که این همبستگی در تمام ماه‌های سال معنی‌دار نبوده است. آن‌ها نتیجه شدند که وجود رابطه مثبت بین رویش شعاعی با هر دو عامل متوسط بارندگی و درجه حرارت در ماه مارس (اسفند) نشان‌دهنده این است که هر دو این عوامل در آغاز فصل رویش می‌توانند به افزایش رویش کمک کنند. با این حال نتایج بررسی Heydari et al. (2010) نشان داد که در طی فصل رویش، درجه حرارت در مقایسه با بارندگی اثر معنی‌دارتری بر رشد *Quercus brantti* داشته که احتمالاً دلیل آن نورپسندی این گونه است. به نظر می‌رسد بلوط، هنگامی که سطح آب زیر زمینی بالا باشد نسبت به عامل دما تأثیرپذیری بیشتری از بارندگی داشته باشد (Cerdo, 2001). در تحقیق Naseri karimvand et al. (2015) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین رویش شعاعی درختان بلوط با متوسط درجه حرارت ماهانه در ماه‌های فوریه (بهمن) و جولای (تیر) وجود داشت. براساس نتایج تحقیق حاضر، متغیرهای شیب و جهت کمترین درصد مشارکت را در ساخت مدل داشتند. گزارش‌ها در خصوص نقش شیب در رشد یا پراکنش بلوط متفاوت است. در تحقیق Aghakhani et al. (2016) نیز از بین متغیرهای مورد بررسی، جهت و شیب (بعد از هم‌دمایی) کمترین تأثیر را در مدل‌های پراکنش جغرافیایی بلوط ایرانی داشت. در بررسی Heydari et al. (2010) جهت دامنه از عوامل مؤثر در زادآوری طبیعی بلوط ایرانی شناخته شد. تأثیر جهات جغرافیایی و شیب بر زادآوری طبیعی گونه بلوط بلندمازو گزارش شده است (Amiri et al., 2008). Navroodi et al. (2015) نشان دادند که تغییرات ارتفاعی نسبت به شیب، تأثیرات بیشتری بر ویژگی‌های کمی توده‌های بلوط دارد. (Mirzaei et al. 2018) در بررسی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در

ندارد. نتایج بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر زادآوری طبیعی گونه بلوط بلندمازو در جنگل‌های گرگان نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا فراوانی نهال‌ها و نونهال‌ها به‌طور منظم تغییر نمی‌کند به‌نحوی که در ارتفاعات پایین، فراوانی زادآوری افزایش و سپس در ارتفاع بالاتر کاهش و سپس دوباره افزایش می‌یابد (Amiri et al., 2009). همچنین Heydari et al. (2010) در بررسی زادآوری طبیعی بلوط ایرانی مشاهده کردند که زادآوری دانه‌زاد بلوط با ارتفاع از سطح دریا همبستگی دارد در حالی که زادآوری شاخه‌زاد با ارتفاع از سطح دریا، همبستگی منفی داشت.

گزارش‌های متفاوتی نیز از نقش دما و بارندگی نیز بر رویش بلوط موجود است. نتایج بررسی تأثیر خشکسالی بر پویایی زمانی-مکانی جنگل‌های بلوط لرستان نشان داد که پهنه پوشش جنگلی دارای آستانه سبزیگی تعیین شده، حساسیت قابل توجهی به خشکسالی دارد، به‌نحوی که به ازای هر ۰/۱ واحد تغییر در شاخص SPI مقدار مساحت پهنه پوشش جنگلی ۱۴۸۸۰ هکتار در همان جهت تغییر خواهد کرد. بارندگی پیش از فصل رویش با بالا بردن ذخایر آب زیر زمینی می‌تواند به رویش درختان کمک کند. بارندگی قبل از شروع فصل رشد همچنین سبب افزایش فعالیت میکروبی خاک، دسترسی به ذخیره کربن و عناصر مورد نیاز برای رشد درختان شده و رشد شعاعی را افزایش خواهد داد (Du et al., 2007). در پژوهش Aghakhani et al. (2017) در خصوص اثر تغییر اقلیم بر گونه بلوط ایران، متغیر بارندگی سالیانه بیشترین سهم نسبی را در مدل‌های استفاده شده داشت. (Naseri karimvand et al. 2015) مشاهده کردند که همبستگی منفی بین رویش شعاعی بلوط ایرانی و متوسط بارندگی در بیشتر ماه‌های سال

نیستند. یکی از عوامل کلیدی که بر موفقیت پروژه‌های بازسازی رویشگاه تأثیر می‌گذارد، کیفیت مکان‌های انتخاب‌شده برای مدیریت است. به‌عنوان مثال، اگر کاشت گونه‌های درختی در مکان‌هایی که برای حضور و رویش این گونه‌ها مناسب نباشد، انجام شود در نهایت نتایج مطلوبی به دست نمی‌آید. برای جلوگیری از چنین شکست‌هایی، بسیار مهم است که از نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه با دقت بالا استفاده شود. در این بررسی، با استفاده مجموعه داده‌های محیطی تأثیرگذار بر پراکنش گونه بلوط ایرانی، نقشه مطلوبیت رویشگاه این گونه در منطقه مورد بررسی تهیه شد که این امر می‌تواند به احیا و بازسازی این گونه با ارزش در غرب کشور کمک کند و راهنمایی جامع برای فعالیت‌های درختکاری در منطقه باشد.

References

- Ahmadi, K.; Alavi, S. J.; Amiri, G. Z.; Hosseini, S. M.; Serra-Diaz, J. M.; Svenning, J.-C., The potential impact of future climate on the distribution of European yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian Forest region (Iran). *International Journal of Biometeorology* **2020**, *64* (9), 1451-1462.
- Ahmadi, K.; Jalil Alavi, S.; Zahedi Amiri, G.; Mohsen Hosseini, S.; Serra-Diaz, J. M.; Svenning, J. C., Patterns of density and structure of natural populations of *Taxus baccata* in the Hyrcanian forests of Iran. *Nordic journal of botany* **2020**, *38* (3), 1-10.
- Alavi, S. J.; Ahmadi, K.; Hosseini, S. M.; Nouri, Z., Modeling the potential habitat of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian forests of Iran. *Forest Research and Development* **2019**, *5* (4), 513-525.
- Bagheri, R.; Erfanfard, Y., Spatial distribution of Persian Oak decline using a combination of geostatistical techniques and remote sensing (Case study: Barm plain, Fars province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources* **2020**, *11* (1), 104-120.
- Barnes, J. C.; Delborne, J. A., Rethinking restoration targets for American chestnut

جنگل‌های دالاب ایران مشاهده کردند که با افزایش شیب و ارتفاع از سطح دریا، مقدار خشکیدگی نیز افزایش می‌یابد و کمترین و بیشترین مقدار خشکیدگی به ترتیب مربوط به جهت‌های شرقی و جنوبی است. همچنین در بررسی (Niknam et al. (2008 متغیرهای تعداد جست در هکتار و سطح تاج جست گروه‌های بلوط در جنگل باباکوسه علیا (استان کرمانشاه) در طبقات مختلف شیب اختلاف معنی‌داری داشتند.

از بین رفتن و تخریب فزاینده رویشگاه‌های جنگلی در سراسر جهان بسیاری از گونه‌های درختی را تهدید می‌کند، که منجر به کاهش جمعیت، از بین رفتن تنوع ژنتیکی و حتی انقراض گونه‌ها می‌شود. بازسازی رویشگاه ابزار مهمی برای مدیریت اکوسیستم‌های تخریب شده است، با این حال، پروژه‌های بازسازی رویشگاه‌های جنگلی همیشه موفق

- using species distribution modeling. *Biodiversity and Conservation* **2019**, *28* (12), 3199-3220.
- Beckage, B.; Osborne, B.; Gavin, D. G.; Pucko, C.; Siccama, T.; Perkins, T., A rapid upward shift of a forest ecotone during 40 years of warming in the Green Mountains of Vermont. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2008**, *105* (11), 4197-4202.
- Bradley, B. A.; Olsson, A. D.; Wang, O.; Dickson, B. G.; Pelech, L.; Sesnie, S. E.; Zachmann, L. J., Species detection vs. habitat suitability: are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? *Ecological Modelling* **2012**, *244*, 57-64.
- Buitenwerf, R.; Rose, L.; Higgins, S. I., Three decades of multi-dimensional change in global leaf phenology. *Nature Climate Change* **2015**, *5* (4), 364-368.
- Cedro, A., Influence of thermic and pluvial conditions on the radial increments of *Pseudotsuga menziesii* Franco from Western Pomerania, Poland. *TRACE-Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology* **2006**, *4*, 132-140.
- Davis, J.; Schober, A.; Bahn, M.; Sveinbjörnsson, B., Soil carbon and nitrogen

- turnover at and below the elevational treeline in northern Fennoscandia. *Arctic and alpine research* **1991**, 23 (3), 279-286.
- Du, S.; Yamanaka, N.; Yamamoto, F.; Otsuki, K.; Wang, S.; Hou, Q., The effect of climate on radial growth of *Quercus liaotungensis* forest trees in Loess Plateau, China. *Dendrochronologia* **2007**, 25 (1), 29-36.
- Ferraz, K. M. P. M. D. B.; Ferraz, S. F. D. B.; Paula, R. C. D.; Beisiegel, B. & Breitenmoser, C., Species distribution modeling for conservation purposes. *Natureza & Conservação* **2012**, 10(2), 214-220.
- Haidarian Aghakhani, M.; Tamartash, R.; Jafarian, Z.; Tarkesh Esfahani, M.; Tatian, M., Predicting the impacts of climate change on Persian oak (*Quercus brantii*) using Species Distribution Modelling in Central Zagros for conservation planning. *Journal of Environmental Studies* **2017**, 43 (3), 497-511. (In Persian)
- Hassanzad Navroodi, I.; Zarkami, R.; Basati, M.; Mohammadi Limaei, S., Quantitative and qualitative characteristics of Persian oak along altitudinal gradation and gradient (Case study: Ilam province, Iran). *Journal of Forest Science [Prague]* **2015**, 61 (7), 297-305.
- Heydari, M.; Pourbabae, H.; Atarroshan, S., Natural regeneration status of Iranian oak among ecological groups in Walnut-Zagros vegetation area. *Iranian Journal of Biology* **2011**, 24(4), 878-592. (In Persian)
- Hirzel, A. H.; Hausser, J.; Chessel, D.; Perrin, N., Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* **2002**, 83 (7), 2027-2036.
- Hoffman, J. D.; Narumalani, S.; Mishra, D. R.; Merani, P.; Wilson, R. G., Predicting potential occurrence and spread of invasive plant species along the North Platte River, Nebraska. *Invasive Plant Science and Management* **2008**, 1 (4), 359-367.
- Jensen, D. A.; Rao, M.; Zhang, J.; Grøn, M.; Tian, S.; Ma, K.; Svenning, J.-C., The potential for using rare, native species in reforestation—A case study of yews (Taxaceae) in China. *Forest Ecology and Management* **2021**, 482, 118816.
- Kong, F.; Tang, L.; He, H.; Yang, F.; Tao, J.; Wang, W., Assessing the impact of climate change on the distribution of *Osmanthus fragrans* using Maxent. *Environmental Science and Pollution Research* **2021**, 28 (26), 34655-34663.
- Körner, C., The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology & evolution* **2007**, 22 (11), 569-574.
- Lv, X.; Zhou, G., Climatic suitability of the geographic distribution of *Stipa breviflora* in Chinese temperate grassland under climate change. *Sustainability* **2018**, 10 (10), 3767.
- Ma, B.; Sun, J., Predicting the distribution of *Stipa purpurea* across the Tibetan Plateau via the MaxEnt model. *BMC ecology* **2018**, 18 (1), 1-12.
- Mirdavoodi, H.; Marvi Mohadjer, M. R.; Zahedi Amiri, G.; Etemad, V., Disturbance effects on plant diversity and invasive species in western oak communities of Iran (Case study: Dalab Forest, Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2013**, 21 (1), 1-15. (In Persian)
- Mirzaei, M.; Bonyad, A. E.; Akhavan, R.; Naghdi, R., Decline modelling of *Quercus brantii* under effects of physiographic factors in Dalab forests of Ilam. *Forest Research and Development* **2019**, 5 (2), 329-342. (In Persian)
- Naghypour Borj, A. A.; Haidarian Aghakhani, M.; Sangoony, H., Application of ensemble modelling method in predicting the effects of climate change on the distribution of *Fritillaria imperialis* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2019**, 32 (3), 609-621. (In Persian)
- Naseri Karimvand, S.; Poursartip, L.; Moradi, M.; Soosani, J., Dynamic Effects of climate variables (temperature and precipitation) on the annual diameter growth of Iranian oak (*Quercus brantii* Lindl). *Forest Research and Development* **2016**, 2 (1), 63-71. (In Persian)
- Nourinejad, J.; Rostami, A., Investigation of oak decline and its relation to physiographic factors in the forests of west of Iran (case study: Ilam Province). *J Biodivers Environ Sci (JBES)* **2014**, 5 (2), 201-207. (In Persian)
- Phillips, S. J.; Anderson, R. P.; Schapire, R. E., Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* **2006**, 190 (3-4), 231-259.
- Poursartip, L., Comparison of anatomical characteristics and chronology Avery trees (*Quercus macranthera*) and Oak (*Quercus castanifolia*) (Case study: North Caspian forests). PhD thesis. Faculty of Natural

- Resources, University of Tehran, Iran, Karaj, **2012**, 80 p. (In Persian).
- Qin, A.; Jin, K.; Batsaikhan, M.-E.; Nyamjav, J.; Li, G.; Li, J.; Xue, Y.; Sun, G.; Wu, L.; Indree, T., Predicting the current and future suitable habitats of the main dietary plants of the Gobi Bear using MaxEnt modeling. *Global Ecology and Conservation* **2020**, *22*, e01032.
- Ramachandran, R. M.; Roy, P. S.; Chakravarthi, V.; Sanjay, J.; Joshi, P. K., Long-term land use and land cover changes (1920–2015) in Eastern Ghats, India: Pattern of dynamics and challenges in plant species conservation. *Ecological Indicators* **2018**, *85*, 21-36.
- Sagheb-Talebi, K.; Pourhashemi, M.; Sajedi, T., *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer: 2014.
- Sefidi, K.; Ghavidel, A.; Esmaeilpour, M.; Mohammadi, S., Effect of soil physical and chemical properties on tree cover diversity and structure in Marivan Qamyshlh forests. *Forest and Wood Products* **2020**, *73* (2), 225-233. (In Persian)
- Soleymani, N.; Dargahi, D.; Pourhashemi, M.; Amiri., The effect of physiographic factors on the search structure of oak groups in Upper Babakuse forest, Kermanshah province. *Iranian journal of Forest and Poplar Research* **2008**, *16*(3), 467-477. (In Persian)
- Taleshi, H.; Jalali, S. G.; Alavi, S. J.; Hosseini, S. M.; Naimi, B.; Zimmermann, N. E., Climate change impacts on the distribution and diversity of major tree species in the temperate forests of Northern Iran. *Regional Environmental Change* **2019**, *19* (8), 2711-2728.
- Yang, X.-Q.; Kushwaha, S.; Saran, S.; Xu, J.; Roy, P., Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological engineering* **2013**, *51*, 83-87.

Modeling of Iranian oak distribution in the southwest of Iran based on the presence-based approach Maximum Entropy (MaxEnt)

Sh. Mahmoodi^{*1}, K. Ahmadi², M. Zahravi³ and O. Karami⁴

1- Ph.D. National Center of Genetic Resource, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (shirin.mahmoodi@ut.ac.ir)

2- Ph.D, Faculty of Natural Resource, University of Tarbiat Modares, Tehran, I. R. Iran. (kourosahmadi66@yahoo.com)

3- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (mzahravi@yahoo.com)

4- Ph.D. Department of Natural Resources, Ilam, I. R. Iran. (omid64karami@yahoo.com)

Received: 21.10.2021 Accepted: 21.12.2021

Abstract

Understanding the dynamics and spatial distribution of plant species is an important strategy to conserve biodiversity. Modeling the distribution of plant species is one of the important methods in this field, which uses appropriate indicators to identify the relationships of different environmental variables and evaluate the habitat suitability for a species. In this study, in order to identify suitable areas for the presence of Iranian oak, which is one of the most important tree species in the Zagros forests in Iran, the model of maximum entropy (MaxEnt) was used. 16 environmental variables including topographic, climatic, and soil variables were used as independent variables and occurrences of Iranian oak were used as response variables. In order to evaluate the model, the area under the curve (AUC) was used. Jackknife method was used to determine and evaluate the importance of environmental variables. The results of this study showed that the MaxEnt model had a high efficiency with AUC: 0.98 and the mean annual temperature, elevation, and precipitation in the wettest quarter are more important. In addition, aspect and NDVI were the least important in model construction. In this study, the suitability map of Iranian oak in the study area was prepared, which can be a reliable source for managers in planning to protect and rehabilitate deforested forests in the study area.

Keywords: Geographical Distribution, Jackknife, Dinarkouh, Ecological niche.

* Corresponding author

Tel: +989301951260

تغییرات کربن، نیتروژن خاک و پایداری خاکدانه تحت تأثیر کاربری‌های مختلف زمین

مریم اسدیان^۱، سید محمد حجتی^{۲*}، محسن محمدزاده^۳ و مهدی نادی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (maryam.asadiyan23@gmail.com)

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تهران، ایران. (s_m_hodjati@yahoo.com)

۳- استاد، گروه آمار، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران. (mohsen_m@modares.ac.ir)

۴- استادیار، گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mehdi.nadi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات محتوی کربن آلی، نیتروژن کل خاک و شاخص پایداری خاکدانه با افزایش عمق در کاربری‌های مختلف اراضی در منطقه الندان ساری انجام شد. به‌همین منظور نمونه‌های خاک به‌صورت منظم تصادفی (تعداد شش نقطه در هر کاربری) و از اعماق صفر تا ۱۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ سانتی‌متری با استفاده از استوانه فلزی و مته خاک‌شناسی برداشت شد. بافت، واکنش خاک، درصد آهک، کربن آلی، نیتروژن کل و میانگین هندسی قطر خاکدانه (به‌عنوان شاخص پایداری خاکدانه) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مشخصه‌های کربن و نیتروژن خاک به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) تحت تأثیر عامل‌های عمق خاک و کاربری اراضی قرار گرفته‌اند. این درحالی‌ست که مشخصه میانگین هندسی قطر خاکدانه تنها تحت تأثیر عمق خاک بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش عمق خاک، مقدار کربن، نیتروژن و شاخص پایداری خاکدانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در لایه‌های سطحی خاک، بیشترین مقدار کربن (۴/۶ درصد) و ازت (۰/۳۱ درصد) در توده دست‌کاشت ون و کمترین مقدار این مشخصه‌ها (۲/۵ درصد برای کربن و ۰/۱۵ درصد برای نیتروژن) در توده کاج سیاه مشاهده شد. همچنین با افزایش میانگین هندسی قطر خاکدانه، کربن آلی ($p < 0/05$) افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: الندان، پایداری خاکدانه، توده دست‌کاشت، عمق خاک، ماده آلی.

مقدمه

طی نیم قرن گذشته، تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های وابسته به آن سبب تخریب مساحت قابل توجهی از اراضی، کاهش توان تولیدی و ظرفیت پایین در ایجاد منافع برای جوامع بشری شده است. امروزه تخریب خاک به واسطه کاهش سطح جنگل‌ها، عملیات نامناسب کشاورزی، برداشت بیش از حد هیزم برای سوخت و دیگر فعالیت‌های انسانی به‌عنوان بخشی از تخریب اراضی در مقیاس جهانی مطرح است. کیفیت و کمیت مواد آلی خاک و به‌دنبال آن مقدار ذخیره-سازی یا هدر رفت کربن و نیتروژن خاک از مشخصه-هایی است که به شدت تحت تأثیر چنین تغییراتی قرار می‌گیرند. در پژوهشی که توسط (Bruun et al., 2015) انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که تغییر کاربری اراضی از بوم سازگان طبیعی مانند جنگل‌ها به زراعت منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصد از محتوای کربن آلی خاک شد. در کشور ما نیز تغییر در کاربری اراضی، به‌ویژه در طول قرن گذشته، کیفیت خاک، تولید محصول و پایداری محیط زیست را تحت تأثیر قرار داده است. به‌طوری که پژوهش‌ها حکایت از کاهش ۳۰ تا ۷۰ درصدی محتوای کربن و به‌ویژه نیتروژن آلی در کاهش شدید تولید محصول در سال-های اول پس از تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی در خاک‌های نواحی شمالی کشور دارد. مواد آلی نقش به‌سزایی در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند. از این‌رو، کاهش مقدار مواد آلی خاک می‌تواند حاصلخیزی، پایداری ساختمان و قابلیت تولید خاک و همچنین خاکدانه‌سازی را تحت تأثیر قرار دهد (Soleimany et al., 2021). خاکدانه‌ها ذرات ثانویه‌ای هستند که در اثر هم‌آوری ذرات اولیه رس، سیلت و شن به‌همراه مواد آلی سیمانی و اتصال دهنده تشکیل می‌شوند. اندازه

خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذپذیری (ویژگی‌های هیدرولیک)، تهویه، مقاومت خاک، فرسایش و توانایی خاک برای انتقال مایعات، املاح، گازها و گرما اثر قابل توجهی دارد. پایداری خاکدانه‌ها متأثر از ویژگی‌هایی مانند مقدار رس، اکسیدهای آهن، کربنات کلسیم و مواد آلی است. ساز و کار اثر مواد آلی بر پایداری خاکدانه‌ها نه تنها به مقدار و نوع مواد آلی، بلکه بیش از آن به آرایش و نحوه پیوندهای آن با اجزای معدنی خاک وابسته است (Guo et al., 2020). اندازه و پایداری خاکدانه‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخصی از تغییرات کیفیت خاک ناشی از مدیریت‌های متفاوت در شرایط مشخص محسوب شود. در همین راستا یافته‌های (Heshmati et al., 2014) نشان داد که عملیات مدیریتی نادرست در دراز مدت سبب کاهش مواد آلی و در آخر منجر به کاهش پایداری خاکدانه‌ها شده و حساسیت ساختمان خاک‌ها به خاک‌ورزی را نیز افزایش می‌دهد. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های مختلف خاک، امکان شناسایی شیوه‌های بهینه مدیریت پایدار و به‌دنبال آن پیشگیری از تخریب فزاینده خاک را فراهم می‌آورد. به‌همین سبب در پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات محتوای کربن، نیتروژن و پایداری خاکدانه‌ها با افزایش عمق خاک در کاربری‌های مختلف اراضی در منطقه الندان ساری مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش واقع در سری ۶، بخش ۱ حوزه ۲ آبخیز رود تجن، تحت مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران است، که بین ۲۴' ۳۵° تا ۲۷' ۵۳° طول شرقی و ۱۰' ۳۶° تا ۱۳' ۳۶° عرض شمالی قرار گرفته است، که سطحی بالغ بر ۲۰۵۱ هکتار را در محدوده

ارتفاعی ۱۷۸۳-۱۰۰۰ متر از سطح دریا را به خود اختصاص داده است. متوسط باران سالانه حدود ۸۵۸ میلی‌متر، خاک منطقه عمیق در حدود ۱۲۰ سانتی‌متر، نوع خاک قهوه‌ای جنگلی و بافت خاک متوسط تا کمی سنگین است (Anonymus, 2004).

در این پژوهش پنج نوع کاربری متداول توده طبیعی مدیریت‌شده خالص راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky)، توده مخروطه با گونه‌های ممرز و انجیلی (*Parrotia*، *Carpinus betulus* L.)، توده دست‌کاشت ون (*Fraxinus persica*)، توده دست‌کاشت کاج سیاه (*Pinus excelsior* L.) و زمین کشاورزی (تحت کشت دیم گندم و جو) در منطقه مورد نظر شناسایی شدند. لازم به ذکر است که سن توده‌های دست‌کاشت مشابه و در حدود ۳۰ سال است (این زمان نزدیک به تعداد سال‌هایی است که از مدیریت جنگل طبیعی، شروع عملیات کشاورزی و رهاسازی بخشی از توده جنگلی و به دنبال آن تبدیل به عرصه مخروطه گذشته است). در این پژوهش بخش‌هایی از این کاربری‌ها که به صورت پیوسته با هم بوده و کمینه اختلاف ارتفاع از سطح دریا، کمینه تغییر درصد و جهت شیب در آن‌ها وجود داشت، انتخاب شد.

روش جمع آوری اطلاعات

پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه در فصل تابستان و در مرداد ماه، با استفاده از روش منظم تصادفی و شبکه آماربرداری به ابعاد ۵۰×۱۰۰ متر، تعداد شش نقطه در هر یک از کاربری‌های مورد بررسی انتخاب و به نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۱۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ سانتی‌متری به وسیله استوانه فلزی (قطر هشت سانتی‌متر) و اگر (مته خاک‌شناسی) اقدام شد. برای کاهش اثرهای مرزی، حاشیه کاربری‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشد و برداشت نمونه-

ها متمایل به بخش مرکزی هر کاربری شد. پس از نمونه‌برداری در مجموع تعداد ۳۰ نمونه خاک از هر کاربری (شش تکرار از پنج عمق) از عرصه برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه، بافت خاک به روش هیدرومتری، واکنش خاک (اسیدیته) به روش پتانسیومتری با استفاده از دستگاه pH متر، آهک به روش تیتراسیون، کربن آلی به روش والکی بلاک، نیتروژن کل به روش کج‌دال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Jafari haghghi, 2003). برای ارزیابی شاخص پایداری خاکدانه از سری الک‌ها و دستگاه الک چرخان (روش الک خشک) استفاده شد. بدین صورت که در ابتدا نمونه خاک، هوا خشک و پس از جداسازی سنگ و ریشه مقدار ۱۰۰ گرم از آن روی سری الک (به ترتیب از بالا به پایین ۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) ریخته شده و به مدت دو دقیقه با سرعت ۲۷۰ دور در دقیقه در شرایط خشک غربال و در پایان این مدت مقدار خاک باقی‌مانده روی هر الک توزین و در آخر میانگین هندسی قطر خاکدانه (Geometric Mean Diameter) به عنوان یکی از شاخص‌های پایداری خاکدانه از رابطه زیر محاسبه شد (Kalhor et al., 2017):

$$GMD: \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^n w_i \log \bar{x}_i}{\sum w_i} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، \bar{x}_i میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک، i میانگین قطر منافذ الک بالایی و پایینی، n تعداد الک‌ها و w_i نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاک به کار برده شده در ابتدای آزمایش است.

تحلیل آماری

تحلیل آماری مشخصه‌های مورد نظر در کاربری‌های مورد بررسی و اعماق مختلف خاک پس از حصول اطمینان از نرمال بودن پراکنش داده‌ها (آزمون کولوموگروف-اسمیرنوف) و همگنی واریانس

دارای تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بود، به طوری که بیشترین مقدار این مشخصه در لایه سطحی و کمترین مقدار آن در لایه‌های پایینی خاک اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین درصد شن خاک در بین اعماق مختلف در بیشتر کاربری‌ها حاکی از آن بود که بیشترین مقدار این مشخصه به‌طور معنی‌داری در لایه‌های پایینی خاک و کمترین مقدار آن در لایه سطحی خاک بود. همچنین واکنش خاک و درصد آهک نیز در کاربری‌های مورد بررسی در بین اعماق مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به گونه‌ای که شاهد روند افزایشی این مشخصه‌ها با افزایش عمق خاک در کاربری‌های مختلف بوده‌ایم (جدول ۱).

(آزمون لون)، از طریق تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون SNK (برای مقایسه میانگین‌ها) انجام شد. همچنین برای بررسی اثر هم‌زمان عمق و کاربری بر مشخصات خاک از آنالیز واریانس دوطرفه، تعیین ارتباط بین متغیرها از همبستگی پیرسون استفاده شد. لازم به ذکر است که کلیه آزمون‌های آماری در محیط نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد. همچنین کشیدن نمودارها در محیط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که مشخصه درصد رس خاک در اغلب کاربری‌ها بین اعماق مختلف

جدول ۱- مقایسه میانگین \pm اشتباه معیار توزیع ذرات، واکنش خاک و آهک در کاربری‌های اراضی و اعماق مختلف خاک

Table 1. Means \pm Standard error of the soil particle distribution, pH and CaCO₃ in different land uses and depths

عمق Depth	کاربری اراضی Land use	رس (درصد) Clay (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	واکنش خاک pH	آهک (درصد) CaCO ₃ (%)
0-10	راش <i>Fagus orientalis</i> Lipsky	2.83a \pm 48.43	1.49e \pm 12.82	38.74 \pm 2.38a	6.23 \pm 0.12a	1.5 \pm 0.34a
10-20		2.24b \pm 32.73	2.15d \pm 25.79	41.47 \pm 1.99a	6.54 \pm 0.15b	1.6 \pm 0.32a
20-30		0.85bc \pm 28.27	2.09c \pm 31.36	40.36 \pm 1.82a	7.01 \pm 0.15bc	1.7 \pm 0.45a
30-40		1.37c \pm 24.82	1.76b \pm 37.54	37.63 \pm 1.04a	7.04 \pm 0.15cd	1.5 \pm 0.46a
40-50		0.61c \pm 21.99	1.26a \pm 47.57	30.43 \pm 1.35b	6.78 \pm 0.14d	1.67 \pm 0.23a
0-10	ون <i>Fraxinus excelsior</i> L.	3.14a \pm 48.82	1.22c \pm 12.06	39.12 \pm 2.91a	6.45 \pm 0.07a	2.67 \pm 0.37a
10-20		2.55b \pm 35.54	1.58b \pm 21.70	42.75 \pm 2.53a	6.53 \pm 0.14a	1.8 \pm 0.53a
20-30		1.08c \pm 22.82	3.63a \pm 34.25	42.92 \pm 2.79a	6.68 \pm 0.15a	2.16 \pm 0.62a
30-40		0.9c \pm 23.17	3.58a \pm 37.74	39.08 \pm 3.07a	6.67 \pm 0.14a	1.45 \pm 0.34a
40-50		0.89c \pm 21.80	2.60a \pm 41.13	37.06 \pm 2.32a	6.71 \pm 0.06a	1.25 \pm 0.3a
0-10	کاج سیاه <i>Pinus nigra</i> Arnold	1.03a \pm 32.73	2.67c \pm 21.76	45.50 \pm 1.71a	6.38 \pm 0.11b	1.8 \pm 0.57a
10-20		1.45b \pm 27.75	3.18bc \pm 28.81	43.42 \pm 2.03a	6.62 \pm 0.18ab	0.85 \pm 0.3a
20-30		0.77bc \pm 25.19	3.62ab \pm 37.14	37.66 \pm 2.94ab	6.63 \pm 0.14ab	1.75 \pm 0.38a
30-40		1.08cd \pm 22.32	3.10a \pm 42.39	33.70 \pm 2.97b	7 \pm 0.02a	0.85 \pm 0.52a
40-50		20.89 \pm 0.83d	3.19a \pm 47.60	31.50 \pm 2.50b	6.94 \pm 0.1a	1.75 \pm 0.37a
0-10	مخروبه Destructed forest	3.85a \pm 39.54	2.23b \pm 25.89	34.55 \pm 3.06a	6.05 \pm 0.2a	1.9 \pm 0.48c
10-20		3.45a \pm 27.96	3.38a \pm 39.54	32.49 \pm 2.07a	6.56 \pm 0.01a	3.65 \pm 1.13c
20-30		2.50a \pm 26.62	1.66a \pm 40.01	33.35 \pm 3.03a	6.38 \pm 0.08a	8.5 \pm 4.93c
30-40		4.67a \pm 37.14	1.07a \pm 33.44	29.4 \pm 3.90a	6.43 \pm 0.19a	22.6 \pm 5.98b
40-50		4.68a \pm 39.14	1.25ab \pm 31.93	28.92 \pm 4.65a	6.59 \pm 0.15a	43.65 \pm 6.22a

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

عمق	کاربری اراضی	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	واکنش خاک	آهک (درصد)
Depth	Land use	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	pH	CaCO ₃ (%)
0-10	کشاورزی Arable land	1.65a ±26.54	1.93a±32.92	40.53±1.22a	6.04±0.09b	2.65±0.3b
10-20		0.94a ±22.36	1.74a±34.74	42.89±1.58a	6.53±0.09a	2.5±0.81b
20-30		1.03a±22.10	2.17a±41.08	36.81±2.87a	6.48±0.18a	2.35±0.47b
30-40		1.5a ±22.90	2.38a±38.14	38.95±1.21a	6.47±0.09a	3.65±0.9b
40-50		2.57a ±26.58	3.98a±32.84	40.56±1.71a	6.58±0.08a	8.15±1.47a

حروف متفاوت لاتین نشان دهنده اختلاف معنی داری و حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری است.

The different letters indicate significant difference and the same letters indicate non-significant difference

جدول ۲- اثر عمق خاک، کاربری اراضی و اثر متقابل آن‌ها بر کربن آلی خاک، نیتروژن کل و میانگین هندسی قطر خاکدانه

Table 2. The effect of soil depth, land use and their interaction on soil organic carbon, total nitrogen and geometric mean diameter

عامل	متغیر	df	F	Sig.
Factor	Characteristic			
عمق خاک Soil depth	کربن آلی Organic carbon	4	115.369	p<0.01
	نیتروژن کل Total nitrogen	4	132.232	p<0.01
	میانگین هندسی قطر خاکدانه Geometric mean diameter	4	6.423	p<0.01
	کربن آلی Organic carbon	4	6.128	p<0.01
کاربری اراضی Land use	نیتروژن کل Total nitrogen	4	11.176	p<0.01
	میانگین هندسی قطر خاکدانه Geometric mean diameter	4	0.226	0.923 ns
	کربن آلی Organic carbon	16	2.443	p<0.01
عمق خاک × کاربری اراضی Soil depth × Land use	نیتروژن کل Total nitrogen	16	6.636	p<0.01
	میانگین هندسی قطر خاکدانه Geometric mean diameter	16	1.771	p<0.05
	کربن آلی Organic carbon	16	2.443	p<0.01

ns: عدم اختلاف معنی داری

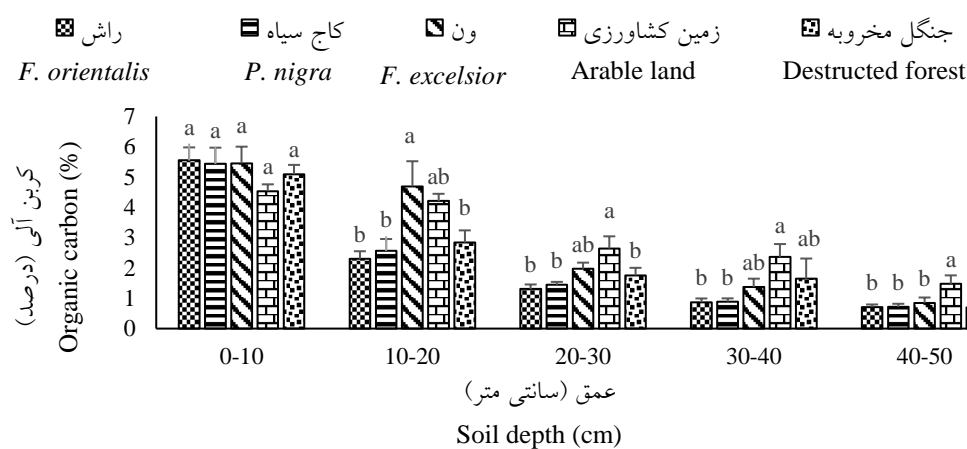
ns: non-significant difference

گیری شده) علاوه بر توده ون، کاربری زمین کشاورزی نیز بیشترین مقدار کربن آلی خاک را به خود اختصاص داده است. همچنین کمترین مقدار این ویژگی از خاک در تمامی اعماق در کاربری‌های جنگلکاری کاج سیاه و توده خالص راش اندازه‌گیری شد (شکل ۱). نتایج تحلیل اثر کاربری اراضی بر

مقایسه میانگین مشخصه‌ی کربن آلی خاک در بین کاربری‌های مختلف حاکی از آن بوده است که بیشترین مقدار این مشخصه به‌طور معنی‌داری در لایه سطحی خاک (۲۰-۱۰ سانتی‌متری) در کاربری جنگلکاری ون مشاهده شد. درحالی که در اعماق پایین‌تر خاک (از عمق شخم تا آخرین عمق اندازه-

کمترین مقدار آن‌ها در لایه پایینی خاک (۶۰-۴۰ سانتی‌متری) اندازه‌گیری شد (شکل ۳). پراکنش عمودی مشخصه‌های کربن و نیتروژن خاک در کاربری‌های مختلف الگوهای متفاوتی را نشان داد. به طوری که مقدار این مشخصه‌ها در توده دست‌کاشت ون در اعماق سطحی خاک (۲۰-۰ سانتی‌متری) متفاوت از دیگر اعماق بود. این درحالی است که این تفاوت‌ها در توده‌های راش و مخروطه تنها در عمق اول (۱۰-۰ سانتی‌متری) قابل مشاهده بوده و در دیگر اعماق روند تغییرات تقریباً یکسان است. همچنین در کاربری کشاورزی از عمق دوم (۲۰-۱۰ سانتی‌متری) به بعد، کربن آلی خاک از نظر مقدار عددی کاملاً متمایز از دیگر کاربری‌ها بود (شکل ۳).

نیتروژن کل خاک نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این مشخصه در لایه‌های سطحی ۲۰-۰ سانتی‌متری مربوط به توده ون و کمترین مقدار آن مربوط به توده کاج است. این درحالی است که در لایه‌های پایین‌تر تا عمق ۶۰ سانتی‌متری کاربری کشاورزی نیز بیشترین مقدار این مشخصه را (به همراه توده ون) به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است که در این لایه‌ها کمترین مقدار این مشخصه نیز در توده خالص راش و کاج سیاه مشاهده شد (شکل ۲). نتایج تحلیل واریانس مشخصه‌های کربن آلی، نیتروژن کل خاک در هر یک از کاربری‌های مورد بررسی نشان داد که مقدار این مشخصه‌ها با افزایش عمق خاک روند کاهشی دارد. به گونه‌ای که بیشترین مقدار این مشخصه‌ها به طور معنی‌داری در لایه سطحی خاک (۱۰-۰ سانتی‌متری) و

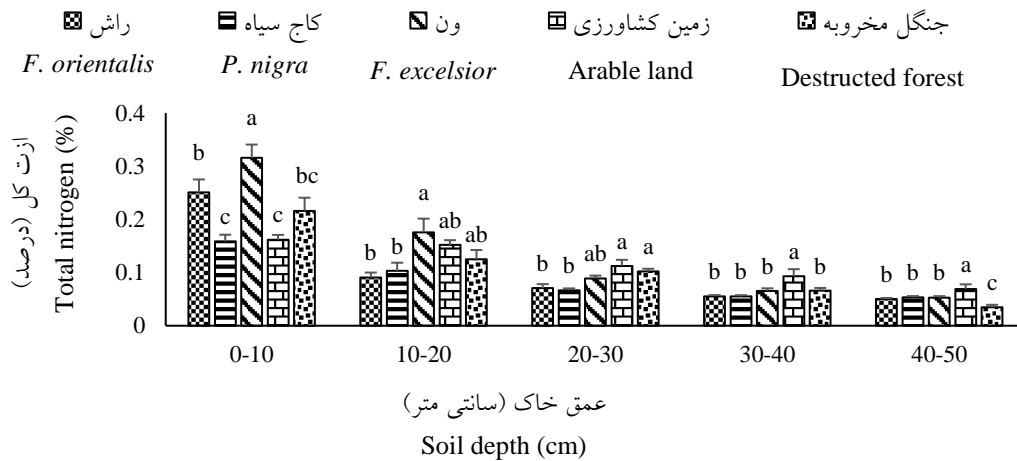


شکل ۱- مقایسه میانگین کربن آلی در اعماق مختلف خاک بین کاربری‌های اراضی مورد بررسی

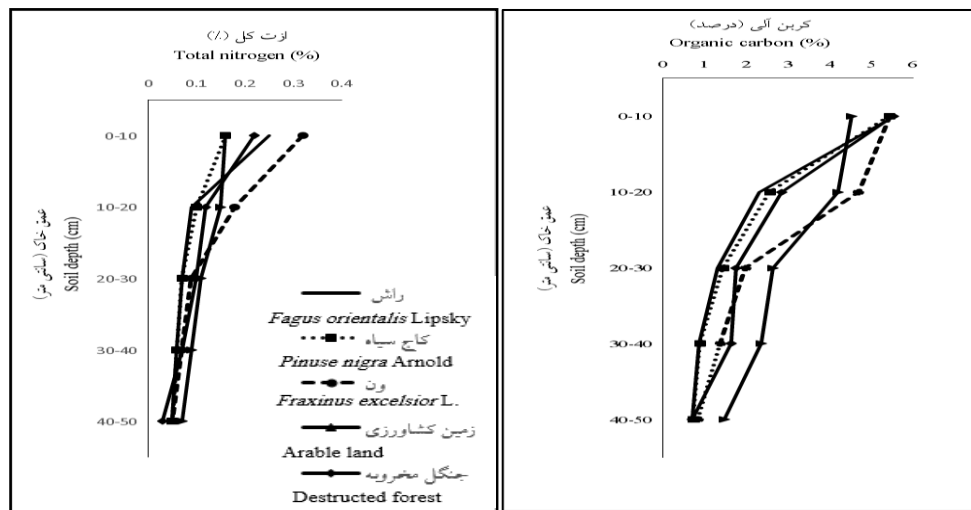
Figure 1. Mean comparison of organic carbon in different depths of soil at the studied land uses

بسیاری از کاربری‌ها بود (شکل ۴). همچنین مقایسه میانگین شاخص پایداری خاکدانه بین اعماق مختلف نشان داد که بیشترین مقدار این شاخص در لایه‌های سطحی خاک و کمترین مقدار آن در لایه‌های پایینی خاک اندازه‌گیری شد (شکل ۵).

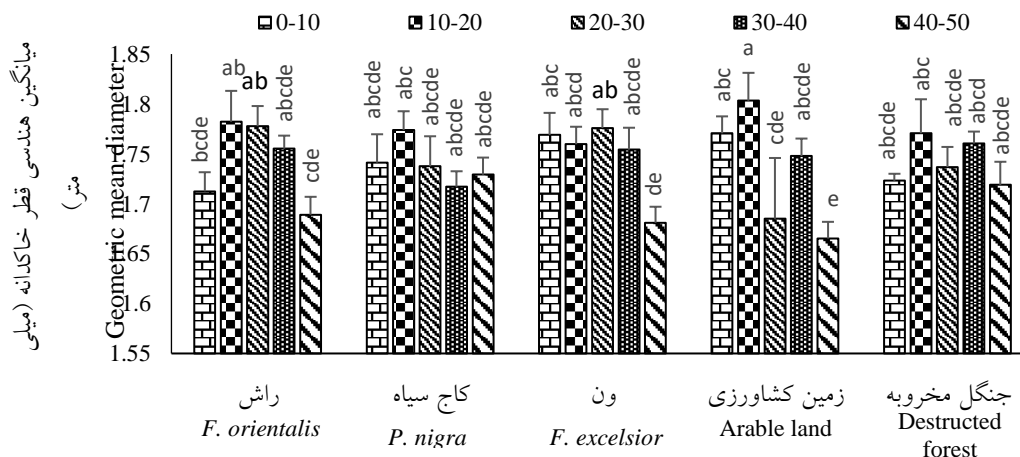
مقایسه میانگین اثر متقابل عمق و کاربری بر میانگین هندسی قطر خاکدانه نشان داد که مقدار این شاخص در کاربری‌هایی چون توده ون، راش و زمین کشاورزی در عمق ۵۰-۴۰ سانتی‌متری به طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در لایه‌های سطحی خاک



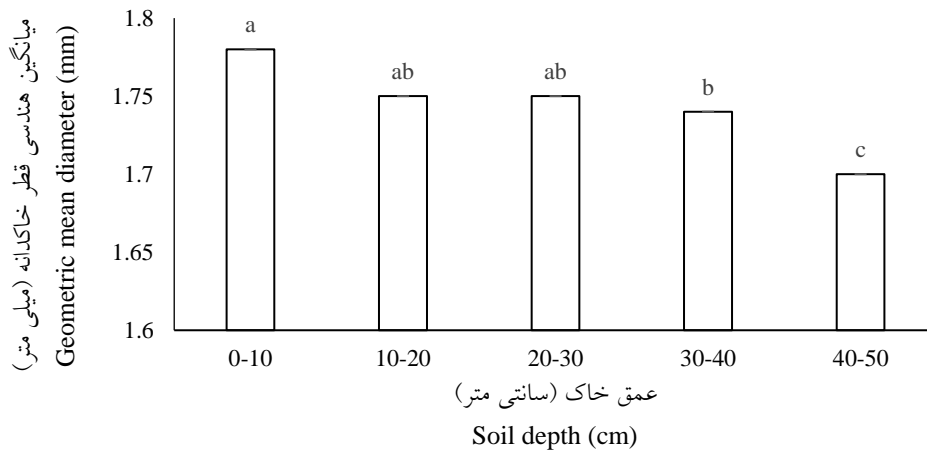
شکل ۲- مقایسه میانگین نیتروژن کل در اعماق مختلف خاک در بین کاربری‌های اراضی مورد بررسی
Figure 2. Mean comparison of total nitrogen in different depths of soil at the studied land uses



شکل ۳- تغییرات کربن آلی (سمت راست) و نیتروژن کل خاک (سمت چپ) با افزایش عمق در کاربری‌های مختلف اراضی
Figure 3. The changes of organic carbon (right) and total nitrogen (left) with increasing depth in different land uses



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل عمق و کاربری بر میانگین هندسی قطر خاکدانه
Figure 4. Mean comparison of the effect of interaction effect on geometric mean diameter



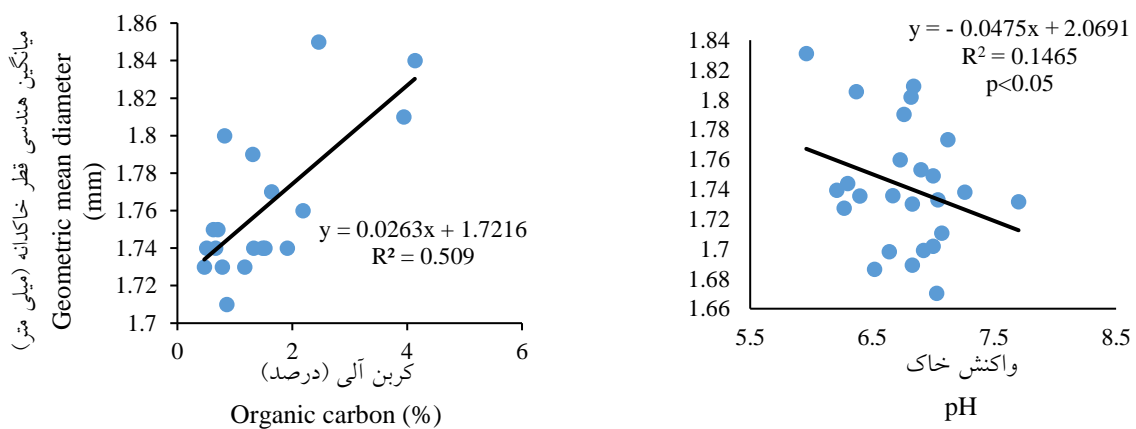
شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص پایداری خاکدانه در بین اعماق مختلف خاک

Figure 5. Mean comparison of geometric mean diameter at different soil depths

دارای رابطه منفی معنی دار (در سطح احتمال ۰/۰۱) هستند (جدول ۳).

