

بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژی راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف جنگل های هیرکانی

زهرة سعیدی^۱، داوود آزادفر^{۲*}، خسرو ثاقب طالبی^۳، مسعود توحیدفر^۴

- ۱- دکتری علوم جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (saeedizohre@gmail.com)
- ۲- دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (azadfar@gu.ac.ir)
- ۳- استاد، بخش جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (saghebtalebi@rifr-ac.ir)
- ۴- دانشیار، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران. (gtohidfar@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۸

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، سنجش مقدار تحت تنش کم آبی بودن درختان مادری در رویشگاه اصلی در وسط تابستان با مقایسه مقدار سه آنزیم مهم پاسخ به این تنش و رنگیزه های فتوسنتزی در رویشگاه های مورد بررسی است. برای انجام این پژوهش با توجه به پراکنش راش شرقی چهار رویشگاه با مقدار بارندگی و اقلیم متفاوت در استان های گیلان، مازندران و گلستان برای نمونه برداری انتخاب شدند. نمونه برداری در هر منطقه از برگ ۱۵ درخت مادری انجام شد و سپس آنزیم های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز و رنگیزه های کلروفیلی شامل کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جمعیت های درختان مادری راش در کلیه مناطق مورد بررسی، دارای فعالیت آنتی اکسیدانی متفاوتی بوده و در این بین منطقه شصت کلاته که کمترین مقدار بارندگی را نسبت به دیگر مناطق داشت دارای سطوح بالاتر آنزیم های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز بود. همچنین تمام مناطق مورد بررسی دارای مقدار کلروفیل a متفاوت بودند به طوری که جمعیت های شصت-کلاته و سپس خیرود بالابند دارای کمترین مقدار کلروفیل هستند. نتایج همبستگی نیز حاکی از ارتباط معنی دار مثبت بین مقدار کلروفیل a و مقدار بارندگی مناطق مورد بررسی است. مقدار کلروفیل a و آنزیم های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز به عنوان صفات مؤثر در پاسخ به خشکی درختان مناطق مورد بررسی معرفی شدند.

واژه های کلیدی: آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز، راش شرقی، رنگیزه های کلروفیلی، کاتالاز.

اکسیدان دارند (Mittler, 2002). دیگر آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی شامل فلاونوئیدها، ترکیبات فنلی، آلکالوئیدها و کاروتنوئید هستند (Gratao et al., 2005). آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، اسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT)، گلوکاتیون پراکسیداز (GPX) و پراکسی ردوکسین (Prx) است. با اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌توان پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی را ارزیابی شد. این شاخص‌ها می‌تواند به تشخیص درست نقاط ضعف و قوت گیاهان در شرایط تنش و گزینش درست آن‌ها برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی کمک کند. کلروفیل‌ها (a و b)، مهم‌ترین رنگدانه‌های برگ گیاهی هستند که به‌عنوان اولین جذب‌کننده نور خورشید در مسیر فتوسنتز شناخته شده‌اند. محتوای کلروفیل برگ یکی از شاخص‌های مهم مربوط به وضعیت فیزیولوژیکی گیاهان است، به‌طوری که کاهش غلظت آن سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. تحت تنش کم آبی معمولاً محتویات کلروفیل به‌علت کاهش سنتز یا از بین رفتن سریع آن، کم می‌شود (Ashraf, 2003). کاروتنوئیدها از دیگر رنگدانه‌های گیاهی هستند که در تمامی گیاهان فتوسنتز کننده ساخته شده (Simkin, 2008) و دارای انواع متنوعی مانند لیکوپن، بتاکاروتن یا گزانتوفیل‌ها هستند (Jaleel, 2008). کاروتنوئیدها دو نقش عمده در گیاهان دارند. اولین نقش آن‌ها به‌عنوان رنگدانه دریافت‌کننده نور برای استفاده در فرآیند فتوسنتز است. نقش دوم آن‌ها به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، جلوگیری از تشکیل اکسیژن واحد است (Price, 1989). با ارزیابی محتویات و نسبت رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌توان اطلاعات با ارزشی در رابطه با سازگاری گیاه به خشکی به‌دست آورد. طی پژوهشی با هدف بررسی نقش سایه در

جنگل‌های خالص و آمیخته راش (*Fagus orientalis*) Lipsky) مهم‌ترین جنگل‌های راش ناحیه خزری ایران و متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی است. از آنجایی که دوران یخبندان بر روی جنگل‌های هیرکانی تأثیر مستقیم نگذاشته، راش در این جنگل‌ها تغییرات محیطی و زمین‌شناختی زیادی را تحمل کرده است (Mobayen and Tregubov, 1969). بنابراین تکامل جوامع فعلی راش از دوران سوم زمین‌شناسی تاکنون ادامه داشته است. راش در جنگل‌های هیرکانی در عرض جغرافیایی ۳۶ تا ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ تا ۵۸ درجه شرقی، یعنی تقریباً از آستارا با بیشترین مقدار بارندگی حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر تا گرگان با کمترین مقدار بارندگی حدود ۶۰۰ میلی‌متر پراکنش دارد. درختان جنگلی از طیف وسیعی از استراتژی‌ها برای مقابله با خشکی استفاده می‌کنند. مجموعه‌ای از تغییرات مولکولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی زیر بنای پاسخ گیاه به محرومیت از آب است و اندازه این پاسخ‌ها بسیار متغیر و پیچیده است (Chaves et al., 2003).

قرار گرفتن گیاهان در معرض شرایط نامطلوب زیست‌محیطی سبب افزایش تولید انواع اکسیژن فعال مانند اکسیژن واحد، سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود. فرآیند سم‌زدایی اکسیژن فعال در گیاهان برای حمایت از سلول‌های گیاهی و اندامک‌های خود در برابر اثر سمی این ماده ضروری است (Mittler, 2002). سیستم سم‌زدایی ROS (اکسیژن فعال) شامل سازوکارهای آنزیمی و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی است (Scandalios, 2005). آسکوربات و گلوکاتیون، آنتی‌اکسیدان‌های بسیار مهم غیرآنزیمی برای دفاع گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو هستند که نقش کلیدی به‌عنوان بافر آنتی-

خشکی نشان دادند به طوری که جمعیت منطقه خشک مقدار پرولین، کارتنوئید و نسبت کارتنوئید به کلروفیل بالاتر و مقدار فعالیت پراکسیداز بیشتر نسبت به جمعیت مرطوب داشت. این نتایج نشان داد که جمعیت منطقه خشک تحمل به خشکی بالاتری نسبت به جمعیت مرطوب دارد. این تحمل به خشکی ممکن است مرتبط با افزایش مقدار پرولین بیشتر و ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی فعال‌تر برای از بین بردن اکسیژن-های فعال باشد (Xiao and Yang, 2008). Yin و همکاران (2009)، نهال‌های دو گونه صنوبر متعلق به ارتفاعات بالا و پایین را تحت تنش کم‌آبی قرار داده و اثر تنش را بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گلخانه مورد بررسی قرار دادند. کمبود آب سبب افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی مثل افزایش آسکوربات‌پراکسیداز و پراکسیداز و اسیدآسکوربیک شد و همچنین مقدار رنگدانه‌های برگ مثل کلروفیل‌ها و کارتنوئید کاهش یافت. علاوه بر این تفاوت معنی‌داری در مقدار تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در دو گونه مشاهده شد. در آخر نتیجه‌گیری شد که گونه *Populus przewalskii* که مبدأ آن ارتفاعات بالا بود نسبت به گونه *P. cathayana* با زیستگاه پایین، مکانیسم‌های حفاظتی کارتری را دارد (Yin et al., 2009). همچنین نتایج پژوهش اثر ارتفاع از سطح دریا بر روی گونه راش شرقی (*Fagus orientalis*) در جنگل‌های گیلان حاکی از اثر معنی‌دار این شاخص بر مورفوفیزیولوژی برگ مانند محتوای آب نسبی بود (Mohebi Bijarpasi et al., 2019). در پژوهشی دیگر اثرهای تنش خشکی بر مقدار کلروفیل و فعالیت آنزیمی نهال‌های آکاسیا (*Acacia victoria*) بررسی شد. نتایج آنالیز واریانس اثر معنی‌دار تنش خشکی بر مقدار کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را نشان داد. در این

تعدیل عوارض ناشی از تنش خشکی بر فیزیولوژی نونهال‌های بنه نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش شدید محتوای نسبی آب و غلظت کلروفیل کل، a و b برگ می‌شود (Sadeghzadeh Hallaji et al., 2017). همچنین تأثیر تنش خشکی بر ۵ گونه اکالیپتوس نشان داد که این تنش سبب کاهش مقدار کلروفیل و کارتنوئید می‌شود (Hashempour et al., 2011). تأثیر تیمار تنش خشکی روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی نهال‌های یک ساله افرا شیردار (*Acer cappadocicum* Gled نشان داد که این تنش موجب تغییر مقدار کلروفیل b و فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ می‌شود (Asgharpour et al., 2017). عملکرد فیزیولوژیک نهال‌های دو ساله گیاه زیتون (*Olea europaea*) به تنش خشکی طی پژوهشی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور شاخص‌هایی مانند پروتئین، آنزیم پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و میزان بتائین، کلروفیل و تعداد روزنه‌ها در واحد سطح برگ اندازه‌گیری شد. تنش خشکی موجب تجمع معنی‌دار میزان آنزیم پراکسیداز در برگ گیاه زیتون شد. مقدار کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل در کلیه ارقام زیتون مورد بررسی، تحت تنش کاهش نشان داد (Zarabi et al., 2007). در پژوهشی دیگر قلمه‌های رویشی جوان صنوبر (*Populus cathayana*) از دو منطقه آب و هوایی با رطوبت متفاوت به منظور بررسی سازگاری‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی به خشکی، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پاسخ سازگاری به تنش تحت تأثیر ژنوتیپ و شدت تنش قرار گرفت. خشکی سبب افزایش سیستم آنتی-اکسیدانی شامل افزایش آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز شد. همچنین تنش سبب افزایش مقدار پرولین، قندهای محلول، محتوای کارتنوئید و کاهش رشد شد. دو جمعیت پاسخ‌های متفاوتی به

شفارود با اقلیم خیلی مرطوب نوع الف) و دو ریشگاه در دو حد پایین و بالا پراکنش ارتفاع از سطح دریای این گونه در وسط دو ریشگاه پراکنش شرقی و غربی در استان مازندران (جنگل خیرودکنار با اقلیم خیلی مرطوب نوع ب در پایین بند و اقلیم مرطوب سرد در بالابند) با جهت شمالی و شیب مشابه حدود ۳۰ درصد به منظور نمونه برداری انتخاب شدند (جدول ۱). لازم به ذکر است که طبقه بندی اقلیم ها بر اساس طبقه بندی اقلیمی دومارتن و آمبرژه از اطلاعات هواشناسی کتابچه های طرح جنگلداری مربوطه استخراج شده است. نمونه برداری در هر منطقه از ۱۵ درخت مادری با قطر مشابه با فاصله حداقل ۱۰۰ متر از یکدیگر و از برگ های سالم انجام شد. نمونه ها در تانک ازت مایع به فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد واقع در آزمایشگاه بیوتکنولوژی و اکوفیزیولوژی دانشکده علوم جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد.

بررسی محتوای کلروفیل با افزایش تنش ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. بالاترین مقدار کلروفیل در تنش ۳۰ درصد و کمترین مقدار در تنش ۱۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (Tongo et al., 2014). همانطور که در پژوهشهای مختلف دیده می شود واکنش فیزیولوژیک گیاهان در پاسخ به تنش خشکی تغییرات مقدار رنگدانه های برگ و آنزیم های آنتی اکسیدانی برای کاهش اثر سمی H₂O₂ است؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه جمعیت های مادری درختان راش در مقابل تنش خشکی از طریق ارزیابی مقدار رنگدانه ها و آنزیم های آنتی اکسیدانی برگ است.

مواد و روش ها

الف- ریشگاه های مورد بررسی

با توجه به پراکنش گونه راش شرقی در جنگل های شمال کشور، دو ریشگاه در آخر پراکنش شرقی و غربی این گونه به ترتیب در استان گلستان (جنگل شصت کلاته با اقلیم نیمه مرطوب) و گیلان (جنگل

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد بررسی

Table 1. Geographic and climatic characteristics of the studied regions

منطقه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین دمای ماهانه (درجه سانتی گراد)	بارندگی سالانه (میلی متر)
Region	Above sea level (m)	Monthly temperature means (°C)	Annual precipitation (mm)
شفارود	1045	11.16	1054
Shafarood			
خیرود پایین بند	429	16	1414
Downland Kheyrood			
خیرود بالابند	1136	8.55	1150
Upland Kheyrood			
شصت کلاته	910	15.4	610
Shastkalateh			

ب- سنجش آنزیم های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز
برای استخراج آنزیم ابتدا نمونه های برگ در هاون استریل شده به کمک ازت مایع خرد شده و سپس یک گرم از نمونه با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم وزن و داخل لوله آزمایش ریخته و سه میلی لیتر محلول استخراج به آن ها اضافه و درب لوله با پارافیلیم استریل شده بسته شد. نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه

برای استخراج آنزیم ابتدا نمونه های برگ در هاون استریل شده به کمک ازت مایع خرد شده و سپس یک

اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کارتنوئیدها) بر اساس روش (Lichtenthaler 1987) انجام شد. براساس این روش ۰/۵ گرم بافت تازه برگ‌گی وزن و در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع به‌خوبی خرد شد. سپس پنج میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد به آن اضافه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقدار جذب در طول موج-های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت و با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a (رابطه ۱)، b (رابطه ۲)، کل (رابطه ۳) و کاروتنوئیدها (رابطه ۴) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد.

رابطه (۱) Chlorophyll a = (12.25 A663 - 2.79 A645) V/100W

رابطه (۲) Chlorophyll b = (21.50 A645 - 5.10 A663) V/100W

رابطه (۳) Chlorophyll total = (7.15 A663 - 18.71 A645) V/100W

رابطه (۴) Carotenoides = 100 A470 - 1.82 (mg chl. a) - 85.02 (mg chl. b)/198

V = حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A = جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W = وزن تر نمونه بر حسب گرم

د- تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه، مقایسات چندگانه دانکن و همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS ver. 21 و تجزیه به مولفه‌های اصلی در نرم‌افزار PAST انجام شد.