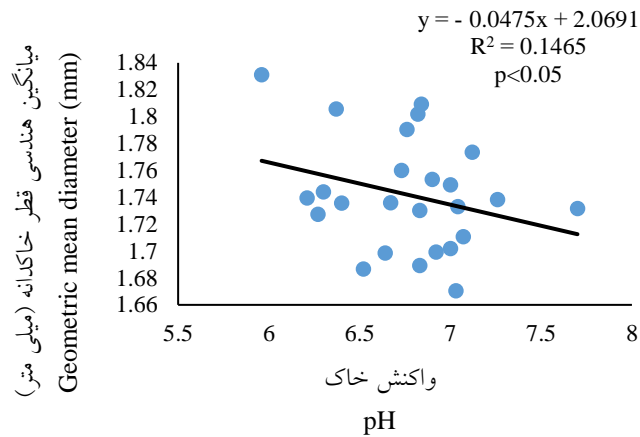
معادلات رگرسیونی به دست آمده از روابط بین شاخص پایداری خاکدانه با دیگر مشخصات خاک حاکی از آن بود که رابطه میان میانگین هندسی قطر خاکدانه با مشخصه کربن آلی خاک به طور معنی داری ($p < 0/05$) از یک روند صعودی پیروی کرد. این در حالی است که ارتباط میان شاخص پایداری خاکدانه با درصد شن و واکنش خاک به طور معنی داری حاکی از یک روند کاهشی بود (شکل ۶).

در این پژوهش همبستگی متقابل متغیرهای مختلف نشانگر آن است که تغییرات شاخص پایداری خاکدانه به طور عمده متأثر از مقدار مواد آلی، درصد شن و واکنش خاک (در سطح احتمال ۰/۰۵) است. به طوری که این مشخصه با کربن آلی خاک همبستگی مثبت معنی دار و با مشخصه هایی چون درصد شن و واکنش خاک همبستگی منفی معنی داری داشت. همچنین نتایج این آنالیز حاکی از آن بوده است که مشخصه های کربن آلی و نیتروژن کل با درصد رس خاک دارای رابطه مثبت معنی دار (در سطح احتمال ۰/۰۱) و درصد رس و سیلت با مقدار شن خاک



شکل ۶- رابطه خطی بین شاخص پایداری خاکدانه با کربن آلی، درصد شن و واکنش خاک

Figure 6. The linear relationship between aggregate stability index and organic carbon, sand percent and soil reaction (pH)



ادامه شکل ۶.

Continued figure 6.

جدول ۳- مقادیر ضریب همبستگی خصوصیات خاک در کاربری‌های اراضی مورد بررسی

Table 3. Pearson correlation coefficients (*r*) of soil properties in the studied land uses

میانگین هندسی قطر خاکدانه (میلی متر) Geometric mean diameter (mm)	آهک (درصد) CaCO ₃ (%)	واکنش خاک Soil reaction (pH)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)
1	0.179	-0.383*	0.133	0.378*	0.320	-0.432*	0.249
	1	-0.429*	-0.061	0.028	-0.615**	-0.373	0.897**
		1	-0.365	-0.401**	0.228	0.079	-0.279
			1	0.718**	0.203*	-0.688**	0.634**
				1	0.353**	-0.666**	0.498**
					1	-0.853**	-0.162
						1	-0.377*
							1

(p<0.01):**
(p<0.05):*

بحث

بیشترین مقدار این مشخصه‌ها را به خود اختصاص داد. بالابودن مقدار کربن و نیتروژن کل خاک در توده ون در ارتباط با مقدار مواد آلی غنی از نیتروژن است که به واسطه لاشه‌ریزی به خاک این توده اضافه می‌شود. مواد آلی که منجر به افزایش محتوای مواد مغذی خاک شده‌اند از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده ازت خاک حمایت می‌کنند و در نتیجه سبب افزایش مقدار این مشخصه (به واسطه افزایش مقدار و سرعت تجزیه مواد آلی) در خاک این عرصه می‌شوند (Houben et al., 2018). همچنین کم بودن مقدار این ویژگی‌ها در کاربری‌های جنگلکاری کاج و توده خالص راش را می‌توان به کند بود سرعت تجزیه لاشبرگ و اسیدی بودن خاک در این توده‌ها نسبت داد. در رابطه با بیشتر بودن مقدار این مشخصه‌ها در لایه‌های زیرین خاک در کاربری کشاورزی در مقایسه با دیگر کاربری‌ها باید به این نکته اشاره کرد که، اعمال عملیات خاک‌ورزی (شخم) در اراضی زراعی به به هم خوردگی ساختمان خاک (شکسته شدن و خرد شدن خاکدانه‌ها) منجر شده و در نتیجه سبب جابجایی مواد آلی از لایه سطحی به لایه‌های زیرین خاک می‌شود (Yousefifard et al., 2007). در این پژوهش مشخصه‌هایی چون کربن آلی و نیتروژن کل در بیشتر کاربری‌های مورد بررسی با افزایش عمق یک روند نزولی را از خود نشان داده‌اند. به طوری که بیشترین مقدار این مشخصه‌ها در لایه سطحی و کمترین مقدار آن‌ها در لایه زیرین خاک اندازه‌گیری شد. بالا بودن مقدار کربن و مواد آلی در لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های پایینی خاک را می‌توان به مقدار بقایای آلی که به خاک وارد می‌شود، نسبت داد. بدین ترتیب که با افزایش عمق از مقدار بیوماس گیاهی (هوموس) کاسته شده و متعاقب آن به واسطه کم شدن جمعیت و مقدار فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، مقدار تجزیه و مقدار

در این پژوهش در هر یک از کاربری‌های مورد بررسی شاهد روند کاهشی در مقدار رس و در نقطه مقابل روند افزایشی در مقدار شن با افزایش عمق بوده‌ایم. بالابودن مقدار رس در لایه‌های سطحی خاک به مقدار بالای مواد آلی در این لایه‌ها مربوط می‌شود. زیرا حضور مواد آلی منجر به چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر و کمک به تشکیل ساختار خاکدانه می‌شود (Kurz et al., 2006). در رابطه با بیشتر بودن درصد شن در لایه‌های زیرین خاک، سرشت خاک منطقه مورد بررسی از دلایلی است که می‌توان به آن اشاره کرد. به طوری که طبق اطلاعات موجود در کتابچه طرح جنگلداری منطقه، لایه‌بندی خاک به گونه‌ای بوده است که در ابتدا ذرات درشت‌تر شن در لایه‌های پایینی ته‌نشین شده و سپس ذرات رس در لایه‌های بالایی خاک رسوب کرده است (Anonymus, 2004). واکنش خاک و درصد آهک نیز از مشخصاتی بودند که با افزایش عمق مقدار آن‌ها افزایش یافته است. کم بودن مقدار این مشخصه‌ها در لایه‌های سطحی خاک و بیشتر بودن مقدار آن‌ها در لایه‌های پایینی خاک را می‌توان به از دست رفتن کربنات‌ها (مانند کربنات کلسیم) از لایه‌های سطحی و تجمع این عناصر در لایه‌های پایینی خاک در نتیجه آب‌شویی نسبت داد (Liu et al., 2019). همچنین نوع سنگ مادری (مارنی) در منطقه مورد بررسی نیز می‌تواند دلیلی دیگر بر بالا بودن مقدار این مشخصه در اعماق پایینی خاک باشد. مقایسه میانگین کربن آلی و نیتروژن کل خاک در لایه‌های سطحی در بین کاربری‌های مختلف حاکی از آن بود که بیشترین مقدار این مشخصه‌ها در توده جنگلکاری ون و کمترین مقدار آن‌ها در جنگلکاری کاج سیاه مشاهده شد. این در حالی است که در لایه‌های زیرین خاک، کاربری زمین کشاورزی

متمایز بودن الگوی پراکنش کربن کاربری کشاورزی (از نظر مقدار عددی) از دیگر کاربری‌ها را می‌توان به انجام عملیات خاک‌ورزی و به‌دنبال آن تجمع ترکیبات آلی در لایه‌های زیرین خاک این نوع کاربری نسبت داد. نتایج تحلیل همبستگی و ویژگی‌های مختلف خاک با مشخصه میانگین هندسی قطر خاکدانه حاکی از آن است که این مشخصه به‌طور معنی‌داری متأثر از مقدار کربن آلی خاک بود. کربن آلی موجود در خاک به‌دلیل سطح ویژه بالا سبب اتصال ذرات خاک به یکدیگر شده و منجر به افزایش تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌شود (Mousavi et al., 2012). در این پژوهش وجود رابطه منفی بین مشخصه درصد شن خاک با شاخص پایداری خاکدانه را می‌توان به تأثیر مقدار رس خاک نسبت داد. بدین صورت که در این پژوهش به‌دنبال افزایش عمق خاک، مقدار شن افزایش و مقدار رس کاهش یافت. (Canasveras et al., 2010) در مطالعه خود بیان کرده‌اند که افزایش مقدار رس همراه با افزایش ذخیره مواد آلی خاک سبب مقاومت بیشتر در خاکدانه‌ها خواهد شد. در رابطه با همبستگی منفی بین واکنش خاک و میانگین هندسی قطر خاکدانه می‌توان به نقش به‌سزای مشخصه آهک خاک اشاره کرد. (Sevink et al., 1998) در پژوهش خود پایداری خاکدانه‌ها در اعماق پایین‌تر خاک را به‌طور عمده وابسته به اسیدیته و مقدار اشباع بازی خاک دانسته‌اند. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که در خاک‌هایی با مواد آلی کمتر پایداری خاکدانه‌ها به مقدار قابل‌توجهی متأثر از آهک خاک بود. در این پژوهش نتایج به‌دست‌آمده از روابط رگرسیونی بین میانگین هندسی قطر خاکدانه با کربن آلی خاک حاکی از یک سیر افزایشی بود. این بدان معنی است که میان این شاخص و ماده آلی خاک یک رابطه متقابل و مثبت برقرار است. ماده آلی از یک طرف عامل مهم اتصال‌دهنده

ورودی مواد آلی به خاک نیز کاهش می‌یابد (Malo et al., 2005). از آنجایی که نیتروژن خاک به‌طور زیاد در قالب ترکیبات آلی در خاک وجود داشته، از این‌رو از این ترکیبات به‌عنوان انباری برای نیتروژن یاد می‌شود. به‌همین سبب در رابطه با تغییرات نیتروژن کل در اعماق مختلف خاک و اینکه با افزایش عمق روند کاهشی را نشان داد، می‌توان گفت که این تغییرات کاملاً مرتبط با تغییرات مواد آلی خاک است (Asadian et al., 2012). مشخصه میانگین هندسی قطر خاکدانه نیز همانند کربن آلی خاک یک روند کاهشی را (به‌دنبال افزایش عمق خاک) نشان داد. بیشتر بودن مقدار این شاخص از پایداری خاکدانه در لایه‌های سطحی خاک را می‌توان در ارتباط مستقیم با مقدار ماده آلی در این لایه‌ها دانست. ماده آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی‌کننده عمل کرده و برای همآوری ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌های مقاوم اهمیت به‌سزایی دارد. به‌طور معمول خاک‌هایی که به نسبت دارای مواد آلی بیشتری هستند، خاکدانه‌های پایداری هم دارند (Liu et al., 2019). در رابطه با متفاوت بودن الگوی پراکنش کربن و نیتروژن خاک با افزایش عمق در توده دست‌کاشت ون در مقایسه با دیگر کاربری‌ها می‌توان گفت که به‌واسطه بالا بودن مقدار ورودی سالیانه نیتروژن در لاشبرگ گونه ون و متعاقب آن افزایش سرعت تجزیه این نوع لاشبرگ، مقدار محتوی مواد مغذی (به‌واسطه فعالیت میکروارگانیسم‌ها) در خاک افزایش می‌یابد (Hashemi et al., 2017). به‌همین سبب و به‌واسطه غنی بودن خاک، ما شاهد بالا بودن مقدار کربن و نیتروژن در لایه‌های پایینی خاک (علاوه بر لایه سطحی) در توده ون بوده‌ایم. این نتایج با یافته‌های (Jobbagy and Jackson, 2000) که نوع گونه گیاهی را عامل مؤثر بر پراکنش مواد آلی با افزایش عمق دانسته‌اند، هم‌خوانی دارد. همچنین

نیتروژن خاک و کاربری توده جنگلکاری کاج سیاه کمترین مقدار این مشخصه‌ها به خود اختصاص داد. در لایه‌های زیرین خاک بیشترین مقدار این ویژگی‌ها در کاربری کشاورزی اندازه‌گیری شد. همچنین پراکنش عمودی کربن و نیتروژن خاک در توده ون، الگوی متفاوتی را نسبت به دیگر کاربری‌ها نشان داد. با توجه به اهمیت لایه سطحی خاک (به واسطه دارا بودن بخش اعظم عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاهان) در بهبود و یا حفظ حاصلخیزی خاک و تا حد زیادی توان تولید خاک و رویشگاه و با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده از این پژوهش در رابطه با وضعیت لایه‌های سطحی خاک در توده‌های دست‌کاشت مورد بررسی، می‌توان پیشنهاد داد که تلفیق کشت گونه‌های سوزنی و پهن-برگ (در عرصه‌هایی با شرایط توده‌های مورد بررسی در این پژوهش) در برنامه‌های مدیریتی آینده عرصه-های منابع طبیعی در دستور کار قرار گیرد. همچنین با توجه به نقش پایداری خاکدانه در بهبود خواص فیزیکی خاک و با توجه به رابطه مثبت معنی‌دار این مشخصه با کربن آلی خاک و در نظر گرفتن پایین بودن مقدار کربن آلی در کاربری کشاورزی در لایه سطحی خاک در این پژوهش (آن هم به واسطه سوزاندن بقایای گیاهی مانند کاه و کلش و عملیات شخم) که به نوبه خود منجر به کاهش مقدار پایداری خاکدانه و افزایش به هم خوردگی ساختمان خاک می‌شود، پیشنهاد می‌شود که به مسئله مدیریت کشت با حداقل عملیات خاک‌ورزی و همچنین افزودن مواد آلی به خاک این نوع اراضی توجه ویژه‌ای شود.

خاکدانه‌ها به یکدیگر بوده (Obalum et al. 2017) و از طرف دیگر از نظر فیزیکی، در مقابل تجزیه (توسط میکروارگانیسم‌ها) در داخل خاکدانه‌های پایدار حفظ می‌شود. عامل اثرگذار در ایجاد رابطه منفی رگرسیونی بین شن خاک و میانگین هندسی قطر خاکدانه، درصد رس خاک است. بدین صورت که با افزایش مقدار شن در خاک و به دنبال آن کاهش درصد رس، ساختمان خاک سست شده و از مقدار پایداری آن کاسته می‌شود. همچنین در مورد رابطه منفی رگرسیونی مشاهده شده میان واکنش خاک و شاخص پایداری خاکدانه، ذکر این نکته ضروری است که اگرچه همبستگی بین این شاخص و آهک خاک معنی‌دار نبوده است، اما این احتمال وجود دارد که آهک نقش قابل توجهی در مقدار پایداری خاکدانه ایفا کند. به طوری که با افزایش مقدار این مشخصه (آهک) و به دنبال آن افزایش مقدار اسیدیته در خاک‌هایی با کربن آلی اندک، در نتیجه حل شدن آهک در آب و به دنبال آن حذف اتصالات بین ذرات اولیه، درصد خاکدانه‌های ریز بیشتر شده و در نتیجه ساختمان خاک ناپایدارتر خواهد شد (Al-Barak and Rowell, 2006).

نتیجه‌گیری

به طور کلی با توجه به نتایج پژوهش می‌توان گفت که مشخصه‌های محتوی کربن آلی و نیتروژن کل خاک تحت تأثیر هردو عامل کاربری اراضی و عمق خاک قرار گرفته‌اند. این در حالی است عمق خاک تنها عامل اثرگذار بر مشخصه میانگین هندسی قطر خاکدانه بوده است. در رابطه با اثر عمق خاک، شاهد کاهش مقدار این مشخصه‌ها به دنبال افزایش عمق در بیشتر کاربری‌ها بوده‌ایم. در مورد اثر کاربری در این پژوهش مشاهده شد که در لایه‌های سطحی خاک، کاربری توده جنگلکاری شده ون بیشترین مقدار کربن و

References

- Al-Barrak, K.; Rowell, D., The solubility of gypsum in calcareous soils. *Geoderma* **2006**, *136* (3-4), 830-837.
- Anonymus, Booklet of Tajan Forestry Plan-6 Alandan District; Forest and Rangeland Organization, 2004; p 236. (In Persian)
- Asadiyan, M.; Hojjati, S. M.; Pourmajidian, M. R.; Fallah, A., Impact of land-use management on nitrogen transformation in a mountain forest ecosystem in the north of Iran. *Journal of forestry Research* **2013**, *24* (1), 115-119.
- Bruun, T. B.; Elberling, B.; de Neergaard, A.; Magid, J., Organic carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture. *Land Degradation & Development* **2015**, *26* (3), 272-283.
- Cañasveras, J. C.; Barrón, V.; Del Campillo, M.; Torrent, J.; Gómez, J., Estimation of aggregate stability indices in Mediterranean soils by diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma* **2010**, *158* (1-2), 78-84.
- Guo, L.; Shen, J.; Li, B.; Li, Q.; Wang, C.; Guan, Y.; D'Acqui, L. P.; Luo, Y.; Tao, Q.; Xu, Q., Impacts of agricultural land use change on soil aggregate stability and physical protection of organic C. *Science of The Total Environment* **2020**, *707*, 136049.
- Hashemi, S. A.; Hojati, S. M.; Hoseiny Nasr, S. M.; Asadyan, M.; Tafazoli, M., Studying soil physical, chemical and net Nitrogen mineralization in plantation and natural stands in Darabkola Forest (Sari). *Forest Research and Development* **2017**, *3* (2), 119-132. (In Persian)
- Heshmati, M.; Gheitori, M.; Parvizi, I.; Shahbazi, Kh.; Sheykhoosi, M.; Soleimani, H., The effect of land use change on aggregate stability and soil organic carbon in watershed of Merk in Kermanshah. Presented at Gonbad kavos University, Gorgan, The first national conference of natural resource management, February 27, **2014**. (In Persian)
- Houben, D.; Faucon, M.-P.; Mercadal, A.-M., Response of organic matter decomposition to no-tillage adoption evaluated by the tea bag technique. *Soil Systems* **2018**, *2* (3), 42.
- Jafari-Haghigh, M., Methods of Soil Analysis, Publications of Nedaye Zoha, 2003; p 195. (In Persian)
- Jobbágy, E. G.; Jackson, R. B., The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological applications* **2000**, *10* (2), 423-436.
- Kalhor, S. A.; Xu, X.; Chen, W.; Hua, R.; Raza, S.; Ding, K., Effects of different land-use systems on soil aggregates: a case study of the Loess Plateau (Northern China). *Sustainability* **2017**, *9* (8), 1349.
- Kurz, I.; O'Reilly, C. D.; Tunney, H., Impact of cattle on soil physical properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland. *Agriculture, ecosystems & environment* **2006**, *113* (1-4), 378-390.
- Liu, M.; Han, G.; Zhang, Q., Effects of soil aggregate stability on soil organic carbon and nitrogen under land use change in an erodible region in Southwest China. *International journal of environmental research and public health* **2019**, *16* (20), 3809.
- Malo, D.; Schumacher, T.; Doolittle, J., Long-term cultivation impacts on selected soil properties in the northern Great Plains. *Soil and tillage research* **2005**, *81* (2), 277-291.
- Mousavi, S.F.; Moazzeni, M.; Mostafazadeh-Fard, A.; Yazdani, M.R., Effects of rice straw incorporation on some physical characteristics of paddy soils. *Journal Agriculture Science Technology* **2012**, *14*, 1173-1183. (In Persian)
- Obalum, S.; Chibuike, G.; Peth, S.; Ouyang, Y., Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental monitoring and assessment* **2017**, *189* (4), 1-19.
- Sevink, J.; Verstraten, J.; Jongejans, J., The relevance of humus forms for land degradation in Mediterranean mountainous areas. *Geomorphology* **1998**, *23* (2-4), 285-292.
- Soleimany, M.; Eslamdoust, J.; Akbarinia, M.; Kooch, Y., Soil aggregate stability index and particulate organic matter in response to differently afforested lands in the temperate regions of Iran. *Journal of Forest Science* **2021**, *67* (8), 376-384.
- Yousefifard, M.; Khademi, H.; and Jalalian, A., Decline in soil quality as a result of land use change in Cheshmeh Ali region, Chaharmahal Bakhtiari Province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* **2007**, *14* (1), 21-31.

The changes of soil carbon, nitrogen and aggregate stability affected by different land uses

M. Asadian¹, S. M. Hojjati^{*2}, M. Mohammadzadeh³ and M. Nadi⁴

1- PhD Student of Forest Science and Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (maryam.asadiyan23@gmail.com)

2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (s_m_hodjati@yahoo.com)

3- Professor, Department of Statistics, Tarbiat Modares University, Tehran, I. R. Iran. (mohsen_m@modares.ac.ir)

4- Assistant Professor in agricultural meteorology, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (mehdi.nadi@gmail.com)

Received: 21.10.2021 Accepted: 25.12.2021

Abstract

The present study was conducted for investigation the trend of soil carbon, total nitrogen and soil aggregate stability changes with increasing depth under different land uses in Alandan area–Sari. The soil samples were taken from soil depths 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm using coring (8 cm diameter) and auger method in each site systematic randomly (n=6). The soil texture, soil pH, the percentage of CaCO₃, organic carbon, total nitrogen and geometric mean diameter (soil aggregate stability index) was measured in the laboratory. The result showed that, soil carbon and nitrogen were significantly ($p<0.05$) affected by soil depth and land use change. However, the geometric mean diameter was only affected by soil depth. The compared means showed that, the amount of carbon, nitrogen and soil aggregate stability index is significantly reduced with increasing soil depth. In the surface soil layers, the highest carbon (4.6%) and nitrogen (0.31%) were found in ash plantation and theirs lowest (2.5 % and 0.15% respectively) were observed in pine plantation. Also, soil organic carbon is significantly ($p<0.05$) increased with increasing geometric mean diameter.

Keywords: Alandan, Stability aggregate, Plantation, Soil depth, Organic matter.

* Corresponding author

Tel: +989117434910

بررسی ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی در رویشگاه انجیلی (*Parrotia persica* C.A.Mey.) جنگل چفرود استان گیلان

سامان پورعباسی شیراز*^۱، حسن پوربابایی^۲ و ابوزر حیدری صفری کوچی^۳

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (saman.abasi60@yahoo.com)
۲- استاد، گروه علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (hpourbabaei@gmail.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (heidariabouzar@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۳

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی ترکیب و تنوع گیاهی در رویشگاه انجیلی واقع در جنگل چفرود در غرب استان گیلان انجام شد. به این منظور، پنج قطعه‌نمونه یک‌هکتاری به‌صورت انتخابی در توده‌های کم‌تردست‌خورده انجیلی برداشت شد. در هر قطعه نمونه، تمامی گونه‌های درختی در مراحل رویشی مختلف و گونه‌های درختچه‌ای شناسایی شدند. همچنین، ۱۶ ریزقطعه‌نمونه چهارمترمربعی در هر قطعه نمونه به‌صورت منظم تصادفی اجرا و تمامی گونه‌های علفی در آن شناسایی و ثبت شدند. شکل زیستی گونه‌ها با استفاده از روش رانکایر، نواحی رویشی به کمک روش زهری و تنوع زیستی کل با استفاده از ناهمگنی سیمپسون، غنای منهنیک و یکنواختی اسمیت ویلسون به‌دست آمدند. نتایج حاصل از بررسی ترکیب رستنی‌های رویشگاه، ۷۱ گونه گیاهی متعلق به ۵۹ جنس و ۴۳ خانواده را نشان داد. خانواده Rosaceae با ۸ گونه و Cyperaceae و Poaceae هر یک با ۴ گونه غنی‌ترین خانواده‌های گیاهی موجود در این رویشگاه بودند. همچنین، فانروفیت‌ها با ۴۴ درصد و همی‌کریپتوفیت‌ها با ۲۵ درصد بیشترین شکل زیستی را به‌خود اختصاص دادند. به‌علاوه، از نظر پراکنش جغرافیایی بیشترین فراوانی با ۵۲ درصد مربوط به عناصر اروپا سبیری به‌دست آمد. همچنین، تنوع غنا و یکنواختی کل به‌ترتیب ۰/۸۶، ۱/۰۸ و ۰/۶۵ محاسبه شدند. بر اساس نتایج این پژوهش، رویشگاه انجیلی غرب گیلان از رویشگاه‌های متنوع هیرکانی است.

واژه‌های کلیدی: تنوع گیاهی، پراکنش جغرافیایی، رویشگاه انجیلی، شکل زیستی.

بیشتری برخوردار خواهد بود (Wu et al., 2019; Namdari Khalan et al., 2020).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در رابطه با بررسی ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی در جنگل‌های دنیا انجام شده است. (Lessa et al. (2020 در جنگل‌های آلمان و (Zhiang et al. (2019 در جنگل‌های چین شاخص‌های تنوع گیاهی را متأثر از عوامل اقلیم و ترکیب گونه‌ای اعلام کردند. (Amanzadeh et al. (2019 در پژوهش‌های خود، ترکیب فلورستیک جنگل‌های هیرکانی را متأثر از حضور همی‌کریپتوفیت‌ها و عناصر اروپا سبیری گزارش کردند. (Sadegh Kuhestani et al. (2016 در رویشگاه‌های آمیخته غرب گیلان تعداد ۹۲ گونه گیاهی متعلق به ۷۹ جنس و ۴۸ خانواده را گزارش کردند که تعداد گونه‌های متعلق به خانواده‌های Rosaceae بیشترین مقدار بود. (Sefidi (2017 در پژوهش خود در رویشگاه‌های انجیلی عنوان کرد که این گونه در رویشگاه طبیعی خود به شکل نسبتاً خالص و با آمیختگی کم (اغلب با ممرز) و عمدتاً با خانواده Rosaceae حضور می‌یابد. با این حال از معدود پژوهش‌های جامع انجام‌شده در بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان رویشگاه‌های انجیلی در ایران می‌توان به پژوهش (Akhondnejad et al. (2016 در استان مازندران اشاره کرد. در این پژوهش بزرگ‌ترین خانواده‌ها از نظر غنای گونه‌ای به ترتیب Poaceae با ۱۷ گونه و Rosaceae با ۱۳ گونه بود. در این میان، Carex با ۴ گونه بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد. از نظر طیف زیستی، ژئوفیت‌ها با ۳۷/۶ درصد، شکل زیستی چیره گزارش شدند. و پس از آن‌ها، فانروفیت‌ها با ۲۲/۹ درصد و همی‌کریپتوفیت‌ها با ۲۱/۷ درصد

شناخت فلور یک منطقه از ملزومات پژوهش‌های مرتبط با موضوع پوشش گیاهی و سنگ بنای تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی است (Pourbabaei et al., 2017). ترکیب فلورستیک شامل فهرست گیاهان یک منطقه در قالب گونه، جنس، خانواده، رده و راسته‌های گیاهی است. اگر چه از ترکیب فلورستیک در طبقه‌بندی پوشش گیاهی استفاده می‌شود، اما برای مقایسه بین توده‌ها از حساسیت لازم برخوردار نیست. با وجود این، در سطح جغرافیای گیاهی برای مقایسه فلور مناطق مختلف از ترکیب فلورستیک استفاده می‌شود (Akhondnejad et al., 2016). همچنین برای شناسایی و معرفی رستنی‌های یک منطقه به‌طور اختصاصی و محلی اهمیت زیادی دارد که از آن می‌توان امکان دسترسی به گونه‌های گیاهی خاص در محل و زمان مشخص، تعیین پتانسیل و قابلیت‌های رویشی منطقه، امکان افزایش تراکم گونه‌های منطقه، شناسایی گونه‌های مقاوم، مهاجم و گونه‌های درحال انقراض، کمک به تعیین پوشش گیاهی کشور، امکان دستیابی به گونه یا گونه‌های جوامع گیاهی و شناسایی عوامل مخرب رستنی‌های منطقه را نام برد (Pourbabaei et al., 2017). با توجه به اهمیت پوشش گیاهی در تبیین کارکردهای بوم‌شناختی، مانند حفاظت خاک در مقابل فرسایش و کمک به ذخیره آب و نیز اثرگذاری آن بر کیفیت زندگی جوامع انسانی مانند، تولید غذا، علوفه دام و نیز تلطیف هوا، بررسی پوشش گیاهی از نظر کیفیت و غنا دارای اهمیت است. با استخراج ترکیب فلورستیک در یک رویشگاه خاص امکان بررسی تنوع زیستی نیز فراهم می‌شود. هر چه تنوع گونه‌ای در یک اکوسیستم بیشتر باشد زنجیره طولانی‌تر و شبکه‌های حیاتی پیچیده‌تر خواهد بود و در نتیجه محیط پایدارتر و از شرایط خودتنظیمی

درصد عناصر مختلف رویشی این رویشگاه‌ها ارائه کند. نتایج این پژوهش در شناخت، حفاظت و دیگر اهداف مدیریتی این رویشگاه‌ها کارآمد خواهد بود.

مواد و روش‌ها

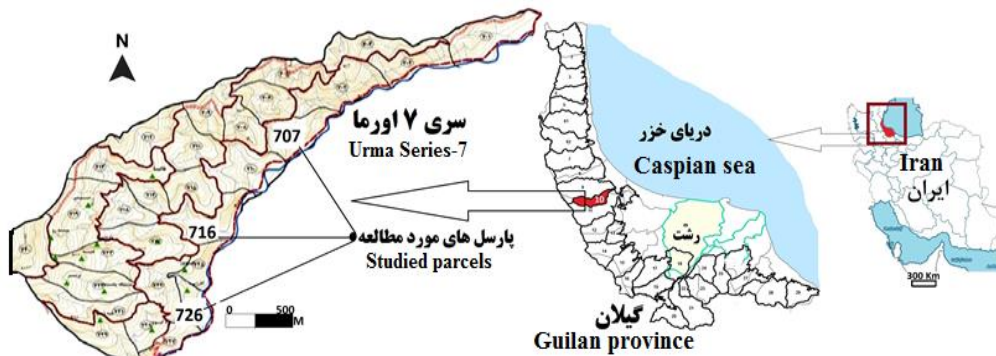
منطقه مورد پژوهش

منطقه مورد پژوهش پژوهش در پارسل‌های ۷، ۱۶ و ۲۶ از سری هفت حوضه آبخیز شماره ۱۰ چفرود واقع در حد غربی جنگل‌های هیرکانی بین مختصات $00^{\circ} 19' 49''$ تا $06^{\circ} 12' 49''$ طول شرقی و $18^{\circ} 27'$ تا $30^{\circ} 35' 37''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). توده‌های مورد بررسی برداشت‌نشده و دست‌نخورده هستند.

معرفی شدند. همچنین، فلور این مناطق بیشتر از عناصر اروپا-سیبری گزارش شد.

گونه انجیلی (*Parrotia persica* C.A.Mey.)

شناخته شده با نام آهنین چوب در جهان، یکی از مهم‌ترین گونه‌های بومی ناحیه هیرکانی است که با وجود اینکه ۱۰ درصد از ترکیب درختی جنگل‌های هیرکانی را تشکیل می‌دهد، رویشگاه‌های آن کمتر شناخته شده است (Soltani et al., 2008). پژوهش‌های انجام‌شده در رویشگاه‌های انجیلی بیشتر در نواحی مرکزی جنگل‌های هیرکانی انجام شده است. از این رو، این پژوهش بر آن است تا با بررسی و شناخت ترکیب فلورستیکی، شکل زیستی و تنوع گونه‌ای گیاهی رویشگاه انجیلی در غرب استان گیلان یک بانک اطلاعاتی جامع از ترکیب پوشش گیاهی و



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد پژوهش بر روی نقشه

Figure 1. Location of the study area on the map

دارای سنگ مادر از نوع آهک‌های سیلیتی، ماسه سنگ و نیز رسوبات رودخانه‌ای، آبرفتی و بافت خاک آن لومی و لومی رسی است. تیپ جنگل در رویشگاه مورد پژوهش، پهن‌برگ آمیخته با چیرگی گونه انجیلی به‌همراه ممرز، بلندمازو، لرگ، توسکای بیلاقی، خرمندی و پلت است (شکل ۲) (Sobh Zahedi et al., 2020).

جهت جغرافیائی هر سه پارسل مورد بررسی شرقی با شیب بین ۳۰ تا ۴۰ درصد و دامنه ارتفاعی آن‌ها ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک رضوانشهر، میانگین بارش سالانه سری ۱۰۰۷/۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۱۲/۶۴ درجه سانتی‌گراد است (Sobh Zahedi et al., 2020). از نظر زمین‌شناسی رسوبات این ناحیه مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی است که



شکل ۲- نمایی از پوشش گیاهی منطقه مورد پژوهش (منبع: نگارندگان)

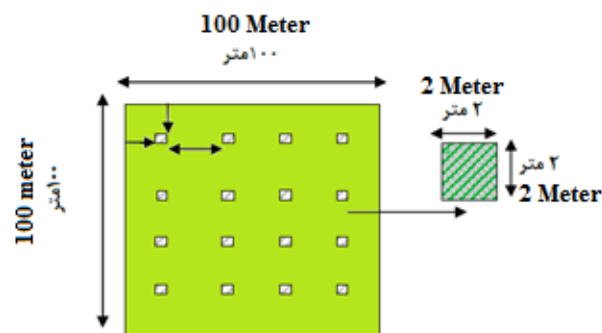
Figure 2. vegetative cover of the study area (Source: Authors)

مشخص شدن قطعات، در هر قطعه نمونه تمامی گونه‌های درختی و درختچه‌ای شناسایی و ثبت و قطر برابر سینه درختان برداشت شد. در مورد گونه‌های علفی نیز تعداد ۱۶ ریزقطعه نمونه چهارمتر مربعی (۲×۲ متر) در هر قطعه نمونه به صورت منظم- تصادفی پیاده و تمامی گونه‌های موجود در آن بر اساس معیار براون بلانکه با استفاده از منابعی چون فلور ایرانیکا شناسایی و به صورت صددرصد نام آن‌ها ثبت شدند (Lotfalian *et al.*, 2018) (شکل ۳).

روش پژوهش

پیاده کردن قطعات نمونه و برداشت داده‌ها

برای بررسی پوشش گیاهی بهتر است که قطعات نمونه مورد بررسی معرف وضعیت واقعی پوشش گیاهی رویشگاه باشند. بنابراین، انتخاب تصادفی قطعات نمونه موجب خطا در تبیین دقیق وضعیت پوشش گیاهی می‌شود (Pourbabaei *et al.*, 2017). از این رو، در این پژوهش، پنج قطعه نمونه یک هکتاری مربع شکل (۱۰۰×۱۰۰ متر) به صورت انتخابی در توده‌های کمتر دست‌خورده انجیلی پیاده شدند. پس از



شکل ۳- شیوه اجراء قطعات نمونه و ریز قطعات نمونه برای برداشت داده‌های گونه‌های چوبی و علفی

Figure 3. Method of execution of samples and sub-samples for collecting data on woody and herbaceous species

(کورولوژی) گونه‌ها نیز بر اساس دسته‌بندی نواحی رویشی Zohary *et al.*, (1993) و با توجه به پراکنش گونه‌ها در فلور ایرانیکا مشخص شد. تنوع زیستی گونه‌های گیاهی

تعیین شکل زیستی و مناطق انتشار جغرافیایی گونه‌ها شکل زیستی گونه‌های گیاهی ثبت شده براساس سیستم Raunkiaer (1934) تعیین و سپس شکل زیستی منطقه ترسیم شد. مناطق انتشار جغرافیایی

شاخص‌های تنوع گونه‌های چوبی و علفی برای هر شاخص تنوع سیمپسون، غنا منهینیک و یکنواختی یک از قطعات نمونه محاسبه شد. بدین منظور از اسمیت-ویلسون استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های مورد استفاده در تعیین تنوع، غنا و یکنواختی (Pourbabaei and Ahani, 2004)

Table 1- Indicators used in determining diversity, richness and evenness

منبع Reference	اجزاء معادله Equation characters	معادله Equation	شاخص Index
(Simpson, 1949)	<p>λ: تنوع سیمپسون</p> <p>λ=Simpson diversity</p> <p>n_i: تعداد افراد گونه i</p> <p>N_i= Number of i individuals</p> <p>n: تعداد کل افراد شمارش شده</p> <p>n; all counted individuals</p> <p>S: تعداد کل گونه‌ها</p> <p>S: Number of all species</p>	$\sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)} \lambda =$	تنوع سیمپسون Simpson diversity
(Menhinick, 1964)	<p>R: غنا منهینیک</p> <p>R= Menhinick richness</p> <p>S: تعداد گونه‌ها</p> <p>S: Number of all species</p> <p>N: تعداد کل افراد</p> <p>N= Number of all individuals</p>	$R = \frac{S}{\sqrt{N}}$	غنا منهینیک Menhinick richness
(Smith & Wilson, 1996)	<p>E_{var}: شاخص یکنواختی اسمیت و ویلسون</p> <p>E_{var}= Smith B. & Wilson evenness</p> <p>n_j, n_i: فراوانی گونه n ام</p> <p>Abundance of i and j species</p>	$E_{var} = 1 - \left[\frac{2}{\pi \arctan \left\{ \frac{\sum_{i=1}^s (\log_e(n_i) - \sum_{j=1}^s \log_e(n_j)/s)^2 / s}{s} \right\}} \right]$	یکنواختی اسمیت-ویلسون Smith-Wilson evenness

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، ابتدا داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار Excel-2010 به‌عنوان بانک اطلاعات ذخیره و نمودارهای مرتبط به شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در همین نرم‌افزار رسم شد. بررسی نرمال و همگن بودن واریانس‌های داده‌های قطر و فراوانی درختان به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های کلموگروف اسمیرنوف و لون سنجیده و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، مقایسه آماری فراوانی و میانگین قطر گونه‌های مورد بررسی در قطعات مختلف مورد بررسی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه

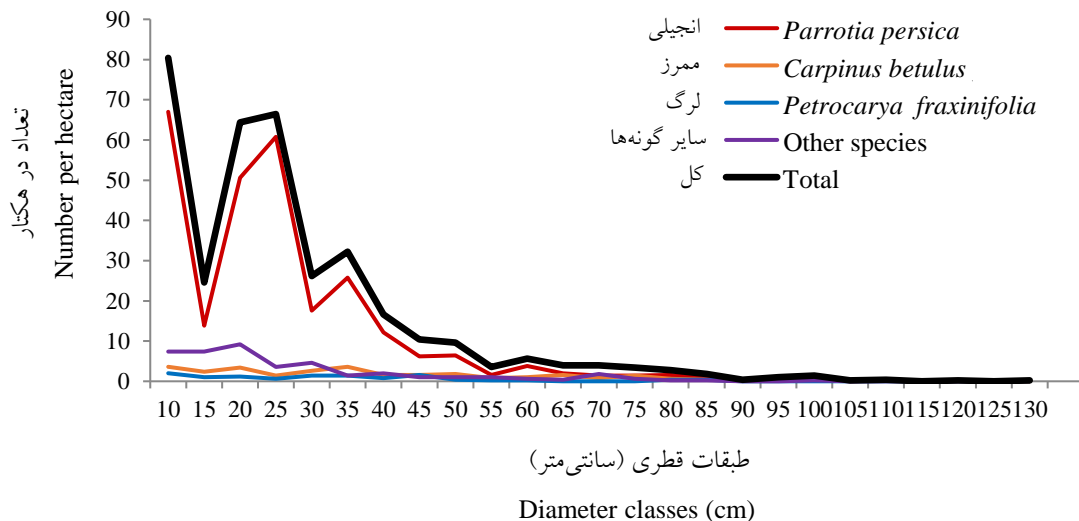
(ANOVA) انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. در ادامه برای محاسبه شاخص‌های تنوع از نرم‌افزار Ecological Methodology-6 استفاده شد (Pourbabaei et al., 2017).

نتایج

نتایج مقایسه فراوانی و میانگین قطر گونه‌های درختی در قطعات مختلف مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج گونه انجیلی در قطعه شماره ۱ بیشترین فراوانی را بین گونه‌های درختی به خود اختصاص داده است. بیشترین میانگین قطری بین

تراکم درختان در طبقات قطری ۱۰ تا ۳۵ سانتی متری قرار دارد. بیشترین فراوانی بین گونه‌های مختلف درختی مربوط به گونه انجیلی است و تراکم دیگر گونه‌های درختی اختلاف معنی‌داری با تعداد در هکتار گونه انجیلی دارند.

گونه‌های مورد بررسی نیز مربوط به گونه بلندمازو و قطعه شماره ۲ است. میانگین تعداد در هکتار گونه‌های درختی در طبقات قطری مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج توده‌های مورد پژوهش، ساختار ناهمسال و کاهنده داشته و بیشترین



شکل ۴- میانگین تعداد در هکتار گونه‌های درختی در طبقات قطری مختلف

Figure 4. Average number per hectare of different tree species in different diameter classes

در این پژوهش در مجموع ۷۱ گونه گیاهی شامل ۱۸ گونه درختی، ۷ گونه درختچه‌ای و ۴۶ گونه علفی متعلق به ۵۹ جنس و ۴۷ خانواده شناسایی شد (جدول ۱). از این تعداد ۳۷ گونه، ۳۰ جنس و ۲۱ خانواده، به گیاهان گلدار دو لپه‌ای، ۲۵ گونه ۲۳ جنس و ۲۰ خانواده به گیاهان گلدار تک لپه‌ای و ۹ گونه، ۶ جنس و ۶ خانواده به نهانزادان آوندی تعلق داشتند. خانواده‌های Rosaceae با ۸ گونه، Cyperaceae و Poaceae هر یک با ۴ گونه مهم‌ترین خانواده‌های شناسایی شده از نظر فراوانی بودند. همچنین، جنس‌های Carex با ۴ گونه و Rubus و Viola، هر یک با ۳ گونه عمده‌ترین جنس‌های رویشگاه را تشکیل می‌دهند. در بین گونه‌های درختی ۵ گونه انجیلی، ممرز، بلندمازو، توسکای بیلاقی و خرمندی برابر با ۲۷ درصد و در بین گونه‌های علفی نیز ۹ گونه (عمدتاً گونه‌های مختلف جگن و بنفشه) برابر با ۲۰ درصد در ریز قطعات نمونه وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۲- فراوانی و میانگین قطر گونه‌های درختی در قطعات مختلف مورد بررسی

Table 2. Frequency and average diameter of species trees in different sample plots

قطعه شماره ۵ Plot-5		قطعه شماره ۴ Plot-4		قطعه شماره ۳ Plot-3		قطعه شماره ۲ Plot-2		قطعه شماره ۱ Plot-1		گونه درختی Tree species	
میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name
26.57c	7a	37.7a	7a	34b	3b	-	-	34.16b	6a*	شیردار	<i>Acer cappadocicum</i> Gled.
23c	6b	52.5a	6b	43b	9a	-	-	-	-	پلت	<i>Acer velutinum</i> Bioss.
21.8b	5a	15c	5a	-	-	-	-	49a	4a	توسکا	<i>Alnus subcordata</i> C.A. Mey.
-	-	11.8a	5a	13.2a	5a	-	-	-	-	شمشاد	<i>Buxus hyrcana</i> Pajark.
39.8b	10c	15.58d	12c	38.22c	66a	54.23a	34b	41.9b	30b	ممرز	<i>Carpinus betulus</i> L.
51.66a	6c	20.88b	9b	23.22b	9b	22.62b	35a	22.75b	8b	خرمندی	<i>Diospyrus lotus</i> L.
-	-	29	2	-	-	-	-	-	-	شب خسب	<i>Albizia julibrissin</i> Durrz..
34.16b	6a	42.66a	3b	15d	1c	22.4c	5a	31b	1c	لیلکی	<i>Gleditsia caspica</i> Dest.
38.33b	3b	-	-	24c	2b	83.4a	5a	13.33	6a	بلندمازو	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A. Mey
25.16a	180d	19.33b	383b	22.06a	214c	26a	234c	23.24a	457a	انجیلی	<i>Parrotia persica</i> C.A. Mey
24b	8c	-	-	23.28b	20b	36.32a	31a	37.5a	2d	لرگ	<i>Petrocarya fraxinifolia</i> (Lam.)
18	2	-	-	-	-	-	-	-	-	توت سفید	<i>Morus alba</i> L.
11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	انجیر	<i>Ficus carica</i> L.