نتایج

الف- فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز

سانتی‌گراد در یخچال نگهداری و سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. قسمت رویی و شفاف برای بررسی کمی پراکسیداز در فریزر نگهداری شد (Eberman and Strich, 1982). برای اندازه‌گیری میزان فعالیت کمی پراکسیداز ۲ میلی‌لیتر بافر استات ۰/۰۱ مولار (pH= ۷)، ۰/۴ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد و ۰/۲ میلی‌لیتر بنزدین ۰/۰۱ مولار با هم مخلوط و میزان ۵۰ میکرولیتر عصاره به آن اضافه شد و بعد از به‌هم زدن، به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UNICO 2100UV مقدار جذب نور در طول موج ۵۳۰ نانومتر در زمان‌های ۱۰، ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه قرائت شد و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در واحد زمان محاسبه شد. برای انجام سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، به دو میلی‌لیتر بافر فسفات با pH برابر ۷، عصاره آنزیمی ۵۰ میکرولیتر و ۲ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳ درصد اضافه شد. فعالیت آنزیم با اضافه شدن آب اکسیژنه شروع شد. مقدار کاهش جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر با ۱۰ ثانیه تأخیر در طول ۶۰ ثانیه قرائت و به‌عنوان فعالیت در واحد زمان ثبت شد (Chance and Maehly, 1955). برای اندازه‌گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز، محیط واکنش حاوی ۶۰۰ میکرولیت EDTA ۰/۱ مولار، ۱۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات ۰/۰۵ مولار (pH= ۷)، ۴۰۰ میکرولیتر آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار، ۰/۳ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی تهیه شد و مقدار کاهش جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانومتر با ۱۵ ثانیه تأخیر در طول ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه قرائت و میانگین آن‌ها به‌عنوان فعالیت در واحد زمان ثبت شد (Ranieri et al., 2003).

ج- سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس فعالیت کمی پراکسیداز ۴ منطقه حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین مناطق است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نیز مناطق را از نظر میزان پراکسیداز در دسته‌های جدا قرار داد. به طوری که شصت کلاته با بالاترین میزان پراکسیداز در دسته جداگانه‌ای قرار گرفت (شکل ۱).

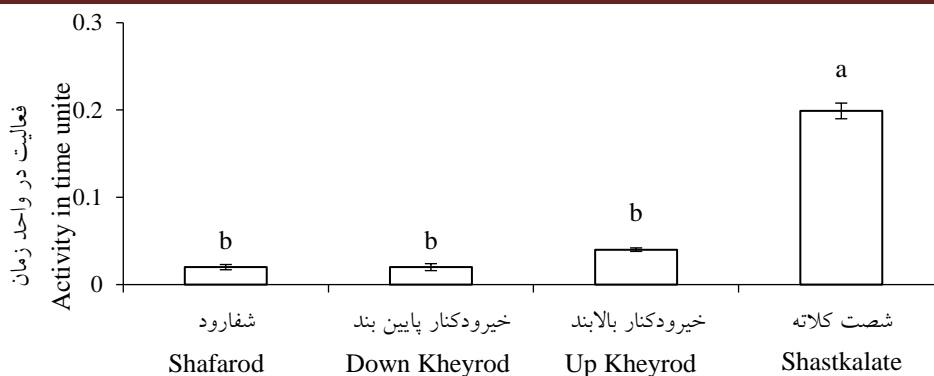
جدول ۲- تجزیه واریانس فعالیت کمی آنزیم‌های پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف

Table 2. Analysis variance of peroxidase, ascorbate peroxidase and catalase activity of *Fagus orientalis* in four different sites

F	میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	منبع تغییرات Source	صفت Trait
6.90**	0.112	3	0.337	رویشگاه Stand	پراکسیداز Peroxidase
	0.016	56	0.913	خطا Error	
		59	1.250	کل Total	
11.464**	0.000	3	0.000	رویشگاه Stand	آسکوربات پراکسیداز
	0.000	56	0.000	خطا Error	Ascorbate peroxidase
		59	0.000	کل Total	
2.699 ^{ns}	0.000	3	0.000	رویشگاه Stand	کاتالاز Catalase
	0.000	56	0.000	خطا Error	
		59	0.000	کل Total	

** : معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد خطا، ^{ns}: غیر معنی‌دار.

** : Significant in one percent error level, ns: Non significant.



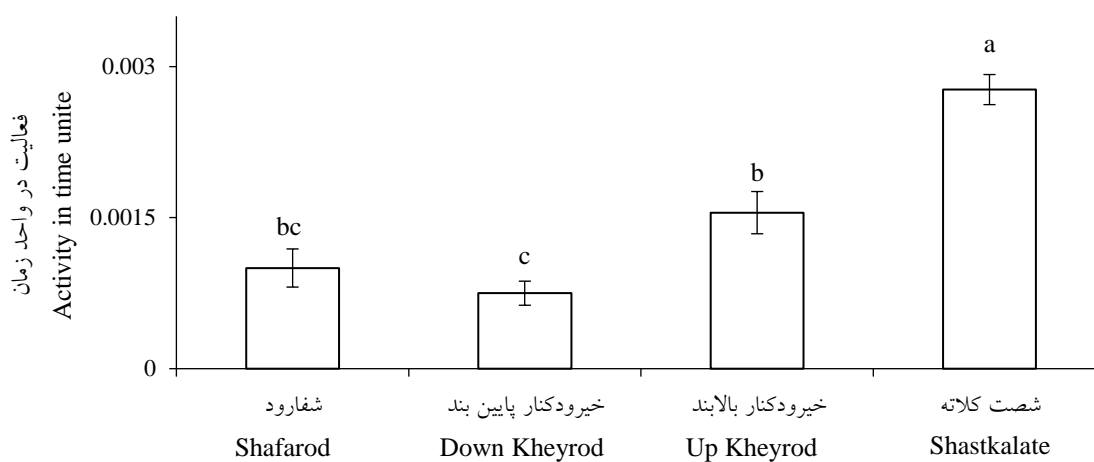
شکل ۱- مقایسه میانگین فعالیت کمی پراکسیداز راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف

Figure 1. Comparison of mean peroxidase activity of *Fagus orientalis* in four different sites

خطا دارند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن نشان داد که شصت کلاته بالاترین مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را دارا است (شکل ۲).

ب- فعالیت کمی آنزیم آسکوربات پراکسیداز

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس فعالیت کمی آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ۴ منطقه جغرافیایی مختلف گونه راش نشان داد که ۴ منطقه از نظر فعالیت این آنزیم با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد



شکل ۲- مقایسه میانگین فعالیت کمی آسکوربات پراکسیداز راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف

Figure 2. Comparison of mean ascorbate peroxidase activity of *Fagus orientalis* in four different sites

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید نشان داد که ۴ منطقه فقط از نظر مقدار کلروفیل a در سطح ۵ درصد خطا با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۳). مقایسه میانگین-ها از طریق آزمون دانکن نیز این ۴ منطقه را از نظر

ج- سنجش فعالیت کمی آنزیم کاتالاز

براساس نتایج تجزیه و تحلیل واریانس فعالیت کمی آنزیم کاتالاز، بین ۴ منطقه از نظر فعالیت این آنزیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

د- سنجش رنگی‌های فتوسنتزی

میزان کلروفیل a در دسته‌های جدا قرار داد (شکل ۳)، مقدار کلروفیل را به خود اختصاص دادند و از این نظر به طوری که شفارود و خیرودکنار پایین بند بیشترین اختلاف معنی داری با خیرودکنار بالابند نداشتند.

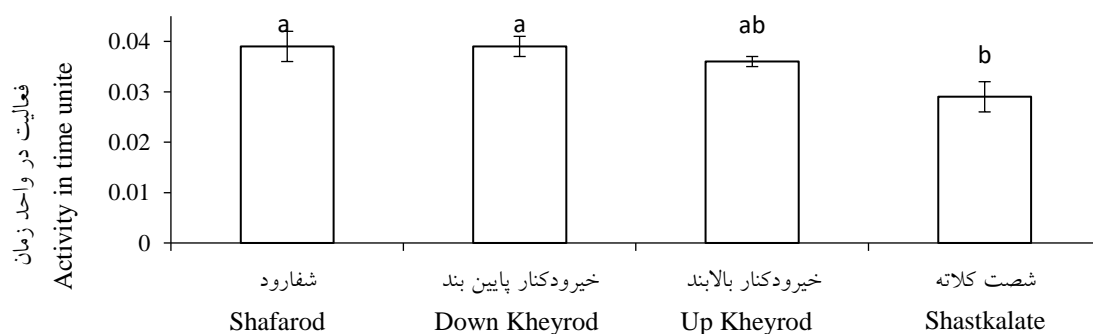
جدول ۳- تجزیه واریانس مقدار رنگدانه‌های مختلف راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف

Table 3. Analysis of variance of different pigments amount of *Fagus orientalis* in four different sites

F	میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	منبع تغییرات Source	صفت Trait
3.068*	0.000	3	0.001	رویشگاه Stand	کلروفیل a Chlorophyll a
	0.000	56	0.006	خطا Error	
		59	0.007	کل Total	
0.818 ^{ns}	0.000	3	0.000	رویشگاه Stand	کلروفیل b Chlorophyll b
	0.000	56	0.003	خطا Error	
		59	0.003	کل Total	
0.507 ^{ns}	0.000	3	0.001	رویشگاه Stand	کلروفیل کل Total chlorophyll
	0.000	56	0.026	خطا Error	
		59	0.027	کل Total	
1.289 ^{ns}	1.257	3	3.770	رویشگاه Stand	کارتنوئید Carotenoid
	0.975	56	54.590	خطا Error	
		59	58.360	کل Total	

*: معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد خطا، ^{ns}: غیر معنی دار

*: Significant in five percent error level, ^{ns}: Non significant



شکل ۳ - مقایسه میانگین مقدار کلروفیل a راش شرقی در چهار رویشگاه مختلف

Figure 3. Comparison of mean chlorophyll a of *Fagus orientalis* in four different sites

نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین تمامی صفات بیوشیمیایی و متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت و مقدار بارندگی رویشگاه‌های مختلف نشان داد که بین آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز با بارندگی همبستگی منفی در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. بین کاتالاز و دما همبستگی منفی و با ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که بین پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز همبستگی مثبت در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. کلروفیل a با کلروفیل b، کل، کارتنوئید و بارندگی همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۴). نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه‌های اول و دوم به ترتیب ۴۴/۵۷ و ۱۹/۶۲ درصد و در مجموع ۶۷/۱۹ درصد از تغییرات واریانس را توجیه می‌کنند. به طوری که کلروفیل کل، کارتنوئید و کلروفیل‌های a، b به ترتیب بیشترین همبستگی مثبت را با مولفه اول و آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز بیشترین همبستگی را با مولفه دوم نشان دادند (جدول ۵).

بحث

شرایط نامطلوب زیست‌محیطی مانند تنش خشکی سبب افزایش تولید انواع اکسیژن فعال در گیاه می‌شود. تعادل بین انواع اکسیژن فعال و توانایی سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی برای مهار آن‌ها در گیاهان مهم بوده و توانایی غلبه به اثرهای مختلف تنش‌ها و حفظ بهره‌وری را برای گیاه مهیا می‌سازد. فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاهان مقاوم به تنش خشکی در مقایسه با گیاهان حساس، نقش مهمی در مقاومت گیاهان به تنش مذکور را دارد (Tsugane, 1999). نتایج این پژوهش نشان داد که جمعیت‌های درختان مادری راش در عرصه‌های طبیعی‌شان در اوج فشار

خشکی در وسط تابستان و بیش از یک ماه عدم بارندگی در کلیه مناطق مورد بررسی، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی متفاوتی بوده و در این بین جمعیت‌های منطقه شصت‌کلاته دارای سطوح بالاتر آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و سطح مشابه کاتالاز نسبت به دیگر مناطق بودند. همچنین در مقایسه تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، فقط سطح بالاتر آسکوربات پراکسیداز در جمعیت ارتفاع خیرود بالابند نسبت به پایین‌بند مشاهده شد. (Zarabi et al., 2007). پژوهش‌های متعدد بر روی دیگر پهن‌برگان نیز نشان داده است که تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شده و افزایش تحمل به خشکی جمعیت‌های مناطق خشک‌تر نسبت به مناطق مرطوب‌تر بیشتر بوده است (Wu et al., 2008; Tango et al., 2014; Xia et al., 2013) که با نتایج این پژوهش همسو است. نتایج پژوهش دیگر بر روی گونه‌های صنوبر نیز حاکی از بالاتر بودن مکانیسم‌های حفاظتی در مقابله با تنش خشکی در گونه با مبدأ ارتفاعات بالاتر نسبت به گونه با مبدأ ارتفاعات پایین‌تر بوده است (Yin et al., 2009) که به نتایج این پژوهش مشابه است؛ بنابراین براساس سوابق ذکر شده و همچنین با توجه به شاخص خشکی مناطق مورد بررسی، به‌طور کلی می‌توان بیان داشت که عوامل تنش محیطی مانند کمبود آب در منطقه شصت کلاته و سپس خیرود بالابند به‌حدی بوده است که سبب فعال‌سازی مکانیسم‌های پاسخ به خشکی در آن‌ها شده و آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز همگام با هم و در همبستگی منفی با گرادیان بارندگی، افزایش یافتند؛ اما سطوح پایین‌تر آنتی‌اکسیدان‌ها در دیگر مناطق می‌تواند به‌علت کافی نبودن فشار تنش با

توجه به شرایط اقلیمی آن‌ها و یا عدم توانایی پاسخگویی مناسب جمعیت‌ها به تنش باشد که بررسی بیان ژن‌های پاسخ به تنش کم‌آبی در این مناطق می‌تواند راهگشای این مطلب باشد.