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

قطعه شماره ۵ Plot-5		قطعه شماره ۴ Plot-4		قطعه شماره ۳ Plot-3		قطعه شماره ۲ Plot-2		قطعه شماره ۱ Plot-1		گونه درختی Tree species	
میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	میانگین قطر Mean diameter	فراوانی Abundance	نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name
16.33d	3b	10.5e	2c	31c	7a	53a	3b	29.25b	4b	ون	<i>Fraxinus excelsior</i> (Lam).
-	-	-	-	-	-	-	-	20.5	2	سرخ ولیک	<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch.
-	-	-	-	21.5a	2a	22a	1a	-	-	آلوکک	<i>Cerasus avium</i> L.
-	-	38	1	-	-	-	-	-	-	نمدار	<i>Tilia begonifolia</i> Stev.
-	-	11.75b	4a	13.6b	5a	-	-	28a	1b	ملج	<i>Ulmus glabra</i> Hudson.
-	-	31.5	2	-	-	-	-	-	-	اوجا	<i>Ulmus minor</i> Miller.
69.5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	آزاد	<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall) Dipp.

جدول ۳- فهرست، گونه‌های گیاهی شناسایی شده در رویشگاه مورد پژوهش

Table 3. List of plant species identified in the study area habitat

شماره	نام فارسی	نام علمی	خانواده	پراکنش جغرافیایی	شکل زیستی	گروه‌های گیاهی
Number	Persian Name	Scientific Name	Family	Geographical Distribution	Plant Form	Plant Group
1	خاس	<i>Ilex spinigera</i> Loes.	Aquifoliaceae	ES	Hem	دو لپه
2	داردوست	<i>Hedera pastuchovii</i> Woron. Ex Grossh.	Araliaceae	ES	Ph	دو لپه
3	زنگی دارو	<i>Asplenium scolopendrium</i> (L.) Scop.	Aspleniaceae	PL	Hem	نهان‌زاد
4	سرخس شاخ‌گوزنی	<i>Asplenium adiantum nigrum</i> L.	Aspleniaceae	PL	G	نهان‌زاد
5	کاهینه واژگون	<i>Carpesium cernuum</i> L.	Asteraceae	PL	Thr	دو لپه
6	-	<i>Sigesbeckia orientalis</i> L.	Asteraceae	PL	Hem	دو لپه
7	ترتیزک باتلاقی	<i>Cardamin impatiens</i> L.	Brassicaceae	ES	Hem	دو لپه
8	آقظی	<i>Sambucus ebulus</i> L.	Caprifoliaceae	ES-IT-M	Hem	دو لپه
9	علف قناری	<i>Stellaria media</i> Cirillo.	Caryophyllaceae	Cos	Thr	دو لپه
10	-	<i>Moehringia trinervia</i> Clairv	Caryophyllaceae	PL	Thr	دو لپه
11	نیلوفر اصلی	<i>Calystegia sylvestris</i> Wild.	Convolvulaceae	ES-IT-M	G	دو لپه
12	کارکس جگن	<i>Carex divolsa</i> Stokes.	Cyperaceae	ES-IT-M	Hem	تک لپه
13	کارکس	<i>Carex remota</i> L.	Cyperaceae	ES-M	Hem	تک لپه
14	کارکس	<i>Carex strigosa</i> L.	Cyperaceae	ES-IT	Hem	تک لپه
15	کارکس جنگلی	<i>Carex sylvatica</i> Hodson.	Cyperaceae	ES	Hem	تک لپه
16	تمیس	<i>Tamus communis</i> L.	Dioscoreaceae	ES-IT-M	Ph	دو لپه
17	سرخس عقابی	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Dennstaedtiaceae	Cos	G	نهان‌زاد
18	-	<i>Dryopteris affinis</i> (Lowe) Fraser-Jenkins	Dryopteridaceae	ES	G	نهان‌زاد
19	سرخس مقدس	<i>Polysticum aculeatum</i> (L.) Schott.	Dryopteridaceae	PL	G	نهان‌زاد
20	سرخس گرجی	<i>Polysticum woronowii</i> Fomin	Dryopteridaceae	ES	G	نهان‌زاد
21	آکالیفا (علف هرز)	<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae	PL	Thr	دو لپه
22	تمامتی	<i>Hypericum androsaemum</i> L.	Hypericaceae	ES	Hem	دو لپه
23	کلینوپودیوم	<i>Clinopodium umbrosum</i> (M. Bieb.) K.ock.	Lamiaceae	ES	G	دو لپه
24	گزنه زرد	<i>Lamium galeobdolon</i> L.	Lamiaceae	ES	G	دو لپه
25	قاشقک	<i>Scutellaria turnefortii</i> Benth.	Lamiaceae	ES	G	دو لپه
26	نجم‌آبی ایرانی	<i>Scilla persica</i> . Hausskn	Liliaceae	ES	Hem	تک لپه
27	علف جادو	<i>Circaea lotetiana</i> L.	Onagraceae	PL	G	دو لپه
28	جالیز	<i>Orobanche</i> sp.	Orobanchaceae	ES-IT	G	دو لپه
29	علف ترشه	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Oxalidaceae	ES-IT	Thr	دو لپه
30	چمن جنگلی	<i>Brachypodium silvaticum</i> L.	Poaceae	ES	Hem	تک لپه
31	علف روسی	<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. Camus.	Poaceae	PL	Hem	تک لپه

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

شماره	نام فارسی	نام علمی	خانواده	پراکنش جغرافیایی	شکل زیستی	گروه های گیاهی
Number	Persian Name	Scientific Name	Family			
32	ملف	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P. Beauv.	Poaceae	ES-IT-M	Hem	تک لپه
33	چمن جنگلی	<i>Poa nemoralis</i> L.	Poaceae	ES-IT	Hem	تک لپه
34	فلفل آبی	<i>Polygonum hydropiper</i> L.	Polygonaceae	ES-IT	Hem	دو لپه
35	بسفایج	<i>Polypodium interjectum</i> Shivas.	Polypodiaceae	ES-M	G	نهان زاد
36	سیکلامن	<i>Cyclamen coum</i> Mill.	Primulaceae	ES	G	دو لپه
37	سرخس پنجه ای	<i>Pteris cretica</i> L.	Pteridaceae	ES-M	G	نهان زاد
38	مبارکه	<i>Geum urbanum</i> L.	Rosaceae	ES-IT-M	Hem	دو لپه
39	تمشک	<i>Rubus doliocarpus</i> Juz.	Rosaceae	ES	Ph	دو لپه
40	تمشک خزری	<i>Rubus hyrcanus</i> Juz.	Rosaceae	ES	Ph	دو لپه
41	تمشک جنگلی	<i>Rubus hyrtus</i> Waldst & Kit.	Rosaceae	ES	Ph	دو لپه
42	همیشک	<i>Danae rasemosa</i> L.	Ruscaceae	ES	Ph	تک لپه
43	کوله خاس	<i>Ruscus hyrcanus</i> Woron.	Ruscaceae	ES	Ph	تک لپه
44	ازملک	<i>Smilax excelsa</i> L.	Smilacaceae	Cos	Ph	تک لپه
45	گزنه	<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	ES	Hem	دو لپه
46	بنفشه سفید	<i>Viola alba</i> Besser.	Violaceae	ES-IT	Hem	دو لپه
47	بنفشه معطر	<i>Viola odorata</i> L.	Violaceae	ES-M	Hem	دو لپه
48	بنفشه	<i>Viola sieheana</i> W. Becker.	Violaceae	ES-IT	Hem	دو لپه
49	سرخس ماده	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth.	Woodsiaceae	PL	Hem	نهان زاد
50	شیردار	<i>Acer cappadocicum</i> Gled.	Aceraceae	Ph	ES	دو لپه
51	پلت	<i>Acer velutinum</i> Bioss.	Aceraceae	Ph	ES	دو لپه
52	توسکای بیلاقی	<i>Alnus subcordata</i> C.A. Mey.	Betulaceae	Ph	ES	دو لپه
53	شمشاد	<i>Buxus hyrcana</i> Pajark.	Buxuaceae	Ph	ES	دو لپه
54	ممرز	<i>Carpinus betulus</i> L.	Corylaceae	Ph	ES	دو لپه
55	خرمندی	<i>Diospyrus lotus</i> L.	Ebenaceae	Ph	PL	دو لپه
56	شب خسب	<i>Albizia julibrissin</i> Durraz.	Fabaceae	Ph	ES	دو لپه
57	لیلکی	<i>Gleditsia caspica</i> Dest.	Fabaceae	Ph	ES	دو لپه
58	بلندمازو	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A. Mey	Fagaceae	Ph	ES	دو لپه
59	انجیلی	<i>Parrotia persica</i> C.A. Mey	Hamamelidaceae	Ph	ES	دو لپه
60	لرگ	<i>Petrocarya fraxinifolia</i> (Lam.)	Juglandaceae	Ph	ES	دو لپه
61	توت سفید	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	Ph	PL	دو لپه
62	انجیر	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	Ph	IT-M	دو لپه
63	زبان گنجشک	<i>Fraxinus excelsior</i> (Lam.).	Oleaceae	Ph	ES	دو لپه
64	سرخ ولیک	<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch.	Rosaceae	Ph	ES	دو لپه
65	ازگیل	<i>Mespilus germanica</i> L.	Rosaceae	Ph	ES.IT.M	دو لپه

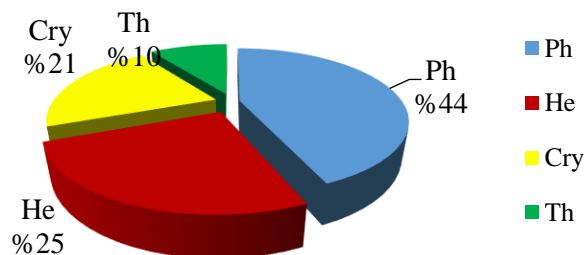
Continued table 3.

شماره	نام فارسی	نام علمی	خانواده	پراکنش جغرافیایی	شکل زیستی	گروه-های گیاهی
Number	Persian Name	Scientific Name	Family			
66	آلوچه	<i>Prunus spinosa</i> Ledeb.	Rosaceae	Ph	ES-IT-M	دو لپه
67	گیلاس وحشی	<i>Cerasus avium</i> L.	Rosaceae	Ph	ES	دو لپه
68	نمدار	<i>Tilia begonifolia</i> Stev.	Tiliaceae	Ph	ES	دو لپه
69	ملج	<i>Ulmus glabra</i> Hudson.	Ulmaceae	Ph	ES	دو لپه
70	اوجا	<i>Ulmus minor</i> Miller.	Ulmaceae	Ph	ES	دو لپه
71	آزاد	<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall) Dipp.	Ulmaceae	Ph	ES	دو لپه

شکل‌های زیستی

طبقه‌بندی گیاهان بر اساس شکل زیستی به روش رانکایر در منطقه مورد بررسی نشان داد که فانروفیت-ها (Ph) با ۴۴ درصد (۳۱ گونه) و همی کریپتوفیت‌ها (He) با ۲۵ درصد (۱۸ گونه) فراوانترین اشکال زیستی

گیاهان منطقه را تشکیل می‌دهند. دیگر شکل‌های زیستی گیاهان منطقه، شامل کریپتوفیت‌ها (Cry) با ۲۱ درصد (۱۵ گونه) و تروفیت‌ها (Th) با ۱۰ درصد (۷ گونه) بودند (شکل ۵).



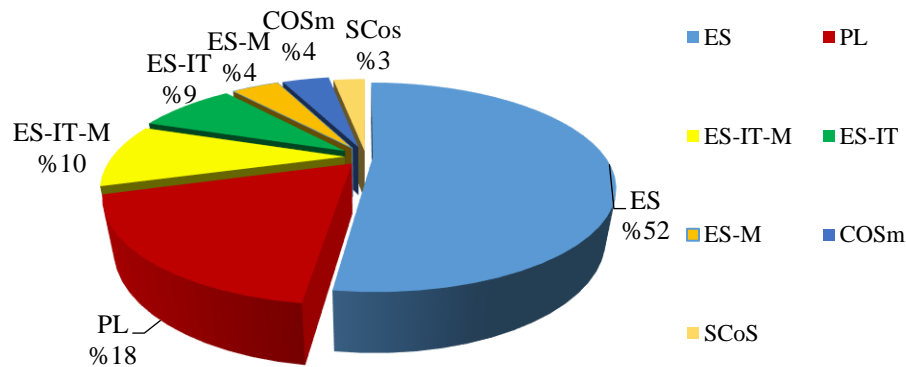
شکل ۵- فراوانی شکل‌های زیستی گیاهان منطقه مورد پژوهش (Ph: فانروفیت، Cry: کریپتوفیت، He: همی کریپتوفیت، Th: تروفیت)

Figure 5. Percentage frequency of plant forms in the study area (Ph: Phanrophyte, Cry: Cryptophyte, He: Hemicryptophyte, Th: Therophyte)

پراکنش جغرافیایی (کورتیپ)

گیاهان شناسایی شده از نظر تعلق به مناطق جغرافیایی گیاهی، عمدتاً مربوط به عناصر گیاهی اروپا-سیبری (ES) با ۵۲ درصد (۳۷ گونه) بودند. عناصر دیگر فیتوجغرافیایی به ترتیب، شامل عناصر گیاهی چند ناحیه‌ای (PL) با ۱۸ درصد (۱۳ گونه)، اروپا-سیبری-ایرانی تورانی-مدیترانه (ES-IT-M) با ۱۰

درصد (۷ گونه)، اروپا-سیبری-ایرانی تورانی (ES-IT) با ۹ درصد (۶ گونه)، اروپا-سیبری-مدیترانه (ES-M) با ۴ درصد (۳ گونه)، جهان وطنی (COSm) با ۴ درصد (۳ گونه) و نیمه جهان وطنی (SCOs) با ۳ درصد (۲ گونه) می‌شوند (شکل ۶).



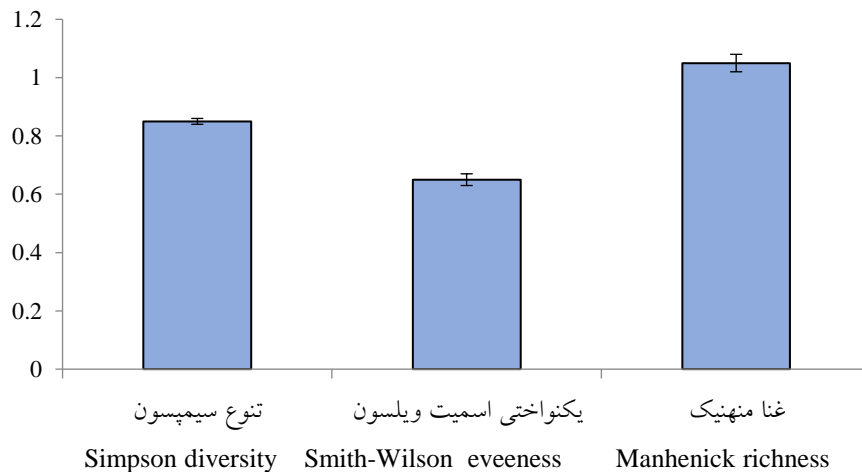
شکل ۶- فراوانی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی منطقه مورد پژوهش (ES: اروپا- سیبری، PL: چند ناحیه‌ای، IT: ایرانی- تورانی، M: مدیترانه‌ای، COSm: جهان وطنی، SCOs: نیمه جهان وطنی).

Figure 6. Frequency of geographical distribution of plant species in the study area (ES: Europe-Siberia, PL: Pluri-regional, IT: Iraniano-touranian, M: Mediterranean, COSm: cosmopolitan, SCOs semi-cosmopolitan).

سیمپسون برای کل گونه‌های منطقه مورد پژوهش ۰/۸۵ و شاخص‌های یکنواختی اسمیت ویلسون و غنای منهنیک به ترتیب ۰/۶۵ و ۱/۰۸ به دست آمد.

تنوع گونه‌ای

شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی کل گونه‌ها در منطقه مورد پژوهش در شکل ۷ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصله میانگین شاخص ناهمگنی



شکل ۷- شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی کل گونه‌ها در منطقه مورد پژوهش

Figure 7. Indices of diversity, richness and evenness of all species in the study area

سانتی متری قرار دارد که نشان‌دهنده جوان بودن توده- های مورد بررسی است. بیشترین فراوانی بین گونه- های مختلف درختی مربوط به گونه انجیلی است و تراکم دیگر گونه‌های درختی اختلاف معنی‌داری با

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که توده‌های مورد پژوهش، ساختار ناهمسال و کاهنده داشته و بیشترین تراکم درختان مربوط به طبقات قطری ۱۰ تا ۳۵

تعداد در هکتار گونه انجیلی دارند.

در این پژوهش در رویشگاه انجیلی، مجموعاً ۷۱ گونه گیاهی متعلق به ۵۹ جنس و ۴۷ خانواده شناسایی شد. خانواده های Rosaceae با ۸ گونه و Cyperaceae و Poaceae هر یک با ۴ گونه به ترتیب بیشترین فراوانی گونه‌ای را در منطقه مورد به خود اختصاص دادند و ۲۹ خانواده نیز تنها با ۱ گونه در منطقه حضور داشتند. بر اساس گزارش Razavi Abbasi (2012) حضور مؤثر خانواده Rosaceae را می‌توان به وجود شرایط اداکیکی مناسب از نظر بافت و خصوصیات شیمیایی مرتبط دانست. همچنین، Ravanbakhsh and Amini (2012) وجود ناهمواری در رویشگاه‌های غرب گیلان را از عوامل مهم حضور گسترده گونه‌های خانواده‌های Rosaceae، Cyperaceae و Poaceae عنوان کردند که با وجود گرادیان ارتفاعی محدود در منطقه مورد بررسی، وجود ناهمواری در این منطقه مؤید پژوهش فوق است. به علاوه، فراوانی گونه‌های Poaceae و Cyperaceae با توجه به سرشت رطوبت‌پسندی این خانواده در منطقه مورد پژوهش مربوط می‌شود. همچنین، نه گونه از نهانزادان آوندی نیز در منطقه مورد پژوهش شناسایی شد که این نتیجه نیز نشان‌دهنده رطوبت بالای خاک در منطقه است (Siadati et al., 2010). با این وجود، بسیاری از سرخس‌ها مانند سرخس عقابی و سرخس نر در شرایط نوری مناسب برای این گونه‌ها، مثلاً در زیر تاج پوشش باز شده و تنک، گسترش می‌یابند. یکی از دلایلی که می‌تواند در تنوع گونه‌ای مورد پژوهش تأثیر داشته باشد مراحل تحولی است. چنانچه در مرحله پوسیدگی با افتادن درختانی که به سن دیر زیستی رسیده‌اند روشنه‌هایی در داخل توده جنگلی ایجاد شده و نور وارد توده می‌شود که عامل نور می‌تواند در تعداد پوشش علفی کف جنگل و نوع

گونه‌های گیاهی با توجه به تیپ‌های مختلف تأثیر داشته باشد (Hosseinzadeh et al., 2018).

نتایج مربوط به شکل‌های زیستی عناصر گیاهی رویشگاه انجیلی، نشانگر حضور غالب فانروفیت‌ها و همی‌کریپتوفیت‌ها با مجموع ۶۹ درصد است. شکل زیستی گیاهان بیانگر نوع کاربری، چگونگی وضعیت و موقعیت اقلیمی منطقه مورد نظر است. بالا بودن درصد حضور فانروفیت‌ها نتیجه حضور متراکم درختان انجیلی با تاج‌پوشش انبوه و بسته این گونه است، که موجب نفوذ کمتر نور به کف جنگل می‌شود و تنوع گونه‌های زیر‌آشکوب جنگل را محدود می‌کند (Sefidi, 2017). علاوه بر این، فراوانی فانروفیت‌ها می‌تواند در نتیجه ریزاقلیم‌های متنوع ایجاد شده توسط توپوگرافی منطقه باشد که موجب شده گونه‌های متنوع درختی در منطقه حضور داشته باشند (Ravanbakhsh and Amini, 2012). نتایج این پژوهش از نظر درصد فراوانی شکل‌های زیستی با نتایج پژوهش‌های (Akbarinia et al., 2004) در جنگل‌های سنگه استان مازندران، (Esmailzadeh et al., 2005) در جنگل‌های افراتخته استان گلستان و (Amini, 2012) Ravanbakhsh and Amini در ذخیره‌گاه جنگلی گیسوم که شکل زیستی غالب عناصر گیاهی مناطق مورد پژوهش خود را فانروفیت‌ها و همی‌کریپتوفیت‌ها معرفی کردند، مطابقت دارد.

در این پژوهش، عناصر گیاهی ناحیه اروپا-سیبری با ۵۲ درصد بیشترین درصد حضور گونه‌ها را نشان داد. نتایج پژوهش‌های (Adel et al., 2014) در رویشگاه زیلکی گیلان (۴۲/۶ درصد عناصر اروپا سیبری)، (Ravanbakhsh and Amini, 2012) در ذخیره‌گاه جنگلی گیسوم تالش (۴۴ درصد)، (Haghoog and Pourbabaie, 2012) در پارک جنگلی سد تاریک رودبار (۳۵/۶ درصد)، (Assadi et al.,

هستند. در این پژوهش برخی گونه‌ها مانند خانواده گل سرخ فراوانی بیشتری دارند که موجب کاهش یکنواختی اسمیت ویلسون شده است دلیل آن مناسب‌تر بودن شرایط استقرار برای برخی گونه‌های گیاهی و رقابت بین گونه‌های مختلف است. شاخص غنا نشان دهنده انواع مختلف گونه‌ها است؛ که با نتایج پژوهش (Sefidi et al., 2017) در توده‌های انجیلی خیرودکنار مازندران مطابقت دارد. با این حال، غنای گونه‌ای در این پژوهش نیز در مقایسه با پژوهش مانند Hosseinzadeh et al., 2018 (غنا منهنیک ۰/۳۴) بیشتر است.

در این پژوهش مجموعاً ۷۱ گونه مختلف درختی، درختچه‌ای و علفی شناسایی شدند که نسبت به گزارش‌های مورد اشاره از تیپ‌های آمیخته کمتر است. این موضوع نشان‌دهنده بسته‌بودن تاج توده‌های مورد پژوهش است. همچنین، حضور عمده فانروفیت‌ها و همی‌کریپتوفیت‌ها در پژوهش حاضر نشان دهنده ترکیب زیستی مشابه رویشگاه انجیلی با دیگر رویشگاه‌های هیرکانی مانند Siadati et al. (2010) است. با وجود این، منطقه مورد پژوهش از نظر شاخص‌های تنوع از مناطق غنی ناحیه هیرکانی محسوب می‌شود. نهایتاً با توجه به اینکه منطقه مورد بررسی در حد غربی جنگل‌های هیرکانی قرار دارند گونه‌های شناسایی شده مشابهت بالایی با ناحیه اروپا سیبری دارند. در نتیجه رویشگاه‌های انجیلی غرب گیلان از مهم‌ترین کانون‌های تنوع گیاهی محسوب می‌شوند که با توجه به تنوع مطلوب پوشش گیاهی منطقه، پیشنهاد می‌شود بر جنبه‌های حفاظتی این جنگل‌ها تمرکز شود.

(2011) در رویشگاه شمشاد منطقه خیبوس مازندران (۴۶/۷ درصد) اشاره کرد که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. با توجه به این که منطقه مورد بررسی در این پژوهش در غربی‌ترین نقطه، نسبت به دیگر پژوهش‌های فلور به‌عمل‌آمده در جنگل‌های هیرکانی قرار دارد از این رو احتمالاً به‌دلیل اینکه نزدیکی بیشتری با جنگل‌های اروپا - سیبری داشته و مشابهت بیشتری را نشان داد.

در این پژوهش میانگین شاخص ناهمگنی سیمپسون برای کل گونه‌های منطقه مورد پژوهش ۰/۸۶ محاسبه شد. تنوع گیاهی به‌طور مستقیم از شرایط محیطی اثر می‌پذیرد. رطوبت بالای منطقه مورد پژوهش در غرب گیلان و حاصلخیزی خاک این مناطق در افزایش تنوع زیستی تأثیر داشته است. Seyd et al (2016) با بررسی تنوع زیستی در جنگل‌های استان گلستان شاخص تنوع سیمپسون را در توده‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده به‌ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۳۸ گزارش کردند که در هر دو مورد کمتر از شاخص تنوع در این پژوهش است که دلیل آن را می‌توان به مطلوب بودن شرایط رویشگاه حاضر مرتبط دانست؛ چراکه توده مورد پژوهش ایشان راشستان خالص بوده و به‌علت نرخ تجزیه‌پذیری لاشبرگ کمتر نسبت به رویشگاه انجیلی آمیخته شرایط گسترش پوشش علفی در منطقه مورد بررسی در این پژوهش بهتر خواهد بود. هرچند عامل نور ورودی نیز بر این موضوع اثرگذار است (Hosseinzadeh et al., 2018). یکنواختی نیز بیانگر مقدار تعادل در فراوانی گونه‌های گیاهی است و هر چه مقدار یکنواختی بیشتر باشد نشان دهنده تعادل در فراوانی گونه‌هاست. به‌عبارت دیگر، همه گونه‌ها تقریباً دارای تعداد افراد مساوی

References

- Adel, M.N.; Pourbabaei, H., Bazdid Vahdati, F., Floristic, life form, and chorological studies of unharvested beech (*Fagus orientalis* Lipsky) site in Zilaki forest, guilan. *Iranian Journal of Forest* **2014**, *6* (2), 201-214. (In Persian)
- Akbarinia, M.; Zare, H.; Hosseini, S.M.; Ejtehadi, H., Study on vegetation structure, floristic composition and chorology of silver birch communities at Sangdeh, forest of hyrcanian region. *Research and Construction* **2004**, *64*, 84-94. (In Persian)
- Akhondnejad, S.; Asri, Y.; Khakpour Moghaddam, T., Introduction of the flora, life form and chorology of the *Parrotia persica* C.A. Mey. Habitats (case study: Izdeh-e Noor area). *Taxonomy and Biosystematics* **2016**, *8* (29), 103-120. (In Persian)
- Amanzadeh, B.; Sagheb Talebi, K.; pahrizkar, P.; Shahinroksar Ahmadi, P.; Moradi, A.; Pourbabaei, H.; Yousefpour, M., Comparison of regeneration and diversity of herbaceous species in created and natural gaps. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, *5* (1), 153-167. (In Persian)
- Asadi, H.; Hosseini, S.; Esmailzadeh, O.; Ahmadi, A., Flora, Life form and chorological study of Box tree (*Buxus hyrcanus* Pojark.) sites in Khybus protected forest, Mazandaran. *Iranian Journal of Plant Biology* **2011** *3* (8): 27-40. (In Persian)
- Esmailzadeh, O.; Hosseini, S.M.; Oladi, J.A., Phytosociological study of english yew (*Taxus baccata* L.) site in afratakhteh reserve. *Pajouhesh and Sazandegi* **2005**, *68*, 75-66. (In Persian)
- Haghgoo, T.; Pourbabaei, H., Presentation of flora, life form and chorotype of plants in sadetarik forest park, roudbar, guilan. *Iranian Journal of Forest* **2012**, *3* (4), 331-340. (In Persian)
- Hosseinzadeh, R.; Soosani, J.; Razmahang, S., Effect of road on Diversity of woody plant species of oak forests Khorramabad. (Case study: Perc Forest in Ghalagol region). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2018**, *31* (1), 63-71. (In Persian)
- Lessa Derci, A.; Gutsch, M.; Basile, M.; Suckow, F., Socially optimal forest management and biodiversity conservation in temperate forests under climate change, *Ecological Economics* **2020**, 169: 1-16.
- Lotfalian, M.; Zare, A.; Fallah, A.; Hojati, S.M.; Imani, P., Environmental effects of wood extraction on composition and biodiversity regeneration (tree and herbaceous cover) (A case study: Gardeshy district of Choob and Kaghaz Mazandaran). *Journal of Natural Environment* **2018** *71* (1), 93-107. (In Persian)
- Namdari Khalan, A.; abrari vajari, K.; Heidari Sfari Kouchi, A., Investigation of woody species diversity in relation to physiographic factors (Case Study: Kalaleh Yew Habitat - Arasbaran). *Plant Ecosystem Conservation* **2020**, *8* (16), 305-319. (In Persian)
- Pourbabaei, H.; Ebrahimi, S.; Heydarnia, H., Effect of *Ailanthus altissima* stand on herbaceous species diversity (Talesh, Guilan). *Forest and Wood Products* **2017**, *70* (4), 579-586. (In Persian)
- Raunkiaer, C., The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. **1934**.
- Ravanbakhsh, M.; Amini, T., Study of Flora, Geographical Distribution and Ecological Structure of Gisum Talesh Forest Reserve. *Iranian Journal of Biology* **2012**, *25* (1), 21-31. (In Persian)
- Razavi, S.A.; Hassan Abbasi, N.A., A Floristic and Chorology Investigation of Oriental Arborvitae in Sourkesh Reserve (Fazel-Abad-Golestan Province). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2012**, *16* (2): 83-100. (In Persian)
- Sadegh, Kuhestani j.; Pourbabaei, H.; Ramzanpour, A.; Adel, M.N., Study of plant species diversity and species abundance models in Hackberry habitats, Case study: Rezvanshahr and Taniyn of Guilan. *Watershed Management Researches* **2016**, *29* (110), 2-14. (In Persian)
- Sefidi, K., Structural diversity as component of biodiversity in forest ecosystems, case study from population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer) in the north Iran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2017**, *29* (4), 805-818. (In Persian)
- Seyd, S.Z.1.; Moayeri M.H.; Mohammadi, J., Comparison of tree species diversity in the

- beech managed (selection cutting) and unmanaged forest stands (Case study: Shastkalateh Forest- Gorgan). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2016**, 28 (4), 784-793. (In Persian)
- Siadati, S.; Moradi, H.; Attar, F.; Etemad, V.; Hamzeh'ee, B.; Naqinezhad, A., Botanical diversity of hyrcanian forests; a case study of atransect in the kheyroud protected lowland mountain forests in northern Iran. *Phytotaxa* **2010**, 7, 1-18. (In Persian)
- Sobh Zahedi, S.; Naghdi, R.; Gharibreza, M.; Salehi, A.; Zahedi, G., Assessing the Effects of Strip Cutting methods on Soil Erosion (A Case Study: Chafroud Forest). *Iranian Journal of Forest* **2020**, 12 (1), 49-60. (In Persian)
- Soltani, S.; Maleki, K.; Heshmati, S., Application of a process-based model to quantifying dormancy loss in seeds of *Parrotia persica* C.A. Meyer. *South African Journal of Botany*, **2022**, 144, 97-104.
- Wu, H.; Franklin, S.B.; Liu, J.; Lu, Z., Relative importance of density dependence and topography on tree mortality in a subtropical mountain forest. *Forest Ecology and Management* **2019**, 384, 169-179.
- Zhiang, L.; zhu, Z.; Li, AE., Effects of pure and mixed afforestation on biodiversity indexes in west china. *Forestry* **2019**, 12 (2), 203-217.
- Zohary, M.; Heyn, C.C.; Heller, D., *Conspectus flora orientalis, an annotated catalogue of the flora of the Middle East. vols 1-8. 1980-1993*, The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

Investigation of composition and plant diversity of Persian ironwood (*Parrotia persica* C.A. Mey) site, Chafroud's forest of Guilan province

S. Pourabbasi Shiraz^{*1}, H. Pourbabaei² and A. Heidari Safari Kouchi³

1- PhD student of Forest Biology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I. R. Iran. (saman.abasi60@yahoo.com)

2- Professor, Department of Forest biology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I. R. Iran. (hpourbabaei@gmail.com)

3- PhD graduate of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I. R. Iran. (heidariabouzar@gmail.com)

Received: 05.08.2021 Accepted: 23.01.2022

Abstract

The aim of this study was to identify the composition and diversity of plants in the Persian ironwood habitat in the Chafroud forest in western Guilan province. For this purpose, five one-hectare sample plots were randomly selected in less disturbed *Parrotia persica* stands. All tree and shrubs species were identified in each sample plot. Also, 16 micro-sample plots of four-square meters in each sample plot were executed by randomized systematic method and all herbaceous species were identified and recorded. The life form of species was determined using the Rankier method, geographical distribution of species was classified using Zohari method and total biodiversity was determined using Simpson heterogeneity, Menhenick richness and Smith-Wilson evenness. The results of the study of habitat vegetation showed 71 plant species belonging to 59 genera and 43 families. The family of Rosaceae with eight species and Cyperaceae and Poaceae each with four species were the richest plant families in this habitat. Phanrophytes with 44% and hemicryptophytes with 25% had the highest percentage of biological form. In terms of geographical distribution, the highest frequency was obtained with 52% related to Siberian European elements. Also, richness diversity and total element uniformity were calculated to be 0.86, 1.08 and 0.65, respectively. According to the results of the present study, the Persian Iron-wood habitat of West Guilan is one of the various Hyrcanian habitats.

Keywords: Plant diversity, geographical distribution, Persian ironwood habitat, Floristic form.

* Corresponding author

Tel: +989115576131

تأثیر تفرج، جمعیت روستایی و جاده‌های جنگلی بر تنوع گونه‌های زیراشکوب جنگل (پژوهش موردی: جنگل زرین‌آباد ساری)

کوروش روحانی^۱، سید محمد حسینی نصر^{۲*}، حامد اسدی^۳ و محیا تفضلی^۴

- ۱- کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (koroshrohani@gmail.com)
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mhn1946@gmail.com)
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (h.asadi@sanru.ac.ir)
۴- دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mahya_tafazoli@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰

چکیده

یکی از عواقب ناشی از تخریب و تکه‌تکه شدن بوم‌سازگان جنگل‌های شمال کشور ایجاد اثر حاشیه‌ای و تغییرات در ترکیب و تنوع زیستی پوشش زیراشکوب است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثرهای حاشیه‌ای ناشی از احداث جاده‌های بین روستایی، جاده‌های جنگلی، توسعه روستاها و مناطق تفرجی روی ترکیب و تنوع زیستی پوشش زیراشکوب در جنگل‌های زرین‌آباد منطقه ساری بود. برای انجام این پژوهش در هر یک از چهار منطقه مذکور سه ترانسکت به موازات هم با فاصله ۱۰۰ متر پیاده شد. روی هر ترانسکت در فواصل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ و ۱۵۰ متر، قطعات-نمونه ۴۰۰ مترمربعی پیاده شد و در هر قطعه-نمونه فهرست تمام گونه‌های گیاهی و وفور (درصد تاج پوشش) آن‌ها ثبت شد. نتایج نشان داد که قطعات نمونه فاصله‌های ۵۰ و ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ ضریب تشابه جاکارد بالاتر و قطعات نمونه ۱۵۰ و ۰ ضریب تشابه جاکارد پایین‌تری داشتند. تحلیل‌های رج‌بندی DCA بیانگر آن است که قطعات نمونه فاصله صفر و ۱۵۰ متر از جاده، از دیگر فواصل متمایز بود. نتایج این پژوهش نشان داد که همه اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی بر غنا، تنوع و ترکیب پوشش گیاهی مناطق مجاور خود اثرگذار بودند که با افزایش فاصله از اثر حاشیه‌ای کاسته شد. از بین عوامل حاشیه مورد بررسی کمترین اثر را جاده جنگلی و بیشترین تأثیر را منطقه تفرجی داشت.

واژه‌های کلیدی: اثرهای حاشیه‌ای، تخریب رویشگاه، تشابه ترکیب پوشش گیاهی، جاده جنگلی.

مقدمه

فضای داخلی جنگل بر اثر فرآیندهای طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود، تعریف می‌شود (Pfeifer et al., 2017; Bae and Ryu, 2021). به عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که فرآیند تکه‌تکه شدن جنگل‌ها که ممکن است در اثر بروز پدیده‌های طبیعی یا غیرطبیعی رخ داده و منجر به اشتقاق جوامع گیاهی مختلف شود (Soleimani et al., 2015). امروزه بررسی اثرهای حاشیه‌ای روی بوم‌سازگان‌های جنگلی جهان مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (da Silva et al., 2021)، به طوری که آگاهی از اثرهای منفی بوم‌شناختی حاشیه‌ای برای مدیریت جنگل لازم و ضروری است (Harper et al., 2005). مرور منابع نشان می‌دهد که اثر حاشیه‌ای با ایجاد تغییر در ریز اقلیم منطقه (Hofmeister et al., 2019)، موجب افزایش صدمه‌های شدید و گاهی جبران‌ناپذیر شده‌اند و در بازخورد این اثرهای، حضور گروه‌های زیستی خاصی در این مناطق بیشتر می‌شوند که مانند آن‌ها می‌توان به گونه‌های مهاجم، علف‌های هرز، گونه‌های مقاوم به شرایط تخریب و گونه‌های پیشگام و مراحل اولیه توالی (Pfeifer et al., 2017) اشاره کرد.

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند منجر به ایجاد اثر حاشیه‌ای روی بوم‌سازگان‌های جنگلی شود، حضور و گسترش روستاها باشد. در بیشتر روستاهای مناطق جنگلی، روستاییان در ارتباط تنگاتنگ با جنگل هستند و بخشی از زندگی آنان به جنگل و منابع طبیعی وابسته است. بدین ترتیب که افراد ساکن در روستا به دلایل مختلف بر اساس نیازمندی‌های خود وارد عرصه‌های طبیعی شده و با بهره‌برداری‌های چوبی و غیرچوبی خود سبب تغییرات در ترکیب و ساختار جنگل شده، و در نتیجه تغییرات حاصله فرم طبیعی جنگل دچار به هم‌ریختگی‌های مختلف و متفاوت می‌شود (Ghorbanian et al., 2021).

جنگل‌های شمال ایران به‌جامانده از دوران سوم زمین‌شناسی و جزو زیست‌بوم‌های طبیعی با ارزش و منحصر به فرد هستند. با این وجود فعالیت‌های انسانی در موارد بسیاری منجر به تخریب این بوم‌سازگان ارزشمند شده است. مانند این فعالیت‌های انسانی می‌توان به احداث جاده‌های بین روستایی و جاده‌های جنگلی اشاره کرد. جاده‌های جنگلی با وجود نقش اساسی و مهمی که در مدیریت، حفاظت و احیاء جنگل‌ها دارند، طراحی نامناسب آن‌ها می‌تواند منجر به تکه‌تکه شدن بوم‌سازگان جنگلی شده و در ادامه می‌تواند بر پایداری، ترکیب و تنوع زیستی جوامع گیاهی اثرگذار باشد (Zeng et al., 2011). همچنین جاده‌های روستایی و جنگلی در مقیاس کوچک تا متوسط با ایجاد یک دالان در سطح رویشگاه به دلیل برداشت درختان جنگلی، موجب ایجاد تغییرات گسترده از نظر نور دریافتی، رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک در طولانی مدت می‌شوند (Forman et al., 2002). حضور درختان و تاج پوشش حاصل از آن‌ها بر جریان هوا، تغییرات دما و رطوبت هوا، رژیم آبی و رطوبت خاک اثرگذار است. بنابراین، هرگونه تغییر در تاج پوشش می‌تواند تغییرات قابل توجهی را در بوم‌سازگان‌های جنگلی سبب شود. علاوه بر این با افزایش دسترسی به نور، فضا برای حضور گونه‌های مهاجم فراهم شده و آن‌ها به تدریج جایگزین گونه‌های بومی می‌شوند و این پدیده در لبه‌های جنگل نسبت به محیط‌های داخلی‌تر آن بیشتر مشهود است (Zeng et al., 2011).

یکی از معضلات مهم این تخریب‌ها که به مرور زمان به وجود می‌آید اثرهای حاشیه‌ای (Edge Effects) است، که معمولاً به‌عنوان تفاوت در عوامل زیست‌اقليمی که در امتداد حاشیه جنگل نسبت به

جنگلی را اشغال می‌کنند. (Soleimani et al., 2015) تأثیر قطعه‌قطعه‌شدن جنگل‌ها بر روی ترکیب و پراکنش گونه‌های گیاهی، در دامنه‌های شمالی جنگل-های بلوط استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. سه قطعه جنگلی با جهت شمالی و با شرایط مشابه فیزیوگرافی انتخاب و در هر قطعه، در فواصل صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متری با استفاده از سه ترانکسکت که در فواصل ۲۰۰ متری از هم قرار گرفتند، اقدام به نمونه‌برداری از پوشش گیاهی شد. نتایج نشان داد که دو گروه شامل گروه قطعات نمونه حاشیه جنگل (صفر و ۲۵ متر) و گروه قطعات نمونه زون جنگل (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متری) تفکیک شد و مشخص شد که فاصله از حاشیه قطعه مهم‌ترین عامل در پراکنش گروه‌ها است. (Valadi et al., 2017) در پژوهش خود به ارزیابی تأثیر آشفستگی بر تنوع گونه‌ای زیر آشکوب پرداختند. بدین منظور با توجه به تأثیر تخریب انسانی با شدت‌های مختلف سه منطقه کمتر دست‌خورده، تخریب متوسط و تخریب شدید در جنگل‌های بلوط بانه انتخاب شدند. مدل‌های و فور-گونه شامل عصای شکسته، لوگ‌نرمال، سری هندسی و سری لگاریتمی برای هر تیمار برازش شدند و بهترین مدل توزیع بر پایه P بزرگ‌تر از ۰/۰۵ انتخاب شد. همچنین سه تیمار با استفاده از منحنی‌های درجه-بندی تنوع (Renyi) و روش غالبیت k مقایسه شدند. بر پایه تمام مدل‌ها دو منطقه جنگل کم‌تر دست‌خورده و تخریب متوسط دارای تنوع بالاتری نسبت به جنگل تخریب شدید بودند.

بر اساس منابع موجود پژوهشی در خصوص اثر جاده‌های جنگلی و همچنین مناطق تفرجی روی پوشش گیاهی جنگل انجام شده، ولی اثر جاده‌های بین روستایی و مناطق روستایی کمتر مورد توجه بوده است. با توجه به تفاوت در مقدار رفت‌وآمد و

مورد دیگری که منجر به ایجاد اثر حاشیه‌ای روی بوم‌سازگان جنگلی می‌شود، توسعه مناطق تفرجی به-دنبال افزایش جمعیت و افزایش نیاز به مناطق فضای سبز و پارک‌های جنگلی در حاشیه شهرها است. تغییر کاربری مناطق جنگلی به مناطق تفرجی سبب ایجاد فشارهای فزاینده بر عرصه منابع طبیعی به‌واسطه دخالت برای احداث جاده، محوطه پیک‌نیک، سکوی اسکان و توسعه تفرج برنامه‌ریزی نشده خواهد شد. اثر مستقیم فعالیت تفرجی بیشتر شامل از بین رفتن پوشش گیاهی ناشی از ساخت‌وساز جاده و کوبیدگی خاک در اثر تردد گردشگران است. ساخت و استفاده از جاده و مسیرهای فرعی در مناطق تفرجی مانند پارک‌های جنگلی ممکن است بر پوشش گیاهی و خاک مناطق مجاور حتی در فواصل دورتر نیز اثرگذار باشد (Hofmeister et al., 2019; Meza-Elizalde et al., 2021).

تخریب و به‌هم‌خوردگی عوامل غیر زیستی ناشی از اثر حاشیه‌ای حتی می‌تواند تا فواصل دورتری از منطقه اثر گسترش یابد (Hofmeister et al., 2019; Meza-Elizalde et al., 2021). در واقع اثر حاشیه‌ای در جنگل سبب ایجاد یک منطقه گذار (Transitional Zone) بین فضای داخلی جنگل و منطقه بدون درخت مجاور می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع پژوهش-های متعددی در رابطه با اثر حاشیه‌ای در داخل کشور انجام شده است. (Eshaghi Rad et al., 2011) با هدف بررسی اثر حاشیه‌ای بر ترکیب و پراکنش گیاهان در جنگل‌های بلوط چهارزیر کرمانشاه بیان کردند که اثر حاشیه‌ای که به‌شدت با تکه‌تکه‌شدن رویشگاه‌ها در ارتباط هستند، خطری جدی برای ازدست رفتن تنوع گونه‌ای گیاهی محسوب می‌شوند و نشان دادند که به‌مرور زمان در قطعات جنگلی کمتر از دو هکتار، گروه‌های گیاهی حاشیه جنگل تمام سطح قطعه

شد. میانگین ارتفاع از سطح دریا منطقه حدود ۱۸۷ متر بوده و از گونه‌های غالب گیاهی بلوط، انجیلی و ممرز تشکیل شده است. بررسی آمار ۱۰ ساله ایستگاه اقلیم‌شناسی سمسکنده نشان داد که متوسط بیشینه دما در گرم‌ترین ماه سال (مرداد) ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (دی) ۱/۶ درجه می‌گردد است. همچنین میانگین بارندگی سالیانه و میانگین درجه حرارت سالیانه در منطقه مورد پژوهش به ترتیب ۷۲۸ میلی‌متر و ۱۶ سانتی‌گراد است.

روش نمونه‌برداری

برای بررسی خصوصیات پوشش گیاهی در هر یک از مناطق با اثر حاشیه‌ای مختلف، سه ترانسکت به موازات هم با فاصله ۱۰۰ متر انتخاب شده و روی هر ترانسکت در فواصل صفر (متصل به حاشیه جنگل)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ اقدام به پیاده کردن قطعات نمونه ۴۰۰ مترمربعی (۲۰×۲۰ متر) شد. در هر قطعه نمونه فهرست تمام گونه‌های گیاهی و وفور (درصد تاج پوشش) آن‌ها بر اساس ضرایب فراوانی- غلبه وان- درمارل ثبت شد (Dengler et al., 2008).