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین صفات بیوشیمیایی و خصوصیات اقلیمی چهار رویشگاه مختلف

Table 4. Pearson correlation between biochemical traits and climatic characteristics of four different sites

ارتفاع از سطح دریا Altitude	بارندگی Precipitation	دما Temperature	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	کاتالاز Catalase	صفات Traits
0.002	-0.467**	0.217	0.112	0.115	0.102	-0.043	0.309*	0.070	پراکسیداز Peroxidase
0.332**	-0.085	-0.296*	0.143	0.005	0.146	0.124	0.008	1	کاتالاز Catalase
0.151	-0.567**	0.098	0.038	0.051	0.062	-0.126	1		آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
-0.020	0.328*	-0.127	0.061**	0.674**	0.747**	1			کلروفیل a Chlorophyll a
0.151	0.031	-0.163	0.643**	0.684**	1				کلروفیل b Chlorophyll b
0.106	-0.010	-0.093	0.825**	1					کلروفیل کل Total Chlorophyll
0.056	0.118	-0.095	1						کارتنوئید Carotenoid

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

*: Significant in five percent error level, ns: Non significant

می‌دهد که به‌طور کلی مقدار کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل تحت تنش کمبود آب در درختان کاهش می‌یابد (Zarabi et al., 2007, Yin et al., 2009, Wu et al., 2013, Tongo et al., 2014) و این کاهش در کلروفیل a به‌علت حساسیت بیشتر آن نسبت به کلروفیل b است (Jaleel et al., 2009). همچنین نتایج همبستگی نیز حاکی از ارتباط معنی‌دار مثبت بین مقدار کلروفیل a و مقدار بارندگی مناطق مورد بررسی است. آب در سنتز کلروفیل نقش مهمی دارد، به‌طوری که در شرایط رطوبتی خوب مقدار آن افزایش و در زمان کم‌آبی کاهش می‌یابد؛ بنابراین به-

محتوای کلروفیل برگ یکی از شاخص‌های مهم مربوط به وضعیت فیزیولوژیکی گیاهان است. تحت تنش کم‌آبی معمولاً محتویات کلروفیل به‌علت کاهش سنتز و یا از بین رفتن سریع آن، کاهش می‌یابد که مقدار این کاهش بسته به ژنوتیپ گیاه متفاوت است (Ashraf, 2003). نتایج این پژوهش نشان داد که جمعیت‌های درختان مادری راش در عرصه‌های طبیعی‌شان در کلیه مناطق مورد بررسی، دارای مقدار کلروفیل a متفاوت هستند به‌طوری که جمعیت‌های شصت‌کلاته و سپس خیرود بالابند دارای کمترین مقدار کلروفیل هستند. نتایج پژوهش‌های متعدد نشان

رنگدانه‌ای مورد بررسی، جمعیت‌های مناطق شصت کلاته و سپس خیرود بالابند بیشتر از دو منطقه دیگر تحت فشار خشکی بوده که سبب فعال‌سازی مکانیسم‌های حفاظتی در مقابل اثرهای سوء تنش کمبود آب نسبت به دو منطقه دیگر شده است و مقدار کلروفیل a و آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز به‌عنوان صفات مؤثر و معنی‌دار در پاسخ به خشکی درختان مناطق مورد بررسی معرفی شدند.

طور کلی براساس سوابق ذکر شده و همچنین با توجه به شاخص اقلیمی مناطق مورد بررسی می‌توان بیان داشت که فشار تنش کمبود آب بر درختان مناطق شصت کلاته و خیرود بالابند بیشتر از دیگر مناطق بوده و آن‌ها را به‌طور مشابه وادار به واکنش متفاوت از نظر کلروفیل a نسبت به درختان دو منطقه دیگر کرده است. نتایج این بررسی به‌طور کلی نشان می‌دهد که با توجه به شاخص اقلیمی مناطق و تجزیه به مولفه‌های اصلی کلیه صفات فیزیولوژیک آنتی‌اکسیدانتی و

جدول ۵- تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات مورد بررسی در چهار رویشگاه مختلف

Table 5. Principal component analysis of studied traits in four different sites

مولفه دوم Second component	مولفه اول First component	صفات Traits
0.774	0.125	پراکسیداز Peroxidase
0.107	0.175	کاتالاز Catalase
0.822	-0.004	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
-0.279	0.851	کلروفیل a Chlorophyll a
0.029	0.875	کلروفیل b Chlorophyll b
0.047	0.901	کلروفیل کل Total chlorophyll
0.064	0.876	کارتنوئید Carotenoid
19.62	44.57	واریانس (درصد) Variance (%)
64.19	44.57	واریانس تجمعی Cumulative variance (%)

References

- Asgharpour, E.; Azadfar, D.; Saeedi, Z., Evaluation of *Acer cappadocicum* Gled seedlings to drought stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2017**, *30* (1), 1-11.
- Ashraf, M., Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of

- differently adapted populations of Blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging. *Plant science* **2003**, *165* (1), 69-75.
- Chance, B.; Maehly, A., [136] Assay of catalases and peroxidases. **1955**.
- Chaves, M. M.; Maroco, J. P.; Pereira, J. S., Understanding plant responses to drought—

- from genes to the whole plant. *Functional plant biology* **2003**, 30 (3), 239-264.
- Ebermann, R.; Stich, K., Peroxidase and amylase isoenzymes in the sapwood and heartwood of trees. *Phytochemistry* **1982**, 21 (9), 2401-2402.
- Gratão, P. L.; Polle, A.; Lea, P. J.; Azevedo, R. A., Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Functional plant biology* **2005**, 32 (6), 481-494.
- Hashempour, F.; Rostami, S. T.; Assareh, M.; Shariat, A., Impact of drought stress on some physiological traits in five Eucalypt species. **2011**, 19 (2), 222-233. (In Persian)
- Jaleel, C. A.; Manivannan, P.; Lakshmanan, G.; Gomathinayagam, M.; Panneerselvam, R., Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* **2008**, 61 (2), 298-303.
- Jaleel, C. A.; Manivannan, P.; Wahid, A.; Farooq, M.; Al-Juburi, H. J.; Somasundaram, R.; Panneerselvam, R., Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol* **2009**, 11 (1), 100-105.
- Lichtenthaler, H. K., Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology* **1987**, 148, 350-382.
- Mittler, R., Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science* **2002**, 7 (9), 405-410.
- Mobayen, S.; Tregubov, V., The vegetative map of Iran; Tehran University press, 1969; p 50.
- Price, A. H.; Atherton, N. M.; Hendry, G. A., Plants under drought-stress generate activated oxygen. *Free radical research communications* **1989**, 8 (1), 61-66.
- Ranieri, A.; Castagna, A.; Pacini, J.; Baldan, B.; Mensuali Sodi, A.; Soldatini, G., Early production and scavenging of hydrogen peroxide in the apoplast of sunflower plants exposed to ozone. *Journal of Experimental Botany* **2003**, 54 (392), 2529-2540.
- Rostami, S. T.; Samizadeh, L. H., Changes in leaf morphological characteristics of *Fagus orientalis* Lipesky along altitudinal gradients (Case study: Gilan forests, Masal). *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 5 (1), 27-40. (In Persian)
- Sadeghzadeh Hallaj, M.; Azadfar, D.; Nodoushan, H.; Arzanesh, M. H.; Tohidfar, M., Shade role in facilitation drought stress symptoms on physiology of mount Atlas mastic (*Pistacia atlantica* Desf.) seedlings. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 25 (2), 332-341. (In Persian)
- Scandalios, J., Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian journal of medical and biological research* **2005**, 38 (7), 995-1014.
- Simkin, A. J.; Moreau, H.; Kuntz, M.; Pagny, G.; Lin, C.; Tanksley, S.; McCarthy, J., An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. *Journal of plant physiology* **2008**, 165 (10), 1087-1106.
- Tongo, A.; Mahdavi, A.; Sayad, E., Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. *Ecopersia* **2014**, 2 (2), 571-583.
- Tsugane, K.; Kobayashi, K.; Niwa, Y.; Ohba, Y.; Wada, K.; Kobayashi, H., A recessive Arabidopsis mutant that grows photoautotrophically under salt stress shows enhanced active oxygen detoxification. *The Plant Cell* **1999**, 11 (7), 1195-1206.
- Wu, M.; Zhang, W.; Ma, C.; Zhou, J., Changes in morphological, physiological, and biochemical responses to different levels of drought stress in Chinese cork oak (*Quercus variabilis* Bl.) seedlings. *Russian journal of plant physiology* **2013**, 60 (5), 681-692.
- Xiao, X.; Xu, X.; Yang, F., Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. *Silva Fennica* **2008**, 42 (5), 705-719.
- Yin, C.; Pang, X.; Lei, Y., *Populus* from high altitude has more efficient protective mechanisms under water stress than from low-altitude habitats: a study in greenhouse for cuttings. *Physiologia plantarum* **2009**, 137 (1), 22-35.
- Zarabi, M. M.; Talaei, A.; Hadad, R., Physiological role and biochemical changes of six olive cultivars (*Olea europaea* L.) against drought stress, *Journal of horticulture science* **2007**, 24 (2), 234-244. (In Persian)

Study of the ecological characteristics of *Fagus orientalis* Lipsky in four different sites of Hyrcanina forests

Z, Saeedi¹, D, Azadfar^{*2}, Kh, Saghebalebi³ and M, Tohidfar⁴

1- PhD of Forest Science, Forest Science Faculty, Gorgan University of Agricultural Science and Natural resources, Gorgan, I. R. Iran. (saeedizohre@gmail.com)

2- Associate professor, Forest Science Faculty, Gorgan University of Agricultural Science and Natural resources, Gorgan, I. R. Iran. (azadfar@gau.ac.ir)

3- Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Agricultural Research, education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (saghebalebi@rifr-ac.ir)

4- Associate Professor, Shahid Beheshti University, Tehran, I. R. Iran. (gtohidfar@yahoo.com)

Received: 08.05.2019

Accepted: 11.11.2019

Abstract

The aim of this study was to measure the amount of dehydration stress in native trees in the middle of summer by comparing the three important enzymes response to this stress and photosynthetic pigments in the studied habitats. In order to carry out this research, four habitats in Guilan, Mazandaran and Golestan provinces were selected for sampling. From each region, 15 mother trees were selected. Peroxidase enzymes, catalase and ascorbate peroxidase and chlorophyll pigments including chlorophyll a, b, total and carotenoids were measured. The results of this study showed that *Fagus* populations in all regions had different antioxidant activity at the peak of drought stress in the middle of summer, so that the population of Shastkalateh with the least rainfall compared to other areas, had higher levels of peroxidase and ascorbate peroxidase enzymes. Also, all regions of the study had a different chlorophyll a content, so that the populations of Shastkalateh and then Up land kheyrood had the lowest chlorophyll content. The correlation results indicate a significant positive correlation between chlorophyll a and rainfall in the studied areas. Chlorophyll a, peroxidase enzymes and ascorbate peroxidase were also identified as effective and significant traits in response to drought stress in the studied areas.

Keywords: Ascorbate peroxidase, Peroxidase, *Fagus orientalis*, Chlorophyll pigments, Catalase.

* Corresponding author

Tel: +981732427050

تأثیر انواع خاک پوش مایع بر نرخ رواناب و هدررفت خاک سطوح شیب دار

آیدین پارساخو^۱، ایوب رضایی مطلق^{۲*} و بنیامین متین نیا^۳

- ۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (aidinparsakhoo@yahoo.com)
۲- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (aiubrezace@yahoo.com)
۳- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (benjaminmati1372@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۴

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر انواع خاک پوش مایع بر نرخ رواناب و هدررفت خاک دامنه ها و سطوح شیب دار است. بدین منظور ۱۳ نوع تیمار خاک پوش مایع متشکل از پلی اکریل آمید، ملاس نیشکر، خرده چوب، بذر فستوکا و لاشه کاه همراه با آب و تیمار خاک لخت به عنوان شاهد در قطعه نمونه های چوبی به ابعاد ۰/۶ متر عرض، ۱/۲ متر طول و ۰/۱ متر عمق با شیب ۳:۱ مستقر شدند. ۶۰ روز بعد از انجام تیمارها، شبیه سازی باران با شدت ۵۰ میلی متر در ساعت به مدت ۱۵ دقیقه از ارتفاع سه متری روی قطعه نمونه ها اجرا و رواناب خارج شده از قطعه نمونه ها در هر پنج دقیقه برداشت شد. نرخ رواناب بر حسب درصد، غلظت رسوب یا گل آلودگی بر حسب گرم در لیتر و نرخ هدررفت خاک بر حسب گرم در مترمربع محاسبه شد. بررسی جریان رواناب در بازه زمانی ۱۵ دقیقه نشان داد که پیک رواناب در ۵ دقیقه اول شبیه سازی باران به وقوع پیوست. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای خرده چوب با بذر (WM+S) و خاک پوش خرده چوب با بذر و پلی اکریل آمید (WM+S+P) به ترتیب نرخ رواناب را ۷۷/۴ و ۷۳/۷ درصد کاهش دادند. کمترین مقدار هدررفت خاک نیز با ۸۹/۸۲، ۸۷/۴۶ و ۸۳/۹۰ درصد کاهش به ترتیب برای تیمار WM+S+P، خاک پوش خرده چوب با بذر و ملاس نیشکر (WM+S+M) و خاک پوش لاشه کاه با پلی اکریل آمید و بذر (SM+S+P) به ثبت رسید. بدین ترتیب پلی اکریل آمید، ملاس و بذر فستوکا به عنوان مکمل خاک پوش ها توانستند عملکرد آن ها را به طور قابل ملاحظه ای افزایش دهند.

واژه های کلیدی: پلی اکریل آمید، رواناب، شبیه ساز باران، غلظت رسوب، ملاس نیشکر.