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرمال‌بودن و همگنی واریانس داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و لون انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع زیستی در قطعات نمونه از شاخص‌های غنای گونه‌ای (Maguran, 1988) و تنوع گونه‌ای شانون-وینر (Peet, 1974)، سیمپسون (Hill, 1973) و یکنواختی پیلو (Peet, 1974) استفاده شد (جدول ۱). همچنین برای بررسی تشابه پوشش گیاهی قطعات نمونه در فواصل مختلف از ضریب تشابه جاکارد (رابطه ۱) استفاده شد.

$$J = c / (a + b + c)$$

رابطه ۱)

همچنین نوع استفاده از جاده روستایی نسب به جاده-های جنگلی، کسب اطلاعات در این خصوص لازم و ضروری به نظر می‌رسد. همچنین لازم به ذکر است که بیشتر پژوهش‌های پیشین در ارتباط با اثر روستا بر بوم‌سازگان‌های جنگلی بیشتر روی مسائل اقتصادی و اجتماعی متمرکز بوده و کمتر اثر بوم‌شناختی توسعه روستا مورد توجه قرار گرفته است. همچنین با توجه به اینکه ساخت جاده‌های روستایی و جنگلی، توسعه پارک‌های جنگلی و همچنین بهره‌برداری روستانشینان حاشیه جنگل سبب تغییر در تنوع و ترکیب گونه‌های کف جنگل می‌شود، بنابراین این تحقیق به منظور بررسی اثر عوامل حاشیه ذکر شده روی تنوع زیستی و ترکیب گونه‌های گیاهی انجام شد. کسب اطلاعات در این زمینه می‌تواند راهکار مناسبی برای مدیریت بهینه جنگل‌ها و همچنین احیای اراضی مخروبه باشد.

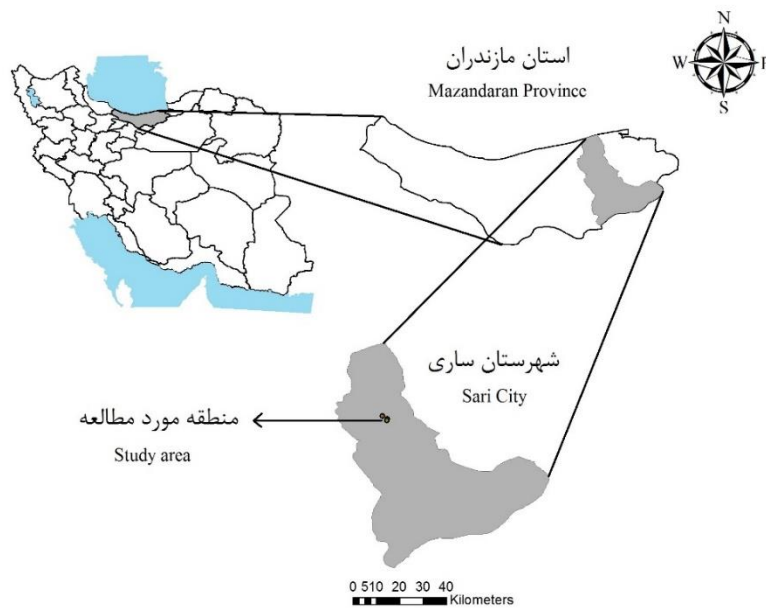
مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

این پژوهش در اراضی پایین‌بند و جلگه‌ای جنگل‌های هیرکانی از حوزه روستاهای زرین‌آباد و خارکش در جنوب شرقی شهرستان ساری انجام شد. در این منطقه چهار اثر حاشیه‌ای مختلف شامل روستا (مناطق مجاور روستای زرین‌آباد)، جاده روستایی، جاده جنگلی و منطقه تفرجگاهی (پارک جنگلی شهید زارع انتخاب شد (شکل ۱). جاده دسترسی روستایی از ابتدای دهه ۶۰ از نوع آسفالت‌ه بود و جاده جنگلی (درجه سه، خاکی و با روکش سطحی شن‌ریزی شده) که جزئی از طرح جنگلداری نکاچوب است در اواخر دهه ۵۰ احداث شد. مناطق مجاور روستای زرین‌آباد برای بررسی عامل حاشیه‌ای روستا انتخاب شد. پارک جنگلی شهید زارع با وسعت نزدیک به ۷۳ هکتار در سال ۱۳۷۳ اولین بار تحت عنوان پارک جنگلی تعیین

آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری شده DCA که مهم‌ترین روش تجزیه گرادیان غیرمستقیم محسوب می‌شود برای بررسی اختلاف ترکیب پوشش گیاهی در فواصل مختلف هر اثر حاشیه‌ای، استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و PC-ORD 5 انجام شد.

که در رابطه فوق، a: تعداد گونه‌های که فقط در پلات a وجود دارد؛ b: تعداد گونه‌های که فقط در پلات b وجود دارد؛ c: تعداد گونه‌هایی که در هر دو پلات وجود دارد. برای مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی و ضریب تشابه جاکارد قطعات نمونه در بین فواصل مختلف اثر حاشیه‌ای از تحلیل واریانس یک‌طرفه و



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی (منطقه زرین‌آباد)

Figure 1. Study area map (Zarin Abad area)

تفاوت معنی‌داری دارند (جدول ۳). در این ارتباط در اثر حاشیه‌ای جاده روستایی و جاده جنگلی درجه تشابه گونه‌ای از فاصله صفر به سمت فاصله ۱۵۰ متر به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ولی در منطقه تفرجی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در صورتی که در اثر حاشیه‌ای جاده روستایی، جاده جنگلی و منطقه تفرجی کاهش معنی‌داری در درجه تشابه فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متر با فواصل بعدی خود مشاهده نشد. همچنین درجه تشابه بین قطعات نمونه حاشیه روستا در فواصل مختلف از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج

خصوصیات پوشش گیاهی در فاصله‌های مختلف از عوامل حاشیه‌ای

فهرست فلورستیک و میانگین درصد تاج‌پوشش آن‌ها در فواصل مختلف و در اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه ضرایب تشابه جاکارد برای اثر حاشیه‌ای جاده روستایی، جاده جنگلی و منطقه تفرجی نشان داد که ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه این مناطق در فواصل مختلف از نظر ضریب تشابه جاکارد با یکدیگر

جدول ۱- شاخص‌های غنا و یکنواختی و تنوع گونه‌ای

Table 1. The richness, evenness and diversity indices

رابطه	منبع	شاخص‌ها
Equation	Reference	Indices
R=S	Maguran, 1988	غناي گونه‌اي Species richness
$p_i = \frac{n_i}{N}$ $J' = [-\sum p_i \ln(p_i)] / \ln S$	Peet, 1974	یکنواختی پیلو Pilu evenness
$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$	Peet, 1974	تنوع شانون-وینر Shannon-wiener diversity
$\lambda = 1 - \sum p_i^2$	Hill, 1973	تنوع سیمپسون Simpson diversity

S=تعداد گونه‌ها، P_i =نسبت درصد تاج پوشش گونه i ام (n_i) به مجموع درصد تاج پوشش گونه‌ها (N)S: Number of species, P_i : The ratio of cover of species i^{th} (n_i) to total cover of all species (N)

مقایسه با قطعات نمونه دیگر فواصل بودند (جدول ۴).

قطعات نمونه حاشیه روستا در فواصل مختلف از نظر شاخص غنای گونه‌ای ($F=7.16$) دارای تفاوت معنی‌دار بوده ($P<0.05$) و از نظر تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون و شاخص یکنواختی پیلو با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0.05$). در این ارتباط قطعات نمونه فاصله صفر از نظر شاخص‌های غنای گونه‌ای دارای بیشترین و قطعات نمونه دیگر فواصل دارای کمترین مقدار بودند (جدول ۴). قطعات نمونه حاشیه تفرجگاه در فواصل مختلف از نظر همه شاخص‌های تنوع زیستی به‌جز شاخص یکنواختی پیلو با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. به‌طوری‌که قطعات نمونه فاصله صفر از نظر شاخص‌های غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون-وینر دارای بیشترین و قطعات نمونه دیگر فواصل دارای کمترین مقدار بودند.

نتایج تحلیل واریانس شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی نشان داد که قطعات نمونه حاشیه جاده روستایی در فواصل مختلف از نظر شاخص یکنواختی پیلو، تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0.05$) و فقط از نظر شاخص غنای گونه‌ای دارای تفاوت معنی‌دار هستند ($F=13.60$, $P<0.05$). به‌طوری‌که قطعات نمونه فاصله صفر از نظر این شاخص دارای بیشترین مقدار و قطعات نمونه فاصله ۱۵۰ دارای کمترین مقدار هستند (جدول ۴). قطعات نمونه حاشیه جاده جنگلی در فواصل مختلف از نظر شاخص یکنواختی پیلو ($F=4.40$) دارای تفاوت معنی‌دار بوده ($P<0.05$) و از نظر تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون و همچنین شاخص غنای گونه‌ای با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0.05$). همچنین قطعات نمونه فاصله ۱۵۰ متر از حاشیه جاده جنگلی دارای بیشترین مقدار شاخص یکنواختی پیلو در

جدول ۲- لیست فلوریستیک و میانگین درصد تاج پوشش آن‌ها در فواصل مختلف هر یک از اثرهای حاشیه‌ای

Table 2. Floristic list and vegetation cover at different intervals of each edge effects

	جاده روستایی				جاده جنگلی				حاشیه روستا			منطقه تفرجگاهی				
	Rural road				Forest road				Village			Recreational zone				
	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
<i>Tamus communis</i> L.	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diospyros lotus</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	3.33	0.67	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	-	-	-	-	-	1.67	1.67	1.67	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus castaneifolia</i> C.A.Mey.	30	30	43.33	50	20	30	14	23.33	8.33	10	15	20	26.67	46.67	48.33	38.33
<i>Parrotia persica</i> (DC.) C.A.Mey.	20	16.67	21.67	21.67	15	20	18.33	10	23.33	45	53.33	40	15	16.67	18.33	33.33
<i>Mentha Pulegium</i> L.	1.67	-	-	-	2.33	1.67	-	-	-	-	-	-	0.67	-	-	-
<i>Punica granatum</i> L.	3.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxalis acetosella</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	1.67	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv.	11.67	12.67	2.67	-	8.33	0.67	6.67	1.67	20	4.33	6.67	-	46.67	13.33	5	8.33
<i>Avena sativa</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	8	-	-	-
<i>Rumex acetosella</i> L.	1	-	-	-	1.67	1.67	1.67	-	3.33	0.67	-	-	1	1	2	3.33
<i>Polygonum hyrcanicum</i> Rech.fil.	-	-	-	-	3.33	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paliurus spina-christi</i> Mill.	1.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rubus hyrcanus</i> Juz.	10.67	-	-	-	8.33	3	3.33	-	10	23.33	10	-	3.33	-	-	-
<i>Crataegus microphylla</i> C.Koch	11.67	8	2	-	11.67	15	9	-	4	5	-	-	6.67	-	-	-
<i>Acer velutinum</i> Boiss.	-	-	-	-	1.67	-	25	15	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) C.Koch	6.67	5	10	5	2	16.67	2.33	13.33	5	-	-	-	6.67	-	3	-
<i>Urtica dioica</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
<i>Viola alba</i> Besser	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.33	-	-	-

جدول ۳- مقایسه مقادیر ضریب تشابه جاکارد بین فواصل مختلف برای اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی

Table 3. Comparison of Jaccard similarity index between different distances for the studied edge effects

Sig.	F	فاصله						اثر حاشیه‌ای Edge effect
		Distance						
		100-150	50-150	50-100	0-150	0-100	0-50	
0.008**	5.13	0.58±0.05 a	0.36±0.03 bc	0.6±0.09 a	0.25±0.04 c	0.37±0.08 bc	0.48±0.03 ab	جاده روستایی Rural road
0.003**	7.12	0.37±0.07 cd	0.30±0.06 d	0.53±0.05 bc	0.36±0.04 cd	0.62±0.10 ab	0.77±0.08 a	جاده جنگلی Forest road
0.115ns	2.26	0.56±0.10 a	0.45±0.15 a	0.53±0.10 a	0.13±0.03 a	0.30±0.10 a	0.45±0.14 a	روستایی Village
0.001	9.51	0.80±0.11 a	0.91±0.09 a	0.73±0.17 a	0.31±0.02 b	0.30±0.02 b	0.27±0.04 b	منطقه تفریحی Recreational Zone

جدول ۴- مقایسه مقادیر (مقادیر میانگین ± اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی قطعات نمونه در فواصل مختلف از اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی بر اساس تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن

Table 4. Comparison of biodiversity indices (mean values ± standard error) of sample plots at different distances from the studied edge effects based on one-way analysis of variance and Duncan test

مقدار آماره F	فاصله				شاخص‌ها Indices	اثر حاشیه‌ای Edge effect
	Distance					
F value	150	100	50	Zero		
0.28 ^{ns}	0.56±0.11	0.62±0.01	0.72±0.06	0.56±0.25	تنوع سیمپسون Simpson diversity	جاده روستایی Rural road
0.48 ^{ns}	0.96±0.24	1.17±0.09	1.47±0.14	1.32±0.56	تنوع شانون-وینر Shannon-wiener diversity	
1.82 ^{ns}	0.91±0.03	0.73±0.09	0.78±0.06	0.54±0.19	یکنواختی پیلو Pilu evenness	
13.60**	3.00±0.57 c	4.66±0.88 bc	5.66±0.33 b	8.66±0.66 a	غنای گونه‌ای Richnes	
0.40 ^{ns}	0.76±0.02	0.76±0.05	0.79±0.04	0.81±0.04	تنوع سیمپسون Simpson diversity	جاده جنگلی Forest road
0.93 ^{ns}	1.57±0.06	1.69±0.2	1.84±0.14	1.9±0.19	تنوع شانون-وینر Shannon-wiener diversity	
4.40*	0.85±0.01 a	0.73±0.01 b	0.71±0.02 b	0.74±0.05 b	یکنواختی پیلو Pilu evenness	
2.55 ^{ns}	5.66±0.66 a	7.66±0.66 a	9.00±0.66 a	9.33±0.66 a	غنای گونه‌ای Richnes	

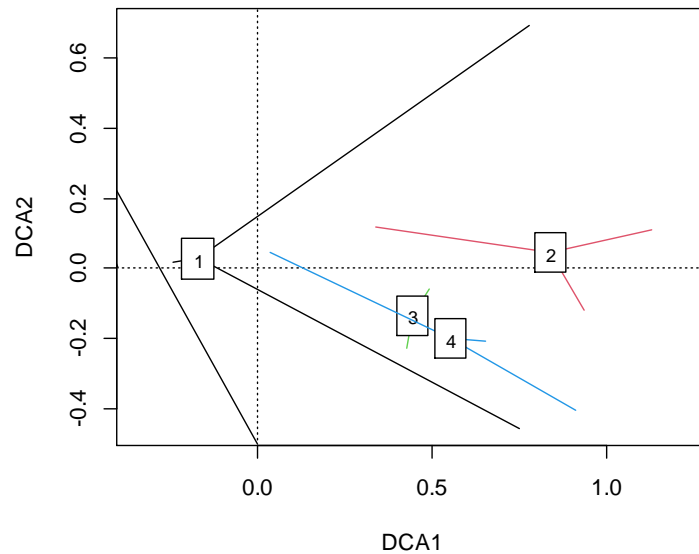
ادامهٔ جدول ۴.

Continued table 4.

مقدار آماره F F value	فاصله Distance				شاخص‌ها Indices	اثر حاشیه‌ای Edge effect
	150	100	50	Zero		
1.10 ^{ns}	0.6±0.03	0.51±0.2	0.66±0.1	0.8±0.03	تنوع سیمپسون Simpson diversity	روستا Village
2.69 ^{ns}	1.03±0.06	1±0.37	1.34±0.26	1.84±0.13	تنوع شانون-وینر Shannon-wiener diversity	
0.73 ^{ns}	0.85±0.03	0.68±0.14	0.67±0.1	0.77±0.07	یکنواختی پیلو Pilou evenness	
7.16*	3.33±0.33 b	4.33±0.88 b	6.00±1.15 ab	8.33±0.66 a	غنای گونه‌ای Richnes	
6.93**	0.58±0.02 b	0.53±0.05 b	0.51±0.08 b	0.78±0.01 a	تنوع سیمپسون Simpson diversity	منطقه تفرجی Recreational zone
21.26**	1.05±0.04 b	0.98±0.09 b	0.9±0.12 b	1.74±0.06 a	تنوع شانون-وینر Shannon-wiener diversity	
0.89 ^{ns}	0.71±0.03	0.62±0.06	0.68±0.03	0.66±0.02	یکنواختی پیلو Pilou evenness	
33.11**	4.00±0.01 b	4.33±0.33 b	3.66±0.33 b	8.66±0.66 a	غنای گونه‌ای Richnes	

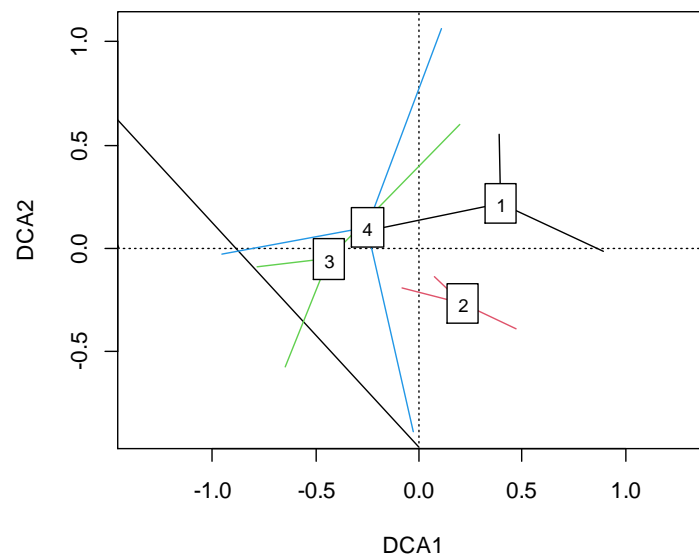
یکدیگر تفاوت واضحی ندارند (شکل ۲). این در حالی است که قطعات نمونه فواصل ۱۰۰ و ۱۵۰ متری در حاشیه جاده جنگلی ترکیب پوشش گیاهی متمایزی را با قطعات نمونه فواصل صفر و ۵۰ متری نشان دادند (شکل ۳). همچنین نتایج رجبندی DCA قطعات نمونه حاشیه روستا و حاشیه منطقه تفرجی نشان داد که ترکیب پوشش گیاهی فاصله صفر (چسبیده به اثر حاشیه‌ای) با دیگر فواصل (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر) دارای اختلاف هستند (شکل ۴ و ۵). در این ارتباط ترکیب پوشش گیاهی فاصله صفر با دیگر فواصل در منطقه تفرجی تمایز بیشتری را نشان دادند.

تحلیل‌های رجبندی DCA برای عوامل حاشیه مورد بررسی نمایش قطعات نمونه فواصل مختلف برای حاشیه جاده روستایی (شکل ۲)، حاشیه جاده جنگلی (شکل ۳)، حاشیه روستا (شکل ۴) و حاشیه منطقه تفرجی (شکل ۵) ابر نقاط به نسبت متمایزی را نشان می‌دهد. درصد تبیین واریانس توسط محورهای تحلیل DCA برای حاشیه جاده روستایی، حاشیه جاده جنگلی، حاشیه روستا و منطقه تفرجی به ترتیب ۱/۳۹۷، ۱/۵۵۱، ۲/۲۳۹ و ۱/۴۱۸ بود. رجبندی DCA قطعات نمونه حاشیه جاده روستایی نشان داد که ترکیب پوشش گیاهی فواصل مختلف از حاشیه روستا با



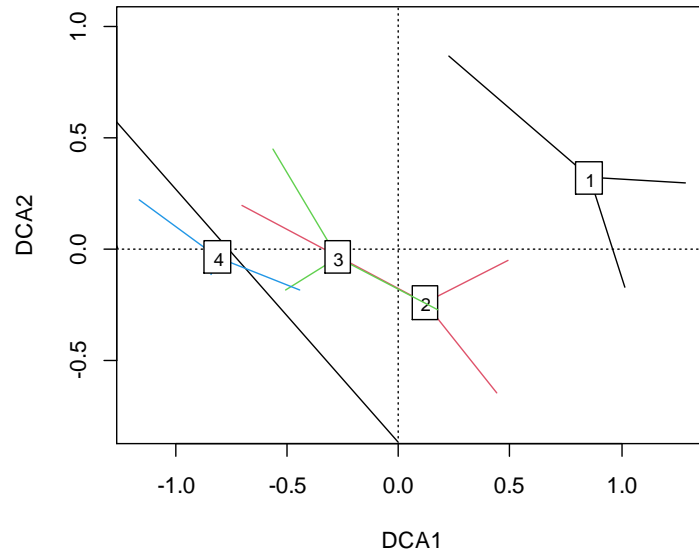
شکل ۲- رسته‌بندی DCA قطعات نمونه حاشیه جاده روستایی (کد ۱: فاصله صفر- کد ۲: فاصله ۵۰ متر- کد ۳: فاصله ۱۰۰ متر- کد ۴: فاصله ۱۵۰ متر). مقادیر ویژه دو محور اول به ترتیب ۰/۴۵۹ و ۰/۲۲۲ و به‌طور کلی ۴۹ درصد (به‌ترتیب ۳۳ و ۱۶ درصد) واریانس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه را توجیه می‌کنند.

Figure 2. DCA Classification of rural road sample plots (Code 1: Zero - Code 2: 50 meters - Code 3: 100 meters - Code 4: 150 meters). The eigenvalues of the first two axes explain 0.459 and 0.222, respectively, and generally describes 49% (33% and 16%, respectively) of the variance of the vegetation composition changes of the sample plots.



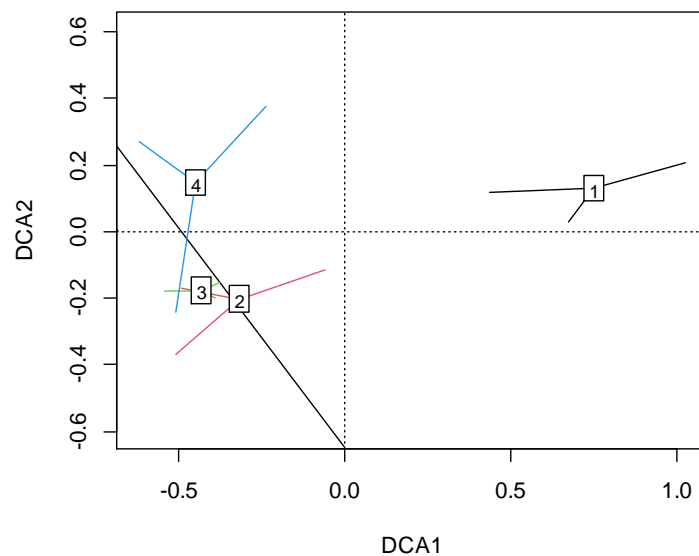
شکل ۳- رسته‌بندی DCA قطعات نمونه حاشیه جاده جنگلی (کد ۱: فاصله صفر- کد ۲: فاصله ۵۰ متر- کد ۳: فاصله ۱۰۰ متر- کد ۴: فاصله ۱۵۰ متر). مقادیر ویژه دو محور اول به ترتیب ۰/۳۷۴ و ۰/۲۴۲ و به‌طور کلی ۴۰ درصد (به‌ترتیب ۲۴ و ۱۶ درصد) واریانس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه را توجیه می‌کنند.

Figure 3. DCA Classification of forest road sample plots (Code 1: Zero - Code 2: 50 meters - Code 3: 100 meters - Code 4: 150 meters). The eigenvalues of the first two axes explain 0.374 and 0.242, respectively, and generally describes 40% (24% and 16%, respectively) of the variance of the vegetation composition changes of the sample plots.



شکل ۴- رسته‌بندی DCA قطعات نمونه حاشیه روستا (کد ۱: فاصله صفر. کد ۲: فاصله ۵۰ متر- کد ۳: فاصله ۱۰۰ متر- کد ۴: فاصله ۱۵۰ متر). مقادیر ویژه دو محور اول به ترتیب ۰/۶۲۸ و ۰/۳۴۲ به‌طور کلی ۴۳ درصد (به ترتیب ۲۸ و ۱۵ درصد) واریانس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه را توجیه می‌کنند.

Figure 4. DCA Classification of forest village sample plots (Code 1: Zero - Code 2: 50 meters - Code 3: 100 meters - Code 4: 150 meters). The eigenvalues of the first two axes explain 0.628 and 0.342, respectively, and generally describes 43% (28% and 15%, respectively) of the variance of the vegetation composition changes of the sample plots.



شکل ۵- رسته‌بندی DCA قطعات نمونه حاشیه منطقه تفرجی (کد ۱: فاصله صفر. کد ۲: فاصله ۵۰ متر- کد ۳: فاصله ۱۰۰ متر- کد ۴: فاصله ۱۵۰ متر). مقادیر ویژه دو محور اول به ترتیب ۰/۵۷۰ و ۰/۲۷۳ به‌طور کلی ۵۹ درصد (به ترتیب ۴۰ و ۱۹ درصد) واریانس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه را توجیه می‌کنند.

Figure 5. DCA Classification of recreation area sample plots (Code 1: Zero - Code 2: 50 meters - Code 3: 100 meters - Code 4: 150 meters). The eigenvalues of the first two axes explain 0.570 and 0.273, respectively, and generally describes 59% (40% and 19%, respectively) of the variance of the vegetation composition changes of the sample plots.

بحث

با توجه به اهمیت زیاد جنگل‌های شمال کشور، شناخت کافی از تأثیرات بوم‌شناختی عوامل تخریب می‌تواند زمینه‌ساز کنترل اختلالات بوم‌شناختی از آن‌ها باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در همه اثرهای حاشیه‌ای به‌جز منطقه تفرجی با فاصله‌گرفتن از نقطه صفر، شاخص تشابه گونه‌ای جاکارد کاهش می‌یابد. مرور منابع نشان می‌دهد که ایجاد اثر حاشیه‌ای سبب کاهش تاج پوشش، افزایش نور و افزایش دما، کاهش رطوبت خاک و کاهش زی‌توده روی زمینی در منطقه شده (Bae and Ryu, 2021) و در نتیجه افزایش نور، غنای پوشش گیاهی با توجه به استقرار گونه‌های مراحل اولیه توالی افزایش می‌یابد (Bhuiyan et al., 2021). همچنین پژوهش‌ها نشان داد که در قسمت حاشیه‌ای جنگل به دلیل ایجاد اختلاف در مقدار آب رسیده به کف جنگل و شدت باد، مقدار ته‌نشست مواد حاوی نیتروژن افزایش می‌یابد و بنابراین می‌تواند سبب افزایش غنای گونه‌ای شود. همچنین در مناطق حاشیه روستا و جاده‌های روستایی، تأثیر انسان و عبور وسایل نقلیه سبب ایجاد فشار به این مناطق و حذف گونه‌های حساس و استقرار گونه‌های مهاجم نیز می‌شود که مقدار حضور این گونه‌ها با افزایش مقدار تردد، افزایش می‌یابد (Ruwanza, 2019). حضور گونه‌های مراحل توالی و مهاجم در مناطق مجاور اثر حاشیه‌ای منجر به تغییر ترکیب پوشش گیاهی و در نهایت کاهش تشابه گونه‌ای با مناطق کمتر دست‌خورده و دست‌نخورده می‌شود. بیشتر بودن مقدار غنای گونه‌ای در منطقه حاشیه‌ای در پژوهش‌های گذشته نیز گزارش شده است (Erdős et al., 2017).

بیشترین (کمترین اثر منفی) و کمترین (بیشترین اثر منفی) کاهش تشابه مربوط به اثرهای حاشیه‌ای به- ترتیب مربوط به جاده جنگلی منطقه تفرجگاهی بود و

سپس جاده دسترسی روستایی و منطقه روستایی در حد وسط این دو مقدار قرار دارند. در جاده جنگلی با توجه عرض کم دالان قطع درخت ایجاد شده، قطع دوره‌ای بهره‌برداری چوب و در نتیجه کاهش تردد و همچنین حفاظت منظم و وجود حصارکشی اثر اختلال به عمق جنگل منتقل نشده (Meeussen et al., 2021) و در نتیجه جنگل شکل طبیعی خود را همچنان حفظ کرده و ترکیب متعادلی از پوشش گیاهی مختلف در این منطقه حضور داشت. برعکس در منطقه تفرجی ضمن کاهش شدید درصد تاج پوشش و افزایش نور در عرصه، به دلیل استفاده نادرست از ظرفیت و توان عرصه و افزایش کوبیدگی خاک سبب مشاهده آثار اختلال در عمق‌های ۱۵۰ متر هم شد و در نتیجه تشابه گونه‌ای افزایش نیز پیدا کرد (Salesa and Cerdà, 2020). به‌طور کلی اثر بوم‌شناختی مربوط به اثرهای حاشیه‌ای به سه نوع تقسیم شده است (Andriatsitohaina et al., 2020). اولین مورد مربوط به اثر مستقیم عوامل غیرزیستی است؛ به‌عنوان مثال تغییر در شرایط ریزاقليمی مانند مقدار نور وارد شده، دما، رطوبت و سرعت باد. عامل بعدی مربوط به اثر غیر مستقیم عوامل زیستی است که در نتیجه تغییر در شرایط غیر زیستی اتفاق می‌افتد، مانند تغییر در ترکیب پوشش گیاهی به واسطه تغییر مقدار نور. عامل بعدی مربوط به اثر غیرمستقیم عوامل زیستی به واسطه تغییر در ترکیب پوشش گیاهی است، به‌عنوان مثال تغییر در رقابت بین گونه‌ای (Andriatsitohaina et al., 2020). نتایج شاخص‌های تنوع زیستی نشان داد که با افزایش فاصله از اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی در این پژوهش غنای گونه‌ای نیز کاهش می‌یابد. همانند روند شاخص تشابه جاکارد، دلیل کاهش معنی‌دار مقادیر شاخص‌های غنای گونه‌ای با افزایش فاصله از اثر حاشیه‌ای، در واقع همان حضور متراکم درختان

قرار گرفته‌اند که بیانگر تفاوت در ترکیب فلورستیک آن‌ها می‌باشد. دارای حاشیه مخصوص به‌خود بوده و با دارای تمایز است. این تفاوت فلورستیک در منطقه تفرجی کاملاً متمایز است. در حاشیه جاده جنگلی اختلافی بین قطعات نمونه در فواصل مختلف مشاهده نشد. این بدان معناست که این نوع اثر حاشیه‌ای (جاده جنگلی) آثار مخرب زیادی نداشته و تأثیری بر ترکیب پوشش گیاهی وارد نمی‌کند که دلیل عمده آن مدیریت بهینه و عدم بهره‌وری متمرکز و همچنین رعایت اصل حفاظت از جنگل و جلوگیری از ورود بی‌رویه انسان به داخل عرصه است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که همه اثرهای حاشیه‌ای مورد بررسی بر غنا، تنوع و ترکیب پوشش گیاهی مناطق مجاور خود اثر گذار بودند که این اثر با افزایش فاصله از اثر حاشیه‌ای کاهش پیدا کرد. از بین عوامل حاشیه مورد بررسی کمترین اثر را جاده جنگلی و بیشترین تأثیر را منطقه تفرجی داشت. به‌طوریکه در منطقه تفرجی اثر شدیدی حتی در فواصل ۱۵۰ متر از آن مشاهده شد. بنابراین برای کاهش اثرهای زیان‌بار حاشیه‌ای بر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی زیرآشوب جنگل بایستی نکات فنی در هنگام ساخت جاده و مسائل مدیریتی و مراقبتی و حفاظتی و نگهداری و نهایتاً توجه به پتانسیل و توانایی و آستانه تحمل یک عرصه را مدنظر قرار داد تا محیط جنگل با مشکلات و مسائل بهم‌خوردگی خاک و آماده‌سازی بستر استقرار گونه‌های مهاجم مواجه نشود.

جنگلی با تاج‌پوشش انبوه در اشکوب درختی جنگل است که با ایجاد محدودیت فضا، زمینه حضور متنوع گونه‌های زیراشکوب جنگل را سخت می‌کند. در منطقه تفرجی علاوه بر کاهش غنای گونه با افزایش فاصله از اثر حاشیه‌ای، مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون وینر نیز کاهش می‌یابد. این مسئله بیانگر این نکته است که حضور گونه‌ای نورپسند و مهاجم با وفور (درصد تاج‌پوشش) بالایی وقوع یافته است و در نتیجه شدت اثر منفی حاشیه‌ای منطقه تفرجی بیشتر است. همچنین کاهش مقادیر شاخص‌های اثر حاشیه‌ای جاده جنگلی نسبت به دیگر اثرهای حاشیه‌ای کمتر بود و در نتیجه می‌توان بیان کرد که از نظر شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های زیرآشکوب نیز، جاده‌ای جنگلی اختلال کمتری را در عرصه جنگلی ایجاد می‌کند. مرور منابع نیز نشان می‌دهد که دلیل اصلی تغییر در مقادیر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌های زیرآشکوب از اثر حاشیه‌ای به سمت عمق جنگل، کاهش مقدار نور، کاهش به‌هم‌خوردگی و آسفتگی و کاهش تخریب فیزیکی خاک می‌باشد (Meza-Elizalde et al., 2021; Bhuiyan et al., 2021). همچنین پژوهش‌های متعددی در مناطق مختلف نشان داده است که اثرهای حاشیه‌ای مختلف می‌توانند عمق اثرگذاری متفاوتی داشته باشند (Andriatsitohaina et al., 2020).

تحلیل رسته بندی DCA اثرهای حاشیه‌ای روستا، جاده روستایی و منطقه تفرجی نشان داد که قطعات نمونه فاصله صفر (چسبیده به اثر حاشیه‌ای) کاملاً متمایز از قطعات نمونه فواصل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر

golden-brown mouse lemur (*Microcebus ravelobensis*) in northwestern Madagascar. *BMC ecology* 2020, 20 (1), 1-13.

Bae, J.; Ryu, Y., The magnitude and causes of edge effects on soil organic carbon stocks within and across urban to rural forest

References

Andriatsitohaina, B.; Romero-Mujalli, D.; Ramsay, M. S.; Kiene, F.; Rasoloharijaona, S.; Rakotondravony, R.; Lehman, S. M.; Radespiel, U., Effects of habitat edges on vegetation structure and the vulnerable

- patches. *Landscape and Urban Planning* **2021**, 215, 104223.
- Bhuiyan, A. R.; Mia, A.; Sarker, A.; Khan, A., Effect of transportation infrastructure on forest plant diversity and soil properties in Lawachara National Park, Bangladesh. *Acta Oecologica Sinica* **2022**, 42 (1), 110-120.
- da Silva, C. F.; de Souza, R. C.; Pereira, M. G.; Pinto, L. A. d. S. R.; Ferreira, R.; Correia, M. E. F.; Menezes, C. E. G.; Fontes, M. A.; da Silva, T. P., Edaphic attributes indicative of edge effect in Semideciduous tropical forest. *Acta Oecologica* **2021**, 113, 103776.
- Dengler, J., Chytrý, M., Ewald, J., *Phytosociology. In: Jørgensen SE, Fath BD (eds) Encyclopedia of ecology*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands 2008, 2767–2779
- Erdős, L.; Krstonošić, D.; Kiss, P. J.; Bátori, Z.; Tölgyesi, C.; Škvorec, Ž., Plant composition and diversity at edges in a semi-natural forest–grassland mosaic. *Plant Ecology* **2019**, 220 (3), 279-292.
- Eshaghi-Rad, J.E.; Heidari, M.; Mahdavi, A.; Zeinivandzadeh, M., Impact of recreational activities on vegetation and soil in forest park (case study: Choghasabz Forest Park-Illam). *Iranian journal of forest* **2011** 3 (1), 71-80. (In persian)
- Forman, R. T.; Sperling, D.; Bissonette, J. A.; Clevenger, A. P.; Cutshall, C. D.; Dale, V. H.; Fahrig, L.; France, R. L.; Goldman, C. R.; Heanue, K., *Road ecology: science and solutions*. Island press: 2003.
- Hill, M. O., Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* **1973**, 54 (2), 427-432.
- Hofmeister, J.; Hošek, J.; Brabec, M.; Štralková, R.; Mýlová, P.; Bouda, M.; Pettit, J. L.; Rydval, M.; Svoboda, M., Microclimate edge effect in small fragments of temperate forests in the context of climate change. *Forest Ecology and Management* **2019**, 448, 48-56.
- Meeussen, C.; Govaert, S.; Vanneste, T.; Bollmann, K.; Brunet, J.; Calders, K.; Cousins, S. A.; De Pauw, K.; Diekmann, M.; Gasperini, C., Microclimatic edge-to-interior gradients of European deciduous forests. *Agricultural and Forest Meteorology* **2021**, 311, 108699.
- Meza-Elizalde, M. C.; Armenteras-Pascual, D., Edge influence on the microclimate and vegetation of fragments of a north Amazonian Forest. *Forest Ecology and Management* **2021**, 498, 119546.
- Peet, R. K., The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics* **1974**, 285-307.
- Pfeifer, M.; Lefebvre, V.; Peres, C.; Banks-Leite, C.; Wearn, O.; Marsh, C.; Butchart, S.; Arroyo-Rodríguez, V.; Barlow, J.; Cerezo, A., Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. *Nature* **2017**, 551 (7679), 187-191.
- Ruwanza, S., The edge effect on plant diversity and soil properties in abandoned fields targeted for ecological restoration. *Sustainability* **2018**, 11 (1), 140.
- Salesa, D.; Cerdà, A., Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. *Journal of Environmental Management* **2020**, 271, 110990.
- Soleimani, F.; Eshaghi-Rad, J.; Khodakarami, Y., Influence of forest fragmentation on plant species composition and distribution in Northern slopes of Kermanshah forests. *Journal of Forest Research and Development* **2015**, 1(2), 123-134. (In persian)
- Tuff, K.; Tuff, T.; Davies, K., A framework for integrating thermal biology into fragmentation research. *Ecology letters* **2016**, 19 (4), 361-374.
- Valadi, G.; Eshaghi-Rad, J.; Zargarani, M.R., Evaluation of disturbance impact on species diversity of oak forest using parametric method. *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 2(4), 315-324. (In persian)
- Zeng, S.-L.; Zhang, T.-T.; Gao, Y.; Li, B.; Fang, C.-M.; Flory, S. L.; Zhao, B., Road effects on vegetation composition in a saline environment. *Journal of Plant Ecology* **2012**, 5 (2), 206-218.

The effect of recreation, rural population and forest roads on the diversity of forest undersory species (case study: Zarin Abad Forests of Sari)

K. Rouhani¹, S. M. Hosseini Nasr^{*2}, H. Asadi³ and M. Tafazoli⁴

1- MSc. in Forestry, Department of Forest science and engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (koroshrohani@gmail.com)

2- Associate Prof., Department of Forest science and engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (mhn1946@gmail.com)

3- Assistant Prof., Department of Forest science and engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (h.asadi@sanru.ac.ir)

4- PhD in Forest Soil Science, Department of Forest science and engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (mahya_tafazoli@yahoo.com)

Received: 21.11.2021 Accepted: 20.01.2022

Abstract

One of the consequences of destruction and fragmentation of forest ecosystems in the north of Iran is the creation of an edge effects and changes in the composition and biodiversity of the understory cover. Therefore, the purpose of this study was to investigate the edge effects due to rural roads, forest roads, rural development and recreational areas on the composition and biodiversity of understory cover in the Zarin Abad forests of Sari City. In order to conduct this research, in each of the four mentioned areas, three transects were considered in parallel with a distance of 100 meters. On each transect at intervals of zero, 50, 100 and 150 meters, sample-parts of 400 square meters were landed and in each sample plot, a list of all plant species and their abundance (percentage of canopy cover) were recorded. The results showed that the sample plots in the distances of 50,100 and 150,100 had higher Jaccard index and the 0,150 sample plots had lower Jaccard index. DCA analysis indicates that the sample plots at zero and 150 m distance from the road were different from other distances. The results of the present study showed that all the studied edge effects had significant effect on the richness, diversity and composition of vegetation, which these effects increased with the distance from the edges. Among the studied edge effects, the forest road had the least effect and the recreation area had the most effect.

Keywords: Edge Effect, Recreational area, Vegetation similarity, Forest road.

* Corresponding author

Tel: +981133845411

ارزیابی صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی برخی ژنوتیپ‌های قره‌قات (*Ribes biberistentii* L.) در حوزه آبخیز ایلگنه‌چای جنگل‌های ارسباران

الناز گلچهره^۱، حبیب شیرزاد^۲، سجاد قنبری^{۳*} و بهاره قربانی^۴

- ۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (e.golchereh@chmail.ir)
- ۲- استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (hshirzad1354@yahoo.com)
- ۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (ghanbarisajad@gmail.com)
- ۴- دانش آموخته‌ی دکتری، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (ghorbani.bahareh@ymail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴

چکیده

میوه قره‌قات از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار است و کشور ایران یکی از مهم‌ترین مراکز تنوع این میوه محسوب می‌شود. از این رو در پژوهشی پتانسیل این گیاه دارویی ارزشمند در کارهای اصلاحی، تنوع مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و ژنتیکی در منطقه ارسباران مورد بررسی قرار گرفت. مشخصه‌های اندازه‌گیری شده شامل ویژگی‌های مورفولوژیکی میوه شامل طول، وزن میوه و ویژگی‌های فیتوشیمیایی میوه همچون مواد جامد محلول، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی براساس روش (DPPH) و فعالیت آنزیم پراکسیداز بود. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده به ۴ گروه اصلی تقسیم شدند. در گروه نخست، ۹ ژنوتیپ (R1; 18; 6; 9; 15; 7; 8; 13; 12) حضور داشتند، ژنوتیپ‌های این گروه در صفات وزن، طول میوه و مواد جامد محلول شباهت‌های بسیاری را دارا بودند. در گروه دوم، ۳ ژنوتیپ (R10; 3; 2) حضور داشتند که در صفاتی چون پراکسیداز و آنتی‌اکسیدان شباهت زیادی با هم داشتند. در گروه سوم، ۴ ژنوتیپ (R14; 4; 17; 16) حضور داشتند، ژنوتیپ‌های این گروه در صفات فنل و آنتوسیانین شبیه بوده‌اند. در گروه چهارم، ۳ ژنوتیپ (R5; 11; 19) قرار دارند که در صفاتی چون مواد جامد محلول و آنتی‌اکسیدان شباهت زیادی دارند، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای نتایج حاصل را تایید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید کل، قره‌قات.

مقدمه

و ۹۷ تیره تعلق دارند. در حال حاضر در نقاط مختلف ارسباران میوه گونه‌هایی مانند زغال‌اخته، گردو، انار، آلوچه، فندق و غیره برای اهداف مختلف خوراکی و دارویی برداشت می‌شود (Ghanbari et al., 2015). در این منطقه گونه با ارزش دیگری به نام قره‌قات وجود دارد که در مناطق خاصی از جنگل‌های ارسباران پراکنش دارد و به دلیل ارزش تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی، میوه این گونه برداشت می‌شود. استفاده و بهره‌برداری از گونه‌ها اغلب به تخلیه ژنتیکی آن‌ها منجر شده و روند کاهشی سریع جمعیتی را موجب خواهد شد (Sher and Al-yemeni, 2011).

ارزیابی تنوع متابولسمی گیاهان و جمع‌آوری صفات مطلوب بین ژنوتیپ‌ها، از اهداف اصلاحی مهم در گیاهان است و می‌تواند به اصلاح‌کنندگان در بهره‌گیری از این صفات در برنامه‌های اصلاحی کمک زیادی کند. ارزیابی این تنوع ژنتیکی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از نظر خصوصیات کمی و کیفی می‌تواند گام بسیار مهمی در راستای حفظ ژرم‌پلاسم قره‌قات و استفاده از آن‌ها در برنامه اصلاحی تکمیلی باشد. در این راستا پژوهش‌های متعددی در نقاط مختلف بر روی گستره‌ای از ریزمیوه‌ها مثل قره‌قات انجام شده است. محققان با بررسی ۴۷ ژنوتیپ زرشک بومی ایران دریافتند وجود تنوع بالا می‌تواند ناشی از خصوصیات مورفولوژیکی همچون شکل میوه، اندازه میوه و رنگ میوه باشد (Rezaei et al., 2011). در بررسی پژوهشگران دیده شد که گونه قره‌قات دارای تنوع بالا و جمعیت‌های کلونی است. پژوهش‌ها نشان داد قره‌قات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا بوده و از این ویژگی برای ضدالتهابی و ضد مضرات باکتریایی می‌توان بهره برد (Manganaris et al., 2013). البته در بررسی‌های دیگری به تفاوت‌های ژنتیکی در بین پایه‌های مختلف از گونه‌های متفاوت

قره‌قات با نام علمی *Ribes biberistentii* در سطح جهان در مناطقی از ارمنستان، قفقاز، آذربایجان و ترکیه انتشار دارد. گونه‌های جنس *Ribes* بیشتر چندساله هستند و قطر میوه شش تا ۱۰ میلی‌متر و لکه‌دار با پوست شفاف است (Ghanbari, 2021). ترکیبات میوه قره‌قات بستگی به نوع رقم، روش‌های کشت و شرایط محیطی دارد (Karjalainen et al., 2009). قره‌قات دارای دو گونه سیاه و قرمز بوده که در جهان شناخته شده‌اند. ارقام قره‌قات به‌طور تقریبی به چند گروه تقسیم می‌شوند: سیاه، قرمز، انگور فرنگی و انگور ترش. جنس *Ribes* شامل بیش از ۱۵۰ گونه است که بیشتر بومی شمال اروپا، آسیا، آمریکای شمالی و پاتاگونیا هستند و ارتفاع بوته قره‌قات بین یک تا دو متر متغیر است (Ghanbari, 2021). دارای برگ‌های قلبی شکل با پنج لوب استاندارد است (Emad et al., 2012). یکی از مهم‌ترین گونه‌های میوه‌ریز با کاربرد دارویی در ارسباران، گونه قره‌قات است که باید اطلاعات مدونی از این گونه یا گونه‌های با وضعیت مشابه جمع‌آوری شود. میوه‌های ریز همانند دیگر گونه‌های درختان میوه، تنوع زیادی داشته و دارای نیازهای اقلیمی متفاوت هستند. معمولاً میوه‌های ریز به‌صورت درختچه و یا بوته بوده و دارای میوه سته و یا میوه مجتمع هستند. عامل محدودکننده پرورش میوه‌های ریز مانند دیگر درختان میوه، ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی است (Jalili, 2010). ارسباران که در ارتفاعات رشته کوه قره‌داغ در شرایط اکولوژیکی خاص به‌وجود آمده، سبب تشکیل جوامع متنوع حیاتی، ترکیب گونه‌ای و فلور به‌نسبت غنی شده است، به‌طوری که طبق بررسی‌های انجام‌شده، تاکنون بیش از ۱۳۴۴ گونه گیاهی در منطقه شناسایی شده است که به ۴۹۳ جنس

برداری شدند. مشخصات جغرافیایی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از دستگاه GPS ثبت شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی، نمونه‌های میوه قره‌قات در تابستان ۱۳۹۷ از منطقه ارسباران به صورت تصادفی جمع‌آوری شدند و سپس به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال داده شدند و در هر ژنوتیپ ویژگی‌های مورفولوژیکی میوه شامل طول، وزن میوه و ویژگی‌های فیتوشیمیایی میوه شامل مواد جامد محلول، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، ویتامین‌ث، ظرفیت‌آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم پراکسیداز مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات اندازه‌گیری شده

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی طول و وزن میوه: در این بررسی، صفت‌های مورفولوژیکی میوه مورد بررسی قرار گرفت. طول میوه با خط‌کش و وزن گوشت میوه توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. در ادامه ۱۰ میوه که به صورت کاملاً تصادفی از هر ژنوتیپ انتخاب شدند، اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول: برای این منظور، چند قطره از عصاره حبه‌های میوه قره‌قات در دمای اتاق روی رفراکتومتر دستی مدل ATAGO ساخت کشور ژاپن قرار گرفت و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت شد (Jalili Marandi, 2004).