مقدمه

که پس از استحصال مواد قندی موجود در ساقه نیشکر از آن به جا می ماند. این ماده به عنوان غلظت-دهنده (چسباننده) ذرات ریز خاک را به یکدیگر می چسباند و از این طریق جلوی فرسایش خاک را می گیرد. ملاس فاقد هرگونه آثار منفی زیست محیطی است (Adams, 1988; Gotosa et al., 2015). استفاده از غلظت دهنده های بسیاری بر پایه اکریل آمید نیز به دلیل دوست دار محیط زیست بودن، ایمنی و قیمت ارزان آن ها به عنوان غلظت دهنده خاک پوش مایع در حال گسترش است. پلی اکریل آمیدها، بی بو، بی رنگ و بدون خاصیت آلاینده گی در آب های سطحی و زیرزمینی، بافت های گیاهی و خاک هستند (Monafi et al., 2016). بذر چمن و بقولات که با غلظت دهنده و یا بدون آن به همراه خاک پوش و سایر افزودنی ها روی سطح پاشیده می شود، به علت وجود کودهای محرک رشد به سرعت جوانه زده و شیب را تثبیت می کند. زاویه شیب، درجه فشردگی خاک، شدت و مدت بارندگی و چسبندگی ذرات خاک از عواملی هستند که بر عملکرد خاک پوش مایع تأثیر می گذارند. خاک پوش مایع به سه صورت قابل استفاده است که عبارتند از فرآیند یک مرحله ای که در آن آب، بذر، خاک پوش زیاد، غلظت دهنده و کود بر روی مناطق کم شیب و دارای شیارهای کوچک و کم عمق پاشیده می شود. در فرآیند دو مرحله ای که مناسب مناطق شیب دار و پر رفت و آمد است ابتدا آب، بذر و خاک پوش اندک بر روی سطح پاشیده می شود و در مرحله بعد آب، بذر، خاک پوش زیاد، ماده غلظت دهنده و کود به کار می رود. فرآیند سه مرحله ای در مناطق به شدت فرسایش پذیر مورد استفاده واقع می شود و در آن ابتدا آب، بذر و خاک پوش اندک بر روی سطح پاشیده می شود و پس از غلتک زدن با تخمناق های دستی و سفت کردن بستر در آخرین مرحله آب، بذر، خاک پوش

تثبیت زیست مهندسی در هر مکانی که بر اثر فرآیندهای طبیعی و مصنوعی، خاک آن فاقد پوشش شده و در معرض عوامل فرساینده قرار گرفته باشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Najafian Seraji, 2010). بدین منظور روش های متنوعی مانند پاشیدن خاک پوش خرده چوب، خاک پوش کاه، مازاد مقطوعات، کوبیدن پیکه های چوبی، نصب روکش های کنترل فرسایش، چمن کاری و کشت نهال مورد استفاده واقع شده است. در سالیان اخیر ماده ای به نام خاک پوش مایع، پای به عرصه وجود گذاشته است که می تواند روند تثبیت دامنه های مستعد فرسایش را تسریع کند. در میان انواع پروژه های حفاظت خاک، پاشیدن خاک پوش می تواند به طور مؤثرتری سبب کاهش هدررفت خاک شود (Lin et al., 2018; Prosdociami et al., 2016). خاک پوش مایع یا هیدرومالچ دوغابی زیست پایه و مرکب از بذور گونه های مختلف علفی، آب، کود، غلظت دهنده (عامل چسباننده یا بایندر) و خرده مواد زیستی (خاک پوش) است و جهت مبارزه با انواع فرسایش آبی مورد استفاده قرار می گیرد. خاک پوش مایع محصول بیولوژیکی است که به آماده سازی و حفاظت فوری خاک در برابر عوامل فرساینده مانند باران، آسان کردن نفوذ باران یا آب در خاک، ترمیم سطوح آسیب دیده، کاهش فرسایش پاشمانی، ورقه ای و شیار، جلوگیری از فشردگی خاک و افزایش حاصل خیزی و بهبود ساختمان خاک کمک می کند (Vahabi and Mehdiان, 2010). خاک پوش مایع می تواند از خاک در برابر فلزات سنگین و دیگر آلاینده ها (روغن، گریس، علف کش ها، سموم و ...) نیز محافظت کند (Sheldon and Bradshaw, 1997).

یکی از اجزای مهم خاک پوش مایع غلظت دهنده است. ملاس نیشکر شیره قهوه ای رنگ و غلیظی است

منابع طبیعی گرگان و در محوطه‌ای سرپوشیده به دور از باد و باران طبیعی به‌اجرا درآمد. در مجموع ۳۹ عدد قطعه‌نمونه چوبی به ابعاد ۰/۶ متر عرض، ۱/۲ متر طول و ۰/۱ متر عمق طراحی و ساخته شد (Shoemaker, 2009). سوراخ‌هایی به قطر سه سانتی-متر به‌منظور زهکشی قطعه‌نمونه‌ها در کف آن‌ها تعبیه و توسط توده پارچه‌های نفوذپذیر ضخیم مسدود شد. در جلوی هر قطعه‌نمونه، ناودانی فلزی به طول ۳۰ سانتی‌متر برای هدایت رواناب به‌سمت ظروف نمونه-برداری نصب شد (Shoemaker, 2009). قطعه‌نمونه‌ها در زاویه ۳:۱ (عمودی: افقی) مستقر شدند.

پیاده‌سازی تیمارها

خاک مورد نیاز از ترانسه‌های خاک‌برداری جاده‌های جنگلی طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا جمع‌آوری شده و پس از آنالیز بافت و اندازه‌گیری برخی مشخصات آن (جدول ۱) در داخل قطعه‌نمونه‌ها ریخته شده و تا رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خشک خاک در حالت طبیعی (یک گرم بر سانتی‌مترمکعب) با پتک کوبیده شدند. سپس ۱۳ نوع تیمار به شرح جدول ۲ هر یک به‌طور جداگانه به‌حالت محلول در سه لیتر آب روی خاک پاشیده شد. هر تیمار در ۳ تکرار به‌اجرا درآمد. بذر مورد استفاده مربوط به گونه چمن فستوکا (*Festuca arundinacea L.*) بود. در تیمارهای حاوی بذر، آبیاری تیمارها در ماه اول، هفته‌ای دو بار و در ماه دوم هفته‌ای یک بار و هر بار به‌مقدار یک لیتر برای هر قطعه‌نمونه انجام شد.

زیاد، غلظت‌دهنده و کود روی سطح پاشیده می‌شود (Grabau et al., 2011). به‌طور کل در تمامی پروژه-های تثبیت خاک با خاک‌پوش مایع باید برای استقرار پوشش گیاهی دائمی برنامه‌ریزی کرد. با توجه به موارد اشاره شده ضروری است تا نسبت به تولید انواع خاک‌پوش و ارزیابی عملکرد هر یک در واحد سطح اقدام شود. بسیاری از کشورهای مناطق معتدله و نیمه‌خشک مدیترانه‌ای و کشورهایمانند ایالات متحده آمریکا و فیلیپین از این محصولات در قالب فعالیت‌های تثبیت خاک با خاک‌پوش مایع به‌دلیل سرعت زیاد در اجرای کار، عملکرد بالا و هزینه کم استفاده می‌کنند. در ایران به‌دلیل عدم دستیابی به فرمولاسیون خاک‌پوش مایع و هزینه بالا واردات تاکنون از آن‌ها استفاده نشده است. با توجه به اینکه مقدار فرسایش خاک در ایران سالانه دو میلیارد تن بوده و تقریباً سه برابر شاخص جهانی است (۹۰۰ میلیون تن آن حاصل فرسایش آبی خاک است) می‌توان اذعان داشت که تدوین برنامه‌های حفاظت خاک و پژوهش راجع به فنون نوین از ضروریات مدیریت کلان حوزه‌های آبخیز است. متأسفانه باوجود اهمیت زیاد مسئله فرسایش خاک در کشور، تاکنون نسبت به کاربرد ماده زیست‌پایه خاک‌پوش مایع پژوهشی چندانی انجام نشده است. از این‌رو در این پژوهش تأثیر برخی از مهم‌ترین انواع خاک‌پوش‌ها بر مقدار رواناب و رسوب‌دهی خاک ترانسه‌های مصنوعی تحت شبیه‌سازی باران بررسی و مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی قطعه‌نمونه‌ها

این پژوهش در اردیبهشت و خرداد ۱۳۹۸ در آزمایشگاه مهندسی جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soil

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زمینس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	بافت Texture	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)
7.7	0.85	2.95	سیلتی رسی Silty clay	40	14	46

جدول ۲- مواد به کار رفته در ساختمان تیمارها بر حسب گرم در قطعه نمونه

(MDEQ, 2007, ALDOT, 2014, ASWCC, 2009)

Table 2. Materials used in treatments in gram per plot (MDEQ, 2007, ASWCC, 2009, ALDOT, 2014)

کود N-P-K N-P-K fertilizer	بذر فستوکا Seeds of Festuca	خرده چوب Crumb wood	ملاس نیشکر Sugarcane molasses	لاشه کاه Carcass straw	پلی اکریل آمید آنیونی Anionic polyacrylamide	کد تیمار Treatment code	ردیف Rank
0	0	0	0	0	0	BS	1
0	0	0	0	0	0.7	P	2
0	0	0	300	0	0	M	3
20	40	250	0	0	0	WM+S	4
0	0	250	0	0	0	WM	5
0	0	250	0	0	0.7	WM+P	6
0	0	250	300	0	0	WM+M	7
20	40	250	0	0	0.7	WM+S+P	8
20	40	250	300	0	0	WM+S+M	9
20	40	0	0	333	0.7	SM+S+P	10
20	40	0	300	333	0	SM+S+M	11
0	0	0	0	333	0.7	SM+P	12
0	0	0	300	333	0	SM+M	13

خاک لخت (BS)، تیمار پلی اکریل آمید (P)، تیمار ملانس نیشکر (M)، خاک پوش خرد چوب با بذر و کود (WM+S)، خاک پوش خرد چوب بدون بذر (WM)، خاک پوش خرد چوب با پلی اکریل آمید (WM+P)، خاک پوش خرد چوب با ملانس نیشکر (WM+M)، خاک پوش خرد چوب با بذر و پلی اکریل آمید و کود (WM+S+P)، خاک پوش خرد چوب با بذر و ملانس نیشکر و کود (WM+S+M)، خاک پوش لاشه کاه با ۷۵ درصد پوشش با پلی اکریل آمید و بذر و کود (SM+S+P)، خاک پوش لاشه کاه با ۷۵ درصد پوشش با ملانس نیشکر و بذر و کود (SM+S+M)، خاک پوش لاشه کاه با پلی اکریل آمید (SM+P) و خاک پوش لاشه کاه با ملانس نیشکر (SM+M).

Bare soil (BS), polyacrylamide treatment (P), sugarcane molasses treatment (M), wood mulch with seed and fertilizer (WM+S), wood mulch without seed (WM), wood mulch with polyacrylamide (WM+P), wood mulch with sugarcane molasses (WM+M), wood mulch with seed, polyacrylamide and fertilizer (WM+S+P), wood mulch with seed, sugarcane molasses and fertilizer (WM+S+M), 75% straw mulch cover with seed, polyacrylamide and fertilizer (SM+S+P), 75% straw mulch cover with seed, sugarcane molasses and fertilizer (SM+S+M), straw mulch cover with polyacrylamide (SM+P) and straw mulch cover with sugarcane molasses (SM+M).

شبیه سازی باران و جمع آوری داده ها

۶۰ روز بعد از پیاده سازی تیمارها (در این مدت بذر سبز شده و فعل و انفعال تیمارها با خاک به طور کامل انجام می شود)، عملیات شبیه سازی باران با شدت ۵۰ میلی متر در ساعت به طور جداگانه برای هر قطعه نمونه با فواصل زمانی ۵ دقیقه به اجرا درآمد. طول مدت شبیه سازی باران ۱۵ دقیقه و ارتفاع نازل از سطح

قطعه نمونه ۳ متر بود (شکل ۱). سپس نمونه های

رواناب در هر ۵ دقیقه برداشت شد (Shoemaker, 2009). نمونه های رواناب از کاغذ صافی واتمن عبور داده شده و سپس وزن خشک رسوب باقی مانده روی کاغذ اندازه گیری شد. مقدار بار رسوب بر حسب گرم، حجم رواناب بر حسب لیتر، نرخ رواناب بر حسب درصد، غلظت رسوب یا گل آلودگی بر حسب گرم در

که در آن ER نرخ فرسایش برحسب گرم در مترمربع، SY بار رسوب یا وزن کل رسوب برحسب گرم و DA مساحت قطعه نمونه برحسب مترمربع است. برای محاسبه نرخ رواناب از رابطه ۳ استفاده شد:

$$RC = \frac{FRV}{IRV} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن RC نرخ رواناب، FRV حجم رواناب نهایی در انتهای قطعه نمونه برحسب لیتر و IRV حجم بارندگی برحسب لیتر است.

لیتر و نرخ هدررفت خاک برحسب گرم در مترمربع محاسبه شد. برای محاسبه غلظت رسوب از رابطه ۱ استفاده شد:

$$SC = \frac{SY}{RV} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن SC غلظت رسوب برحسب گرم در لیتر، SY بار رسوب یا وزن کل رسوب برحسب گرم و RV حجم کل رواناب برحسب لیتر است. نرخ فرسایش خاک برحسب گرم در مترمربع نیز از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$ER = \frac{SY}{DA} \quad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۱- شبیه‌سازی باران روی انواع خاک‌پوش مایع

Figure 1. Simulation of rain on hydro-mulch types

نتایج

حجم و نرخ رواناب

نتایج نشان داد که نرخ رواناب به‌طور معنی‌داری ($P < 0.001$) متأثر از نوع خاک‌پوش مایع بود (جدول ۳). حجم و نرخ رواناب در خاک لخت (BS) و تیمارهای پلی‌اکریل‌آمید (P) و ملاس نیشکر (M) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها بود (جدول ۴).

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن توزیع مشاهدات با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (به روش LSD در سطح احتمال ۹۵ درصد) با نرم‌افزار SAS انجام شد. در پایان هزینه اجرای هر تیمار به‌منظور یافتن مقرون‌به‌صرفه‌ترین تیمار برآورد شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس یک طرفه اثر انواع خاکپوش مایع بر نرخ رواناب

F	میانگین مربعات Mean of squares	مجموع مربعات sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع Source
63.94***	564.02	6868.22	12	خاکپوش مایع hydro-mulch

*** Significant at 0.1% probability level

*** معنی دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد.

جدول ۴- رواناب تیمارهای مختلف

Table 4. Run off of different treatment

نرخ رواناب Run off rate	درصد کاهش Percent reduction	حجم رواناب (میلی لیتر) Run off volume (ml)	کد تیمار Treatment code	ردیف Rank
29.7 ^A	-	2670	BS	1
25.7 ^B	13.5	2310	P	2
26.0 ^B	12.5	2340	M	3
6.7 ^D	77.4	600	WM+S	4
17.0 ^C	42.8	1530	WM	5
11.3 ^{CD}	61.9	1020	WM+P	6
14.3 ^C	51.8	1290	WM+M	7
7.8 ^D	73.7	706	WM+S+P	8
9.3 ^D	68.7	841	WM+S+M	9
12.7 ^{CD}	57.2	1140	SM+S+P	10
13.2 ^C	55.5	1191	SM+S+M	11
9.0 ^D	69.7	810	SM+P	12
14.7 ^C	50.5	1320	SM+M	13

حروف مختلف در یک ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

The different letters in a column indicate a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

طور معنی داری بیشتر از دیگر تیمارها بود. خاکپوش -
های خرده چوب و گاه به طور مؤثری توانستند غلظت
رسوب را کاهش دهند (جدول ۴).