اندازه‌گیری محتوای فنل: برای ارزیابی فنل طبق روش Slinkard et al. (1997) با کمی تغییر عمل شد که ابتدا ۳۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را به داخل ویال ریخته و بعد ۹۰ میکرولیتر آب، ۶۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد اضافه کرده و بعد از ۱۰ دقیقه ۴۸۰ میکرولیتر دیگر کربنات سدیم به آن اضافه شده و حجم نهایی به ۱۲۰۰ میکرولیتر رسید. ویال‌ها را ۱/۵ الی دو ساعت به محل تاریکی انتقال داده و بعد از این

پردازش شده (Rostami et al., 2019; Mohammadi, 2021; Alaghoz et al., 2021; Khazaei poul et al., 2021).

با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مختلف قره‌قات (*Ribes biberistentii*) منطقه ارسباران، تاکنون در یک پژوهش جامع بررسی نشده است، این پژوهش برای ارزیابی تنوع فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی در بین ژنوتیپ‌های مختلف قره‌قات در منطقه ارسباران برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و توسعه کشت و کار و اهلی‌سازی این میوه جنگلی انجام شد. اینکه آیا تفاوتی بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی وجود دارد. آیا مقدار تفاوت در بین خصوصیات مختلف، معنی‌دار است؟

مواد روش‌ها

انتخاب منطقه مورد بررسی براساس فلور ایرانیکا و دیگر گزارشات ارائه شده در زمینه قره‌قات در منطقه ارسباران انجام شد. ابتدا موقعیت مکانی نقطه شروع نمونه‌گیری با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سیستم مختصات UTM قرائت و ثبت شد (Ghanbari et al., 2020). گونه قره‌قات (*Ribes biberistentii*) در مساحت تقریبی ۱۰۰ هکتار در محدوده پراکنش طبیعی این گونه انتخاب شد و از آن ۱۹ ژنوتیپ مورد بررسی قرار گرفت و از هر ژنوتیپ، سه نمونه برای انجام آنالیزهای فیزیکوشیمیایی انتخاب شدند. این پایه‌ها، همگی متعلق به یک منطقه بوده و از نقاط مختلف یک منطقه به صورت تصادفی جمع‌آوری شدند. علت انتخاب ۱۹ ژنوتیپ به این دلیل بود که محدوده پراکنش این گونه منحصر به دره‌ها هست و در دره‌هایی که این گونه پراکنش داشت، تقریباً به فواصل ۵۰ متر از همدیگر نمونه‌ها جمع‌آوری شدند. در هر ۵۰ متر، یک ژنوتیپ انتخاب شد و در ژنوتیپ، پایه وسط، سمت راست و چپ انتخاب و نمونه-

مدت جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد (Slinkard and Singleton, 1977).

اندازه‌گیری فلاونوئیدکل: برای ارزیابی فلاونوئیدکل ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه‌شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتريت سدیم پنج درصد مخلوط کرده و بعد از پنج دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیم ۱۰ درصد اضافه شده و بعد از پنج دقیقه یک میلی‌لیتر سود یک مولار اضافه شده و در نهایت حجم نهایی را به پنج سی سی رسانده و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت شد (Shin et al., 2003).

اندازه‌گیری محتوی آنتوسیانین کل: آنتوسیانین با استفاده از روش (DPPH)، بر اساس اختلاف pH بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. نتایج براساس سیانیدین ۳ گلوگزاید در میلی‌گرم در لیتر وزن‌تر بیان شد (Giusti and Wrolstad, 2001).

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک: برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک، ۱/۲۶۹ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط کرده و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به یک ظرف دیگر منتقل و با محلول اسید آسکوربیک خالص تیترا شد. برای محاسبه عامل مخلوط ید از رابطه ۱ استفاده شد (Burdurlu et al., 2006).

$$F = \frac{A}{B \times N \times 88.1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

F: عامل مخلوط ید، A: مقدار اسید آسکوربیک خالص (میلی‌گرم)، B: مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی‌گرم) و N: نرمالیت مخلوط ید.

بعد از تعیین عامل ید، ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه را در یک ظرف ریخته و به آن دو میلی‌لیتر نشاسته یک درصد اضافه شد. سرانجام با استفاده از

رابطه ۲ مقدار اسید آسکوربیک در عصاره میوه محاسبه شد:

$$A = \frac{S \times N \times F \times 88.1}{10} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

A: مقدار اسید آسکوربیک در عصاره میوه (میلی-گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و S: مقدار محلول ید مصرف شده (میلی‌لیتر).

مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدان عصاره میوه (DPPH): در ارزیابی آنتی‌اکسیدان کل، ابتدا ۵۰ میکرولیتر عصاره آماده شده با ۹۵۰ میکرولیتر DPPH مخلوط و بعد از ۳۰ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت و در رابطه ۳ جاگذاری شد:

$$\%DPPH = \frac{(Abs\ control)_{t=30\ min} - (Abs\ sample)_{t=30\ min}}{(Abs\ control)_{t=30\ min}} * 100$$

Abs sample مقدار جذب DPPH در حضور نمونه و Abs control جذب DPPH بدون عصاره است (Navarro et al., 2006).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز: عصاره پروتئینی آماده شده، برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز در طول موج ۴۲۵ نانومتر قرائت شد (Nakano and Asada, 1981).

تجزیه تحلیل داده‌ها

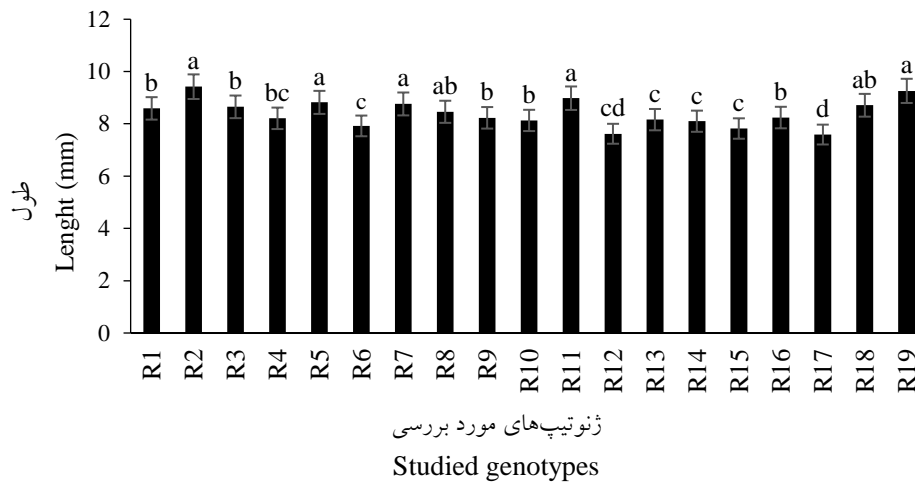
این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۹ ژنوتیپ در سه تکرار انجام شد. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی به روش ward با نرم‌افزار Minitab (Ver: 16) انجام شد.

نتایج

صفات مورفولوژیکی طول و وزن میوه

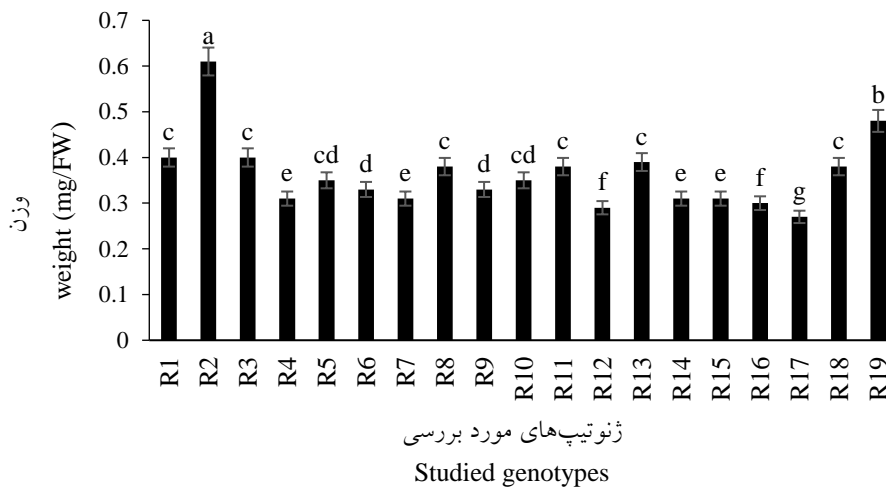
نتایج نشان داد وزن میوه در محدوده بین ۰/۲۷ تا ۰/۶۱ میلی‌گرم و طول میوه‌ها بین ۹/۷۷ تا ۷/۵۲ میلی-

متر قرار داشت. در این پژوهش مشخص شد که میوه - قطر و وزن میوه نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی - های مربوط به ژنوتیپ R2، R11 و R19 از نظر طول، داری بالاتر بودند (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین طول میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Figure 1. Compare means of the length of reddish black berry fruit between the studied genotypes



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

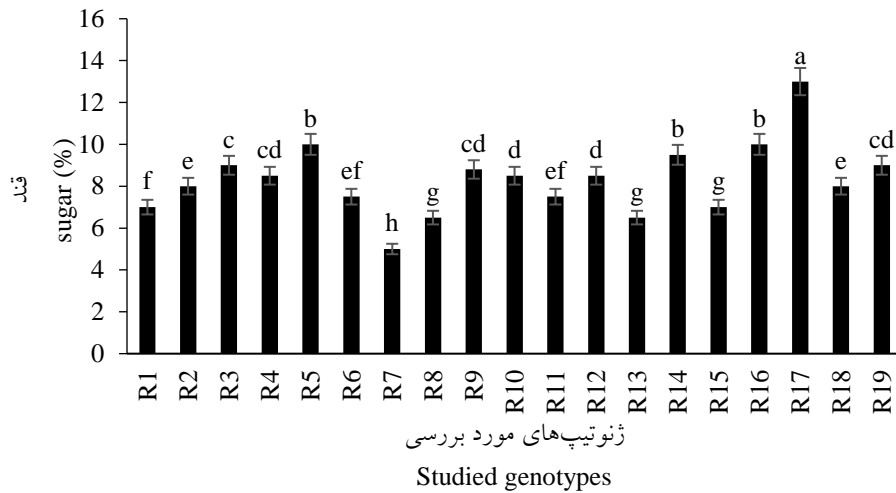
Figure 2. Compare means of the weight of reddish black berry fruit between the studied genotypes

محتوای فنل کل

نتایج نشان داد فنل میوه در محدوده بین ۶/۲۲ تا ۳۹/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود و ژنوتیپ R19 بیشترین و ژنوتیپ R12 کمترین مقدار فنل را نشان دادند (شکل ۴).

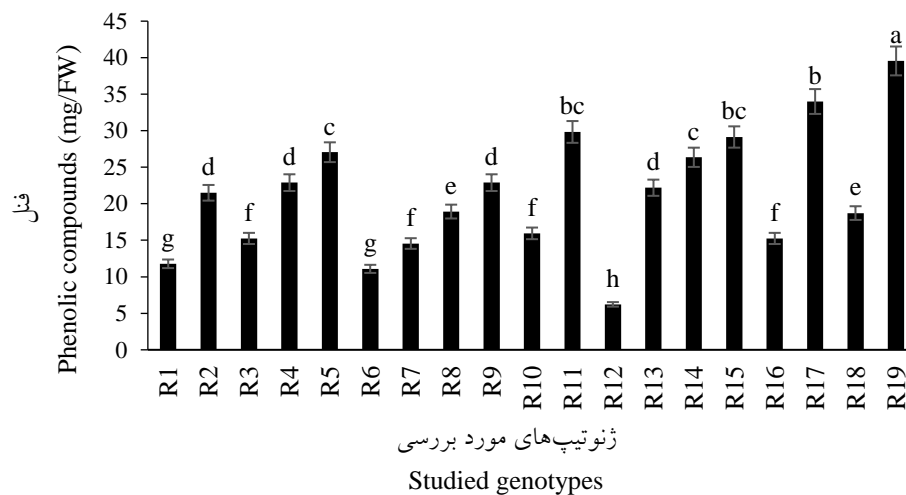
مقدار مواد جامد محلول

نتایج مقایسه میانگین نشان داد قند میوه در محدوده بین پنج تا ۱۳ درصد بوده است. بیشترین مقدار در ژنوتیپ R17 به مقدار ۱۳ درصد و کمترین آن در ژنوتیپ R7 به مقدار ۵ درصد بوده است (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین مقدار مواد جامد محلول میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Figure 3. Compare means of the soluble solids of reddish black berry fruit between the studied genotypes



شکل ۴- مقایسه میانگین مقدار فنل میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

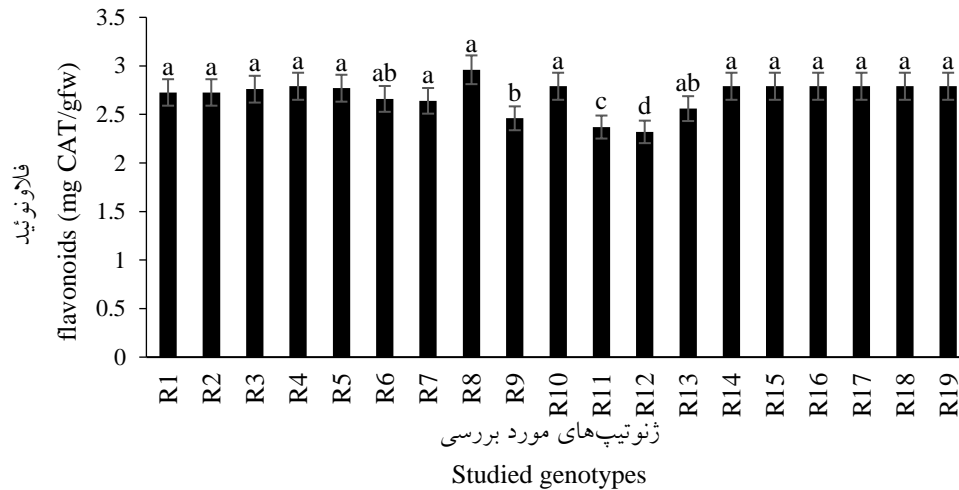
Figure 4- Compare means of the Phenolic compounds of reddish black berry fruit between the studied genotypes

محتوی آنتوسیانین کل

آنتوسیانین میوه در محدوده بین ۲/۴ تا ۶/۷۵ میلی-گرم بر لیتر بود. بیشترین و کمترین مقدار آنتوسیانین به ترتیب در ژنوتیپ R2 و R14 مشاهده شد (شکل ۶).

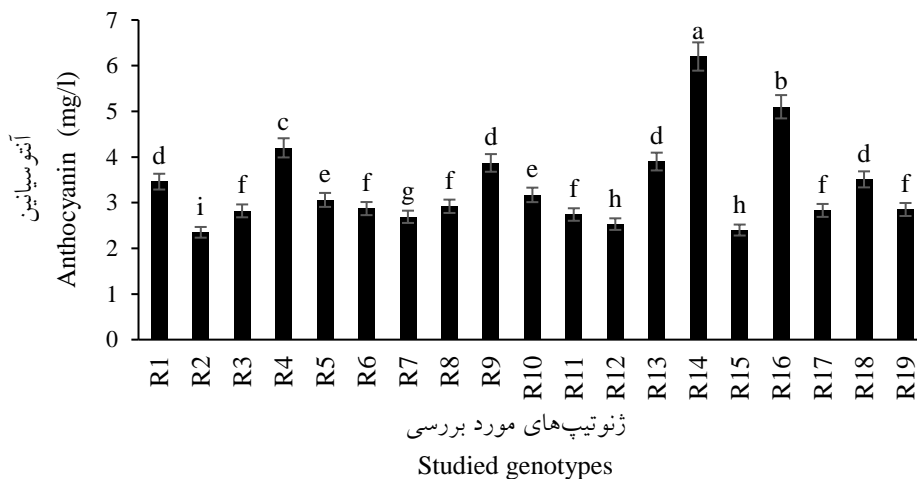
فلاونوئیدکل

نتایج مقایسه میانگین نشان داد فلاونوئید میوه در محدوده بین ۲/۴ تا ۳/۱ میلی-گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و مقدار تغییرات در کلیه ژنوتیپ نمونه-برداری به‌طور نسبی و یکنواخت و در سطح بالایی بوده است (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین مقدار فلاونوئید میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Figure 5. Compare means of the flavonoids of reddish black berry fruit between the studied genotypes

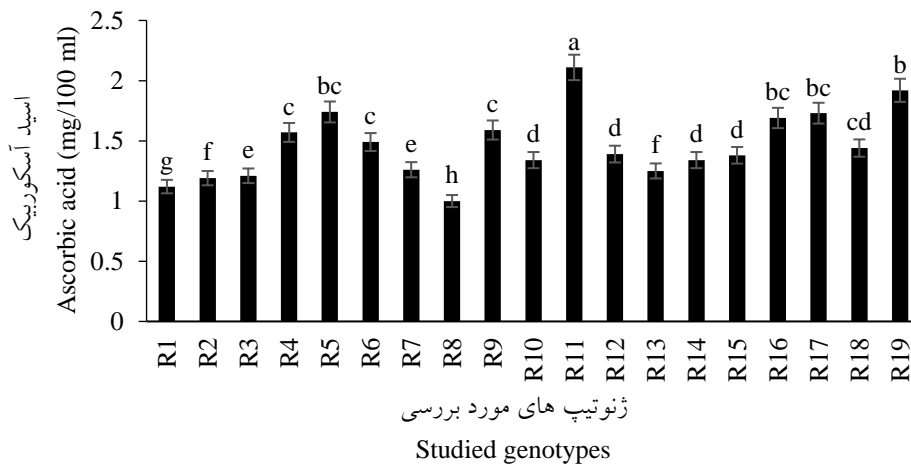


شکل ۶- مقایسه میانگین مقدار آنتوسیانین میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

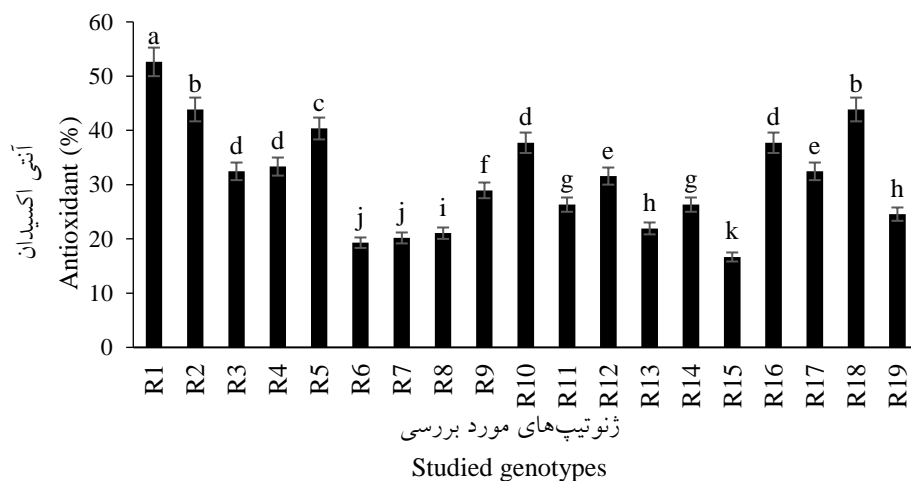
Figure 6. Compare means of the Anthocyanin of reddish black berry fruit between the studied genotypes

مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدان عصاره میوه (DPPH) نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار آنتی‌اکسیدان میوه در محدوده بین ۱۶/۶۷ تا ۵۲/۶۳ مشاهده شد و ژنوتیپ R1 بیشترین آنتی‌اکسیدان و ژنوتیپ R15 کمترین مقدار آنتی‌اکسیدان را دارا بودند (شکل ۸).

محتوای اسید آسکوربیک (ویتامین ث) نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار اسید آسکوربیک میوه در محدوده بین یک تا ۲/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است و ژنوتیپ R11 بیشترین و ژنوتیپ R8 کمترین مقدار اسید آسکوربیک را نشان دادند (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین مقدار اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی
 Figure 7. Compare means of the Ascorbic acid (Vitamin C) of reddish black berry fruit between the studied genotypes



شکل ۸- مقایسه میانگین مقدار آنتی‌اکسیدان میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی
 Figure 8. Compare means of the DPPH of reddish black berry fruit between the studied genotypes

ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده به سه گروه اصلی تقسیم شدند. در گروه نخست، ۹ ژنوتیپ (R1; 18; 6; 9; 12; 13; 7; 8; 15) حضور داشتند، ژنوتیپ‌های این گروه در صفات وزن، طول میوه و مواد جامد محلول شباهت‌های بسیاری را دارا بودند. در گروه دوم، ۳ ژنوتیپ (R 10; 3; 2) حضور داشتند که در صفاتی چون پراکسیداز و آنتی‌اکسیدان شباهت زیادی با هم داشته‌اند. در گروه سوم، ۴ ژنوتیپ (R14; 4; 17; 16) حضور داشتند، ژنوتیپ‌های این گروه در صفات فنل و

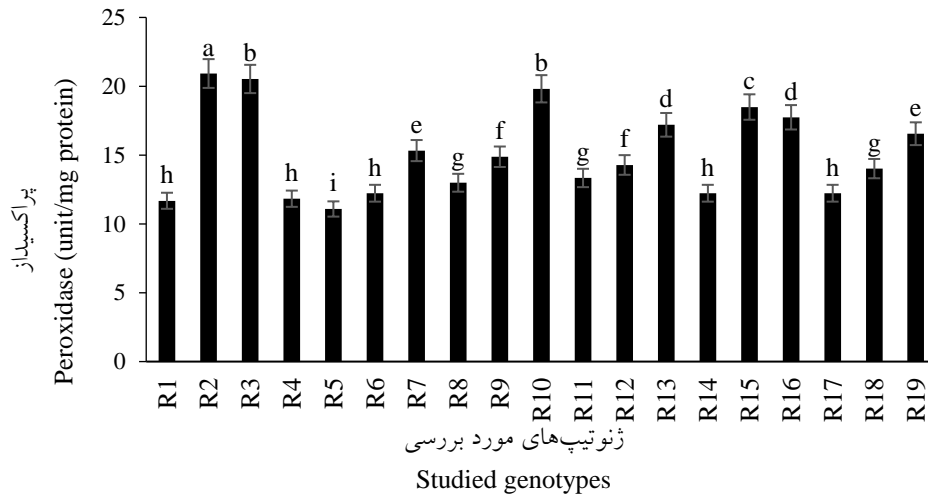
مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز میوه در محدوده بین ۱۱/۰۸ تا ۲۰/۹۳ بوده و بیشترین مقدار فعالیت آنزیم به ژنوتیپ R2 و کمترین مقدار فعالیت آنزیم به ژنوتیپ R5 تعلق داشت (شکل ۹).

خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها

برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف از نظر صفات فیتوشیمیایی میوه قره‌قات از روش Ward و مربع فاصله اقلیدسی استفاده شد که مطابق (شکل ۱۰)

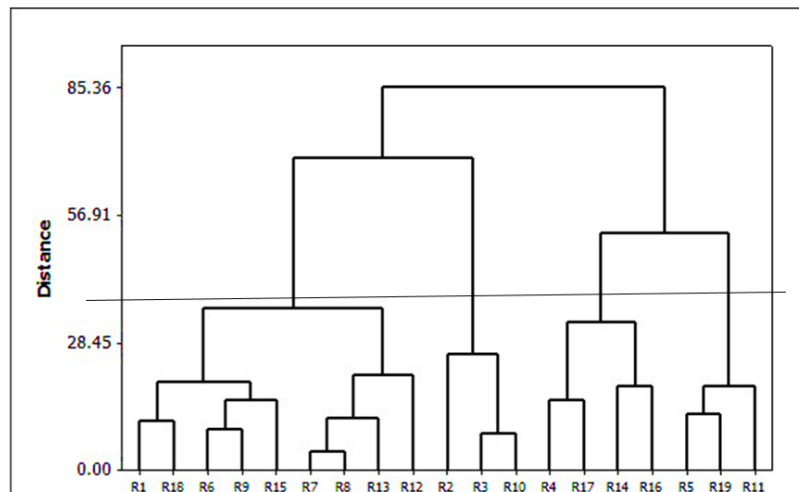
تجزیه خوشه‌ای نشان می‌دهد که الگوی گروه‌بندی با الگوی جغرافیایی پراکنش ژنوتیپ‌ها در توافق نیست، به طوری که ژنوتیپ‌ها با منشأ مختلف در یک گروه قرار گرفتند.

آنتوسیانین شبیه بودند. در گروه چهارم، ۳ ژنوتیپ (R5; 11; 19) قرار دارند، که در صفاتی چون مواد جامد محلول و آنتی‌اکسیدان شباهت زیادی دارند، تجزیه خوشه‌ای نتایج حاصل را تأیید می‌کنند. نتایج



شکل ۹- مقایسه میانگین مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز میوه قره‌قات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Figure 9. Compare means of the Peroxidase activity of reddish black berry fruit between the studied genotypes



شکل ۱۰- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۱۹ ژنوتیپ میوه قره‌قات منطقه آرسباران بر اساس صفات مورد بررسی

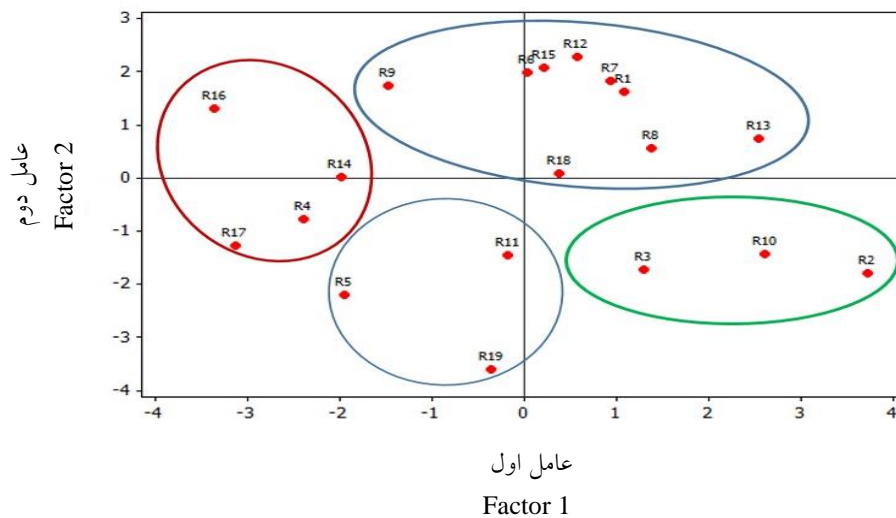
Figure 10. Dendrogram of cluster analysis for 19 reddish black berry fruit genotypes of Arasbaran region based on the studied traits

کار برده می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که در یک محدوده نزدیک به هم قرار دارند، در عامل‌های اول (۴۰ درصد) از نظر صفات وزن، طول میوه و مواد جامد محلول شباهت‌های بسیاری را دارا بودند و عامل دوم

تجزیه به عامل‌ها

در این پژوهش تجزیه بای‌پلات با استفاده از دو عامل اصلی اول و دوم انجام شد (شکل ۱۱). این روش برای نمایش و ترسیم دو بعدی پراکنش ژنوتیپ‌ها به-

(۶۰ درصد) از نظر صفات آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنلی همانندی بیشتری نشان داده و در یک گروه قرار می گیرند.



شکل ۱۱- دندروگرام حاصل از تجزیه عاملی برای ۱۹ ژنوتیپ میوه قره‌قات منطقه ارسباران بر اساس صفات مورد بررسی
Figure 10. Dendrogram of PCA for 19 reddish black berry fruit genotypes of Arasbaran region based on the studied traits

مطلوب برای اهداف اصلاحی استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که قند میوه در محدوده بین پنج تا ۱۳ درصد بود (شکل ۳). طعم و مزه در نتیجه حضور قندها و اسیدهای آلی در میوه می‌باشد، از آنجایی که بیشتر اسیدهای آلی متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در نتیجه چرخه اسید سیتریک به وجود آمده و در طی تنفس مصرف می‌شوند (Shojaie et al., 2016). تحقیقات نشان داد میوه‌های قره‌قات بالای از قند را دارا هستند. این مقدار مواد جامد کل در پژوهش‌های دیگر در محدوده بین ۲/۵ تا ۱۴ گزارش شده است (Sedaghat Hoor et al., 2004). همچنین دیده شده بین ژنوتیپ‌های مختلف، مقدار مواد جامد محلول متفاوت است. به طور مثال در ۱۲ رقم انار ایرانی تغییراتی بین ۱۵ تا ۲۲ درجه بریکس بوده است (Borochoy-Neori et al., 2009). مقدار ترکیب‌های کربوهیدراتی می‌تواند بسته به بنیاد ژنوتیپ‌ها، ویژگی-

بحث

وزن میوه در محدوده بین ۰/۲۷ تا ۰/۶۱ میلی‌گرم و طول میوه‌ها بین ۹/۷۷ تا ۷/۵۲ میلی‌متر قرار داشت (شکل ۱ و ۲). پژوهش‌ها نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مختلف میوه قره‌قات، بین تعداد طوقه در بوته و عملکرد ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد به نحوی که هرچه تعداد طوقه‌های دارای میوه بیشتر، عملکرد بوته بالاتر بود (Aneta et al., 2013). همچنین تحقیقات نشان داد ژنوتیپ‌های متعدد قره-قات می‌توانند در برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی تفاوت‌های زیادی داشته باشند که تغییرات مشاهده شده می‌تواند ناشی از شرایط محیطی متفاوت مناطق مختلف مورد بررسی باشد. این امر امکان بهره‌وری از صفات برتر آن ژنوتیپ را فراهم می‌آورد. ابعاد و وزن میوه در پژوهش‌های اصلاحی مهم هستند و از ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل بالا می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ

پژوهش‌ها در ژنوتیپ‌های مختلف زرشک نشان داد عوامل محیطی و اقلیمی بر متابولیت‌های ثانویه همچون فلاونوئید در ژنوتیپ‌های مختلف مؤثر بوده و بالاترین مقدار فلاونوئید مربوط به اندام برگ است (Rezende et al., 2015).

ترکیبات میوه قره‌قات بسته به نوع رقم، روش‌های کشت و شرایط محیطی تفاوت بسیار دارد (Anttonen and Karjalainen, 2006). آنتوسیانین میوه در محدوده بین ۲/۴ تا ۶/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده است (شکل ۶). آنتوسیانین‌ها جزء اصلی ترکیبات فنلی بوده و محلول در آب هستند و این ترکیبات در واکوئل‌ها تجمع می‌یابند (Reque et al., 2014). ترکیبات آنتوسیانینی و رنگدانه‌ها دارای خاصیت آنتی-اکسیدانی بوده و قادرند از سلول‌ها محافظت کنند (Kuo et al., 2004). تحقیقات نشان داد آنتوسیانین‌ها گروه اصلی فنولیک هستند و جزء اصلی فنلی قره‌قات هستند (Raudsepp et al., 2010). همچنین تحقیقات بیانگر آن است که میوه قره‌قات غنی از ترکیبات آنتوسیانینی است، این ترکیبات قادرند به‌عنوان زیست فعال عمل نموده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی اعمال کنند (Braga et al., 2018). نتایج فوق، نتایج حاصل از پژوهش ما را تایید می‌کنند. مقدار اسید اسکوربیک میوه قره‌قات مورد بررسی در محدوده بین ۱ تا ۲/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر مشاهده شد (شکل ۷). اسید اسکوربیک مثل آنتی‌اکسیدان‌های غیرآزیمی است که در شرایط تنش در سلول‌های زنده سنتز می‌شود. افزایش در مقدار اسید اسکوربیک به‌عنوان یک آنتی-اکسیدان غیرآزیمی در میوه‌ها، فرآیندی طبیعی است و نتایج حاصل از این پژوهش را تایید می‌کند (Feyzi et al., 2015). (Nilprapruck et al., 2008). نشان دادند که رقم و شرایط اقلیمی روی عواملی همچون میزان ویتامین ث، اسیدیتیه و کربوهیدرات

های اکولوژیکی و اقلیمی در هر منطقه متفاوت باشد این امر در پژوهش ما نیز دیده شده است. فنل میوه در محدوده بین ۶/۲۲ تا ۳۹/۵۶ میلی‌گرم بود و ژنوتیپ R19 بیشترین و ژنوتیپ R12 کمترین مقدار فنل را نشان دادند (شکل ۴). ترکیب‌های فنلی به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی مثل ترکیبات مهم گیاهان محسوب می‌شوند که نقش مهمی در حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تبدیل هیدروپراکسیدها به رادیکال‌های آزاد را دارند (Jimoh et al., 2008). یکی از روش‌های ارزیابی اثرهای آنتی‌اکسیدانی گیاهان، استفاده از رادیکال‌های آزاد است و با حذف این رادیکال می‌توان به روشی آسان، سریع و دقیق توانایی آنتی‌اکسیدانی را ارزیابی کرد (Yu et al., 2002). با بررسی ژنوتیپ‌های مختلف قره‌قات گزارش شد مقدار ترکیب‌های فنلی متغیر بوده و در دامنه بین ۳/۲ تا ۴۵ میلی‌گرم متغیر بوده است (Sun and Xu, 2019). مقدار ترکیب‌های فنلی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است این امر در پژوهش ما نیز دیده شده است. فلاونوئید میوه در محدوده بین ۲/۴ تا ۳/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل ۵). فلاونوئیدها بخاطر خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ساختار ویژه خود نقش به‌سزایی در مقاومت به انواع تنش در گیاهان ایفا می‌کنند (He and Giusti, 2010). محتویات فلاونوئید در ۳۲ ژنوتیپ سیاه و سفید گونه‌ی انگور قرمز (*Vitis vinifera* L.) مورد بررسی قرار گرفت محتویات کل بین ۹/۶ تا ۲۱/۶ میلی‌متر متغیر بود (Figueiredo et al., 2012). فلاونوئید یکی از عوامل مهم آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های گیاهی محسوب می‌شود. فلاونوئیدها ترکیبات ارزشمندی هستند که در صنعت پزشکی و دارویی پرکاربردند. تحقیقات نشان داده است که این ترکیبات فلاونوئیدی در میوه قره‌قات به مقدار بالایی تجمع یافته‌اند (Lyashenko et al., 2019). همچنین

قادرند با فعالیتهای زیستی سطوح آنتی‌اکسیدانی آنزیمی همچون پراکسیداز و کاتالاز را بالا ببرند (Neri-Numa et al., 2018).

برای هر صفت یا مشخصه اندازه‌گیری شده بین ژنوتیپ‌ها، تفاوت‌های معنی‌داری وجود داشت. مثلاً برای کربوهیدرات یا همان قند میوه در محدوده بین ۵ تا ۱۳ درصد بود. تغییرات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شده در بین ترکیبات مختلف از قبیل آنتوسیانین، فنل، فلاونوئید و غیره می‌تواند به‌خاطر شرایط محیطی متفاوت و ژنوتیپ‌ها و ارقام متفاوت باشد. از نتایج این بررسی می‌توان برای انتخاب درختان قره‌قات برتر برای کشت‌های تجاری بهره برد. منابع ژرم‌پلاس یک منابع ذاتی از مواد خام ژنتیکی برای پیشرفت ارقام کشت شده فراهم می‌کند. زیرا این منابع ژنتیکی حاوی ژن‌های مرتبط با سازگاری و توانایی تولید زیاد می‌باشد. بنابراین حفظ و نگهداری منابع ژنتیکی، اهمیت بزرگ‌تری برای تولید غذایی معتبر و با ارزش و مورد نیاز نسل‌های آینده می‌باشد. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف قره‌قات مثل اقدامات مهم و ارزشمند برای ارزیابی پتانسیل ژنتیکی، حفظ و مدیریت ذخایر ژنتیکی این گیاه در کشور است. در مورد میوه این گونه، مهم‌ترین تمایزدهنده ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آنزیمی همچون پراکسیداز و کاتالاز و غیر آنزیمی همچون فنل و آنتوسیانین است. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر و استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی امکان معرفی ارقام مناسب را فراهم می‌کند. گونه مورد بررسی نشان داد قدرت برابری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نسبت به گونه خوراکی دارد و می‌توان با دستکاری‌های ژنتیکی و اصلاحی، بازارپسندی را برای مصرف خوراکی بالا برد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنوع زیستی گسترده‌ای در میان ژنوتیپ‌های قره‌قات در منطقه

جامد محلول تأثیر معنی‌داری دارند. همچنین عنوان شده است که گونه *Ribes himalense* قره‌قات نسبت به زغال‌اخته مقدار اسید اسکوریک بالاتری دارد، ویتامین ث دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا است و در تنش محیطی نیز نقش آفرینی می‌کند. مقدار آنتی‌اکسیدان میوه در محدوده بین ۱۶/۶۷ تا ۵۲/۶۳ مشاهده شد (شکل ۸). تحقیقات نشان داد ژنوتیپ‌های گونه *Ribes nigrum* L. دارای سطح بالایی از مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی است این ترکیبات در برای حفظ گیاه از تنش‌های محیطی و بقا نقش ایفا می‌کنند (Ieri et al., 2015). همچنین در بررسی‌های دیگر نشان داده شد که ژنوتیپ‌های Z16 زرشک گونه (B. *integririma*) مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بین ۱۴ تا ۲۳ درصد متغیر بود (Gholizadeh-Moghadam et al., 2019). عوامل زیادی از قبیل ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، منطقه جغرافیایی، عملیات پس از برداشت، بلوغ میوه و مرحله برداشت میوه تأثیر به‌سزایی بر مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه دارند (Yilmaz et al., 2009).

مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز میوه در محدوده بین ۱۱/۰۸ تا ۲۰/۹۳ بوده است (شکل ۹). پراکسیدازها در تمام پیکره گیاهان حضور دارند و نقش مهمی در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی ایفا می‌کنند. پراکسیدازها قادر به تجزیه پراکسید هیدروژن به ترکیبات ساده هستند. گزارش شد که گونه *Ribes nigrum* L. قره‌قات سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آنزیمی است (Nour et al., 2014). همچنین این ترکیبات در مراحل متابولیسم سلول مانند کاتابولیسم اکسین، سنتز لیگنین و سوبرین نقش دارند (Zorzi et al., 2020). گونه *Ribes grossularia* قره‌قات دارای مقدار فعالیت بالا آنتی‌اکسیدانی بوده و بررسی‌ها نشان داد سطح بالایی اسید آمینه را دارد که این ترکیبات

References

- Aneta, W.; Jan, O.; Magdalena, M.; Joanna, W., Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative activity of black and red currants (*Ribes* spp.) from organic and conventional cultivation. *International Journal of Food Science & Technology* **2013**, *48* (4), 715-726.
- Anttonen, M. J.; Karjalainen, R. O., High-performance liquid chromatography analysis of black currant (*Ribes nigrum* L.) fruit phenolics grown either conventionally or organically. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2006**, *54* (20), 7530-7538.
- Borochoy-Neori, H.; Judeinstein, S.; Tripler, E.; Harari, M.; Greenberg, A.; Shomer, I.; Holland, D., Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis* **2009**, *22* (3), 189-195.
- Braga, A. R. C.; Murador, D. C.; de Souza Mesquita, L. M.; de Rosso, V. V., Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. *Journal of Food Composition and Analysis* **2018**, *68*, 31-40.
- Burdurlu, H. S.; Koca, N.; Karadeniz, F., Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of food engineering* **2006**, *74* (2), 211-216.
- Emad, M.; Gheibi, F.; Rasouli, M.; Khanjanzadeh, R.; Mohammadi Jozani, S.; reddish black berry *Industrial Medicinal Plant* **2012**, 40 pages. (In Persian).
- Feyzi, F.; Seifi, E.; Varasteh, F.; Hemmati, Kh.; Fereydooni, H.; Evaluation of some biochemical properties of two pomegranate cultivars in three different region. *National congress on medicinal plants* **2015**, 4(12): 39-60. (In Persian).
- Figueiredo-González, M.; Martínez-Carballo, E.; Cancho-Grande, B.; Santiago, J.; Martínez, M.; Simal-Gándara, J., Pattern recognition of three *Vitis vinifera* L. red grapes varieties based on anthocyanin and flavonol profiles, with correlations between their biosynthesis pathways. *Food Chemistry* **2012**, *130* (1), 9-19.
- Ghanbari, S., Study on bio-economic aspects of reddish blackberry (*Ribes biberistentii* Berl. & DC) in Ilgene chay watershed of the Arasbaran forests. *Forest Research and Development* **2021**, *7* (1), 45-62. (In Persian).
- Ghanbari, S.; Vaezin, S. M. H.; Shamekhi, T.; Eastin, I. L.; Lovrić, N.; Aghai, M. M., The economic and biological benefits of non-wood forest products to local communities in Iran. *Economic Botany* **2020**, *74* (1), 59-73.
- Ghanbari, S.; Jafari, M.; Nasiri, V., Effects of conservation programs in changing the pattern of fuel consumption of villagers in the Arasbaran Forests, *Forest Research and Development* **2015**, *1* (1), 67-83. (In Persian).
- Gholizadeh-Moghadam, N.; Hosseini, B.; Alirezalu, A., Classification of barberry genotypes by multivariate analysis of biochemical constituents and HPLC profiles. *Phytochemical Analysis* **2019**, *30* (4), 385-394.
- Giusti, M. M.; Wrolstad, R. E., Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry* **2001** (1), F1. 2.1-F1. 2.13.
- He, J.; Giusti, M. M., Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annu. Rev. Food Sci. Technol* **2010**, *1* (1), 163-187.
- Ieri, F.; Innocenti, M.; Possieri, L.; Gallori, S.; Mulinacci, N., Phenolic composition of "bud extracts" of *Ribes nigrum* L., *Rosa canina* L. and *Tilia tomentosa* M. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* **2015**, *115*, 1-9.
- Jalili Marandi, R.; Growing fruits in temperate regions. First Edition. *Urmia University Jihad Publications* 2004, 260 pages. (In Persian)
- Jalili Marandi, R.; Growing small fruits. Third edition. *Urmia University Jihad Publications* **2010**, 297 pages. (In Persian)
- Jimoh, F.; Adedapo, A.; Aliero, A.; Afolayan, A., Polyphenolic Contents and Biological Activities of *Rumex ecklonianus*. *Pharmaceutical Biology* **2008**, *46* (5), 333-340.
- Kadir, U.Y.; Sezai, E.; Yasar, Z.; Memnune, S.; Ebru, Y.K.; Preliminary characterization of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes for their physico-chemical properties. *Food Chemistry* **2009**, *114*: 408-412.