بار و غلظت رسوب
نتایج نشان داد که غلظت رسوب به طور معنی داری
($P < 0.001$) متأثر از نوع خاکپوش مایع بود (جدول
۵). بار و غلظت رسوب در خاک لخت (BS) و
تیمارهای پلی اکریل آمید (P) و ملاس نیشکر (M) به -

جدول ۵- تجزیه واریانس یک طرفه اثر انواع خاکپوش مایع بر غلظت رسوب

Table 5. One way analysis of variance of the effect of hydro-mulch types on Sediment concentration

F	میانگین مربعات Mean of squares	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع Source
19.39***	156.93	1883.20	12	خاکپوش مایع hydro-mulch

*** Significant at 0.1% probability level

*** معنی دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد.

جدول ۶- رسوب‌دهی تیمارهای مختلف

Table 6. Sedimentation of different treatment

غلظت رسوب Sediment concentration (g l ⁻¹)	درصد کاهش Percent reduction	بار رسوب Sediment yield (g)	کد تیمار Treatment code	ردیف Rank
17.00 ^A	-	45.39	BS	1
11.87 ^B	30.20	27.41	P	2
13.33 ^B	21.56	31.20	M	3
2.90 ^D	82.93	1.74	WM+S	4
7.67 ^C	54.89	11.73	WM	5
3.93 ^{CD}	76.88	4.01	WM+P	6
5.00 ^{CD}	70.59	6.45	WM+M	7
1.73 ^D	89.82	1.22	WM+S+P	8
2.13 ^D	87.47	1.79	WM+S+M	9
2.73 ^D	83.94	3.12	SM+S+P	10
3.23 ^D	81.00	3.85	SM+S+M	11
6.27 ^C	63.12	5.07	SM+P	12
6.77 ^C	60.18	8.93	SM+M	13

حروف مختلف در یک ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

The different letters in a column indicate a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

نیشکر و کود (WM+S+M)، خاک‌پوش لاشه کاه با ۷۵ درصد پوشش با پلی‌اکریل‌آمید و بذر و کود (SM+S+P) و خاک‌پوش لاشه کاه با ۷۵ درصد پوشش با ملاس نیشکر و بذر و کود (SM+S+M) به-ثبت رسید (جدول ۷).

نرخ هدررفت خاک

نتایج نشان داد که خاک‌پوش‌های خرده‌چوب و کاه به‌طور مؤثری توانستند هدررفت خاک را کاهش دهند، به‌طوری که کمترین میانگین هدررفت خاک برای خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و کود (WM+S)، خاک-پوش خرده‌چوب با بذر و پلی‌اکریل‌آمید و کود (WM+S+P)، خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و ملاس

جدول ۷- هدررفت خاک تیمارهای مختلف

Table 7. Soil loss in different treatment

درصد کاهش Percent reduction	هدررفت خاک Soil loss (g m ⁻²)	کد تیمار Treatment code	ردیف Rank
-	23.61 ^A	BS	1
30.20	16.48 ^B	P	2
21.56	18.52 ^B	M	3
82.93	4.03 ^D	WM+S	4
54.89	10.65 ^C	WM	5
76.87	5.46 ^{CD}	WM+P	6
70.60	6.94 ^{CD}	WM+M	7
89.79	2.41 ^D	WM+S+P	8
87.46	2.96 ^D	WM+S+M	9
83.90	3.80 ^D	SM+S+P	10
80.98	4.49 ^D	SM+S+M	11
63.15	8.70 ^C	SM+P	12
60.19	9.40 ^C	SM+M	13

حروف مختلف در یک ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

The different letters in a column indicate a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

هزینه تهیه هر تیمار کود (WM+S) و تیمارهای (WM+S+M)، نتایج نشان داد که کمترین مقدار هدررفت خاک و هزینه به ترتیب مربوط به تیمار خرده چوب با بذر و

جدول ۸- هزینه تهیه هر یک از انواع خاک پوش‌های مایع برای تثبیت ۱۰۰ مترمربع (ریال)

Table 8. Cost of preparation of each type hydro-mulch for stabilization of 100 m² (Rial)

هزینه کل Total cost	کود Fertilizer	بذر Seed	خرده چوب Crumb wood	ملاس نیشکر Sugarcane molasses	لاشه کاه Carcass straw	پلی‌اکریل‌آمید Anionic polyacrylamide	کد تیمار Treatment code	ردیف Rank
0	0	0	0	0	0	0	BS	1
5000000	0	0	0	0	0	5000000	P	2
3000000	0	0	0	3000000	0	0	M	3
2800000	300000	2100000	400000	0	0	0	WM+S	4
400000	0	0	400000	0	0	0	WM	5
5400000	0	0	400000	0	0	5000000	WM+P	6
3400000	0	0	400000	3000000	0	0	WM+M	7
7800000	300000	2100000	400000	0	0	5000000	WM+S+P	8
5800000	300000	2100000	400000	3000000	0	0	WM+S+M	9
7550000	300000	2100000	0	0	150000	5000000	SM+S+P	10
5550000	300000	2100000	0	3000000	150000	0	SM+S+M	11
5150000	0	0	0	0	150000	5000000	SM+P	12
3150000	0	0	0	3000000	150000	0	SM+M	13

بحث

که استفاده از این تکنیک سبب کاهش رواناب و فرسایش خاک به ترتیب به مقدار ۷۰ درصد و ۸۳ درصد شد. (Lotfalian et al. (2018) از CBR+ برای بررسی رواناب جاده‌های جنگلی استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقدار رواناب در قطعه نمونه‌های تیمار- شده با این ماده بیشتر از دیگر قطعه نمونه‌ها است. (Sharifi et al. (2018) از یک نوع خاک پوش متشکل از ۱۵ ماده افزودنی اصلاح کننده خاک مانند پلی-اکریل‌آمید با استفاده از شبیه‌ساز باران با شدت بارندگی ۳۰، ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر در ساعت برای کنترل فرسایش عرصه‌های شیب‌دار استفاده کردند. نتایج حاصل نشان داد که این نوع خاک پوش تأثیر به‌سزایی در پایداری خاک در دامنه شیب‌دار دارد. (Bjorneberg et al. (2000) نیز با پراکندن ترکیب خاک پوش کاه و غلظت‌دهنده روی سطوح آسیب‌دیده دریافتند که

حجم و نرخ رواناب در خاک لخت (BS) و تیمارهای پلی‌اکریل‌آمید (P) و ملاس نیشکر (M) به‌طور معنی-داری بیشتر از دیگر تیمارها بود. خاک پوش‌های خرده چوب و کاه به‌طور مؤثری توانستند نرخ رواناب را کاهش دهند. کمترین میانگین نرخ رواناب برای خاک پوش خرده چوب با بذر و کود (WM+S)، خاک پوش خرده چوب با بذر و پلی‌اکریل‌آمید و کود (WM+S+P)، خاک پوش خرده چوب با بذر و ملاس نیشکر و کود (WM+S+M) و خاک پوش لاشه کاه با پلی‌اکریل‌آمید (SM+P) به‌ثبت رسید. (Prats et al. (2013) از خاک پوش مایع به مقدار ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار که مرکب از فیبرهای آلی، آب و بذر بود برای کاهش رواناب و فرسایش خاک جنگلکاری‌های سوزنی‌برگ مرکز پرتقال استفاده کردند. نتایج نشان داد

خرده‌چوب با بذر و کود (WM+S)، خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و پلی‌اکریل‌آمید و کود (WM+S+P)، خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و ملاس نیشکر و کود (WM+S+M)، خاک‌پوش لاشه‌کاه با ۷۵ درصد پوشش با پلی‌اکریل‌آمید و بذر و کود (SM+S+P) و خاک‌پوش لاشه‌کاه با ۷۵ درصد پوشش با ملاس نیشکر و بذر و کود (SM+S+M) به-ثبت رسید. (Gholami et al. (2014 اثر خاک‌پوش‌کاه و کلش (۰/۵ گرم بر مترمربع) بر زمان شروع رواناب، فرسایش پاشمانی، مقدار رواناب و تولید رسوب در شدت‌های بارندگی ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که این خاک‌پوش تغییرات معنی‌داری در سطح یک در-صد بر خصوصیات رواناب و فرسایش خاک ایجاد می‌کند و حداکثر کاهش تولید رسوب در سطح ۶۳/۲۴ درصد در شدت بارندگی ۹۰ میلی‌متر بر ساعت بوده است. حداکثر افزایش زمان شروع رواناب در شدت بارش ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و حداکثر کاهش ضریب رواناب در شدت‌های ۳۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت بوده است.

(Fernández and Vega (2014 در پژوهشی در کشور اسپانیا دریافتند که عملکرد خاک‌پوش‌کاه در کاهش نرخ فرسایش خاک بهتر از خاک‌پوش خرده‌چوب بود. خاک‌پوش‌کاه و خرده‌چوب به ترتیب سبب کاهش ۹۰ درصدی و ۸۷ درصدی فرسایش خاک شدند. (Hayes et al. (2005 دریافتند که استفاده از غلظت‌دهنده در ترکیب با بذر و خاک‌پوش می‌تواند به‌طور معنی‌داری گل‌آلودگی رسوب و هدررفت خاک را کاهش دهد. (Lin et al. (2018 از خاک‌پوش‌کاه با درصدهای پوشش ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۵ برای مقابله با فرسایش خاک تحت شبیه‌سازی باران استفاده کردند. نتایج نشان داد که در مقایسه با خاک لخت، افزایش

عملکرد ترکیبی این مواد بهتر از استفاده انفرادی از آن‌هاست.

بار و غلظت رسوب در خاک لخت (BS) و تیماهای پلی‌اکریل‌آمید (P) و ملاس نیشکر (M) به-طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیماها بود. خاک‌پوش‌های خرده‌چوب و کاه به‌طور مؤثری توانستند غلظت رسوب را کاهش دهند، به‌طوری که کمترین میانگین غلظت رسوب برای خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و کود (WM+S)، خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و پلی‌اکریل‌آمید و کود (WM+S+P)، خاک‌پوش خرده‌چوب با بذر و ملاس نیشکر و کود (WM+S+M)، خاک‌پوش لاشه‌کاه با ۷۵ درصد پوشش با پلی‌اکریل‌آمید و بذر و کود (SM+S+P) و خاک‌پوش لاشه‌کاه با ۷۵ درصد پوشش با ملاس نیشکر و بذر و کود (SM+S+M) به‌ثبت رسید. (Prosdociami et al. (2016 نشان دادند که خاک‌پوش‌کاه گندم با مقدار ۷۵ گرم در مترمربع و هزینه ۱۵۵ یورو در هکتار سبب کاهش معنی‌دار نرخ رواناب (از ۵۲/۵۹ درصد به ۳۹/۲۷ درصد)، غلظت رسوب (از ۹/۸ گرم در لیتر به سه گرم در لیتر) و هدررفت خاک (از ۲/۸۱ مگاگرم در هکتار به ۰/۶۳ مگاگرم در هکتار) شد. (Grabau et al. (2011 از خاک‌پوش گیاهی، اسیدهومیک و بذر برای کنترل فرسایش خاک استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقدار رواناب و رسوب تا حدود ۹۰ درصد کاهش یافت. (Kavian et al. (2014 با استفاده از شبیه‌ساز باران تأثیر پلی‌اکریل‌آمید را بر مقدار فرسایش پاشمانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که این نوع خاک‌پوش تأثیر زیادی در کاهش فرسایش پاشمانی دارد.

خاک‌پوش‌های خرده‌چوب و کاه به‌طور مؤثری توانستند هدررفت خاک را کاهش دهند، به‌طوری که کمترین میانگین هدررفت خاک برای خاک‌پوش

نوع و ترکیب خاک پوش مهم ترین عامل کنترل-کننده نرخ رواناب و هدررفت خاک دامنه ها و شیب-های مستعد فرسایش است. براساس یافته های پژوهش حاضر پلی اکریل آمید، ملاس و بذر فستوکا به عنوان مکمل خاک پوش ها توانستند عملکرد آن ها را به طور قابل ملاحظه ای افزایش دهند. در حقیقت هرچه چسبندگی ذرات خاک بیشتر باشد در برابر فرسایش آبی مقاوم تر است. این مواد با افزایش پایداری خاکدانه ها و اتصال خاکدانه های خاک سطحی و ذرات منفرد به یکدیگر و بزرگ شدن آن ها سبب افزایش مقاومت در برابر فرسایش می شود. پلی اکریل آمید با ایجاد هیدروژل های مصنوعی قادر به تأمین آب مورد نیاز بذر تا زمان جوانه زنی بوده و پوشش چمن مستقر شده نیز به نوبه خود سبب تثبیت دامنه ها و سطوح شیب دار می شود. پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی اثر غلظت های مختلف هیدروژل ها مانند پلی اکریل آمید و دیگر سوپر جاذب ها در به حداقل رساندن نیاز آبی چمن بررسی شود.

References

- Adams, J.W., Environmental effects of applying lignosulfonate to roads. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. Report number: 11, 1988, 170 p.
- ALDOT, QMSD. Available from <http://www.dot.state.al.us/mtweb/Testing/QMSD.html>. Accessed 3th March 2014.
- ASWCC, Available form http://swcc.alabama.gov/pages/erosion_handbook.aspx. Accessed 15th June 2009.
- Gholami, L.; Banasik, K.; Sadeghi, S. H.; Khaledi Darvishan, A.; Hejduk, L., Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions, *Journal of Water and Land Development* **2014**, 22 (1), 51-60 (In Persian).
- Kaviani, A.; Hayavi, F.; Boroghani, M., Polyacrylamide effects on splash erosion rate in different soils using rainfall simulator, *Journal. of Range and Watershed*

پوشش خاک توسط کاه سبب کاهش نرخ هدررفت خاک از ۱۳ درصد تا ۹۰ درصد شد. علاوه بر این پیک غلظت رسوب از ۲۰۰ گرم در لیتر به ۸۰ گرم در لیتر کاهش یافت. در این پژوهش مقدار بهینه کاه ۱/۵ تا ۳ تن در هکتار گزارش شد. (Kukul and Sarkar 2010) به بررسی تأثیر مالچ کاه به مقدار ۶ تن در هکتار و محلول پلی ونیل الکل ۰/۱ و ۰/۵ درصد بر فرسایش پاشمانی و نرخ نفوذپذیری دو نوع خاک تحت شبیه سازی باران در جنگل های نیمه خشک تروپیکال پرداختند. نتایج نشان داد که متوسط هدر-رفت خاک در تیمارهای مالچ کاه با پلی ونیل الکل ۰/۱ و ۰/۵ درصد به ترتیب ۵۶ درصد و ۸۴ درصد کاهش یافت. از میان تیمارهایی که کمترین مقدار هدررفت خاک را داشتند، تیمار خرده چوب با بذر و کود (WM+S) دارای کمترین هزینه بود، به طوری که تثبیت هر ۱۰۰ متر مربع ترانشه ۲۸۰۰۰۰۰ ریال هزینه دربرداشت.

- *Management* **2014**, 67 (2), 203-216 (In Persian).
- Lotfalian, M.; Savadkoobi, A.; Parsakhoo A.; Karamirad, S., Effects of CBR+ nano materials on mechanical resistance and chemical characteristics of forest roads runoff, *Journal of Forest Research and Development* **2018**, 4 (3), 289-301 (In Persian).
- MDEQ, Available from http://opcgis.deq.state.ms.us/Erosion_StormwaterManual. Accessed 5th March 2007.
- Monafi, M. R.; Monafi P.; Daqah, H., Synthesis and investigation of rheological properties of poly (acrylamide-co-acrylic acid) used as soil stabilizer, *Journal of Applied Research in Chemistry* **2016**, 10 (4), 19-30 (In Persian).
- Najafian Seraji, L., Effect of rangeland vegetation on soil erosion using rain simulator. MS Thesis, University of Mazandaran, Faculty of Natural Resources, Sari, 2010, 88 p. (in Persian).

- Sharifi, F.; Solaimani, F.; Hosseini, S. A., Development and Evaluation of New Soil Stabilization Technologies to Reduce Runoff and Erosion and Stabilize Drainage Canal Sidewall and Steep Lands in Khuzestan, *Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Science)* **2018**, 32 (3), 343-360 (In Persian).
- Vahabi, J.; Mehdian, M. H., Investigation of the Effect of Vegetation Density and Soil Moisture on Runoff Production Using Rain Simulation. Proceedings of the 6th National Conference on Watershed Management Science and Engineering and 4th National Conference on Erosion and Sedimentation, Noor, Mazandaran, Iran. 2010, p. 1439-1445 (In Persian).
- Bjorneberg, D.; Aase, J.; Westermann, D., Controlling sprinkler irrigation runoff, erosion, and phosphorus loss with straw and polyacrylamide. *Transactions of the ASAE* **2000**, 43 (6), 1545.
- Fernández, C.; Vega, J. A., Efficacy of bark strands and straw mulching after wildfire in NW Spain: Effects on erosion control and vegetation recovery. *Ecological Engineering* **2014**, 63, 50-57.
- Gotosa, J.; Nyamadzawo, G.; Mtetwa, T.; Kanda, A.; Dudu, V., Comparative road dust suppression capacity of molasses stillage and water on gravel road in Zimbabwe. *Advances in Research* **2015**, 198-208.
- Grabau, M. R.; Milczarek, M. A.; Karpiscak, M. M.; Raulston, B. E.; Garnett, G. N.; Bunting, D. P., Direct seeding for riparian tree re-vegetation: Small-scale field study of seeding methods and irrigation techniques. *Ecological Engineering* **2011**, 37 (6), 864-872.
- Hayes, S. A.; McLaughlin, R.; Osmond, D., Polyacrylamide use for erosion and turbidity control on construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation* **2005**, 60 (4), 193-199.
- Kukul, S. S.; Sarkar, M., Splash erosion and infiltration in relation to mulching and polyvinyl alcohol application in semi-arid tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science* **2010**, 56 (6), 697-705.
- Lin, J.; Zhu, G.; Wei, J.; Jiang, F.; Wang, M.-k.; Huang, Y., Mulching effects on erosion from steep slopes and sediment particle size distributions of gully colluvial deposits. *Catena* **2018**, 160, 57-67.
- Prats, S. A.; Malvar, M. C.; Vieira, D. C. S.; MacDonald, L.; Keizer, J. J., Effectiveness of hydromulching to reduce runoff and erosion in a recently burnt pine plantation in central Portugal. *Land degradation & development* **2016**, 27 (5), 1319-1333.
- Prosdocimi, M.; Jordán, A.; Tarolli, P.; Keesstra, S.; Novara, A.; Cerdà, A., The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of the Total Environment* **2016**, 547, 323-330.
- Sheldon, J.; Bradshaw, A., The development of a hydraulic seeding technique for unstable sand slopes. I. Effects of fertilizers, mulches and stabilizers. *Journal of Applied Ecology* **1977**, 905-918.
- Shoemaker, A., Evaluation of anionic polyacrylamide as an erosion control measure using intermediate-scale experimental procedures, MSc Thesis, Auburn University, **2009**, USA, 220p.

Effect of hydro-mulches on runoff and soil loss rate from steep slopes

A. Parsakhoo¹, A. Rezaei Motlagh^{*2} and B. Matin Nia³

1- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (aidinparsakhoo@yahoo.com)

2- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (aiubrezaee@yahoo.com)

3- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (benjaminmati1372@gmail.com)

Received: 26.03.2020 Accepted: 13.06.2020

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of hydro-mulches on runoff and soil loss from steep slopes. So, 13 treatments consist of polyacrylamide, sugar cane molasses, wood mulch, Festuca, straw mulch and bare soil (control) were established in wooden plots with dimensions of 0.6 m in width, 1.2 m in length and 0.1 m in depth with slope gradient of 1:3. 60 days after the implementation of the treatments, rainfall simulation with intensity of 50 mm hr⁻¹ and duration of 15 minute was done on each plot and then runoff volume was collected every 5 minutes. Runoff rate was in % and sediment concentration were in g l⁻¹, beside soil loss rate was calculated in g m⁻². Investigation of the runoff behavior in 15 minutes showed that the peak of Runoff was occurred during first 5 minutes. In addition, results indicated that, runoff rates decreased 77.4% and 73.7% in wood mulch and seed (WM+S) and wood mulch, seed and polyacrylamide (WM+S+P) treatments, respectively. Minimum amount of soil loss with reduction of 89.82%, 87.46% and 83.90% was observed for treatments of WM+S+P, wood mulch, seed and molasses (WM+S+M) and straw mulch, seed and polyacrylamide (SM+S+P). In rainfall intensity of 80 mm h⁻¹, minimum runoff and soil loss was recorded for treatments of WM+S+P, WM+S+M and SM+S+P. It was concluded that polyacrylamide, molasses and Festuca seed as supplementary of mulch increased the efficiency of treatment.

Keywords: Polyacrylamide, Rainfall simulation, Runoff, Sediment concentration, Sugar cane molasses.

* Corresponding author

Tel: +989399208987

پهنه‌بندی حساسیت رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان به مخاطرات محیطی بر اساس درصد تاج‌پوشش

داوود مافی غلامی*^۱ و ابوالفضل جعفری^۲

۱- استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. (d.mafigholami@sku.ac.ir)
۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (jaafari@rifr-ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۳

چکیده

در پژوهش پیش‌رو درجه حساسیت رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان بر مبنای بررسی درصد تاج‌پوشش (به‌عنوان شاخصی از مشخصه‌های ساختاری جنگل) طبقه‌بندی شد. بدین منظور با آماربرداری میدانی و ثبت قطر تاج مانگروها در قطعه‌های نمونه، درصد تاج‌پوشش در هر یک از قطعه‌های نمونه محاسبه شد. سپس، با تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه NDVI رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک، بین درصد تاج‌پوشش در قطعه‌های نمونه و NDVI متناظر هر قطعه در سطح رویشگاه‌ها رابطه رگرسیونی برقرار شد و با اجرای رابطه رگرسیونی روی نقشه NDVI هر رویشگاه، نقشه تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه‌ها تهیه شد. در آخر، با استفاده از نقشه درصد تاج‌پوشش مانگروها و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه درجه حساسیت رویشگاه‌ها در سه طبقه تاج‌پوشش کم، متوسط و زیاد تهیه شد. نتایج نشان داد که میانگین درصد تاج‌پوشش در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب ۶۲، ۴۳ و ۷۱ درصد است و بر این اساس، رویشگاه‌های جاسک و تیاب به ترتیب کمترین و بیشترین درجه حساسیت را نسبت به وقوع تنش‌ها و آشفستگی‌های محیطی دارند. ویژگی‌های ژئومورفولوژیک محلی، مقدار رسوب‌گذاری، تأسیسات و سازه‌های ساحلی، شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه، آلاینده‌های زیست‌محیطی و بالا آمدن سطح آب دریا با تأثیر بر ساختار و رویش مانگروها می‌توانند از عوامل تفاوت در درجه حساسیت بین رویشگاه‌های مورد بررسی باشد. این پژوهش با تولید اطلاعات دقیق از درجه حساسیت رویشگاه‌های مانگرو هرمزگان توانسته است پیش‌نیازهای اولیه برای اجرای برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم و اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی و احیاء رویشگاه‌های مانگرو را فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، مدل‌سازی، NDVI.

مقدمه

بر خدمات و محصولات متعدد جنگل‌های مانگرو هستند (Kristensen et al., 2008).

باتوجه به اینکه اکوسیستم‌های مانگرو همواره در معرض تهدیدهای ناشی از وقوع مخاطرات طبیعی و انسانی قرار دارند، انجام برنامه‌ریزی و فراهم آوردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرهای این تهدیدها ضروری است (Allen et al., 2001). دستیابی به این هدف و کمک به اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی و فراهم آوردن زیرساخت‌های مطلوب برای کاهش تهدیدها، در گرو آگاهی و کسب اطلاعات کافی و دقیق از آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها نسبت به مخاطرات گوناگون است (Allen et al., 2001، Alongi, 2008). آسیب‌پذیری هر سیستمی تابعی از سه جنبه در معرض قرارگرفتن، حساسیت و توان سازشی است (Gallopın, 2006). در بین این سه بعد آسیب‌پذیری، حساسیت به‌عنوان درجه‌ای که یک سیستم توسط آشفتگی درونی یا بیرونی و یا مجموعه‌ای از آشفتگی‌ها تحت تأثیر و یا تغییر قرار می‌گیرد، تعریف شده است (Gallopın, 2006). آنچه که تعیین‌کننده مقدار حساسیت سیستم است، ویژگی‌ها و درجه توسعه ساختاری سیستم مورد نظر است. به‌نحوی که سیستم‌های دارای درجه توسعه ساختاری بیشتر، درجه حساسیت و آسیب‌پذیری کمتری نسبت به وقوع تنش‌ها و آشفتگی‌های محیطی گوناگون دارند (Gallopın, 2006). بر این اساس، در سیستم‌های طبیعی مانند اکوسیستم‌های گیاهی نیز تعیین درجه حساسیت از طریق درجه‌بندی توسعه ساختاری به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای اصلی برای ارزیابی آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها می‌تواند کمک شایانی به توسعه برنامه‌های حفاظت و حمایت و تصمیم‌گیری و ارائه راهکارهای مدیریتی موثر برای کاهش اثرهای نامطلوب ناشی از تنش‌های گوناگون وارد بر این

امروزه جنگل‌های مانگرو حدود ۱۴۶۵۰۰۰۰ هکتار از مناطق سواحل دنیا را می‌پوشانند (FAO, 2003) که ارزش خدمات اکولوژیک هر هکتار از آن‌ها ۲۰۰ تا ۹۰۰ هزار دلار برآورد شده است (UNEP-WCMC, 2006). جدای از ارزش اکولوژیک این اکوسیستم‌ها، مانگروها زیستگاه‌های مهمی هستند که با عرضه تولیدهای متنوع مانند غذا، چوب، سوخت و دارو، نقش مهمی در حفظ پایداری و معیشت جوامع انسانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارند (Alongi, 2008). مانگروها به‌عنوان بستر ارزشمندی برای زندگی پرندگان، پستانداران، ماهی‌ها، خرچنگ‌ها، حلزون‌ها و خزندگان و محلی برای تجمع رسوبات و مواد غذایی و جذب و تثبیت آلاینده‌ها هستند (Manson et al., 2005). با وجود اهمیت زیاد این خدمات اکوسیستمی در تأمین نیازهای انسانی، تخریب و از بین رفتن این رویشگاه‌های منحصر به فرد ساحلی در طول سه دهه گذشته در سراسر دنیا شدت یافته است، چنان‌که تاکنون بیش از ۵۰ درصد از جنگل‌های مانگرو جهان دچار تخریب و افت کیفیت شده‌اند و این روند همچنان ادامه دارد (Giri, 2016). نتیجه مستقیم این تخریب، کاهش وسعت و سلامتی مانگروها و افزایش صدمات ناشی از وقوع فرسایش، سیل، امواج طوفانی و سونامی بر جوامع و تأسیسات انسانی در سواحل جهان است (Kathiresan and Rajendran, 2005). از بین رفتن مانگروها همچنین سبب آزادسازی مقدار عظیمی از کربن ذخیره‌شده در این اکوسیستم‌ها و به‌دنبال آن تشدید گرمایش جهانی، کاهش کیفیت آب‌های ساحلی، کاهش تنوع زیستی، تخریب زیستگاه‌های ساحلی و نابودی بخش عمده‌ای از منابع مورد نیاز جوامع انسانی خواهد شد که متکی

رویشگاه و تجزیه و تحلیل رابطه مقایر قطر و ارتفاع ثبت‌شده با تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که به دلیل فعالیت‌های انسانی، مانگروهای مجاور مناطق شهری و روستایی دارای ویژگی‌های ساختاری متفاوتی در سطح رویشگاه‌های گوناگون دارند.