- Karjalainen, R.; Anttonen, M.; Saviranta, N.; Stewart, D.; McDougall, G.; Hilz, H.; Mattila, P.; Törrönen, R. In *A review on bioactive compounds in black currants (Ribes nigrum L.) and their potential health-promoting properties*, I International Symposium on Biotechnology of Fruit Species: BIOTECHFRUIT2008 839, **2008**; pp 301-307.
- Khazaei Poul, M.; Azadfar, D.; Saeedi, Z., Study of genetic diversity Thuja orientalis by Peroxidase marker in reserved forest of Sorkesh. *Forest Research and Development* **2021**, 7 (3), 387-401.
- Kuo, C.-L.; Chi, C.-W.; Liu, T.-Y., The anti-inflammatory potential of berberine in vitro and in vivo. *Cancer letters* **2004**, 203 (2), 127-137.
- Lyashenko, S.; González-Fernández, M. J.; Gomez-Mercado, F.; Yunusova, S.; Denisenko, O.; Guil-Guerrero, J. L., Ribes taxa: A promising source of γ -linolenic acid-rich functional oils. *Food chemistry* **2019**, 301, 125309.
- Manganaris, G. A.; Goulas, V.; Vicente, A. R.; Terry, L. A., Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **2014**, 94 (5), 825-833.
- Mohammadi Alaghoz, R.; Darvishzadeh, R.; Alijanpour, A.; Razi, M., Assessment of relationship between morphological variability in sumac population and environmental variants by canonical correlation analysis. *Forest Research and Development* **2020**, 6 (4), 627-643.
- Nakano, Y.; Asada, K., Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and cell physiology* **1981**, 22 (5), 867-880.
- Navarro, J. M.; Flores, P.; Garrido, C.; Martinez, V., Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food chemistry* **2006**, 96 (1), 66-73.
- Neri-Numa, I. A.; Sancho, R. A. S.; Pereira, A. P. A.; Pastore, G. M., Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International* **2018**, 103, 345-360.
- Nilprapruck, P.; Pradisthakarn, N.; Authanithe, F.; Keebjan, P., Effect of exogenous methyl jasmonate on chilling injury and quality of pineapple (Ananas comosus L.) cv. Pattavia. *Science, Engineering and Health Studies* **2008**, 33-42.
- Nour, V.; Trandafir, I.; Cosmulescu, S., Antioxidant capacity, phenolic compounds and minerals content of blackcurrant (Ribes nigrum L.) leaves as influenced by harvesting date and extraction method. *Industrial Crops and Products* **2014**, 53, 133-139.
- Raudsepp, P.; Kaldmäe, H.; Kikas, A.; Libek, A.-V.; Püssa, T., Nutritional quality of berries and bioactive compounds in the leaves of black currant (Ribes nigrum L.) cultivars evaluated in Estonia. *Journal of Berry Research* **2010**, 1 (1), 53-59.
- Reque, P. M.; Steffens, R. S.; Jablonski, A.; Flôres, S. H.; Rios, A. d. O.; de Jong, E. V., Cold storage of blueberry (Vaccinium spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis* **2014**, 33 (1), 111-116.
- Rezaei, M.; Ebadi, A.; Reim, S.; Fatahi, R.; Balandary, A.; Farrokhi, N.; Hanke, M.-V., Molecular analysis of Iranian seedless barberries via SSR. *Scientia Horticulturae* **2011**, 129 (4), 702-709.
- Rezende, V. L.; de Oliveira-Filho, A. T.; Eisenlohr, P. V.; Kamino, L. H. Y.; Vibrans, A. C., Restricted geographic distribution of tree species calls for urgent conservation efforts in the Subtropical Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* **2015**, 24 (5), 1057-1071.
- Rostami, R.; Seyedi, N.; Yousefzadeh, H., Genetic diversity of wild apple (Malus orientalis Uglitz.) in hyrcanian Forests of Iran by SSR markers. *Forest Research and Development* **2019**, 5 (2), 169-179.
- Sedaghat Hoor, Sh.; Shokrgzar, A.; The effect of storage period and natural additives of cranberries on the quality of Iranian tea, *Quarterly Journal of Food Science and Technology* **2004**, 5 (2), 51-59. (In Persian)
- Sher, H.; Al_yemeni, M., Economically and ecologically important plant communities in high altitude coniferous forest of Malam Jabba, Swat, Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences* **2011**, 18 (1), 53-61.
- Shin, D.; Cho, N.; Heu, S.; Ryu, S., Selective regulation of ptsG expression by Fis: Formation of either activating or repressing nucleoprotein complex in response to glucose. *Journal of Biological Chemistry* **2003**, 278 (17), 14776-14781.

- Shojaie, B.; Mostajeran, A.; GHANADIAN, M., Flavonoid dynamic responses to different drought conditions: amount, type, and localization of flavonols in roots and shoots of *Arabidopsis thaliana* L. *Turkish Journal of Biology* **2016**, *40* (3), 612-622.
- Slinkard, K.; Singleton, V. L., Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture* **1977**, *28* (1), 49-55.
- Sun, Q.; Xu, W., Components of fatty acid and unsaponifiable matter in Qinghai *Ribes himalense* seed oil. *China Oils and Fats* **2019**, *44* (11), 141-157.
- Yilmaz, K. U.; Ercisli, S.; Zengin, Y.; Sengul, M.; Kafkas, E. Y., Preliminary characterisation of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes for their physico-chemical properties. *Food chemistry* **2009**, *114* (2), 408-412.
- Yu, L.; Haley, S.; Perret, J.; Harris, M.; Wilson, J.; Qian, M., Free radical scavenging properties of wheat extracts. *Journal of agricultural and food chemistry* **2002**, *50* (6), 1619-1624.
- Zorzi, M.; Gai, F.; Medana, C.; Aigotti, R.; Morello, S.; Peiretti, P. G., Bioactive compounds and antioxidant capacity of small berries. *Foods* **2020**, *9* (5), 623.

Evaluation of morphological and biochemical traits of some genotypes of *Ribes biberistentii* L. in Ilgene Chay watershed of Arasbaran forests

E. Golchehreh¹, H. Shirzad², S. Ghanbari^{*3} and B. Ghorbani⁴

1- MSc. of Horticulture, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (e.golchehreh@chmail.ir)

2- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (hshirzad1354@yahoo.com)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (ghanbaridsajad@gmail.com)

4- Ph.D. of Horticulture, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (ghorbani.bahareh@ymail.com)

Received: 30.11.2021 Accepted: 03.02.2022

Abstract

Reddish black berry fruit has a high antioxidant capacity and Iran is one of the most important centers of valuable plant diversity of this fruit. Therefore, in a study, the potential of this valuable medicinal plant in breeding, morphological, phytochemical and genetic diversity in Arasbaran region was investigated. The measured parameters included fruit morphological characteristics including fruit length, fruit weight and phytochemical properties of fruit such as soluble solids, phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, vitamin C, DPPH and peroxidase activity. The results of cluster analysis showed that the collected genotypes were divided into four main groups. In the first group, 9 genotypes (R 1; 18; 6; 9; 15; 7; 8; 13; 12) were present. The genotypes of this group had many similarities in terms of weight, fruit length and solids. In the second group, there were 3 genotypes (R 10; 3; 2) that were very similar in traits such as peroxidase and antioxidants. In the third group, 4 genotypes (R 14; 4; 17; 16) were present. The genotypes of this group were similar in phenol and anthocyanin traits. In the fourth group are 3 genotypes (R5; 11; 19), which are very similar in traits such as soluble solids and antioxidants, cluster analysis confirms the results.

Keywords: Antioxidant activity, Flavonoids, Phenolic compounds, Reddish black berry.

* Corresponding author

Tel: +984144237717

رخداد تغییر اقلیم براساس شاخص‌های دمایی سرد در اکوسیستم جنگلی زاگرس مرکزی

فاطمه درگاهیان*^۱ و مهدی پورهاشمی^۲

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (dargahian@rifr-ac.ir)
۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

چکیده

یکی از فرض‌های مطرح‌شده درباره پدیده زوال جنگل، تغییر شاخص‌های اقلیمی است. در این پژوهش، به منظور آشکارسازی رخدادهای تغییر اقلیم در جنگل‌های زاگرس مرکزی (استان چهارمحال و بختیاری) از شاخص‌های دمایی سرد آشکارکننده تغییر اقلیم استفاده شد. داده‌های اقلیمی روزانه شامل بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه برای دوره آماری ۱۳۶۹-۱۳۹۸ در نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک به سایت‌های پایش زوال چیگو، قلعه‌سماح، رحیم‌آباد و گل سفید استخراج شدند. پیش از محاسبه شاخص‌ها، داده‌های ورودی روزانه از نظر کیفیت و همگن بودن بررسی شده و به فرمت مورد نظر برای ورود به نرم‌افزار ClimPACT آماده شد. از بین شاخص‌های استاندارد جهانی آشکارکننده رخدادهای تغییر اقلیم شاخص‌های دمایی سرد، دو روز و دو شب متوالی سرد، تعداد روزهای همراه با یخبندان، تعداد روزهای یخی، درصد فراوانی شب‌های سرد، درصد فراوانی روزهای سرد، دوره سرد دوروزه و دوره سرد شش‌روزه استخراج و تحلیل شدند. تمام شاخص‌های سرد آشکارکننده تغییر اقلیم روند کاهشی و معنی‌داری را نشان دادند و بیشترین کاهش را در دهه آخر به‌ویژه سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ تجربه کردند. درصد کاهش شاخص‌های دمایی سرد شبانه بیشتر از شاخص‌های دمایی سرد روزانه بود. برخی از شاخص‌ها در تمام سایت‌های پایش زوال به‌ویژه در دهه اخیر به شدت کم و تاحدودی محو شدند و با توجه به تداوم افزایش دما در آینده احتمالاً تکرارناپذیر خواهند بود. آگاهی و شناخت رخدادهای تغییر اقلیم در اکوسیستم جنگلی زاگرس براساس شاخص‌های استاندارد جهانی آشکارکننده رخدادهای تغییر اقلیم می‌تواند به مدیریت حفظ و احیا جنگل از طریق روش‌های سازگاری با تغییر اقلیم کمک کند.

واژه‌های کلیدی: حفظ و احیا جنگل، زوال جنگل، سازگاری اقلیمی، ClimPACT.

مقدمه

ضعیف کردن درختان توان تقابل و ماندگاری آن‌ها را در برابر تنش‌های رویشگاهی و عوامل بیماری‌زا کاهش می‌دهند (Bedrood et al., 2021).

پژوهش‌های زیادی کاهش مساحت و زوال جنگل‌های زاگرس را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای نمونه، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در جنگل‌های دشت برم استان فارس نشان داد که مقدار تاج‌پوشش درختان بلوط از دوره پیش از زوال تا زمان پس از شیوع آن، روند کاهشی داشته است (Naseri et al., 2020). در پژوهش دیگری مشخص شد که تنش‌های ناشی از خشکسالی و گردوغبار سبب ضعف فیزیولوژیک درختان بلوط شده است، به طوری که حملات حشرات و عوامل بیماری‌زا منجر به زوال درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس شده است (Mahdavi et al., 2018).

از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زوال درختان زاگرس می‌توان به تغییر شاخص‌های اقلیمی اشاره کرد (Attarod et al., 2016a, b, 2017; Dolatshahi et al., 2017) که چنین یافته‌های نیز در پژوهش‌های خارجی گزارش شده است. برای نمونه، بررسی علت کاهش درختان بلوط منطقه مدیترانه نشان داد که علت اصلی آن عوامل مختلف زیستی و غیرزیستی مانند تغییرات آب‌وهوایی بوده است (Kim et al., 2017). روابط بین ناهنجاری‌های آب‌وهوایی و زوال بلوط براساس مشاهدات میدانی در آپنین‌لوکانیان (جنوب ایتالیا) در سال ۲۰۱۷ میلادی نشان داد که کاهش شدید بارندگی در نیمه اول سال نقش مهمی در زوال درختان بلوط داشته است (Conte et al., 2019). اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر پهنای حلقه‌های رویشی درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در ناحیه زاگرس مرکزی نشان داد که به علت گرم و خشک بودن منطقه، بارندگی و دما به-

در دهه‌های گذشته افزایش رویدادهای گزارش شده مربوط به مرگ‌ومیر درختان ناشی از خشکسالی نشان می‌دهد که چگونه تغییرات آب‌وهوایی در حال تغییر اکوسیستم‌های جنگلی در سراسر جهان است (Acacio et al., 2021). کاهش تعداد درختان در جنگل‌های بلوط منطقه مدیترانه پیامد اثرهای منفی هم‌زمان تغییرات آب‌وهوا و استفاده بیش از حد زمین توسط انسان است (Moreno-Fernández et al., 2019). آسیب‌پذیری در برابر رخداد تغییر اقلیم به شدت تحت تأثیر تفاوت‌های منطقه‌ای در تأثیرات آب‌وهوایی و ظرفیت سازگاری در برابر این تغییرات است (Swanston et al., 2018). در شرایط تغییرات آب‌وهوایی، شدت و مدت دوره‌های خشکسالی در بسیاری از مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش می‌یابد. در حوضه مدیترانه و به‌ویژه در مناطقی مانند تونس که در آن آب‌وهوا با تابستان‌های گرم و خشک مشخص می‌شود، مرگ‌ومیر و کاهش جنگل‌های بلوط به دلیل اثرهای تغییرات آب‌وهوایی تشدید شده است (Waitz and Sheffer, 2021). در جنگل‌های معتدله، زوال و کاهش رشد درختان بلوط می‌تواند با تغییرات آب‌وهوایی مانند دوره‌های خشک و سرد آغاز شده و با گرم شدن آب‌وهوا و افزایش تنش خشکسالی تقویت شود (Camarero et al., 2021). بنابراین، کاهش مساحت جنگل و زوال درختان یک نگرانی جهانی است و جنگل‌های ایران از این امر مستثنی نیست و به‌همین دلیل یکی از چالش‌های بزرگ محیط‌های طبیعی ایران در دو دهه اخیر زوال درختان به‌ویژه در ناحیه رویشی زاگرس بوده است (Pourhashemi and Sadeghi, 2020). این پدیده معلول عوامل متعددی است. بااهمیت‌ترین عوامل زوال درختان، عوامل بیرونی هستند که با

در توده‌های جنگلی بلوط استان ایلام نشان داد که به-تقریب از سال ۱۳۸۰ به بعد، رویش کاهش پیدا کرده و از سوی دیگر افزایش گردوغبار، افزایش دما و کاهش بارندگی سالیانه موجب شده تا با توجه به استعداد منطقه، گونه‌های بلوط ایرانی دچار استرس و تنش شوند (Ahmadi et al., 2018). بررسی تغییر غلظت عناصر شیمیایی موجود در چوب درختان زوال‌یافته بلوط ایرانی نسبت به درختان سالم نشان داد که از میان عوامل متعدد، بروز پدیده زوال بیشتر تحت تأثیر عوامل آب‌وهوایی است (Ostakh et al., 2019). بررسی پراکنش شدت زوال جنگل‌های بلوط همبستگی منفی با رطوبت خاک داشت (Mozafari et al., 2019). در بررسی مقایسه بیماری‌زایی بیمارگرهای عامل سرخشکیدگی و زوال درختان بلوط در استان کرمانشاه، مشخص شد که احتمال ارتباط این بیمارگرها با پدیده خشکسالی و گرمایش جهانی وجود دارد (Sabernasab et al., 2020). بررسی وضعیت زوال درختان بلوط ایرانی در منطقه کوهمره استان فارس نشان داد که عامل رطوبت در ریزوسفر ریشه نقش مهم و کلیدی در شیوع زوال درختان بلوط دارد (Zarafshar et al., 2020). در بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زوال جنگل‌های بلوط استان ایلام بیشترین وزن به معیار خشک‌سالی و تغییر اقلیم اختصاص داشت (Karamian and Mirzaei, 2020).

زوال جنگل‌های بلوط در زاگرس از اواخر دهه ۸۰ به صورت تک‌پایه‌ای شروع شد، اما اکنون به شکل توده‌ای جنگل را به شدت تحت تأثیر قرار داده و با گذشت زمان، گستره مناطق درگیر با این پدیده افزایش یافته است (Pourhashemi and Sadeghi, 2020). عوامل متعدد زیستی و غیرزیستی در زوال جنگل‌های بلوط نقش داشته‌اند. ارتباط زوال با برخی از عوامل مانند عوامل فیزیوگرافی (Mirzaei et al.,

ترتیب تأثیر مثبت و منفی بر رویش شعاعی درختان داشته‌اند (Sousani et al., 2014). بررسی روند تغییرات پوشش‌های جنگلی استان ایلام در ارتباط با تغییرات بارش نشان داد که یکی از عوامل اصلی زوال و کاهش سبزی‌نگی در جنگل‌های این منطقه، کاهش معنی‌دار بارش و ایجاد تنش خشکی در مقیاس سالانه و به‌ویژه فصل رشد است (Azizi et al., 2015). بررسی ارتباط بین عوامل اقلیمی و تبخیرتورق مرجع با زوال جنگل‌های زاگرس در استان لرستان نشان داد که یکی از مهم‌ترین دلایل زوال بوم‌سازگان جنگلی زاگرس، می‌تواند تغییر عوامل اقلیمی و تبخیرتورق مرجع در طی زمانی کوتاه باشد (Attarod et al., 2016b). ازدست‌رفتن سریع رطوبت خاک و تشدید اثر تنش‌های رطوبتی به‌وقوع پیوسته از عوامل مؤثر بر زوال بلوط ایرانی بوده است (Hosseinzade and Pourhashemi, 2017). با استفاده از روش اقلیم-شناسی درختی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر توده‌های سالم و متأثر از زوال بلوط ایرانی در شهرستان خرم‌آباد نشان داد که با بهبود شرایط اقلیمی امکان ازسرگیری رویش در درختان زوال‌یافته وجود نداشت (Poursartip et al., 2017). در پژوهش دیگری، ارتباط بین تغییر شاخص‌های اقلیمی و تبخیرتورق مرجع با زوال اکوسیستم‌های جنگل در ناحیه زاگرس شمالی تا حدودی تأیید شد (Dolatshahi et al., 2017). در منطقه ایلام ارتباط مستقیم بین شاخص اقلیمی بارش با سبزی‌نگی درختان منطقه مشاهده شد (Nassaji-Zavareh, et al., 2017). شناسایی مناطق جنگلی مستعد زوال در استان لرستان نشان داد که عوامل اقلیمی شاخص خشکی، بارش، دما و تبخیرتورق به‌ترتیب بیشترین تأثیرگذاری را در زوال داشتند (Ghadirian et al., 2018). بررسی عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر اساس دوایر سالیانه رویشی درختان

توجه به وسعت جنگل‌های بلوط این استان، چهار سایت پایش زوال در این استان برای بررسی انتخاب شده است (جدول ۱). سایت‌های پایش زوال چیگو در دامنه شمالی در ارتفاع ۱۹۹۰ متر و قلعه‌سماع در دامنه جنوبی در ارتفاع ۱۶۱۷ متر از سطح دریا در نزدیکی ایستگاه سینوپتیک لردگان با بارش متوسط سالانه ۵۷۳ میلی‌متر، متوسط دمای بیشینه سالانه ۲۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای کمینه سالانه ۶/۵ درجه سانتی‌گراد و سایت‌های پایش زوال رحیم‌آباد در دامنه شمالی در ارتفاع ۱۸۵۳ متر و گل‌سفید در دامنه جنوبی در ارتفاع ۱۷۶۴ متر از سطح دریا در نزدیکی ایستگاه سینوپتیک لردگان با بارش متوسط سالانه ۶۳۳، متوسط دمای بیشینه سالانه ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای کمینه سالانه ۶ درجه سانتی‌گراد به‌منظور پایش و آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم در محدوده جنگل‌های اسن استان انتخاب شدند (شکل ۱).

برای آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم در سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری از شاخص‌های استاندارد جهانی تعریف شده توسط تیم متخصص در تشخیص و شاخص‌های تغییر آب‌وهوا (ET CCDI) و تیم متخصص در مورد خطر آب‌وهوا و شاخص‌های اقلیمی ویژه هر بخش (ET CRSCI) استفاده شد (Alexander et al., 2013). برای این منظور، داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به سایت‌های پایش زوال مورد استفاده قرار گرفتند. ایستگاه سینوپتیک لردگان در فاصله ۱۷ کیلومتری سایت زوال چیگو (زوال دامنه شمال) و در فاصله ۲۴ کیلومتری سایت زوال قلعه‌سماع (زوال دامنه جنوبی) قرار دارد. ایستگاه سینوپتیک اردل در فاصله ۱۰ کیلومتری سایت زوال گل‌سفید (زوال دامنه

خاک (Fallah and Haidari, 2018) و جهت و موقعیت مکانی (Goodarzi et al., 2016) در قسمت‌های مختلف زاگرس بررسی شده است. یکی از مهم‌ترین عوامل زوال، می‌تواند تغییرات اقلیمی باشد. تغییر اقلیم و به‌ویژه تغییرات دما با افزایش تبخیر و کاهش رطوبت زمینه لازم برای حضور آفات و بیماری‌ها را فراهم کرده است، بنابراین در این پژوهش سعی شده است شاخص‌هایی دمایی سرد آشکارکننده تغییر اقلیم در سایت‌های پایش زوال در استان چهارمحال و بختیاری استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

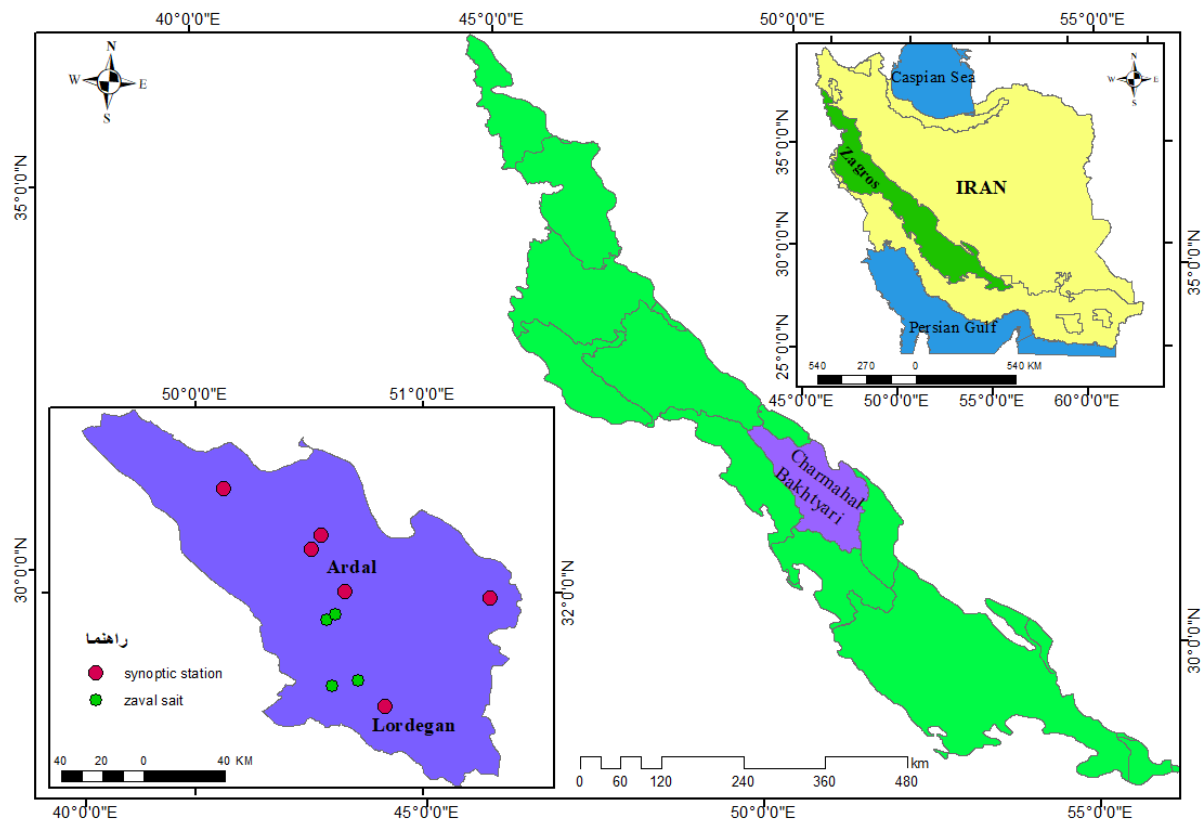
همان‌طور که مرور پژوهش‌ها نشان داد نقش شاخص‌های اقلیمی در زوال جنگل‌های بلوط زاگرس به‌عنوان یکی از فرضیات اصلی مطرح شده است (Pourhashemi and Sadeghi, 2020). هرچند که پژوهش‌های پیشین در داخل کشور به بررسی ارتباط میانگین شاخص‌های اقلیمی با زوال اهتمام ورزیده‌اند، اما تاکنون پژوهشی درباره ارتباط شاخص‌های اقلیمی استاندارد جهانی با زوال درختان در داخل کشور انجام نشده است. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی رابطه شاخص‌های اقلیمی استاندارد جهانی با زوال درختان در جنگل‌های زاگرس مرکزی (واقع در استان چهارمحال و بختیاری) بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

وسعت استان چهارمحال و بختیاری یک میلیون و ۶۵۳ هزار هکتار است که بیش از ۸۰ درصد از ۳۳۰ هزار هکتار عرصه جنگلی آن را که به‌صورت نواری از کوه‌های بازفت در شهرستان کوهرنگ آغاز و به سمت کوه‌های فلارد در شهرستان لردگان کشیده شده است، از گونه درختی بلوط ایرانی تشکیل شده است. با

جنوبی) و در فاصله ۱۴ کیلومتری سایت زوال رحیم‌آباد (زوال دامنه شمالی) قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت سایت‌های پایش زوال و نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک در استان چهارمحال و بختیاری

Figure 1. Location of oak decline monitoring sites and nearest synoptic stations in Chaharmahal and Bakhtiari province

جدول ۱- مشخصات سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری

Table 1. Details of Zagros oak decline monitoring sites in Chaharmahal and Bakhtiari province

دمای کمینه Minimum temperature	دمای بیشینه Maximum temperature	بارش Rain	ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	ارتفاع Elevation	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	سایت پایش Monitoring site
6.5	21	573	لردگان Lordegan	1990	50.71	31.61	چیگو Chego
6.5	21	573	لردگان Lordegan	1617	50.60	31.59	قلعه سماع Ghale Sama
6	19.8	633	اردل Ardal	1853	50.57	31.88	رحیم‌آباد Rahimaabad
6	19.8	633	اردل Ardal	1764	50.61	31.90	گل سفید Gelsefid

روش پژوهش

محاسبه معیارها، کیفیت داده‌ها را بررسی و اطلاعات نادرست و داده‌های پرت را مشخص می‌کند. پس از اجرای مدل از بین ۶۱ خروجی که هرکدام کاربردهای خاص دارند، شاخص‌های دمایی سرد آشکارکننده تغییر اقلیم در سایت‌های پایش زوال شامل فراوانی رخداد‌های دو روز و دو شب متوالی سرد، تعداد روزهای همراه با یخبندان، تعداد روزهای یخی، درصد فراوانی شب‌های سرد، درصد فراوانی روزهای سرد، دوره سرد دوروزه و دوره سرد شش‌روزه استخراج شدند (جدول ۲). خط شیب روند، خطای شیب روند و معنی‌داری روند شاخص‌ها در محدوده آماری ۰/۰۵ = P-value محاسبه و تغییرات هر شاخص به‌صورت نمودار در محیط نرم‌افزار R ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

از آنجایی که در مناطق کوهستانی هر ایستگاه سینوپتیک تا ۵۰ کیلومتر می‌تواند پوشش داشته باشد (Meteorological Organization, 2003)، از آمار روزانه این ایستگاه‌ها برای بررسی و آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم براساس شاخص‌های استاندارد جهانی آشکارکننده استفاده شد. از داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک برای دوره آماری ۱۳۶۹-۱۳۹۸ استفاده شد. پیش از محاسبه شاخص‌ها، داده‌های ورودی روزانه از نظر کیفیت و همگن بودن بررسی شدند و به فرمت مورد نظر برای ورود به مدل آماده شدند. از نرم‌افزار ClimPACT برای اجرای مدل استفاده شد (Alexander et al., 2013; Van and Fitchett, 2021) که در محیط R 2.10 اجرا می‌شود. یکی از مزایای این نرم‌افزار این است که پیش از

جدول ۲- شاخص‌های دمایی سرد آشکارکننده تغییر اقلیم (Alexander et al., 2013)

Table 2. Cold temperature indicators revealing climate change

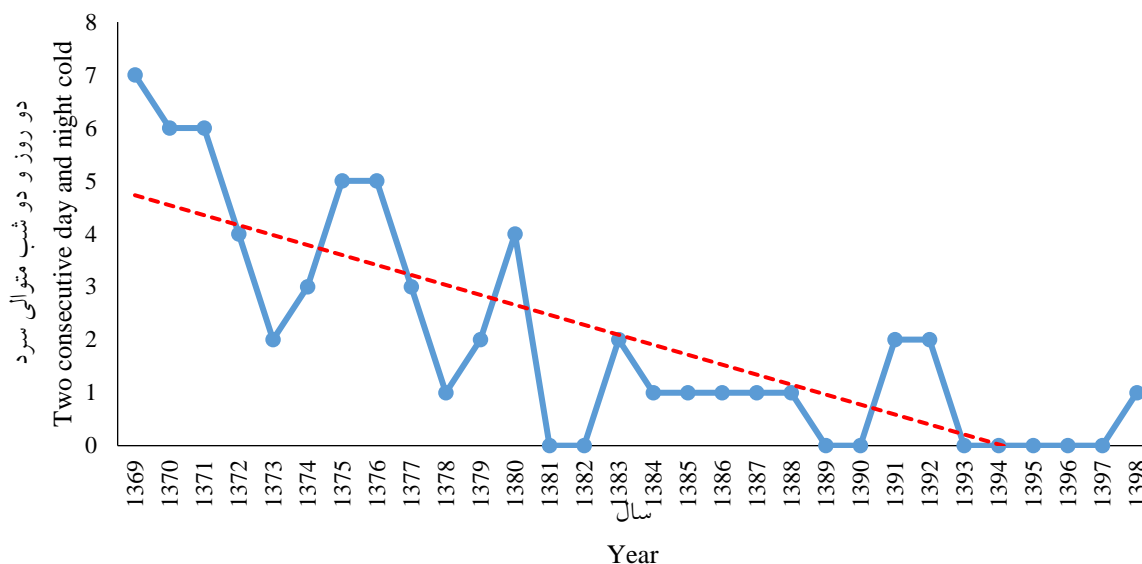
شاخص Index	توضیحات Description	واحد Unit
2TXb2TNb دو روز و دو شب متوالی سرد	Annual count of n consecutive days where both TX < 5th percentile and TN < 5th percentile where n >=2 and n <=10	Day روز
FD0 روزهای یخبندان	Annual count when TN < 0°C	Day روز
ID0 روزهای یخی	Annual count when TX < 0°C	Day روز
TN10p درصد شب‌های سرد	Percentage of days when TN < 10th percentile	Percent درصد
TX10p درصد روزهای سرد	Percentage of days when TX < 10th percentile	Percent درصد
CSDI2 دوره سرد دوروزه	Annual count of days with at least n consecutive days when TN < 10th percentile where n >= 2 (and max 10)	Day روز
CSDI6 دوره سرد شش‌روزه	Annual count of days with at least 6 consecutive days when TN < 10th percentile	Day روز

نتایج

شاخص دو روز و دو شب متوالی سرد (2TXb2TNb)

بررسی تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری $P\text{-value} = 0/05$ شاخص دو روز و دو شب متوالی سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در ۲ سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع این شاخص روند کاهشی و معنی‌داری داشت. در سال-های اولیه مورد بررسی، تعداد رخداد‌های ۲ روز و ۲ شب متوالی سرد ۶ رخداد بود، اما شاخص‌های دمایی سرد در انتهای دوره آماری مورد بررسی به‌طور کامل

محو شد، به‌طوری که از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ به صفر رسید و در سال ۱۳۹۸ تنها یک مورد ثبت شد (شکل ۲). بررسی این شاخص در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که در ۲ سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد روند کاهشی و معنی‌داری داشت. در سال‌های اولیه مورد بررسی تعداد رخداد‌های ۲ روز و ۲ شب متوالی سرد ۷ رخداد بوده، اما در انتهای دوره آماری مورد بررسی به‌طور کامل محو شد، به‌طوری که از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ به صفر رسید (شکل ۳).



شکل ۲- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص دو روز و دو شب متوالی سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان

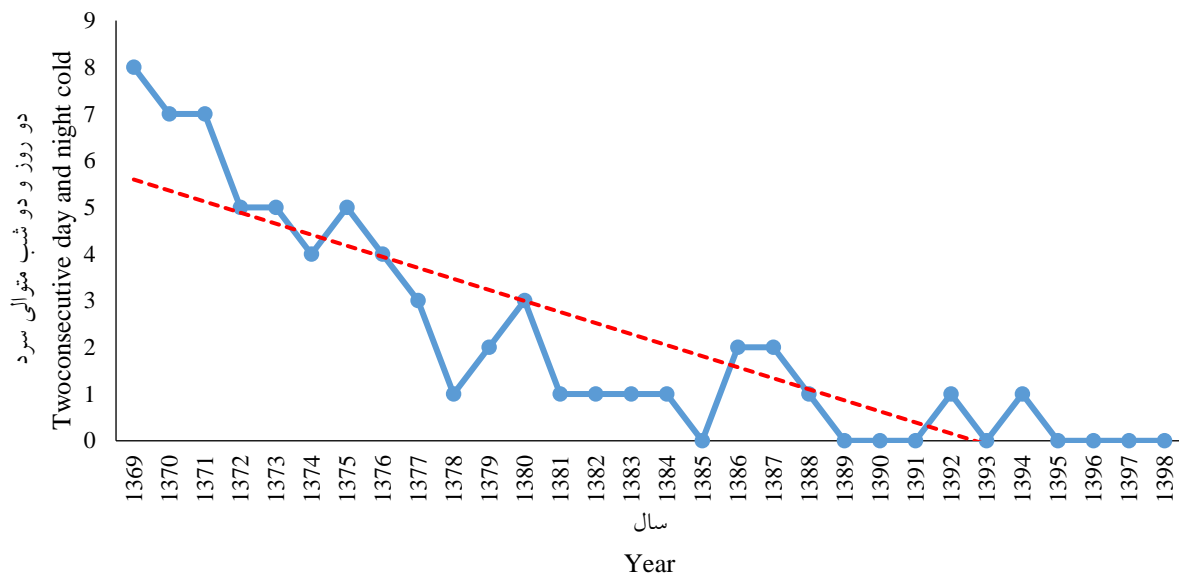
Figure 2. Trend changes and significance of two consecutive days and two cold nights in Lordegan synoptic station

شاخص روزهای همراه با یخبندان (FD0)

بررسی تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری $P\text{-value} = 0/05$ شاخص روزهای همراه با یخبندان در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در دو سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو این شاخص روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۳۹ روز کاهش را

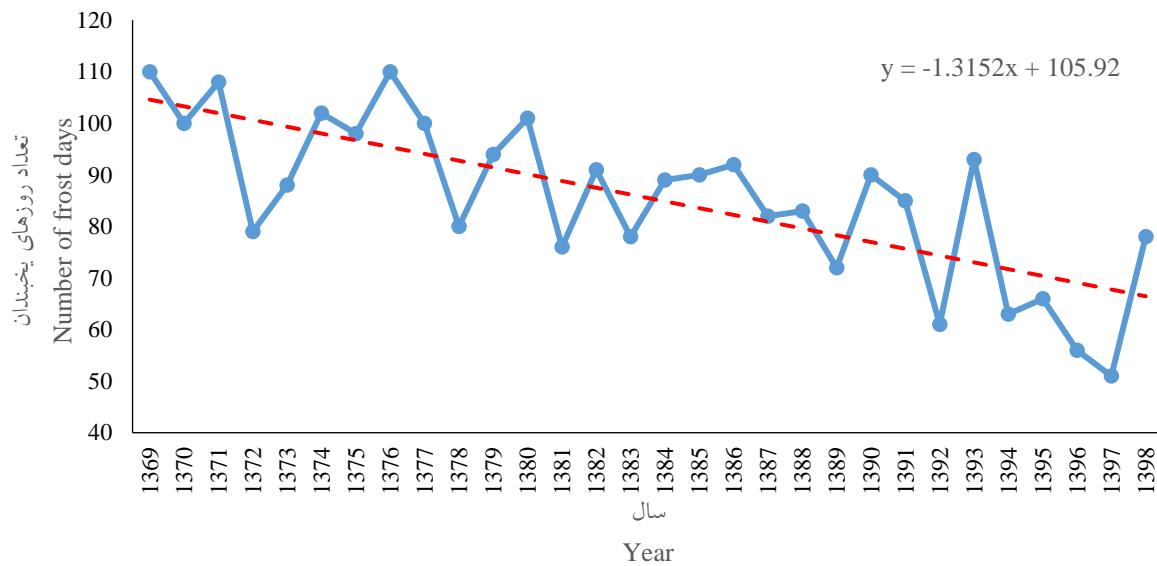
نشان داد، به‌طوری که بیشینه تعداد رخداد آن در سال ۱۳۷۶ به ۱۱۰ روز و کمینه تعداد رخداد آن در سال ۱۳۹۷ به ۵۲ روز رسیده بود (شکل ۴). شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص روزهای همراه با یخبندان در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که در دو سایت زوال گل-سفید و رحیم‌آباد این شاخص روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی

۵۲ روز کاهش را نشان داد، به طوری که بیشینه تعداد رخداد آن در سال ۱۳۷۱ به ۱۲۳ روز و کمینه تعداد (۵) رخداد آن در سال ۱۳۹۷ به ۴۷ روز رسید (شکل ۵).



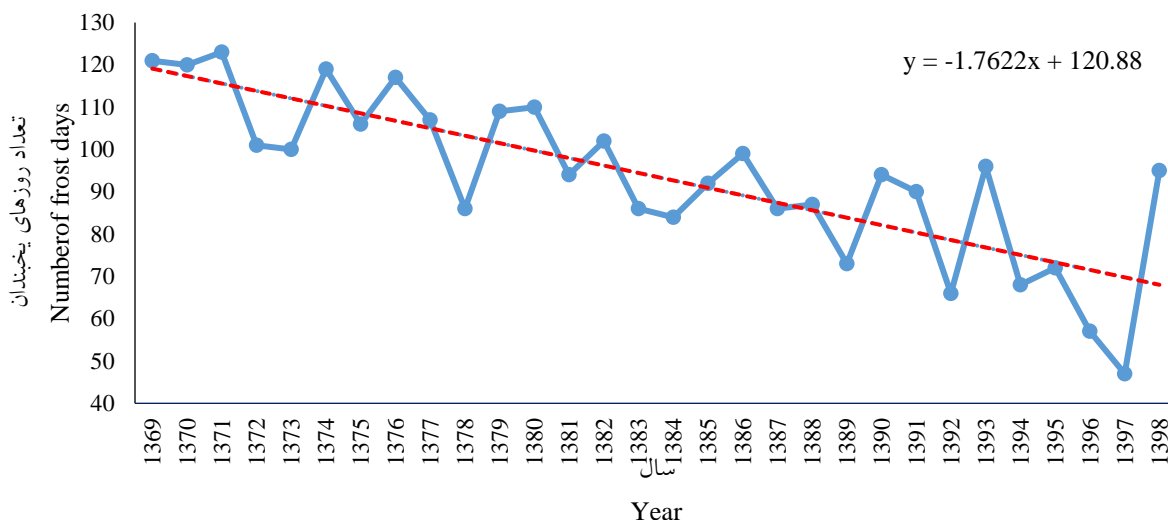
شکل ۳- تغییرات روند و معنی داری شاخص دو روز و دو شب متوالی سرد در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 3. Trend changes and significance of two consecutive days and two cold nights in Ardal synoptic station



شکل ۴- تغییرات روند و معنی داری شاخص روزهای همراه با یخبندان در ایستگاه سینوپتیک لردگان

Figure 4. Changes in the trend and significance of the index of days with frost in Lordegan synoptic station



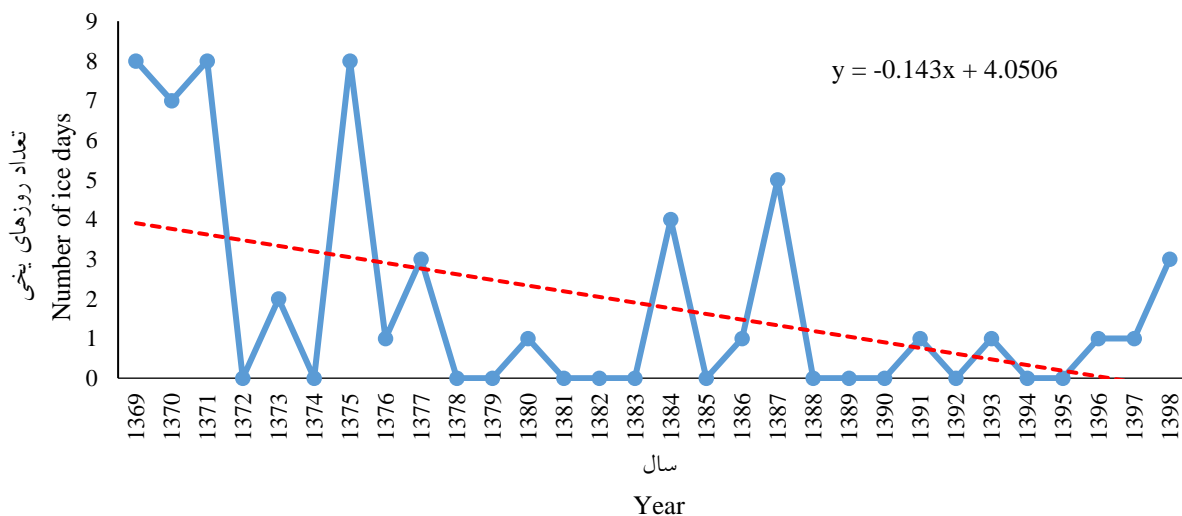
شکل ۵- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص روزهای همراه با یخبندان در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 5. Changes in the trend and significance of the index of days with frost in Ardal synoptic station

شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص روزهای یخی در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که در دو سایت زوال گل سفید و رحیم‌آباد، تغییرات این شاخص دارای روند کاهشی و غیرمعنی‌دار است. بیشینه تعداد رخداد روزهای یخی در سال ۱۳۷۵، ۸ روز بود. در بسیاری از سال‌ها به‌ویژه در دهه آخر مقدار این شاخص به کمتر از ۴ روز یخی رسید (شکل ۷).

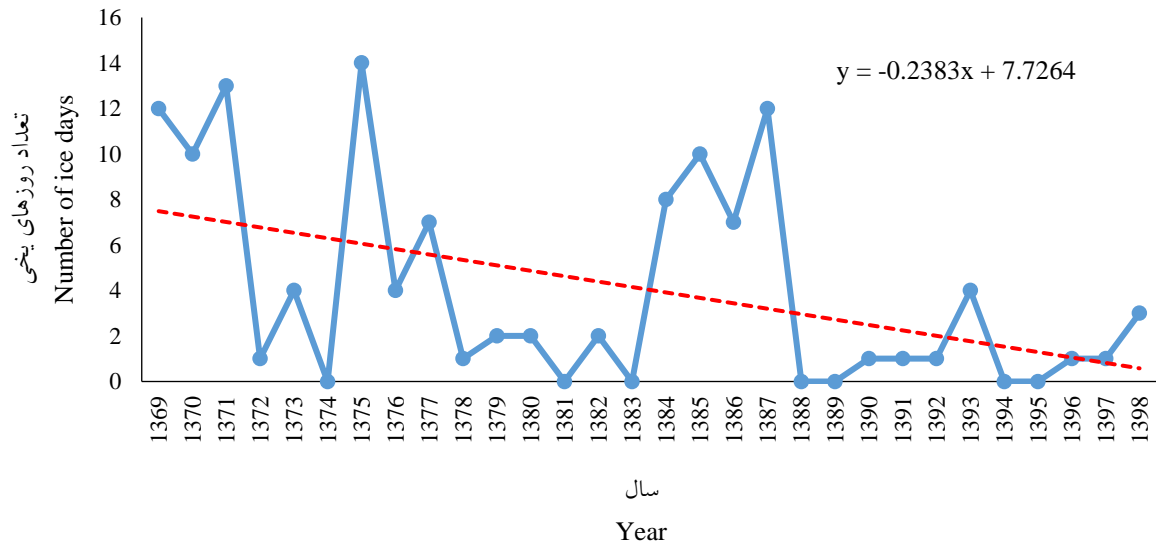
شاخص روزهای یخی (ID0)

بررسی تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری $P\text{-value} = 0/05$ شاخص روزهای یخی در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در دو سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو این شاخص تغییرات روند معنی‌داری ندارد. در بسیاری از سال‌ها به‌ویژه در دهه آخر مقدار این شاخص صفر است. بیشینه تعداد رخداد روزهای یخی در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۵، ۸ روز بود (شکل ۶). شیب خط روند، خطای



شکل ۶- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص روزهای یخی در ایستگاه سینوپتیک لردگان

Figure 6. Changes in the trend and significance of the icy day's index at Lordegan synoptic station

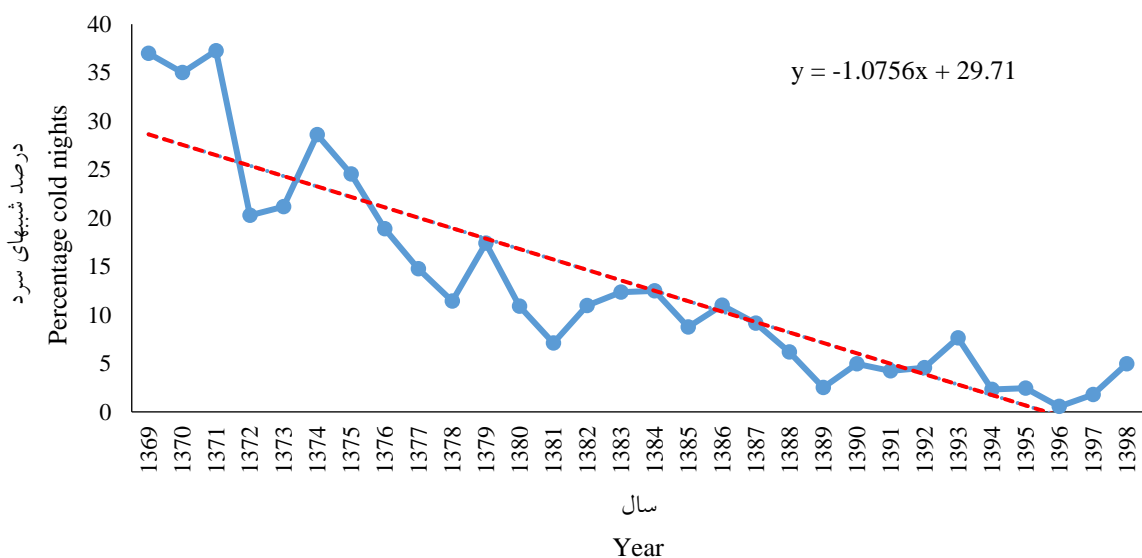


شکل ۷- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص روزهای یخی در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 7. Changes in the trend and significance of the icy day's index at Ardal synoptic station

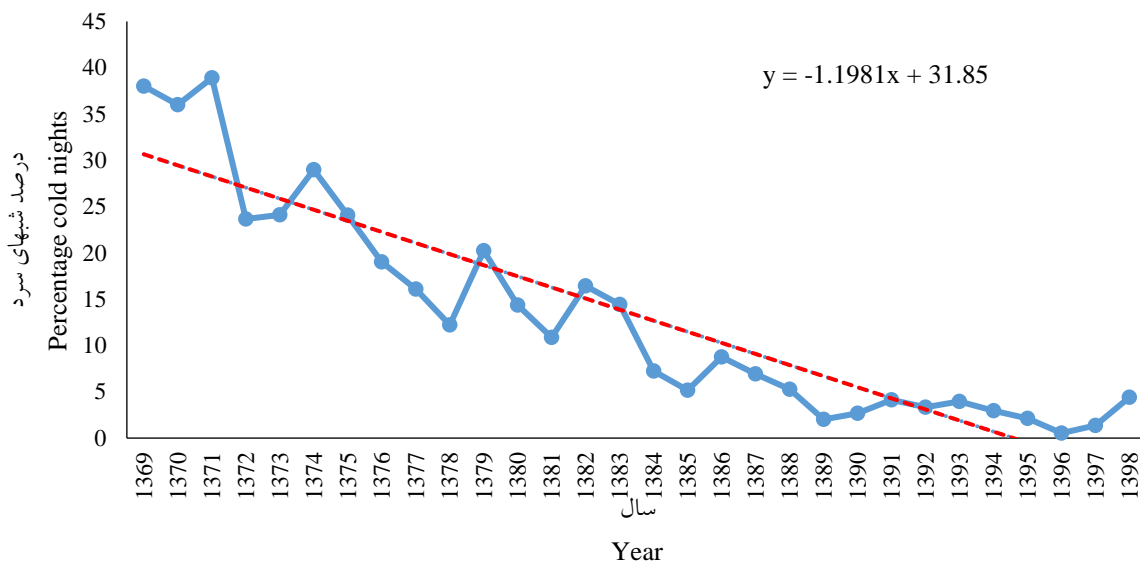
نشان داد (شکل ۸). تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری شاخص فراوانی وقوع شب‌های سرد در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که در ۲ سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد این شاخص روند کاهشی و معنی‌داری داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۳۲/۵ درصد کاهش را نشان داد (شکل ۹).

شاخص درصد فراوانی وقوع شب‌های سرد (TN10p) تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری $P\text{-value} = 0/05$ شاخص درصد فراوانی وقوع شب‌های سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در دو سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو این شاخص روند کاهشی و معنی‌داری داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۲۸ درصد کاهش را



شکل ۸- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص درصد وقوع شب‌های سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان

Figure 8. Trend changes and significance of the frequency of cold nights in Lordegan synoptic station

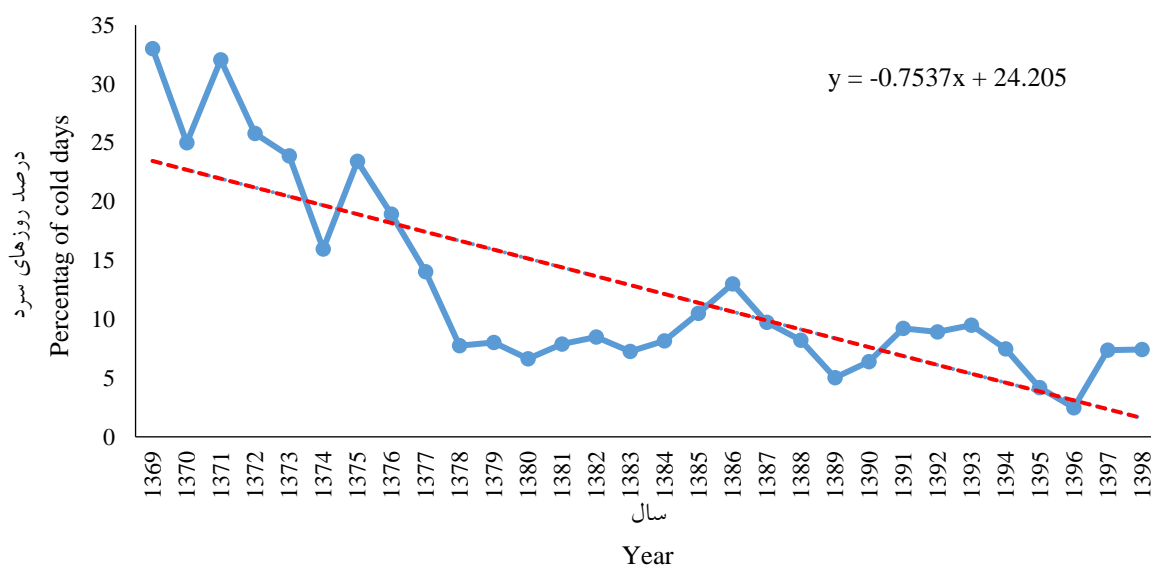


شکل ۹- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص درصد وقوع شب‌های سرد در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 9. Trend changes and significance of the frequency of cold nights in Ardal synoptic station

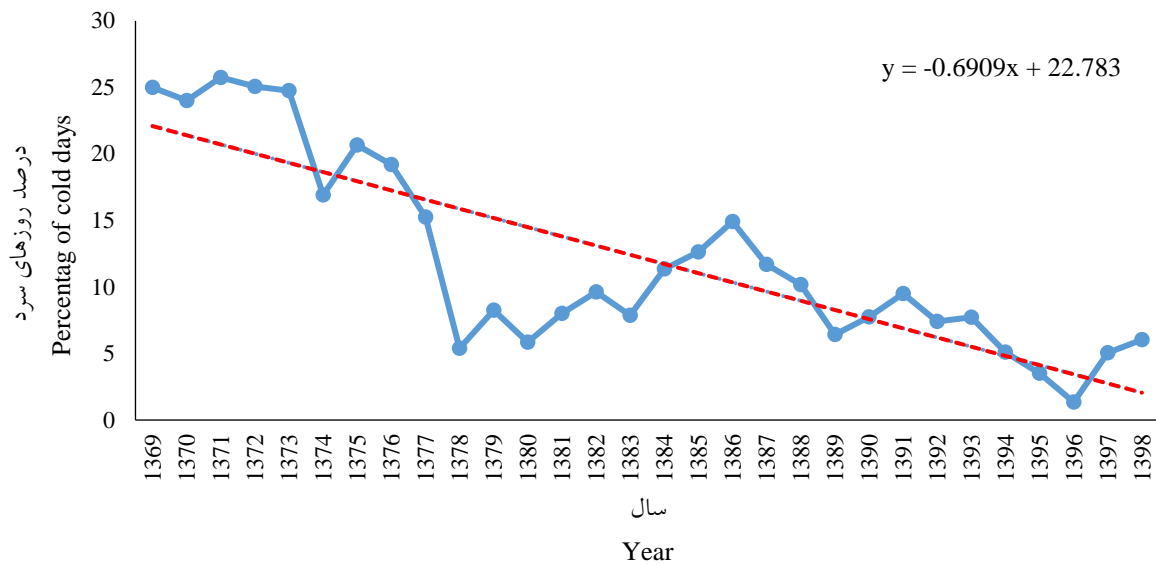
داد (شکل ۱۰). بررسی شاخص فراوانی وقوع روزهای سرد ایستگاه اردل نشان داد که در دو سایت زوال گل سفید و رحیم‌آباد این شاخص روند کاهشی و معنی‌داری داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۱۹ درصد کاهش را نشان داد (شکل ۱۱).

شاخص درصد فراوانی وقوع روزهای سرد (TX10p) شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری ۰/۰۵ = P-value تغییرات شاخص فراوانی وقوع روزهای سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در ۲ سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو این شاخص روند کاهشی و معنی‌داری داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۱۹ درصد کاهش را نشان



شکل ۱۰- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص درصد وقوع روزهای سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان

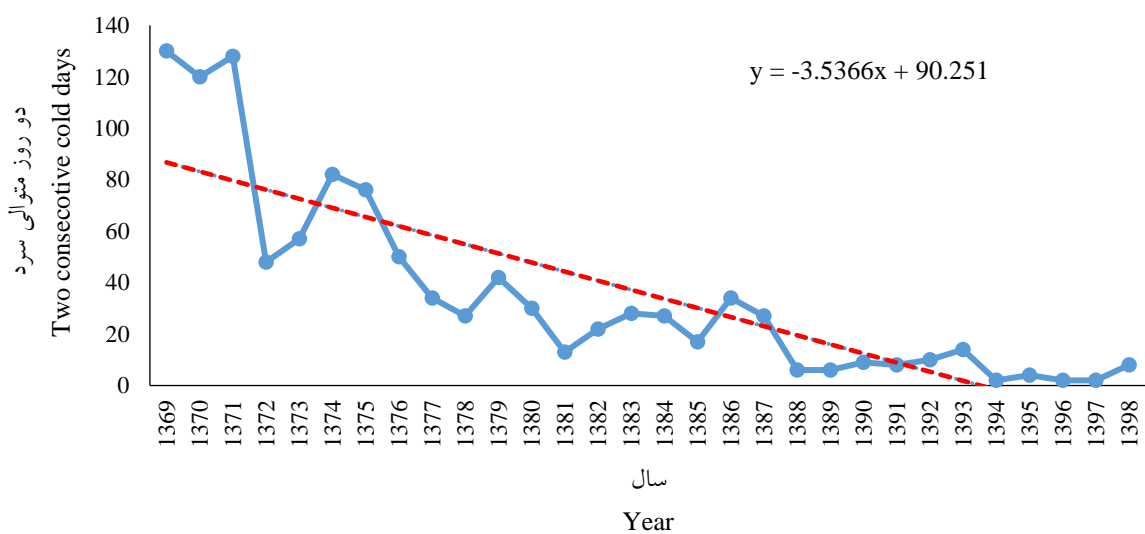
Figure 10. Trend changes and significance of the frequency of cold days in Lordegan synoptic station



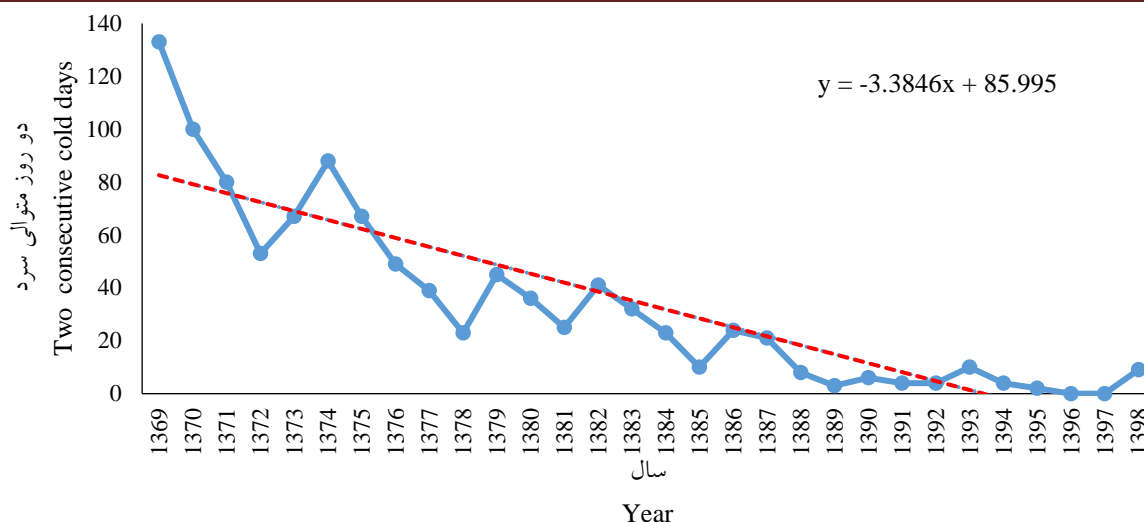
شکل ۱۱- تغییرات روند و معنی داری شاخص درصد وقوع روزهای سرد در ایستگاه سینوپتیک اردل
 Figure 11. Trend changes and significance of the frequency of cold days in Ardal synoptic station

نشان می‌دهد (شکل ۱۲). تغییرات این شاخص در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که در ۲ سایت زوال گل سفید و رحیم‌آباد روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۹۵ روز کاهش را نشان می‌دهد. مقدار این شاخص از سال ۱۳۸۹ به کمتر از ۱۰ روز متوالی سرد رسید (شکل ۱۳).

شاخص دوره سرد دوروزه (CSDI2) بررسی شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری $P\text{-value} = 0/05$ تغییرات شاخص تعداد دوره-های سرد ۲ روزه در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که در ۲ سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو این شاخص روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۸۶ روز کاهش را



شکل ۱۲- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص دوره دو روز سرد در ایستگاه سینوپتیک لردگان
 Figure 12. Trend changes and significance of two-day cold period index in Lordegan synoptic station



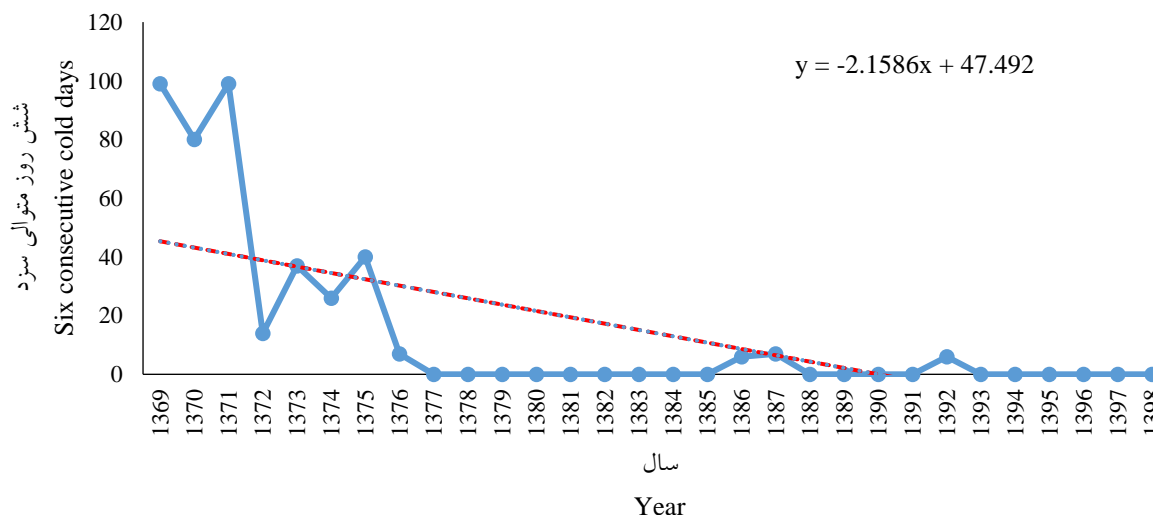
شکل ۱۳- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص دوره سرد دو روزه در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 13. Trend changes and significance of two-day cold period index in Ardal synoptic station

می‌دهد و در دهه اخیر این شاخص به تقریب محو شد (شکل ۱۴). تغییرات این شاخص در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که تعداد روزهای سرد ۶- روزه در ۲ سایت زوال گل سفید و رحیم‌آباد روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۴۷ روز کاهش را نشان می‌دهد و در دهه اخیر به تقریب محو شد (شکل ۱۵).

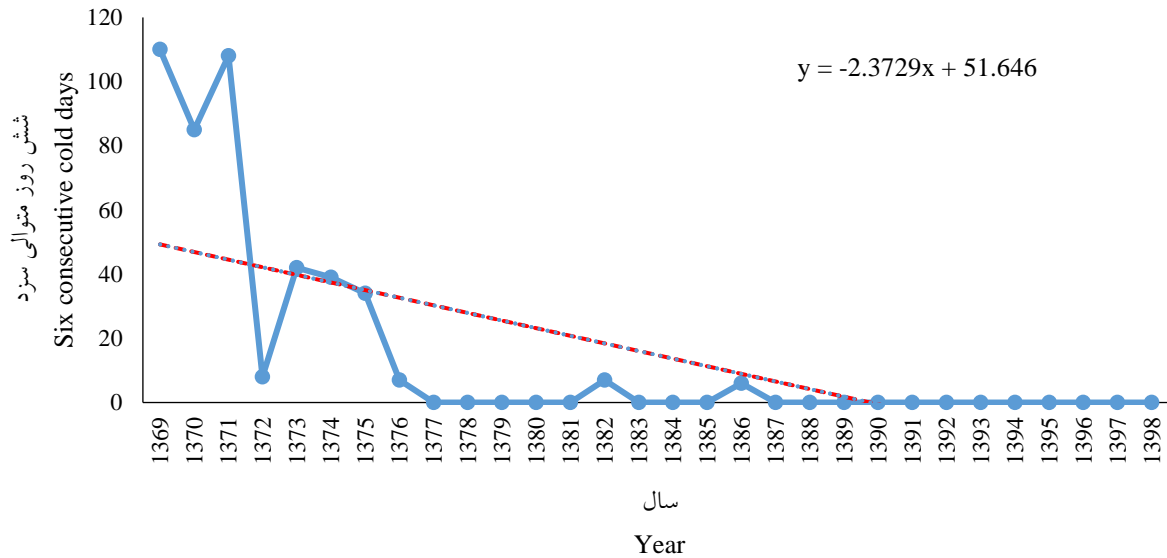
شاخص دوره سرد شش‌روزه (CSDI6)

شیب خط روند و معنی‌داری در محدوده آماری ۰/۰۵ $P\text{-value} =$ تغییرات شاخص تعداد دوره‌های سرد ۶- روزه در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که تعداد روزهای سرد ۶ روزه در دو سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو روند کاهشی و معنی‌دار داشت. این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۴۲ روز کاهش را نشان



شکل ۱۴- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص دوره سرد شش‌روزه در ایستگاه سینوپتیک لردگان

Figure 14. Changes in the trend and significance of the six-day cold period index in Lordegan synoptic station



شکل ۱۵- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص دوره سرد شش‌روزه در ایستگاه سینوپتیک اردل

Figure 15. Changes in the trend and significance of the six-day cold period index in Ardal synoptic station

دو شب متوالی سرد در دو سایت زوال چیگو و قلعه-سماع در سال‌های اولیه مورد بررسی شش رخداد بوده، اما در انتهای دوره آماری مورد بررسی به‌طور کامل محو شده است. این شاخص در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد هفت رخداد بود که در انتهای دوره آماری مورد بررسی به‌طور کامل محو شد، به‌طوری‌که از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ به صفر رسید. محو شدن این شاخص نشان‌دهنده گرم شدن منطقه مورد بررسی و خارج شدن آب مورد نیاز رشد از دسترس درختان است.

شاخص روزهای همراه با یخبندان در دو سایت زوال قلعه‌سماع و چیگو ۳۹ روز کاهش و در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد ۵۲ روز کاهش را نشان داد. کاهش روزهای یخبندان منجر به ذوب سریع برف و عدم نفوذ آن در زمین برای تبدیل شدن به آب زیرزمینی می‌شود. کاهش آب زیرزمینی مانع از دسترسی ریشه‌های بلند بلوط به آب مورد نیاز در فصل خشک و گرم خواهد شد، هرچند که استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی توسط انسان در این

بحث

شناخت و درک عوامل مؤثر بر زوال جنگل‌های بلوط زاگرس نقش مهمی در کاهش تخریب این بوم‌سازگان طبیعی با اهمیت اقتصادی و اجتماعی در غرب کشور دارد. گرمایش جهانی و رخداد تغییر اقلیم یک پدیده جهانی است که همه اکوسیستم‌های طبیعی را متأثر کرده است. زوال جنگل ناشی از تغییرات آب‌وهوایی یک پدیده جهانی است که بسیاری از گونه‌های درختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. درختان بلوط هم از این امر مستثنی نبوده و به‌طور عمده در مناطق مستعد خشکسالی به‌دلیل تنش خشکی علائم کاهش و افزایش مرگ‌ومیر را نشان داده‌اند (Colangelo et al., 2018). شناخت اندازه رخداد تغییر اقلیم در اکوسیستم زاگرس براساس شاخص‌های استاندارد آشکارکننده تغییر اقلیم می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان را در عملیات اجرایی در راستای سازگاری با شرایط به‌وجود آمده برای حفظ و احیا کمک کند.

در پژوهش پیش‌رو، بررسی شاخص‌های سرد آشکارکننده تغییر اقلیم نشان داد که شاخص دوروز و

زوال قلعه‌سماح و چیگو ۴۲ روز و در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد ۴۷ روز کاهش را نشان داد که این امر می‌تواند نیاز فیزیولوژی درختان اکوسیستم جنگلی به سرمای لازم را با مشکل مواجه کند. در مجموع، بررسی شاخص‌های دمایی سرد نشان داد:

- تمام شاخص‌های سرد آشکارکننده تغییر اقلیم روند کاهشی و معنی‌داری را نشان دادند.

- تمام شاخص‌های سرد آشکارکننده تغییر اقلیم بیشترین کاهش را در دهه آخر به‌ویژه سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ تجربه کردند.

- درصد کاهش شاخص‌های دمایی سرد شبانه بیشتر از شاخص‌های دمایی سرد روزانه است.

- شاخص‌هایی که شدت بیشتری در نمایاندن رخدادهایی دمایی سرد داشتند، روند کاهشی بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌های دمایی سرد داشتند.

- رخداد برخی از شاخص‌ها مانند دو روز و دو شب متوالی سرد و شاخص روز یخی در تمام سایت‌های پایش زوال به‌ویژه در دهه اخیر به‌شدت کم و تا حدودی محو شدند و با توجه به تداوم افزایش دما در آینده احتمالاً تکرارناپذیر خواهند بود.

- شاخص شش‌روز متوالی سرد با تأخیر چند سال پیش از شروع پدیده زوال در زاگرس محو شد. احتمال عدم تکرار رخداد این شاخص در آینده نیز دور از انتظار نیست.

باتوجه به موارد فوق، بررسی شاخص‌های دمایی سرد استاندارد آشکارکننده تغییر اقلیم در منطقه مورد بررسی نشان داد که تغییر اقلیم رخ داده است و منطقه مورد بررسی به سمت گرم‌شدن حرکت می‌کند. روند کاهشی شاخص‌های دمایی سرد آشکارکننده تغییر اقلیم و تداوم این روند کاهشی در آینده منجر به کاهش و عدم ذخیره نزولات جوی برفی و نفوذ آن به‌مرور توسط ریشه درختان به‌ویژه درختان بلوط می‌-

مورد پیشی می‌گیرد. روز یخی روزی است که حتی بیشینه دمای آن هم صفر و زیر صفر است و تغییرات رخداد آن یکی از مهم‌ترین شاخص‌های آشکارکننده تغییر اقلیم است. مقدار شاخص روزهای یخی در دو سایت زوال قلعه‌سماح و چیگو در بسیاری از سال‌ها به‌ویژه در دهه آخر صفر بود. این شاخص همراه با دیگر شاخص‌ها مبین رخداد تغییر اقلیم در زاگرس و گرم شدن اکوسیستم جنگلی است. رخداد تغییر اقلیم می‌تواند زمینه‌ساز حمله آفات و بیماری‌ها به درختان شود. در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد بیشینه تعداد رخداد روزهای یخی، هشت روز بود و در دهه آخر مقدار این شاخص به کمتر از چهار روز یخی رسیده بود. کاهش رخدادهای سرد می‌تواند منجر به ذوب سریع برف‌ها و عدم دسترسی درختان به آب و از طرفی سرمای مورد نیاز فیزیولوژی درختان باشد.

تغییرات شیب خط روند و معنی‌داری شاخص درصد فراوانی وقوع شب‌های سرد در دو سایت زوال قلعه‌سماح و چیگو نشان داد که این شاخص در طول دوره آماری مورد بررسی ۲۸ درصد و در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد ۳۲/۵ درصد کاهش داشته است. شاخص فراوانی وقوع روزهای سرد در دو سایت زوال قلعه‌سماح و چیگو و همچنین در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد در طول دوره آماری مورد بررسی ۱۹ درصد روند کاهش نشان داد. افزایش درصد شب‌های گرم و کاهش روزهای سرد یکی از عوامل مؤثر در کاهش تاب‌آوری اکوسیستم جنگل بلوط محسوب می‌شود.

شاخص تعداد دوره‌های سرد دوروزه در دو سایت زوال قلعه‌سماح و چیگو در طول دوره آماری مورد بررسی ۸۶ روز کاهش را نشان داد. این کاهش در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد ۹۵ روز بود. شاخص تعداد دوره‌های سرد شش‌روزه در دو سایت

جنگلی زاگرس وارد می‌کند (Iranmanesh et al., 2021). با توجه به روند کاهشی شاخص‌های سرد و محو شدن برخی از شاخص‌ها، جنگل‌های زاگرس در منطقه مورد بررسی مستعد زوال بوده و در آینده با مشکلات عدیده‌ای مانند ذوب شدن سریع برف و عدم دسترسی به رطوبت کافی مواجه خواهند شد. بنابراین، با توجه به رخداد تغییر اقلیم و تداوم افزایش دما و تبخیر ناشی از آن در آینده و همچنین کاهش رطوبت قابل دسترس به علت رخداد بارش‌های رگباری در زاگرس به‌ویژه در منطقه مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی توسط مدیران و تصمیم‌گیرندگان اکوسیستم جنگلی زاگرس اتخاذ شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه ملی آشکارسازی روند تغییر اقلیم و پایش خشکسالی و گردوغبار در سایت-های زوال جنگل‌های زاگرس مصوب مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور می‌باشد که بدینوسیله از مساعدت‌های مالی و همکاری مسئولین ذریب‌ت قدردانی می‌شود.

References

- Acácio, V.; Dias, F. S.; Catry, F. X.; Bugalho, M. N.; Moreira, F., Canopy cover loss of Mediterranean oak woodlands: Long-term effects of management and climate. *Ecosystems* **2021**, *24* (7), 1775-1791.
- Ahmadi, R.; Fathi, H.; Nouri Nejad, J.; Jafarzadeh, A. A., The role of climatic factors (dust, rainfall and temperature) on the decline and death of oak trees in Ilam province, *2nd International Dust Conference*, Ilam, April 25-27, **2018**. (In Persian)
- Alexander, I.; H Yang, H.; Perkins, S., *ClimPACT indices and software*. **2013**, (4), 1-52.
- Attarod, P.; Rostami, F.; Dolatshahi, A.; Sadeghi, S.; Amiri, G. Z.; Bayramzadeh, V., Do changes in meteorological parameters and evapotranspiration affect declining oak forests of Iran? *Journal of Forest Science* **2016**, *62* (12), 553-561. (In Persian)
- Attarod, P.; Sadeghi, S. M. M.; Pypker, T. G.; Bayramzadeh, V., Oak Trees Decline; A Sign of Climate Variability Impacts in the West of Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* **2017**, *15* (4), 373-384. (In Persian)
- Attarod, P.; Sadeghi, S. M.; Taheri Sartshani, F.; Saroei, S.; Abbasian, P.; Masihpoor, M.; Kordrostami, F.; Dirikvandi, A., The Effect of Climatic Factors and Evapotranspiration

شود. در نتیجه منجر به کاهش حجم آب‌های زیرزمینی می‌شود. بنابراین، در این مناطق باید کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی در طرح‌های مدیریت پایدار جنگل در نظر گرفته شود، زیرا دسترسی کافی به آب‌های زیرزمینی می‌تواند اثرهای منفی خشکسالی تابستانی را بر رشد درختان مهار کند. بنابراین، در مواجهه با تغییرات آب و هوایی مداوم و وقوع بیشتر وقوع خشکسالی شدید، پیشنهاد می‌شود که برداشت آب‌های زیرزمینی از جنگل‌ها کاهش یابد (Skiaresis et al., 2021).

تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند مرگ‌ومیر درختان و نابودی جنگل را در بسیاری از اکوسیستم‌های جهان به‌ویژه در جنگل‌های نیمه‌خشک افزایش دهد (Ogaya et al., 2020). نقشه مناطق مستعد زوال بلوط در استان ایلام نشان داد که بیش از ۷۷ درصد از جنگل‌های بلوط استان به‌شدت مستعد کاهش هستند (Motlagh et al., 2021). از طرفی، کاهش حاصلخیزی خاک در پی تخریب جنگل‌های بلوط رخ داده است (Safari et al., 2021) و تغییرات قابل توجه زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی و خاک در توده‌های جنگلی دچار زوال رخ داده است که در بلندمدت خسارات جبران‌ناپذیری را به اکوسیستم

- on the Decline of Central Zagros Forests in Lorestan Province. *Research on protection and conservation of forests and rangelands of Iran* **2016b**, 13 (2), 97-112. (In Persian)
- Azizi, G.; Miri, M.; Mohammadi, H.; Pourhashemi, M., Analysis of Relationship between Forest Decline and Precipitation Changes in Ilam Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2015**, 23 (3), 502-515. (In Persian)
- Bedrood, F.; Gh. H.; Valipour, A., Application of the Logical Framework Analysis for Planning and Evaluation of Oak Decline's Forest Management Plan. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2021**, 29 (1), 53-64. (In Persian)
- Camarero, J. J.; Colangelo, M.; Gazol, A.; Azorín-Molina, C., Drought and cold spells trigger dieback of temperate oak and beech forests in northern Spain. *Dendrochronologia* **2021**, 66, 125812.
- Colangelo, M.; Camarero, J. J.; Borghetti, M.; Gentilesca, T.; Oliva, J.; Redondo, M.-A.; Ripullone, F., Drought and Phytophthora are associated with the decline of oak species in southern Italy. *Frontiers in plant science* **2018**, 1595.
- Conte, A. L.; Di Pietro, R.; Iamónico, D.; Di Marzio, P.; Cillis, G.; Lucia, D.; Fortini, P., Oak decline in the Mediterranean basin: A study case from the southern Apennines (Italy). *Plant Sociology* **2019**, 56 (2), 69-80.
- Dolatshahi, A.; Attarod, P.; Zahedi, G.; Sadeghi, M.; Bayramzadeh, V., Trends of Meteorological Parameters and Reference Evapotranspiration in the Northern Zagros Region. *Forest and Wood Products* **2017**, 70 (2), 251-260. (In Persian)
- Falah, A.; Heidari, M., Studying the diameter growth of Persian oak and its relationship with climatic parameters in Zagros forests (Case study: Sarab-Karzan forests of Ilam). *Forest Research and Development* **2018**, 3 (4), 361-375.
- Gea-Izquierdo, G.; Natalini, F.; Cardillo, E., Holm oak death is accelerated but not sudden and expresses drought legacies. *Science of the Total Environment* **2021**, 754, 141793.
- Ghadirian, O.; Hemami, M.; Soffianian, A.; Pourmanaphi, S.; Malekian, M.; Tarkesh, M., Probabilistic Prediction of Forest Decline in Lorestan Province Using a Combined Modeling Approach. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* **2018**, 15 (2), 131-146. (In Persian)
- Goodarzi, N.; Zargarani, M. R.; Banj, S. A.; Tavakoli, M., The effect of geographical directions and location on dispersion of Oak decline, Shurab forest area, Lorestan Province, Iran. **2016**.
- Hosseinzadeh, J.; Pourhashemi, M., Emergence of Desiccation within Zagros Forests Decline. *Iran Nature* **2017**, 2 (4), 18-21. (In Persian)
- Iranmanesh, Y.; Pourhashemi, M.; Jahanbazi, H.; Talebi, M., Comparison of Biomass and Carbon Stock on Aboveground, Litter and Soil between Healthy and declined Stands of Brant's Oak in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Applied Ecology* **2021**, 10 (2):17-31 (In Persian)
- Karamian, M.; Mirzaei, J., The Most Important Factors Affecting Persian Oak (*Quercus brantii*) Decline in Ilam Province. *Ecology of Iranian Forest* **2020**, 8 (15), 93-103. (In Persian)
- Kim, H. N.; Jin, H. Y.; Kwak, M. J.; Khaine, I.; You, H. N.; Lee, T. Y.; Ahn, T. H.; Woo, S. Y., Why does Quercus suber species decline in Mediterranean areas? *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* **2017**, 10 (3), 337-341.
- Mahdavi, A.; Rangin, S.; Mehdizadeh, H.; Mirzaeizadeh, V., Modelling the Trend of Zagros Forest Degradation using Logistic Regression (Case study: Chardavol Forest of Ilam province. *Geography and Sustainability of Environment* **2018**, 8 (2), 1-13. (In Persian)
- Mirzaei, M.; Bonyad, A. E.; Akhavan, R.; Naghdi, R., Decline modelling of Quercus brantii under effects of physiographic factors in Dalab forests of Ilam. *Forest Research and Development* **2019**, 5 (2), 329-342.
- Moreno-Fernández, D.; Ledo, A.; Martín-Benito, D.; Cañellas, I.; Gea-Izquierdo, G., Negative synergistic effects of land-use legacies and climate drive widespread oak decline in evergreen Mediterranean open woodlands. *Forest Ecology and Management* **2019**, 432, 884-894.
- Motlagh, M. G.; Kiadaliri, M., Zoning of Areas with Susceptibility to Oak Decline in Western Iran. *Quaestiones Geographicae* **2021**, 40 (1), 75-83.
- Mozafari, F.; Karamshahi, A.; Heydari, M., Mapping Dieback Intensity Distribution in Zagros Oak Forests Using Geo-statistics and Artificial Neural Network. *Iranian Journal*

- of *Applied Ecology* **2019**, 8 (3), 31-44. (In Persian)
- Naseri, M.; Shataee Jooibari, S.; Mohammadi, J.; Ahmadi, S., Investigation on the Amount of Mortality of Iranian Oak Trees (*Quercus brantii* Lindl.) using Satellite Imagery (Case study: Dashte Barm Forests of Fars Province). *Ecology of Iranian Forest* **2020**, 8 (16), 72-80. (In Persian)
- Nassaji-Zavareh, M.; Abdollahzadeh, A.; Elahi, M., Determination of the Effect of Some Climate Factors on the Forest Decline Using PCAGIS Method (Case Study: Kermanshah City). *Journal of Forest and Rangeland* **2017**, 112, 32-38. (In Persian)
- Ogaya, R.; Liu, D.; Barbeta, A.; Peñuelas, J., Stem mortality and forest dieback in a 20-years experimental drought in a Mediterranean holm oak forest. *Frontiers in Forests and Global Change* **2020**, 2, 89.
- Ostakh, E.; Soosani, J.; Abdolkhani, A.; Naghavi, H., Impact of Decline on the Concentration of Chemical Elements in the Wood of Declined and Healthy Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2019**, 27 (4), 413-424. (In Persian)
- Pourhashemi, M.; Sadeghi, S. M. M., A Review on Ecological Causes of Oak Decline Phenomenon in Forests of Iran. *Ecology of Iranian Forest* **2020**, 8 (16), 148-164. (In Persian)
- Poursartip, L.; Naseri Karimvand, S.; Moradi, M.; Susani, J., Comparing the Impact of Climate Variables on Healthy and Declined Masses of Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the "Khorram Abad" City. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries* **2017**, 7 (4), 591-600. (In Persian)
- Sabernasab, M.; Marefat, A.; Abbasi, S., Pathogenicity Evaluation of Pathogenic Fungi Causing of Oak Tree Dieback in Kermanshah Province. *Iranian Journal of Plant Protection Science* **2020**, 51 (1), 79-92. (In Persian)
- Safari, Y.; Noori, Z.; Rahmanian, M., Variations of Soil Fertility Following the Oak Deforestation in Miankooch Region, Shahrekord. *Environmental Erosion Research Journal* **2021**, 11 (2), 129-145.
- Skiadaresis, G.; Schwarz, J.; Stahl, K.; Bauhus, J., Groundwater extraction reduces tree vitality, growth and xylem hydraulic capacity in *Quercus robur* during and after drought events. *Scientific reports* **2021**, 11 (1), 1-14.
- Sousani, J.; Radmeh, A.; Ghalebahmani, S.; Balapour, S.; Sepahvand, A., Effects of Climate Variables (Temperature and Precipitation) on the Width of Rings-Growth in Persian Coppice Oak in the Central Zagros (Case Study: Khoramabad). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2014**, 21 (2), 43-60. (In Persian)
- Swanston, C.; Brandt, L. A.; Janowiak, M. K.; Handler, S. D.; Butler-Leopold, P.; Iverson, L.; Thompson III, F. R.; Ontl, T. A.; Shannon, P. D., Vulnerability of forests of the Midwest and Northeast United States to climate change. *Climatic Change* **2018**, 146 (1), 103-116.
- van Der Walt, A. J.; Fitchett, J. M., Trend analysis of cold extremes in South Africa: 1960–2016. *International Journal of Climatology* **2021**, 41 (3), 2060-2081.
- Waitz, Y.; Sheffer, E., Dynamics of mixed pine–oak forests. In *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*, Springer: 2021; pp 345-362.
- Zarafshar, M.; Teimouri, M.; Pourhashemi, M.; Alizadeh, T.; Bordbar, S. K.; Rousta, M. J.; Abbasi, A., The Impact of Brant's Oak (*Quercus brantii* Lindl.) Decline on Stand Soil Characteristics (Case Study: Kohmareh Sorkhi, Fars Province). *Forest and Wood Products* **2020**, 74 (1), 97-110. (In Persian)

Detection of climate change based on cold temperature indices in the forest ecosystem of Central Zagros

F. Dargahian^{*1} and M. Puorhashemi²

1- Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (dargahian@rifr-ac.ir)

2- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

Received: 13.11.2021 Accepted: 09.03.2022

Abstract

One of the assumptions raised about the phenomenon of forest decline is the change of climatic indicators. In this study, in order to detect the occurrence of climate change in the ecosystem of Zagros forests of Chaharmahal and Bakhtiari province, cold temperature indicators indicating climate change have been used. Daily climatic data including precipitation, maximum temperature and minimum temperature for the statistical period 1991-2019 were extracted at the nearest synoptic stations to the Chego, Ghalesama, Rahimaabad, and Gelsefid deterioration monitoring sites. Before calculating the indicators, daily input data were examined for quality and homogeneity and prepared in the desired format to enter ClimPACT software. Among the global standard indicators detecting the occurrence of climate change, cold temperature indicators; Two days and two nights consecutive cold, number of frosty days, number of icy days, percentage of cold nights frequency, percentage of cold days frequency, two-day cold period and 6-day cold period were extracted and analyzed. The results showed that all cold indicators of climate change had a significant and decreasing trend and experienced the largest decrease in the last decade, especially in 2017 and 2018. The percentage of decrease in cold night temperature indices is more than daily cold temperature indices. Some indicators in all deterioration monitoring sites, especially in the last decade, have been severely reduced to some extent and will probably be unrepeatable in the future due to the continued increase in temperature. Awareness and recognition of climate change in the Zagros Forest ecosystem based on standard indicators can help manage forest conservation and restoration through climate change adaptation methods.

Keywords: Climate adaptation, ClimPACT model, Forest conservation and restoration, Oak decline.

* Corresponding author

Tel: +982144787282

تأثیر اجرای شیوه تک‌گزینی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی و خاک جنگل‌های سفارود

بهروز کرمدوست^۱، احمد علیجانپور^{۲*}، عباس بانج شفیعی^۳ و سمیرا ساسانی‌فر^۴

۱- دانش آموخته دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (karamdoost.b@gmail.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)

۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

۴- دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (s.sasanifar@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی تأثیر مدیریت به شیوه تک‌گزینی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی توده جنگلی منطقه سفارود و مقایسه این شاخص‌ها با توده‌های شاهد در آن منطقه است. جمع‌آوری اطلاعات از چهار سری (۵، ۸، ۱۷ و ۱۸) در چهار طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰، ۶۰۰ تا ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ و بیشتر از ۱۵۰۰ متر از جنگل‌های سفارود انجام شد. در هر سری یک پارسل مدیریت‌شده و یک پارسل شاهد انتخاب و با استفاده از شبکه آماربرداری ۱۰۰ در ۲۰۰ متر، در هر پارسل ۱۵ قطعه نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۰ آر برداشت شد. تعداد پنج قطعه نمونه از هر پارسل به صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌های خاک برداشت شدند. نتایج نشان داد، میانگین هر دو شاخص قطر و سطح مقطع برابر سینه در منطقه شاهد (۳۲/۱۱ سانتی‌متر، ۱۱۵۸/۰۵ سانتی‌مترمربع) بیشتر از منطقه مدیریت‌شده (۲۵/۹۳ سانتی‌متر، ۷۲۴/۹۴ سانتی‌متر مربع) بوده و تراکم پایه‌ها در منطقه مدیریت‌شده (۳۹۱/۶۶) بیشتر از منطقه شاهد (۳۱۷/۵۰) است. همچنین میانگین قطر برابر سینه در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۰۰، بیشتر از طبقات پایین‌تر است. از طرفی معلوم شد که مدیریت جنگل به شیوه تک‌گزینی بر هیچ‌کدام از شاخص‌های مورد بررسی خاک تأثیر معنی‌داری نداشته است اما عامل ارتفاع از سطح دریا بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی خاک تأثیر معنی‌دار دارد. پژوهش حاضر نشان داد، اجرای شیوه تک‌گزینی، بهبود مشخصه‌های کمی و کیفی توده‌های جنگلی مورد بررسی را موجب شده است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، تک‌گزینی، شاخص‌های خاک، پارسل شاهد، مدیریت جنگل.

اکوسیستم طبیعی مورد توجه است (Marvi Mohajer, 2006). برخی پژوهش‌ها در رابطه با اثرهای مدیریت تک‌گزینی بر مناطق مختلف جنگل‌های هیرکانی انجام شده است. (Bakhshandeh Navrood et al., 2014). بررسی اثرهای شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی در جنگل‌های سفارود به نتیجه رسیده‌اند که ساختار قطری توده‌هایی که تحت شیوه تک‌گزینی مدیریت شده‌اند، تغییر معنی‌داری نداشته است. Waez Musavi et al. (2016) با بررسی تأثیر اجرای شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی بر زادآوری در راشستان آمیخته طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا، شیوه تک‌گزینی را شیوه‌ای مناسب برای این جنگل ارزیابی کردند چرا که اجرای آن تغییرات معنی‌داری در وضعیت زادآوری توده‌های مدیریت‌شده نسبت به توده‌های بکر ایجاد نکرده است. (Sangdehi et al., 2017) با مقایسه مشخصه‌های کمی و کیفی جنگل مدیریت‌شده به شیوه تک‌گزینی در بخش جوجاده شرکت چوب فریم، به نتیجه این رسیدند که به غیر از مشخصه تعداد در هکتار، باقی مشخصه‌های کمی مانند حجم، سطح مقطع، قطر متوسط تاج و میانگین ارتفاع لوری در طول ۱۰ سال اجرای طرح بهبود پیدا کرده‌اند. (Moslehi et al., 2020) با بررسی تأثیر شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی بر نیتروژن کل خاک و تغییرات فصلی آن در توده آمیخته راش-مرمز در جنگل شصت کلاته گرگان به این نتیجه رسیدند که میانگین نیتروژن کل در منطقه مدیریت‌نشده بیشتر از بخش مدیریت‌شده است. (Hynnen et al., 2019) با بررسی اثرهای دو نوع مدیریت تک‌گزینی و برش نواری بر رویش سطح مقطع درختان در توده‌های *Picea abies* در فنلاند به نتیجه رسیدند که رشد سطح مقطع توده‌هایی که تحت مدیریت تک‌گزینی بوده‌اند ۲۰ درصد کمتر از رشد توده‌های تحت مدیریت برش

جنگل‌های هیرکانی یکی از قدیمی‌ترین جنگل‌های جهان متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی بوده و به دلیل عدم نفوذ یخبندان انتهایی دوران سوم زمین‌شناسی در آن‌ها، دارای گونه‌هایی هستند که در دیگر نقاط جهان یافت نمی‌شود (Marvi Mohajer, 2005). روش‌های مختلف بهره‌برداری اقتصادی و شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی به منظور مدیریت توده‌های جنگلی این مناطق همواره مورد بحث بوده است. از طرفی در سالیان گذشته، روش‌های مدیریتی مختلفی بر بخش‌های مختلف این جنگل‌ها اعمال شده است. ضمن اینکه در طول زمان با غلبه دیدگاه شیوه‌های مدیریتی جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی به عنوان بهترین شیوه برای مدیریت پایدار در بسیاری از بخش‌های جنگل‌های هیرکانی، مورد توجه قرار گرفته است.

اجرای شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی در راستای مدیریت منابع جنگلی اثرهای متفاوتی بر خصوصیات کمی و کیفی توده‌های جنگلی، تنوع پوشش گیاهی، پایداری و در نهایت کارکردها و خدمات آن دارد. در روش تک‌گزینی با توجه به برداشت یک یا چند درخت (مشابه آنچه که در طبیعت اتفاق می‌افتد) سطحی از تاج‌پوشش و به همراه آن سطحی از زمین خالی می‌شود. تکیه این روش بر استقرار زادآوری طبیعی است (Goleij et al., 2007) و این شیوه از زمان‌های قدیم در جنگل‌های آمیخته سوزنی‌برگ اروپای مرکزی که دارای مالکیت خصوصی در سطح کوچک بوده‌اند، اجرا شده است و با گسترش تفکر جنگلداری همگام با طبیعت، در تمام کشورهای دنیا گسترش یافته است. همچنین این شیوه منجر به ایجاد جنگل‌های آمیخته و ناهمسال می‌شود که این نوع جنگل از نظر پایداری و تنوع زیستی

شده بر برخی شاخص‌های کمی و کیفی اکوسیستم این توده‌های جنگلی را ارزیابی کرد. بنابراین هدف اصلی بررسی حاضر؛ ارزیابی تأثیرات مدیریت همگام با طبیعت (شیوه تک‌گزینی) بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی اکوسیستم‌های جنگلی شفارود و مقایسه این شاخص‌ها با توده‌های شاهد در آن منطقه است. بنابراین سوالاتی که برای این پژوهش مطرح می‌شوند عبارتند از: آیا مدیریت تک‌گزینی منجر به تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های مورد مدیریت، شده است؟ آیا مدیریت تک‌گزینی تأثیری بر خصوصیات خاک منطقه داشته است؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل‌های حوزه ۹ شفارود، در شهرستان رضوانشهر در استان گیلان در شمال کشور واقع شده است. مساحت این جنگل‌ها حدود ۱۳۵ هزار هکتار بوده و شامل ۷۲ سری است. این جنگل‌ها از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۵ تحت تأثیر شیوه مدیریتی تک‌گزینی قرار داشته‌اند. در گذشته شیوه بهره‌برداری از این جنگل‌ها به روش قطع یکسره نواری بوده است. لازم به ذکر است که برخی از پارسل‌ها در سری‌های مختلف این حوزه جنگلی به صورت دست‌نخورده و شاهد بوده و بهره‌برداری در آنها انجام نشده است. گونه‌های درختی مهم در این جنگل‌ها راش، ممرز، بلوط، افرا شیردار، نمدار، ون، بارانک، شمشاد، گیلاس وحشی و توسکا است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اقلیم این منطقه از نظر اقلیمی جزء اقلیم‌های بسیار مرطوب است (Saeedi et al., 2021).