همانند بسیاری از مانگروهای جهان، جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان نیز در معرض تخریب ناشی از مخاطرات طبیعی و انسانی مختلفی مانند برداشت بیش از حد سرشاخه‌ها، توسعه مراکز صنعتی در محیط ساحلی و ورود فاضلاب شهری و صنعتی، ورود گونه‌های غیربومی (موش سیاه)، فعالیت‌های صیادی، و آلودگی‌های نفتی هستند. در کنار این عوامل تخریب‌کننده، وجود برخی تنش‌های محیطی مانند خشکسالی‌های پی‌درپی، کاهش تخلیه آب و رسوبات مغذی، گرمای زیاد تابستان و کمبود بارش سالانه و حتی نفوذ طوفان‌های گرمسیری (مانند گونو) مانگروهای ایران را به اکوسیستمی حساس و به شدت نیازمند حفاظت تبدیل کرده است (Safiari, 2018; Mafi-Gholami et al., 2015). از این‌رو، انجام فعالیت‌های حفاظتی و توسعه راهبردهای مدیریتی کارآمد که حافظ فرآیندهای اکولوژیک ضروری، تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی این جنگل‌ها باشد، ضرورتی انکارناپذیر خواهد بود. در این میان، بررسی حساسیت مانگروها به‌عنوان یکی از ارکان ارزیابی آسیب‌پذیری این جنگل‌ها، از طریق آسان کردن تفسیر و توصیف اطلاعات موجود در مورد مقدار حساسیت این اکوسیستم‌ها نسبت به وقوع انواع تنش‌ها و آشفتگی‌ها نقش مهمی در اولویت‌بندی اقدامات و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای مدیریت پایدار آن‌ها دارد. بنابراین، هدف پژوهش پیش‌رو طبقه‌بندی درجه حساسیت مانگروهای استان هرمزگان از طریق نقشه‌سازی تغییرات درصد تاج‌پوشش این رویشگاه‌ها

اکوسیستم‌ها باشد (Ellison, 2015). بر این اساس، پژوهش‌های مختلف سعی در بررسی ویژگی‌های ساختاری رویشگاه‌های جنگلی کرده‌اند. در پژوهش Pellegrini et al. (2009) ویژگی‌های ساختاری مانگروهای سواحل جنوب شرقی برزیل بر اساس تغییرات قطر تنه و ارتفاع درخت بررسی شد و نتایج نشان داد که بخش‌های مختلف این رویشگاه (ساحلی و خورها) بر اساس میانگین قطر و ارتفاع درختان ثبت‌شده در قطعه‌های نمونه (وضعیت ساختاری متفاوت) دارای درجه حساسیت متفاوتی نسبت به عوامل محیطی دارند. (Cavalcanti et al. 2009) مقدار حساسیت مانگروهای حفاظت‌شده خلیج Guanabara در جنوب شرق برزیل را بر اساس درجه تراکم رویشگاه‌ها بررسی کردند و نتایج نشان داد که مانگروهای مورد بررسی بر اساس ویژگی‌های ساختاری متفاوت دارای درجه حساسیت کمتری نسبت به مانگروهای موجود در رویشگاه‌های غیر حفاظتی هستند و درجه آسیب‌پذیری تحت تأثیر مداخلات و بهره‌برداری انسانی از رویشگاه‌ها بود. (Nicolau et al. 2017) با ثبت قطر برابر سینه و ارتفاع مانگروهای پارک ملی Quirimbas در قطعه‌های نمونه زمینی و تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه تغییرات مکانی این مشخصه‌های ساختاری را در سطح رویشگاه تهیه کردند و نتایج نشان داد که بر اساس موقعیت مانگروها (حاشیه‌های روبه دریا، روبه خشکی و خورها) و مقدار دخالت انسانی، بخش‌های مختلف رویشگاه دارای ویژگی‌های ساختاری متفاوت و نیز درجه حساسیت متفاوتی نسبت به عوامل اثرگذار محیطی دارند. (Macamo et al. 2018) پویایی ویژگی‌های ساختاری در بخش‌های مختلف رویشگاه‌های مانگرو کشور موزامبیک را بررسی کردند. آماربرداری زمینی و ثبت قطر و ارتفاع مانگروها در

(به‌عنوان شاخصی از ویژگی‌های ساختاری جنگل) است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

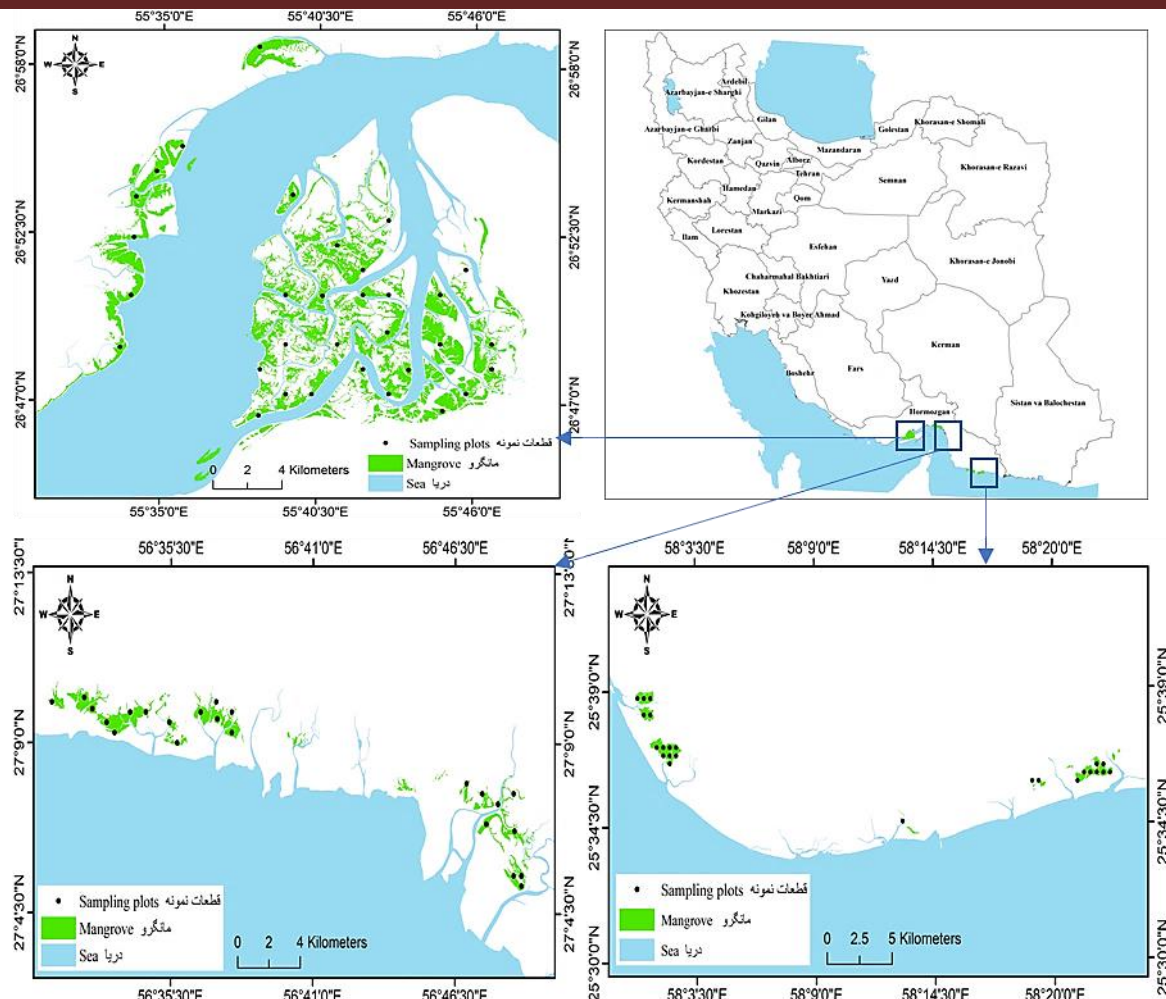
جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان در محدوده ۲۵ درجه و ۳۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه عرض شمالی در گابریک (شهرستان جاسک) تا ۲۷ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۴ ثانیه در کولغان شهرستان بندرعباس و ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه و ۶ ثانیه طول شرقی در شهرستان بندرلنگه تا ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه و ۷ ثانیه در هیمن شهرستان جاسک و در هفت شهرستان جاسک، سیریک، میناب، بندرعباس، خمیر، قشم و بندرلنگه در رویشگاه‌های مختلف گسترش دارند (شکل ۱). این جنگل‌ها با وسعتی برابر با ۱۰۰۲۵/۵۵ هکتار بیشترین وسعت این اجتماعات را در کشور (بیش از ۹۰ درصد جنگل‌های مانگرو ایران) و نیز در کل حوزه خلیج فارس و آب‌های منطقه راپمی (ROPME) (سازمان منطقه‌ای حفاظت از محیط زیست خلیج فارس و دریای عمان) دارند و متشکل از دو گونه حرا (*Avicenna marina*) و چنل (*Rhizophora macronata*) هستند (Daneshkar et al., 2013). در گستره یادشده، به‌جز رویشگاه سیریک، توده‌های طبیعی به‌طور کامل از اجتماعات خالص، نامنظم و ناهمسال درختان حرا پوشیده شده است. در رویشگاه سیریک درختان چنل به‌صورت آمیخته با درختان حرا حضور دارد. در این رویشگاه‌ها، گونه مانگرو با جوامع گیاهی هالوفیت یا شورپسند متعلق به تیره *Chenopodiaceae* همراه است که در برخی از رویشگاه‌ها مانند زون رویشگاهی قشم، گونه‌های شورپسند وسعت بیشتری دارند (Daneshkar et al., 2013). منطقه دربرگیرنده مانگروهای استان هرمزگان دارای آب و هوای گرم و

مرطوب است و میانگین بلندمدت بارش سالانه در ایستگاه‌های باران سنجی منطقه ۱۴۶ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه آن ۲۷/۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است (Mafi-Gholami et al., 2020). به‌طور کلی، جنگل‌های مانگرو ایران در محدوده سواحل استان هرمزگان بر اساس موقعیت جغرافیایی، ساختار رویشگاهی و وضعیت ژئومورفولوژیکی سواحل در چهار حوزه رویشگاهی خمیر، تیاب، سیریک و جاسک تقسیم‌بندی می‌شوند. در این پژوهش، تعیین ویژگی ساختاری (با استفاده از درصد تاج پوشش) و حساسیت مانگروهای استان هرمزگان در سه رویشگاه خمیر، تیاب و جاسک با وسعتی در حدود ۸۵۰۰ هکتار انجام شد.

نقشه‌سازی درجه حساسیت مانگروها

آماربرداری زمینی و محاسبه درصد تاج‌پوشش در قطعه‌های نمونه

به‌طور کلی آنچه‌که در تعیین حساسیت اکوسیستم‌های مانگرو اندازه‌گیری می‌شود شامل مشخصه‌های توده جنگلی (ارتفاع درخت، قطر تنه، تراکم و درصد تاج‌پوشش) است که با افزایش مقدار متوسط این مشخصه‌ها (تغییرات ویژگی‌های ساختاری) از درجه حساسیت آن‌ها نسبت به تنش‌ها و آشفتگی‌های محیطی گوناگون کاسته می‌شود (Pellegrini et al., 2009). در این پژوهش، برای نقشه‌سازی مقدار حساسیت مانگروهای مورد بررسی از تغییرات درصد تاج‌پوشش رویشگاه‌ها استفاده شد، چرا که تاج‌پوشش به‌عنوان یکی از شاخص‌های اکولوژیکی، منعکس‌کننده تبادل انرژی، آب و دی‌اکسیدکربن بین رویشگاه‌های جنگلی و محیط پیرامون است و یکی از پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی سلامت و ویژگی‌های ساختاری اکوسیستم‌های مانگرو است (Mafi-Gholami et al., 2019; Korhonen et al., 2011).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مانگروهای مورد بررسی و پراکنش قطعه‌های نمونه در آن‌ها

Figure 1. Geographical location of the studied mangroves and distribution of sampling plots

بدین منظور در اولین مرحله اقدام به آماربرداری زمینی و ثبت قطر تاج مانگروها در رویشگاه‌های مورد بررسی شد. به‌طورکلی، انتخاب روش نمونه‌برداری بر پایه ویژگی‌های رویشی گونه‌ها، زمان، هزینه و در نهایت بر اساس هدف و ویژگی‌های موضوع مورد بررسی انجام می‌شود (Goldsmith and Harrison, 1976). در این پژوهش سعی شد تا قطعه‌های نمونه ضمن پراکنش در تمام سطح رویشگاه‌ها، دارای ابعادی متناسب با اندازه تفکیک تصویر ماهواره‌ای باشند (بر اساس قدرت تفکیک مکانی و خطای هندسی احتمالی باقی‌مانده در تصویر) تا بدین ترتیب تصویر دقیقی از تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها فراهم شود (Mafi-Gholami et al., 2020). بدین منظور، بر اساس پژوهش Mafi-Gholami et al. (2019, 2020) با توجه به در نظر گرفتن گستره و موقعیت ساختارهای Tall (مانگروهای دارای قطر ارتفاع زیاد و تاج‌پوشش گسترده) و Dwarf (مانگروهای دارای قطر، ارتفاع و تاج‌پوشش کوچک‌تر) در بخش‌های روبه دریا و روبه خشکی رویشگاه‌ها، ۳۲ قطعه‌نمونه مربعی‌شکل در رویشگاه خمیر، ۲۲ قطعه نمونه در رویشگاه تیاب و ۲۰ قطعه نمونه در رویشگاه جاسک به روش سیستماتیک-تصادفی با ابعاد شبکه ۱۵۰۰×۱۵۰۰ متر و با ابعاد قطعه نمونه ۴۵×۴۵ متر (۲۰۲۵ متر مربع) (بزرگ‌تر از اندازه تفکیک زمینی ۳۰×۳۰ متر تصویر

بدین منظور در اولین مرحله اقدام به آماربرداری زمینی و ثبت قطر تاج مانگروها در رویشگاه‌های مورد بررسی شد. به‌طورکلی، انتخاب روش نمونه‌برداری بر پایه ویژگی‌های رویشی گونه‌ها، زمان، هزینه و در نهایت بر اساس هدف و ویژگی‌های موضوع مورد بررسی انجام می‌شود (Goldsmith and Harrison, 1976). در این پژوهش سعی شد تا قطعه‌های نمونه ضمن پراکنش در تمام سطح رویشگاه‌ها، دارای ابعادی متناسب با اندازه تفکیک تصویر ماهواره‌ای باشند (بر اساس قدرت تفکیک مکانی و خطای هندسی احتمالی باقی‌مانده در تصویر) تا بدین ترتیب تصویر دقیقی از تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها فراهم شود

بررسی شوند. برای بررسی وضعیت هندسی داده‌ها از لایه راه‌های مربوط به نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شد. روی هم‌گذاری لایه راه‌ها و تصویر ماهواره‌ای بیانگر تطابق هندسی بسیار خوب داده‌های ماهواره‌ای با نقشه جاده منطقه بود. از این رو برای تصاویر تصحیح هندسی انجام نشد. همچنین، از آنجایی که این پژوهش چندزمانه‌ای و چندسنجنده‌ای نبود، تصحیحات اتمسفری نیز انجام نشد. برای نقشه‌سازی دقیق‌تر محدوده مانگروها تصاویر اخذشده فاقد پوشش ابری بودند و آب دریا نیز در حالت جزر قرار داشت تا امکان تفکیک دقیق‌تر مانگروهای حاشیه‌ای از اراضی اطراف فراهم شود (Giri, 2016). در پژوهش‌های مربوط به پوشش گیاهی، نسبت‌گیری-های مختلفی از باندهای تصاویر ماهواره‌ای متداول است (Giri, 2016). در این پژوهش، برای بارزسازی تصاویر و جداسازی پوشش گیاهی مانگروها از نواحی آبی و خشکی‌های پیرامون و تهیه نقشه تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک، از شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال‌شده (NDVI) که یکی از بهترین و پرکاربردترین شاخص‌ها برای تفکیک مانگروها از مناطق دیگر و پایش تغییرات ساختاری و توان تولیدی این اکوسیستم‌ها است، استفاده شد (Armitage et al., 2015; Bihamta et al., 2019).