روش پژوهش

پارسل‌های مورد بررسی در این پژوهش از جنگل شفارود در سری ۵ (پارسل ۳۱) (مدیریت‌شده) و

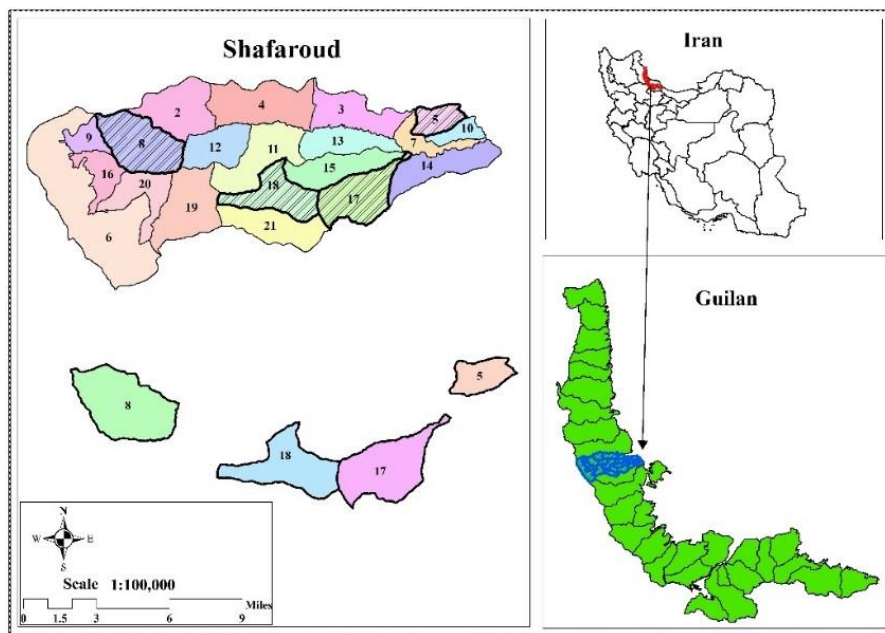
نواری، است. (Durigan et al. (2017) با بررسی در بخشی از جنگل‌های آمازون در برزیل بیان کرده‌اند که قطع درختان حتی به صورت تک‌گزینی منجر به کاهش معنی‌دار نیتروژن، ماده آلی و کربن خاک شده است. (Thu Moe and Owari (2020) با بررسی اثرهای مدیریت جنگل به روش تک‌گزینی بر شاخص‌های پایداری در جنگل‌های چین به نتیجه رسیدند، ۵۰ سال مدیریت جنگل به روش تک‌گزینی موجب بهبود شاخص‌های پایداری توده مانند J شکل بودن منحنی پراکنش درختان، افزایش میانگین قطر درختان و افزایش زادآوری جنگل شده است.

با توجه به این که بررسی اندکی در رابطه با بررسی اثرهای درازمدت مدیریت جنگل‌های شفارود به شیوه تک‌گزینی وجود دارد، از این رو در این پژوهش سعی بر این شده است تا با استفاده از اطلاعاتی که از دو بخش مدیریت‌شده به شیوه تک‌گزینی و شاهد به دست می‌آید، اثرهای این نوع مدیریت را بر برخی شاخص‌های کمی و کیفی جنگل بررسی کند.

زمانی می‌توان تأثیر مدیریت اعمال‌شده بر توده‌های جنگلی را بر شاخص‌های مورد بررسی سنجید که بتوان اطلاعات مربوط به این شاخص‌ها را در دو زمان قبل و بعد از اعمال مدیریت، باهم مقایسه کرد، ولی به دلیل در دسترس نبودن این اطلاعات، در این بررسی شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در منطقه مدیریت‌شده به روش تک‌گزینی، با شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در پارسل‌های شاهد که از نظر ارتفاع از سطح دریا، جهت، شیب عمومی منطقه و تیپ جنگل، شرایطی مشابه با منطقه مدیریت‌شده را دارند، مقایسه خواهند شد. اندازه‌گیری شاخص‌های ذکر شده در هر دو منطقه و مقایسه با یکدیگر، تلاشی است تا از آن طریق بتوان اثرهای سیاست‌های مدیریتی اعمال-

جامع از تمامی شرایط، سری‌های مورد بررسی، در چهار طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰، ۶۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، بیشتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا انتخاب شدند (سری ۱۸ در طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ متر، سری ۱۷ در طبقه ارتفاعی ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، سری ۸ در طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ و سری ۵ در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا).

پارسل ۲۹ (شاهد)، سری ۸ (پارسل ۱۲ (مدیریت-شده) و پارسل ۱۳ (شاهد))، سری ۱۷ (پارسل ۲۷ (مدیریت‌شده) و پارسل ۲۹ (شاهد)) و سری ۱۸ (پارسل ۱۹ (مدیریت‌شده) و پارسل ۱۷ (شاهد)) قرار گرفته‌اند که از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ تحت مدیریت به شیوه تک‌گزینی قرار گرفته‌اند. همچنین به‌خاطر تغییر تیپ، تراکم و شرایط اکولوژیکی توده‌های جنگلی با تغییرات ارتفاع از سطح دریا، به‌منظور داشتن اطلاعات



شکل ۱- منطقه مورد بررسی (استان گیلان، جنگل‌های شفارود، سری‌های مورد بررسی)

Figure 1. Study area (Guilan province, Shafaroud forests, study series)

قطعه نمونه در هر پارسل برداشت شد. در داخل قطعات نمونه پیاده شده، اطلاعات نوع گونه، قطر برابرسینه، مبدأ و کیفیت تنه پایه‌ها ثبت شد. همچنین در هر پارسل تعداد پنج قطعه نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد (چهار نمونه از چهار گوشه قطعه نمونه برداشت (Heidari Safari Kouchi et al., 2016)) و پس از ترکیب یک نمونه دو کیلوگرمی تهیه شد. همچنین از قسمت دست‌نخورده قطعه نمونه، نمونه خاک با سیلندر فلزی به حجم مشخص برداشت شد.

برای جمع‌آوری اطلاعات از پارسل‌های مورد نظر، از شبکه آماربرداری به ابعاد ۱۰۰ در ۲۰۰ متر (Khanalizadeh et al., 2020) استفاده شد. در این راستا شبکه به ابعاد مورد نظر طراحی و در محیط Google earth بر روی پارسل‌های مورد بررسی قرار داده شد. با تعیین محل قطعات نمونه بر روی نقشه و تعیین مختصات جغرافیایی آن‌ها، پیاده کردن قطعات نمونه با استفاده از دستگاه GPS در عرصه انجام شد. قطعات نمونه مورد استفاده در این پژوهش، قطعات نمونه دایره‌ای شکل با مساحت ثابت ۱۰ آر بوده و ۱۵

تی‌مستقل و مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرهای اصلی طبقه ارتفاعی و همچنین اثرهای متقابل عامل-های مدیریت و طبقه ارتفاعی از آزمون دانکن استفاده شده است. به‌منظور بررسی مهم‌ترین شاخص تغییر-یافته بین دو منطقه از تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. تمامی آنالیزهای مورد نیاز در نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس دو طرفه شاخص‌های میانگین قطر برابر سینه و میانگین سطح مقطع برابر سینه پایه-های مورد بررسی و تراکم (تعداد در هکتار درختان) در جدول ۱ ارائه شده است.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثرهای اصلی مدیریت و طبقه ارتفاعی و همچنین اثرهای متقابل آن‌ها بر هر دو شاخص قطر برابر سینه و سطح مقطع برابر سینه تأثیر معنی‌دار دارد.

نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و شاخص‌های رس، سیلت و شن با استفاده از روش هیدرومتری بایوکوس (Jafari Haghghi, 2003)، اسیدپته با روش توماس (Thomas, 1996)، هدایت الکتریکی با روش روآدس (Rhoades, 1996) و وزن مخصوص ظاهری با استفاده از روش سیلندر اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در رابطه با تجزیه و تحلیل داده‌ها، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تأیید و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. در نهایت از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه با طرح آماری فاکتوریل با دو عامل شامل مدیریت در دو سطح (مدیریت‌شده به شیوه تک‌گزینی و شاهد) و طبقه ارتفاعی در چهار سطح (طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ متر، ۶۰۰ الی ۱۰۰۰ متر، ۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰ متر و بیشتر از ۱۵۰۰ متر) و در مجموع شش تیمار به‌منظور بررسی تأثیرات عامل‌ها بر شاخص‌های مورد پژوهش استفاده شد. لازم به‌ذکر است مقایسات میانگین‌های مربوط به اثرهای اصلی مدیریت با استفاده از آزمون

جدول ۱- تجزیه واریانس تغییرات مشخصه‌های کمی تحت عوامل مدیریت و ارتفاع از سطح دریا

Table 1. Analysis of variance of quantitative characteristic changes under management and elevation factors

Sig	F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات Sum of squares	df	منبع تغییرات Source of variation
0.00**	115.97	37391.83	37391.83	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management
0.00**	47.71	15383.08	46149.26	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)
0.00**	14.58	4702.25	14106.76	4	اثرهای متقابل Interaction
		322.42	1369323.73	4247	خطا Error

** تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری تفاوت

**Significant difference at 99% confidence level, * Significant difference at 95% confidence level, ^{ns} No significant difference

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

Sig	F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات Sum of squares	df	منبع تغییرات Source of variation	
0.00**	96.36	183285532.9	183285532.9	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	
0.00**	18.50	35198169.28	105594507.8	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	سطح مقطع برابر سینه (سانتی متر مربع) Basal area (cm ²)
0.00**	8.66	16477682.4	49433048.52	4	اثرهای متقابل Interaction	
			8077729097	4247	خطا Error	
0.00**	10.58	165020.83	165020.83	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	تراکم (تعداد در هکتار) Density (number per hectare)
0.04*	2.58	40309.72	120929.16	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	
0.06 ^{ns}	2.49	38849.72	116549.16	3	اثرهای متقابل Interaction	
		15590	1746080	112	خطا Error	

** تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ^{ns} عدم معنی داری تفاوت**Significant difference at 99% confidence level, * Significant difference at 95% confidence level, ^{ns} No significant difference

نتایج مربوط به مقایسه میانگین شاخص‌ها در در منطقه شاهد بیشتر از منطقه مدیریت شده بوده و رابطه با اثرهای اصلی مدیریت در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود میانگین مشخصه‌های قطر برابر سینه و سطح مقطع برابر سینه

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های کمی مربوط به اثرهای اصلی فاکتور مدیریت با استفاده از آزمون تی مستقل (میانگین \pm اشتباه معیار)

Table 2. Comparison of means of quantitative indicators related to the main effects of management factor using independent t-test (mean \pm standard error)

Sig	مدیریت Management		مشخصه Characteristic
	شاهد Control	مدیریت شده Managed	
0/00**	32.11 \pm 0.48	25.93 \pm 0.32	قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH (cm)

** تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

**Significant difference in 99% confidence level, * Significant difference in 95% confidence level

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

Sig	مدیریت Management		مشخصه Characteristic
	شاهد Control	مدیریت‌شده Managed	
0/00**	1158.05±39.57	724.94±21.59	سطح مقطع برابر سینه (سانتی‌متر مربع) Basal area (cm ²)
0/00**	317.50±15.47	391.66±17.91	تراکم (تعداد در هکتار) Density (number per hectare)

** تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

**Significant difference at 99% confidence level, * Significant difference at 95% confidence level

نتایج مربوط به مقایسه میانگین شاخص‌ها در رابطه با اثرهای اصلی عامل طبقه ارتفاعی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به مشاهده می‌شود میانگین شاخص‌های قطر و سطح مقطع برابر سینه در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۰۰ بیشتر از دیگر طبقات ارتفاعی بوده و میانگین تعداد درختان در طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ متر بیشتر از دیگر طبقات ارتفاعی است.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های کمی مربوط به اثرهای اصلی فاکتور طبقه ارتفاعی با استفاده از آزمون دانکن

Table 3. Comparison of the mean of quantitative indicators related to the main effects of elevation factor using Duncan test

طبقه ارتفاعی (متر) Elevation classes (m)				مشخصه Characteristic
بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	۱۰۰۰-۱۵۰۰ 1000-1500	۶۰۰-۱۰۰۰ 600-1000	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	
33.87 ^a ±0.62	30.86 ^b ±0.54	26.53 ^c ±0.59	24.76 ^d ±0.49	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)
1183.09 ^a ±46.04	991.51 ^b ±37.74	858.96 ^c ±51.75	704.14 ^d ±35.09	سطح مقطع برابر سینه (سانتی‌متر مربع) Basal area (cm ²)
306 ^b ±19.04	352.33 ^{ab} ±20.41	366.33 ^{ab} ±20.96	393.66 ^a ±33.934	تراکم (تعداد در هکتار) Density (number per hectare)

حروف معنی‌داری مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Different significant letters indicate a significant difference at the 95% confidence level

مقایسه نتایج مربوط به ترکیبات سطوح مختلف دو فاکتور مورد بررسی (اثرهای متقابل فاکتورهای دوگانه) در رابطه با دو شاخص قطر برابر سینه و سطح مقطع برابر سینه در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به مشاهده می‌شود میانگین هر دو شاخص قطر و سطح مقطع برابر سینه در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۵۰۰ متر منطقه شاهد بیشترین مقدار خود را دارا است.

جدول ۴- مقایسه شاخص‌های کمی قطر و سطح مقطع برابر سینه در طبقات ارتفاعی دو منطقه مدیریت‌شده و شاهد با استفاده از آزمون دانکن (میانگین \pm اشتباه معیار)

Table 4. Comparison of quantitative indices of dbh and basal area at breast height classes of the two managed and control areas using Duncan's test (mean \pm standard error)

منطقه Region	طبقه ارتفاعی Elevation	قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH (cm)	سطح مقطع برابر سینه (سانتی متر مربع) Basal area (cm ²)
مدیریت‌شده Managed	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	20.26 ^d \pm 0.46	440.09 ^d \pm 27.03
	۶۰۰-۱۰۰۰ 600-1000	23.27 ^c \pm 0.56	567.43 ^d \pm 37.53
	۱۰۰۰-۱۵۰۰ 1000-1500	30.29 ^b \pm 0.68	912.02 ^c \pm 43.71
	بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	31.88 ^b \pm 0.80	1078.19 ^{bc} \pm 59.66
شاهد Control	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	31.34 ^b \pm 0.92	1089.78 ^{bc} \pm 73.35
	۶۰۰-۱۰۰۰ 600-1000	30.18 ^b \pm 1.07	1184.76 ^{ab} \pm 99.37
	۱۰۰۰-۱۵۰۰ 1000-1500	31.41 ^b \pm 0.83	1068.78 ^{bc} \pm 60.97
	بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	36.81 ^a \pm 0.97	1338.46 ^a \pm 71.74

حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Different significant letters indicate a significant difference at the 95% confidence level

نتایج حاصل از بررسی مشخصه‌های کیفی پایه‌های - منطقه مدیریت‌شده و درصد پایه‌های شاخه‌زاد در های درختی در دو منطقه مدیریت‌شده و شاهد در جدول ۵ ارائه شده است. بین پارسل‌های مدیریت‌شده و شاهد از نظر مبدأ و کیفیت تنه درختان تفاوت معنی‌دار وجود دارد که درصد پایه‌های دانه‌زاد در منطقه شاهد بیشتر است. در رابطه با کیفیت تنه درختان نتیجه می‌شود که درصد حضور پایه‌ها با کیفیت تنه عالی در منطقه مدیریت‌شده بیشتر از منطقه شاهد است.

جدول ۵- درصد مشخصه‌های کیفی پایه‌های درختی در دو منطقه مدیریت‌شده و شاهد

Table 5. Percentage of quality characteristics of tree individuals in both managed and control areas

منطقه Region	مبدأ Origin		کیفیت تنه Tree trunk quality			
	شاخه‌زادی Coppice	دانه‌زادی Seedling	خوب Good	متوسط Moderate	ضعیف Fragile	مربع کای Chi ²
مدیریت‌شده Managed	7.7	92.3	54.1	19.8	1.8	0.01**
شاهد Control	10.5	89.5	55	22	2.4	

** تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

**Significant difference at 99% confidence level

نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری مربوط به تجزیه واریانس دو طرفه مشخصه‌های خاک برای مناطق مدیریت‌شده و شاهد در جدول ۶ ارائه شده است. اثرهای اصلی عامل مدیریت بر هیچ‌کدام از شاخص‌های خاکی مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ندارد. اما اثرهای اصلی عامل طبقه ارتفاعی بر روی شاخص‌های

رس، شن، اسیدیته، هدایت الکتریکی، رطوبت گل اشباع و وزن مخصوص ظاهری تأثیر معنی‌دار دارد. همچنین اثرهای متقابل عامل‌های مورد بررسی بر شاخص‌های رس، هدایت الکتریکی و رطوبت گل اشباع تأثیر معنی‌دار دارد.

جدول ۶- تجزیه واریانس تغییرات مشخصه‌های خاک تحت عوامل مدیریت و ارتفاع از سطح دریا

Table 6. Analysis of variance of changes in soil characteristics under management and elevation factors

Sig	F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات Sum of squares	df	منبع تغییرات Source of variation	
0.81 ^{ns}	0.05	1.76	1.76	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	
0/00**	8.97	272.07	816.23	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	رس (درصد) Clay (%)
0.01*	4.03	122.23	366.7	3	اثرهای متقابل Interaction	
		30.32	970.49	32	خطا Error	
0.46 ^{ns}	0.54	25.60	25.60	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	
0.18 ^{ns}	1.72	80.60	241.80	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	سیلت (درصد) Silt (%)
0.45 ^{ns}	0.89	41.73	125.21	3	اثرهای متقابل Interaction	
		46.66	1493.31	32	خطا Error	
0.49 ^{ns}	0.48	23.10	23.10	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	
0.00**	7.71	364.82	1049.48	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	شن (درصد) Sand (%)
0.18 ^{ns}	1.69	80.35	241.05	3	اثرهای متقابل Interaction	
		47.30	1513.66	32	خطا Error	

** تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد،^{ns} عدم معنی‌داری تفاوت

**Significant difference at 99% confidence level, * Significant difference at 95% confidence level, ^{ns} No significant difference

ادامه جدول ۶.

Continued table 6.

Sig	F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات Sum of squares	df	منبع تغییرات Source of variation	
0.77 ^{ns}	0.080	0.009	0.009	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	
0.00 ^{**}	10.06	1.06	3.20	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	اسیدیته pH
0.64 ^{ns}	0.56	0.06	0.17	3	اثرهای متقابل Interaction	
		0.10	3.40	32	خطا Error	
0.31 ^{ns}	1.04	0.017	0.017	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)
0.00 ^{**}	17.26	0.27	0.83	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	
0.01 [*]	8.54	0.13	0.41	3	اثرهای متقابل Interaction	
		0.016	0.51	32	خطا Error	
0.20 ^{ns}	1.68	90	90	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	رطوبت گل اشباع (درصد) SP (%)
0.00 ^{**}	5.59	298.20	894.60	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	
0.00 ^{**}	5.11	273	819	3	اثرهای متقابل Interaction	
		53.33	1706.80	32	خطا Error	
0.55 ^{ns}	0.35	0.018	0.018	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) BD (g/cm ³)
0.01 [*]	4.29	0.21	0.64	3	اثر اصلی طبقه ارتفاعی Main effect of elevation	
0.65 ^{ns}	0.54	0.02	0.08	3	اثرهای متقابل Interaction	
		0.05	1.60	32	خطا Error	

** تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری تفاوت

**Significant difference at 99% confidence level, * Significant difference at 95% confidence level, ^{ns} No significant difference

نتایج مقایسه میانگین شاخص‌ها مربوط به اثرهای اصلی طبقه ارتفاعی در جدول ۷ ارائه شده است. با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار شن کاسته و بر مقدار رس افزوده می‌شود. شاخص‌های اسیدیته، هدایت الکتریکی و رطوبت گل اشباع در طبقات میانی بیشترین مقدار را دارا هستند. همچنین شاخص وزن مخصوص ظاهری با افزایش ارتفاع کاسته می‌شود.

جدول ۷- مقایسه میانگین مشخصه‌های خاک مربوط به اثرهای اصلی طبقه ارتفاعی با استفاده از آزمون دانکن

Table 7. Comparison of the mean of soil characteristics related to the main effects of elevation using Duncan test

بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	۱۵۰۰-۱۰۰۰ 1000-1500	۱۰۰۰-۶۰۰ 600-1000	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	مشخصه Characteristic
19.36 ^a ±0.91	22.72 ^a ±3.21	12.72 ^b ±1.38	11.96 ^b ±1.34	رس (درصد) Clay (%)
49.80 ^b ±1.79	43.04 ^c ±1.96	57.36 ^a ±2.40	53.08 ^{ab} ±2.62	شن (درصد) Sand (%)
5.83 ^b ±0.07	6.48 ^a ±0.13	5.75 ^b ±0.07	5.99 ^b ±0.10	اسیدیته pH
0.47 ^b ±0.05	0.82 ^a ±0.07	0.48 ^b ±0.03	0.52 ^b ±0.03	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)
63.50 ^c ±3.06	70/70 ^{ab} ±3.04	76.20 ^a ±2.71	66.80 ^{bc} ±1.74	رطوبت گل اشباع (درصد) SP (%)
1.75 ^{ab} ±0.08	1.58 ^b ±0.05	1.57 ^b ±0.03	1.88 ^a ±0.08	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) BD (g/cm ³)

حروف معنی‌داری مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Different significant letters indicate a significant difference at 95% confidence level

در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به شکل ۲ تمایل بردارهای قطربرابرسینه، دانه‌زادی پایه‌ها و کیفیت تنه ضعیف و متوسط به سمت طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۵۰۰ متر منطقه شاهد و تمایل بردارهای شن، وزن مخصوص ظاهری، کیفیت تنه خوب، کیفیت تنه عالی، رطوبت گل اشباع، تراکم و درصد شاخه‌زادی به سمت طبقات ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ و ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مناطق مدیریت‌شده و شاهد تمایل دارند. همچنین تمایل بردار شاخص‌های درصد رس، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک به سمت طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ منطقه شاهد تمایل دارد.

مقایسه نتایج مربوط به ترکیبات مربوط به سطوح مختلف دو فاکتور مورد بررسی (اثرهای متقابل فاکتورهای دوگانه) در جدول ۸ ارائه شده است. با توجه به جدول ۸ میانگین شاخص رس و هدایت الکتریکی بیشترین مقدار خود را در طبقه ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ منطقه شاهد دارا هستند. همچنین بیشترین مقدار رطوبت گل اشباع در طبقه ارتفاعی ۶۰۰ تا ۱۵۰۰ منطقه شاهد وجود دارد.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای بررسی مهم‌ترین شاخص‌های موردبررسی تغییر یافته بین دو منطقه مدیریت‌شده و شاهد در اثر مدیریت تک‌گزینی

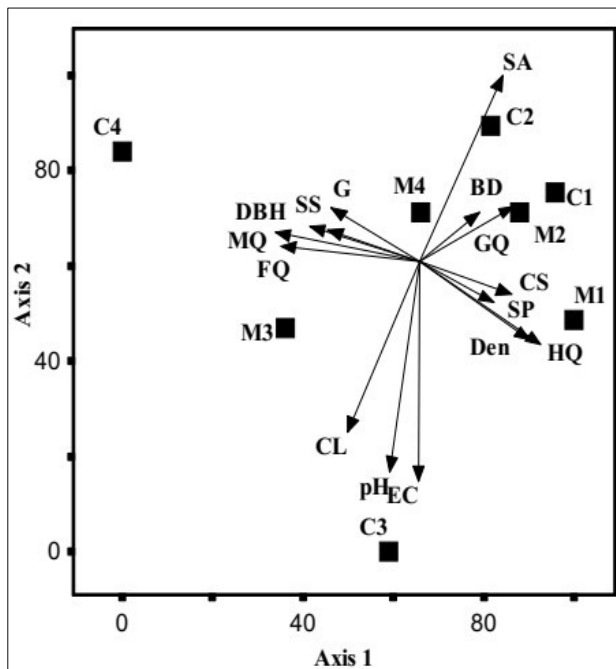
جدول ۸- مقایسه شاخص های کمی رس، هدایت الکتریکی و رطوبت گل اشباع در طبقات ارتفاعی دو منطقه مدیریت شده و شاهد (میانگین \pm اشتباه معیار)

Table 8. Comparison of clay, EC and SP indices in the elevation classes of the two managed and control areas (mean \pm standard error)

منطقه	طبقه ارتفاعی	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	رطوبت گل اشباع (درصد)
Region	Elevation class	Clay (%)	EC (ds/m)	SP (%)
مدیریت شده Managed	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	13.60 ^{bc} \pm 2.37	0.56 ^{bc} \pm 0.04	67.40 ^{bc} \pm 2.58
	۱۰۰۰-۶۰۰ 600-1000	14.96 ^{bc} \pm 2.24	0.48 ^{bc} \pm 0.04	70 ^{bc} \pm 3.25
	۱۵۰۰-۱۰۰۰ 1000-1500	17.36 ^{bc} \pm 3.45	0.63 ^b \pm 0.04	65.40 ^{cd} \pm 1.80
	بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	20 ^b \pm 1.28	0.53 ^{bc} \pm 0.07	68.40 ^{bc} \pm 2.61
شاهد Control	کمتر از ۶۰۰ Less than 600	10.32 ^c \pm 1.07	0.47 ^{bc} \pm 0.06	66.20 ^{bc} \pm 2.63
	۱۰۰۰-۶۰۰ 600-1000	10.48 ^c \pm 1.02	0.48 ^{bc} \pm 0.05	82.40 ^a \pm 1.83
	۱۵۰۰-۱۰۰۰ 1000-1500	28.08 ^a \pm 4.49	1.01 ^a \pm 0.04	76 ^b \pm 4.92
	بیشتر از ۱۵۰۰ More than 1500	18.72 ^b \pm 1.37	0.40 ^c \pm 0.07	58.60 ^d \pm 4.79

حروف معنی داری مختلف نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Different significant letters indicate a significant difference in the 95% confidence level



M1 و C1 (کمتر از ۶۰۰ متر منطقه مدیریت شده (M) و شاهد (C))، M2 و C2 (600-1000 متر منطقه مدیریت شده (M) و شاهد (C))، M3 و C3 (1000-1500 متر منطقه مدیریت شده (M) و شاهد (C))، M4 و C4 (بیشتر از ۱۵۰۰ متر منطقه مدیریت شده (M) و شاهد (C))، DBH (قطر برابر سینه)، G (سطح مقطع)، Den (تراکم)، SS (دانه زادی)، CS (شاخه زادی)، HQ (کیفیت عالی)، GQ (کیفیت خوب)، MQ (کیفیت متوسط)، FQ (کیفیت ضعیف)، CL (رس)، SA (شن)، Ph (اسیدیته)، EC (هدایت الکتریکی)، SP (رطوبت گل اشباع) و BD (وزن مخصوص ظاهری).

M1 and C1 (Less than 600 meter in managed region (M) and control (C)), M2 and C2 (600-1000 in managed region (M) and control (C)), M3 and C3 (1000-1500 in managed region (M) and control (C)), M4 and C5 (More than 1500 meter in managed region (M) and control (C)), DBH (diameter at breast height), G (basal area at breast height), Den (density), SS (seedling shoots), CS (coppice shoots), HQ (high quality), GQ (good quality), MQ (medium quality), FQ (fragile quality), CL (clay), SA (sand), Ph (acidity), EC (Electrical conductivity), SP (saturation percentage) and BD (bulk density).

شکل ۲- تجزیه به مؤلفه های اصلی (PCA) شاخص های مورد بررسی بین دو منطقه مدیریت شده و شاهد

Figure 2. Principal component analyses of studied characteristics between the two managed and control areas

بحث

است. Radaei et al. (2021) با بررسی اثرهای مدیریت تک‌گزینی بر زیست‌توده درختان توده‌های انجیلی- ممرز در سه شدت برداشت و مقایسه آن با توده‌های شاهد، شدت برداشت متوسط را به‌عنوان شدت برداشت مناسب، عنوان کرده‌اند.

در رابطه با عامل ارتفاع از سطح دریا مشاهده شد که این عامل بر هر سه شاخص کمی قطر، سطح مقطع برابر سینه و همچنین تراکم درختان تأثیر معنی‌دار داشته و میانگین دو شاخص قطر و سطح مقطع برابر سینه در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۰۰، بیشتر از طبقات پایین‌تر است. میانگین تعداد در هکتار درختان (تراکم) در طبقه ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ متر بیشتر از دیگر طبقات است. افزایش میانگین قطر برابر سینه و سطح مقطع برابر سینه درختان در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۰۰ متر را می‌توان به تغییرات شرایط اکولوژیک در طول گرادیان ارتفاعی به‌خصوص تغییرات اقلیمی دما و بارش و به‌دنبال آن تغییرات گونه و ساختار جنگل- های هیرکانی نسبت داد. Ghanbari Motlagh et al. (2020) در بررسی با عنوان برآورد زی‌توده روزمینی جنگل در سه منطقه از جنگل‌های هیرکانی (غرب (اسالم)، مرکز (سردآبرود) و شرق (کردکوی) بیان کردند که مقادیر زی‌توده درختان در طبقات ارتفاعی میان‌بند و بالابند هر سه منطقه دارای تفاوت زیادی بوده و بیشترین مقدار آن در منطقه اسالم و در دامنه ارتفاعی بالابند دیده شد.

بررسی شاخص‌های کیفی نشان داد که بین دو منطقه مدیریت‌شده و شاهد از نظر مبدأ و کیفیت تنه درختان تفاوت معنی‌دار وجود دارد و درصد پایه‌های دانه‌زاد در منطقه مدیریت‌شده بیشتر از منطقه شاهد بوده و بالعکس درصد پایه‌های شاخه‌زاد در منطقه شاهد بیشتر است. این امر نیز ناشی از وجود برش‌های مدیریت تک‌گزینی است که در طول ۲۰ سال منجر به

در برنامه‌ریزی بهره‌برداری از جنگل‌های شفارود بخش‌هایی از جنگل به‌صورت دست‌نخورده باقی‌مانده و از این مناطق که به‌عنوان مناطق شاهد در پارسل‌ها حضور دارند، می‌توان برای بررسی تغییرات جنگل- های مدیریت‌شده به شیوه تک‌گزینی، استفاده کرد. نتایج این پژوهش در رابطه با مشخصه‌های کمی نشان داد که مدیریت جنگل به شیوه تک‌گزینی بر هر سه شاخص قطر، سطح مقطع برابر سینه و همچنین تراکم درختان اثر معنی‌دار داشته است. در این رابطه نتایج نشان داد، میانگین هر دو شاخص قطر و سطح مقطع برابر سینه در منطقه شاهد بیشتر از منطقه مدیریت‌شده بوده و تراکم پایه‌ها در منطقه مدیریت‌شده بیشتر از منطقه شاهد است. در این مورد می‌توان چنین بیان کرد که در منطقه شاهد به‌دلیل عدم برش پایه‌های رسیده به قطرهای بالاتر، میانگین قطر برابر سینه افزایش پیدا کرده است. چنانچه در منطقه مدیریت‌شده به‌دلیل قطع درختان (هرچند به شیوه تک‌گزینی) میانگین قطر برابر سینه کاهش پیدا کرده است؛ از طرفی این برش‌ها شرایط برای زادآوری طبیعی را فراهم کرده و تعداد در هکتار درختان در منطقه مدیریت‌شده افزایش پیدا کرده است. زادآوری طبیعی از اصول اولیه مدیریت جنگل به شیوه تک‌گزینی است، این اطلاعات بیان می‌کند که در منطقه مدیریت‌شده جنگل‌های شفارود به روش تک‌گزینی، برش‌ها توانسته‌اند تضمین‌کننده استقرار زادآوری‌ها در جنگل باشند. Thu Moe and Owari (2020) با بررسی اثرهای مدیریت جنگل به روش تک‌گزینی بر شاخص‌های پایداری در جنگل‌های چین اظهار داشتند که ۵۰ سال مدیریت جنگل به روش تک‌گزینی در بهبود شاخص‌های پایداری توده مانند J شکل بودن منحنی پراکنش درختان، افزایش میانگین قطر درختان و افزایش زادآوری جنگل تأثیرگذار بوده

حفظ کرده و چرخه عناصر غذایی روال عادی خود را دارد. در نتیجه مواد آلی خاک مقدار مناسبی داشته و همین امر سبب اسفنجی تر شدن خاک و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها شده و تجزیه ذرات شن به رس را سبب می‌شوند.

شاخص‌های اسیدیته، هدایت الکتریکی و رطوبت گل اشباع در طبقات میانی بیشترین مقدار را دارا هستند. رطوبت زیاد خاک در این طبقات زمینه فعالیت هرچه بیشتر جانوران خاکزی را فراهم می‌کند. این عامل‌ها نیز به نوبه خود سبب افزایش اسیدیته، آزادسازی یون‌های معدنی، افزایش غلظت املاح محلول و در نتیجه، افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شوند (Schoenholtz et al., 2000) و همچنین شاخص وزن مخصوص ظاهری در طبقات ارتفاعی کمتر از ۶۰۰ متر و همچنین بیشتر از ۱۵۰۰ متر بیشترین مقدار را دارا است. افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در نتیجه عامل‌هایی مانند تردد بیشتر و ورود بیشتر انسان و دام به منطقه و کوبیدگی خاک اتفاق می‌افتد (Parsakhoo et al., 2017; Habashi, 2015) که این عامل‌ها در ارتفاعات پایین و بالای جنگل‌های هیرکانی به دلیل دسترسی بیشتر افراد بومی در ارتفاعات جلگه‌ای و همچنین دسترسی بیشتر در ارتفاعات بیلاقی و بالا نسبت به طبقات میانی، بیشتر به چشم می‌خورد.

نتایج نشان داد اثرهای متقابل عامل‌های مدیریت و طبقه ارتفاعی بر شاخص‌های رس، هدایت الکتریکی و رطوبت گل اشباع تأثیر معنی‌داری دارد. در رابطه با شاخص رس مشاهده شد که در هر دو منطقه با کاهش ارتفاع از سطح دریا از مقدار رس کاسته می‌شود منتهی در منطقه شاهد شیب این کاهش بسیار زیاد است. به نظر می‌رسد در این منطقه به دلیل فراوانی بارش در ارتفاعات پایین فرآیند آبشویی منجر به

تقویت زادآوری طبیعی با مبدأ دانه‌زاد شده است. در رابطه با کیفیت تنه نیز نتیجه شد که درصد حضور درختان با کیفیت تنه عالی در منطقه مدیریت‌شده بیشتر بوده و درصد حضور درختان با کیفیت خوب در هر دو منطقه برابر است. همچنین مشاهده شد که درصد حضور پایه‌ها با کیفیت تنه متوسط و ضعیف در منطقه شاهد بیشتر است. این امر نشان از برش‌های تک‌گزینی مناسب و به‌جا، در منطقه مدیریت‌شده است که علاوه بر پیش‌بردن امر زادآوری طبیعی، منجر به افزایش درصد حضور پایه‌ها با مبدأ دانه‌زاد و کیفیت تنه عالی شده است. Bakhshandeh Navrood et al. (2014) با بررسی اثرهای میان‌مدت اجرای سه شیوه جنگل‌شناسی بر پراکنش قطری توده‌های جنگلی حوزه سفارود با به‌کارگیری توابع توزیع احتمال بیان کرده‌اند که در پارسی که در آن‌ها برش‌های تک‌گزینی انجام شده، قطع درختان قطور سبب ایجاد فضا برای استقرار تجدیدحیات و توسعه درختان جوان شده است.

در رابطه با شاخص‌های خاک مشاهده شد که مدیریت جنگل به شیوه تک‌گزینی بر هیچ کدام از شاخص‌های مورد بررسی خاک تأثیر معنی‌داری نداشته است. اما عامل ارتفاع از سطح دریا بر تمامی شاخص‌های خاک مورد بررسی در این پژوهش تأثیر معنی‌دار دارد. به این ترتیب که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار شن کاسته و بر مقدار رس افزوده می‌شود. هرچه مقدار شن بیشتر باشد، نفوذپذیری، زهکشی و تهویه خاک بیشتر و مواد غذایی خاک کمتر خواهد بود و هرچه مقدار رس بیشتر باشد، نفوذپذیری، زهکشی و تهویه خاک کمتر و مواد غذایی خاک بیشتر خواهد بود (Paterson and Hoyle, 2011). در طبقات ارتفاعی بالا همراه با بهبود شرایط خاک و دخالت‌های کمتر نسبت به طبقات پایین‌تر طبیعتاً سیستم جنگل پویایی خود را به حالت طبیعی

زاد با کیفیت عالی. از طرفی مدیریت تک‌گزینی تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات خاک منطقه نشان نداد. با توجه به نمودار PCA نیز مشاهده می‌شود تغییرات شاخص‌های مورد بررسی بیشتر تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا (عامل محیطی) تغییر می‌کند تا روش مدیریتی. همانگونه که انتظار می‌رود روش مدیریتی تک‌گزینی، همگام با طبیعت (مناطق شاهد) پیش رفته و تغییری مبنی بر پس رفت مشخصه‌های جنگل یا ایجاد خطر برای پایداری اکوسیستم جنگل، ایجاد نکرده است. در این بررسی نیز مشاهده شد که در بخش‌های مورد بهره‌برداری جنگل‌های شفارود تغییرات بارزی که نشان‌دهنده خارج شدن اکوسیستم جنگل از روند طبیعی خود باشد، رخ نداده است.

کاهش رس در لایه سطحی خاک شده و موجب نفوذ رس به لایه‌های عمقی‌تر شده است. در رابطه با شاخص‌های رطوبت گل اشباع و هدایت الکتریکی روند تناوبی افزایش و کاهش این شاخص مابین طبقات ارتفاعی هر دو منطقه دیده شد با این تفاوت که هر دو شاخص در طبقات میانی منطقه شاهد به یک‌باره افزایش پیدا می‌کنند. به نظر می‌رسد در طبقات میانی منطقه شاهد شرایط برای افزایش مواد آلی و در نتیجه افزایش رطوبت خاک فراهم بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

در حالت کلی مشاهده شد که در رابطه با مدیریت تک‌گزینی برخی خصوصیات جنگل تغییر کرده ولی این تغییرات به سوی بهتر شدن شرایط جنگل پیش‌رفته است، مانند افزایش میانگین قطر و سطح مقطع برابر سینه، افزایش زادآوری و افزایش درصد پایه‌های دانه-

References

- Bakhshandeh Navrood, B.; Soosani, J.; Khosravi, S.; Barzkoohi, H.; Naseri Khalkhali, M., Effects of three different silvicultural systems on diameter distribution in Shafaroud forest stands of Iran. *Forest Sustainable Development* **2014**, *1* (2), 119-136.
- Bakhshandeh Navrood, B.; Soosani, J.; Khosravi, S.; Barzkoohi, H.; Naseri Khalkhali, M., Effects of three different silvicultural systems on diameter distribution in Shafaroud forest stands of Iran. *Forest Sustainable Development* **2014**, *1* (2), 119-136.
- Ghanbari Motlagh, M.; Babaie Kafaky, S.; Mattaji, A.; Akhavan, R., Estimation of forest above ground biomass in Hyrcanian forests using satellite imagery. *Journal of Environmental Science and Technology* **2020**, *22* (5), 1-13.
- Goleij, A.; Jalilvand, H.; Pourmajidian, M.; Tabari, M.; Mohammadi, S. K., A Quantitative Investigation of Natural Regeneration in the Gaps Derived from the First Selective Cutting in Meskeli Buxus hyrcana Stand. *Water and soil science (journal of science and technology agriculture and natural resources)* **2007**, *11* (41), 465-472.
- Habashi, H., Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. *Forest Research and Development* **2015**, *1* (2), 135-144. (In persian)
- Heidari Safari Kouchi, A.; Iranmanesh, Y.; Shahraji, T. R., Above-ground and soil carbon sequestration of white poplar (*Populus alba* L.) species in four different planting spaces in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2016**, *24* (2), 200-213. (In persian)
- Hynynen, J.; Eerikäinen, K.; Mäkinen, H.; Valkonen, S., Growth response to cuttings in Norway spruce stands under even-aged and uneven-aged management. *Forest Ecology and Management* **2019**, *437*, 314-323.
- Jafari Haghighi, M., Analytical methods of soil and the important physical and chemical sampling and analysis, with emphasis on theory and application. Nedazehi Press, 2003. 236p (In Persian).
- Khanalizadeh, A.; Rad, J. E.; Amiri, G. Z.; Zare, H.; Rammer, W.; Lexer, M. J., Assessing selected microhabitat types on

- living trees in Oriental beech (*Fagus orientalis* L.) dominated forests in Iran. *Annals of Forest Science* **2020**, 77 (3), 1-13.
- Marvi Mohajer, M. R., silviculture. Tehran university press; 2006, p 384. Tavankar, F.; Mahmoudi, J.; Iranparast, B. A., The effect of single selection method on tree species diversity in the Northern forests of Iran (Case study: Asalem-Nav, Guilan province). *Quarterly journal of sciences and techniques in natural resources* **2011**, 6 (1), 27-40.
- Marvie Mohadjer, M.R., Silviculture. Tehran University Press; Tehran, 2005, 387p (In Persian).
- Moslehi, M.; Habashi, H.; Ahmadi, A.; Zoghi, Z., Influence of Single-Tree Selection System on Soil Total Nitrogen and its Seasonal Changes under the Mixed Stand of Beech-Hornbeam (Case study: Shast-Kalateh forest, Gorgan). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2020**, 27 (2), 1-13.
- Parsakhoo, A., Mostafa, M. and Pourmalekshah, A.A.M.A., The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 25 (1): 172-183 (In Persian).
- Paterson, J. and Hoyle, F., Soil organic carbon: a Western Australian perspective. Department of Agriculture and Food, Western Australia, 2011, 20p.
- Radaei, M.; Habashi, H.; Rahmani, R.; Shataee, Sh.; Sohrabi, H., The Effect of harvesting intensity in single-tree selection on biomass of hornbeam - Persian ironwood stand. *Journal of Forest Research and Development* **2021**, 7 (3), 359-373.
- Rhoades, J.D., Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids: 417-435. In: Sparks, D.L., (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, WI Press, Madison, 1996, 435p.
- Saeedi, Z.; Azadfar, D.; Tohidfar, M.; Saghebtalebi, K., Drought effect on the diversity of *Fagus orientalis* L. populations using microsatellite molecular markers and peroxidase isoenzyme. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* **2021**, 28 (2), 191-202.
- Sangdehi, S.; Moslemi, S.; Tafazoli, M., Comparing the forest quantitative and qualitative characteristics following a period of forestry plan implementation (case study: Watershed 65, Jojadeh zone of Farim Company, Mazandaran province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 24 (4), 713-723.
- Schoenholtz, S. H.; Van Miegroet, H.; Burger, J., A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest ecology and management* **2000**, 138 (1-3), 335-356.
- Thu Moe, K., and Owari, T., Sustainability of High-Value Timber Species in Mixed Conifer-Broadleaf Forest Managed under Selection System in Northern Japan, *Forests*, **2020**, 11: 484.
- Waez, Musavi. S.; Habashi, H.; Sageb, T. K.; Rahmani, R., Effect of single-tree selection system on regeneration in a mixed beech forest (Case study: Dr. Bahramnia forestry management plan). *Journal of Wood & Forest Science and Technology* **2016**, 22 (4), 125-146.
- Yoshida, T.; Noguchi, M.; Akibayashi, Y.; Noda, M.; Kadomatsu, M.; Sasa, K., Twenty years of community dynamics in a mixed conifer broad-leaved forest under a selection system in northern Japan. *Canadian journal of forest research* **2006**, 36 (6), 1363-1375.

The effect of single-tree selection method on some quantitative and qualitative characteristics and soil of Shafarood forests

B. Karamdost Marian¹, A. Alijanpour^{*2}, A. Banj Shafiei³ and S. Sasanifar⁴

1- PhD. of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (karamdoost.b@gmail.com)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)

3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

4- PhD. of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (s.sasanifar@yahoo.com)

Received: 08.01.2022 Accepted: 03.02.2022

Abstract

The main purpose of this study is to evaluate the effects of single-tree selection method on some quantitative and qualitative characteristics of Shafarood forest ecosystems and compare these indicators with control forest area in that area. Data collection was performed from four series (5, 8, 17 and 18) in four elevations of less than 600, 600 to 1000, 1000 to 1500 and more than 1500 meters. In each series, one managed parcel and one control parcel were selected and, in each parcel, 15 sample plots with an area of 1000 m² were conducted. Five samples from each parcel were randomly selected and soil samples were taken. The results showed that the mean of both indices of diameter at breast height and basal area in the control area (32.11 cm, 1158.05 cm²) was higher than the managed area (25.93 cm, 724.94 cm²) and the density of trees in the management area (391/66) is more than the control area (317/50). Also, the average diameter at breast height in the altitude above 1500 is higher than the lower classes. It was observed that forest management by single selection method did not have a significant effect on any of the studied soil indices but elevation factor has a significant effect on all soil characteristics. The present study showed that conducting single-tree selection method improved quantitative and qualitative characteristics of the forest stands.

Keywords: Control, Forest management, Elevation, Single-tree selection, Soil indices.

* Corresponding author

Tel: +989143402298