توسعه رابطه رگرسیونی بین درصد تاج‌پوشش و NDVI مستخرج از تصویر ماهواره‌ای

پس از تهیه نقشه NDVI رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک برای سال ۲۰۱۹، بین میانگین درصد تاج‌پوشش مانگروها در قطعه‌های نمونه و NDVI مربوط به تعداد نه پیکسل متناظر با هر قطعه نمونه رابطه رگرسیونی برقرار شد (Mafi-Gholami et al., 2019). در واقع به دلیل وجود خطای ناشی از ثبت

ماهواره لندست) برای ثبت اندازه قطر تاج با استفاده از GPS پیاده شدند. پراکنش قطعه‌های نمونه در سطح رویشگاه‌ها با استفاده از آخرین نقشه‌های تهیه‌شده از گستره رویشگاه‌های مانگرو سواحل جنوب ایران در پژوهش (Mafi-Gholami et al., 2020) بود. در سطح هر یک از قطعه‌های نمونه، اندازه دو قطر عمود برهم تاج با استفاده از متر نواری با دقت سانتی‌متر اندازه-گیری شد و بر اساس متوسط قطر تاج درختان، درصد تاج‌پوشش در قطعه‌های نمونه با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد (رابطه ۱).

$$cc_i = \frac{\pi}{4} (CD_{1i} \times CD_{2i}) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه: cc_i : سطح تاج درخت به متر مربع؛ CD_{1i} و CD_{2i} قطر بزرگ و کوچک درخت i به متر است.

$$cc\% = \frac{\sum_{i=1}^n cc_i}{A} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

که در این رابطه: $cc\%$: درصد تاج‌پوشش در قطعه نمونه؛ cc_i : سطح تاج درخت به متر مربع و A : مساحت قطعه نمونه به متر مربع است (Asgari et al., 2013).

پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه NDVI مانگروها در رویشگاه‌های مورد بررسی

در این پژوهش، برای نقشه‌سازی تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها در رویشگاه‌های مورد بررسی از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به ماه جولای سال ۲۰۱۹ استفاده شد. تصاویر هم‌زمان با تاریخ انجام آماربرداری در سطح رویشگاه‌های مانگرو مورد بررسی بودند. اگرچه داده‌های ماهواره‌ای پیش از ارائه به کاربران در سطوح مختلفی از نظر هندسی و رادیومتری تصحیح می‌شوند، اما امکان باقی‌ماندن بعضی از خطاهای اولیه و یا ایجاد خطاهایی جدید و ناشی از فرآیند تصحیحات اولیه وجود دارد. بنابراین ضروری است که پیش از هرگونه تجزیه و تحلیل

2020). اعتبارسنجی مدل‌ها با استفاده از ضریب تبیین، خطا، اریبی و p مربوط به نمودار پراکنش داده‌های مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده درصد تاج‌پوشش انجام شد (Mafi-Gholami et al., 2020).

اعمال مدل رگرسیونی بر نقشه NDVI رویشگاه‌ها و تهیه نقشه تغییرات درصد تاج‌پوشش

در نهایت، رابطه رگرسیونی توسعه‌یافته بین تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها در قطعه‌های نمونه و NDVI، بر نقشه NDVI رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک اجرا شد و بدین ترتیب نقشه تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها در سطح رویشگاه‌ها برای سال ۲۰۱۹ تهیه شد.

طبقه‌بندی درجه حساسیت رویشگاه‌ها

در این مرحله، از نقشه‌های تغییرات درصد تاج‌پوشش تهیه‌شده برای هر یک از رویشگاه‌ها برای طبقه‌بندی و مقایسه درجه حساسیت آن‌ها استفاده شد. بدین منظور رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک بر اساس مقدار میانگین نقشه‌های تغییرات درصد تاج‌پوشش تهیه‌شده، در سه طبقه با درجه حساسیت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شدند.

نتایج

نتایج محاسبه درصد تاج‌پوشش در قطعه‌های نمونه در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب قطر تاج ۴۰۳۲، ۳۰۶۹ و ۳۴۶۹ اصله درخت حرا اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قطر تاج درختان در قطعه‌های نمونه نشان داد که مقدار متوسط این متغیر رویشی در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب برابر با ۲۱۰/۳، ۱۷۸/۵ و ۳۱۵/۲ سانتی‌متر است که کمینه و بیشینه این متغیر رویشی در رویشگاه خمیر به ترتیب ۵۰۰ و ۱۱۵ سانتی‌متر، در رویشگاه تیاب به ترتیب ۴۲۵ و ۹۵ سانتی‌متر و در رویشگاه جاسک به ترتیب ۶۵۰ و

مختصات مرکز قطعات نمونه بر روی زمین و نیز خطای باقی‌مانده ناشی از تصحیح هندسی تصاویر مورد استفاده، میانگین NDVI مربوط به نه پیکسل تصویر ماهواره‌ای به‌عنوان مقدار NDVI متناظر با هر قطعه نمونه بر روی زمین در نظر گرفته شد (Heiskanen, 2006). از آنجایی‌که هدف این پژوهش، نقشه‌سازی تغییرات درصد تاج‌پوشش مانگروها در رویشگاه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بود، در اولین قدم مناسب‌ترین مدل برای برآورد این مشخصه‌های رویشی از تصویر ماهواره‌ای تهیه شد. از نظر منطقی درصد تاج‌پوشش در قطعه نمونه متغیر مستقل است که NDVI وابسته به مقدار آن هستند. باتوجه‌به این منطقی روابط رگرسیونی بین آن‌ها ایجاد شدند که با معکوس کردن این رابطه می‌توان مقدار مشخصه رویشی (متغیر وابسته) را از NDVI متناظر به‌دست آورد. در این پژوهش از قطعه‌های نمونه برداشت‌شده در رویشگاه‌ها، حدود ۷۰ درصد (در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب ۲۲، ۱۵ و ۱۴ قطعه نمونه) برای مدل‌سازی استفاده شد (Mafi-Gholami et al., 2020). بدین ترتیب، با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات (LSR)، بین NDVI و متوسط درصد تاج‌پوشش مانگروها، مدل‌های مختلف خطی (Linear)، لگاریتمی (Logaritmnic)، درجه دوم (Quadratic)، درجه سوم (Cubic)، توانی (Power) و نمایی (Exponential) توسعه داده شدند و بهترین مدل بر مبنای بیشترین مقدار ضریب تعیین اصلاح شده (R^2_{adj}) و کمترین مقدار انحراف استاندارد (SE)، خطا (RMSE) و اریبی (ME) انتخاب شد. برای اعتبارسنجی مدل‌ها، از ۳۰ درصد باقی‌مانده قطعه نمونه‌ها (در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب ۱۰، ۷ و ۶ قطعه نمونه) به‌عنوان مجموعه داده‌های اعتبارسنجی استفاده شد (Mafi-Gholami et al.,)

نتایج مدل‌سازی رابطه بین درصد تاج‌پوشش در قطعه‌های نمونه و NDVI تصویر ماهواره‌ای

نتایج مدل‌سازی رابطه بین درصد تاج‌پوشش با NDVI با استفاده از ۷۰ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که از بین انواع مدل‌های رگرسیونی توسعه یافته، مدل‌های خطی هر سه رویشگاه دارای بالاترین ضریب همبستگی تعدیل‌شده (Adj-r2) و کمترین مقدار خطا بودند (معنی‌دار آماری $P < 0.001$) (جدول ۱). بنابراین، مدل خطی برای پیش‌بینی درصد تاج‌پوشش مانگروها در سطح رویشگاه‌ها انتخاب شد.

۱۳۵ سانتی‌متر بود. بر اساس قطر تاج اندازه‌گیری شده در قطعه‌های نمونه، مقدار میانگین وسعت تاج در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب ۷/۶، ۶/۵ و ۸/۵ متر مربع محاسبه شد. همچنین، نتایج نشان داد که کمینه و بیشینه مقدار مساحت تاج در رویشگاه خمیر به ترتیب ۲۱/۷ و ۰/۷ متر مربع، در رویشگاه تیاب به ترتیب ۱۸/۵ و ۰/۵ متر مربع و در رویشگاه جاسک به ترتیب ۲۳/۷ و ۱/۳ متر مربع بود. بر اساس وسعت تاج محاسبه شده در قطعه‌های نمونه، میانگین درصد تاج‌پوشش در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک به ترتیب ۶۲، ۴۳ و ۷۱ درصد بود.

جدول ۱- مدل‌سازی رگرسیون حداقل مربعات (LSR) با استفاده از ۷۰ درصد از داده‌های اندازه‌گیری شده برای پیش‌بینی

درصد تاج‌پوشش مانگروها از NDVI استخراج شده از تصویر ماهواره لندست سال ۲۰۱۹

Table 1. LSR modeling using 70% of the observation data for predicting mangrove canopy cover from the NDVI values extracted from the Landsat satellite image 2019

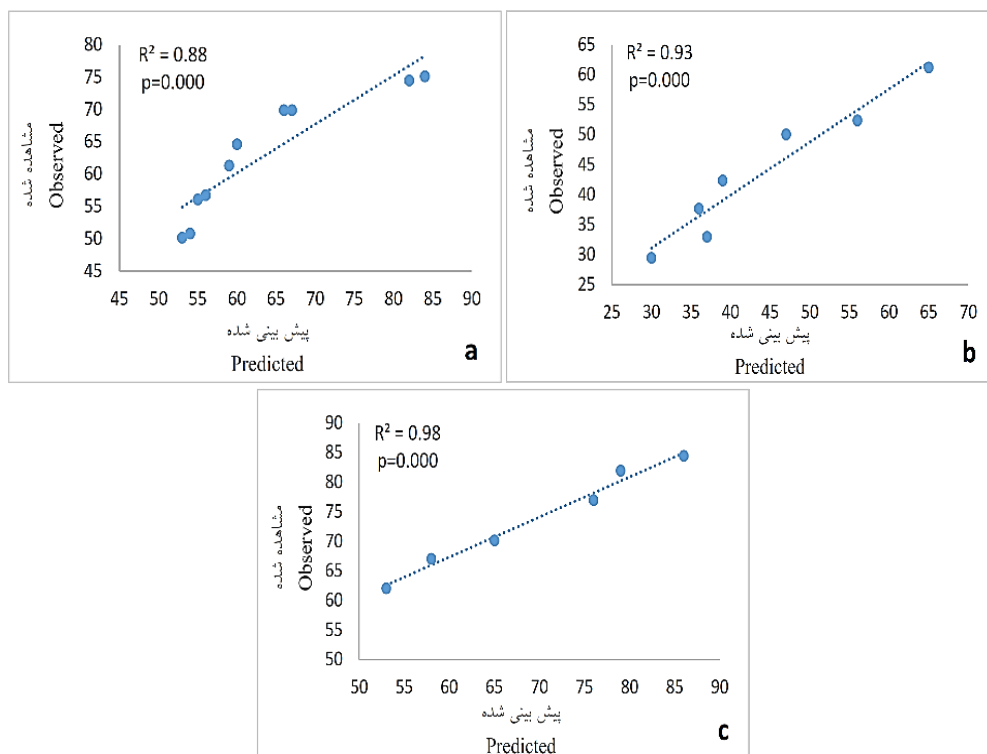
p-value	Adj-r2	ME	RMSE	SE	d	c	b	a	مدل Model	رویشگاه Habitat
0.001>	0.89	3.42	4.31	4.53	-	-	25.22	65.74	خطی Linear	خمیر Khamir
0.001>	0.87	3.59	4.49	4.89	-	-	90.47	32.44	لگاریتمی Logaritmic	
0.001>	0.85	3.80	4.68	5.12	-	-	0.473	98.81	توانی Power	
0.001>	0.84	4.11	4.75	5.25	-	-	0.954	34.43	نمایی Exponentia	
0.001>	0.80	4.20	4.80	5.89	-	-18.8	280.6	-179.11	درجه دوم Quadratic	
0.001>	0.82	4.36	4.95	5.52	-78.66	618.6	-805.7	355.6	درجه سوم Cubic	
0.001>	0.94	4.23	5.26	3.85	-	-	10.05	58.81	خطی Linear	تیاب Tiab
0.001>	0.91	4.38	5.42	4.02	-	-	91.72	25.63	لگاریتمی Logaritmic	
0.001>	0.90	4.45	5.52	4.16	-	-	0.45	90.05	توانی Power	
0.001>	0.88	4.59	5.68	4.29	-	-	0.91	28.47	نمایی Exponentia	
0.001>	0.85	4.72	5.80	4.41	-	-43.78	359.74	-242.35	درجه دوم Quadratic	
0.001>	0.86	4.91	5.96	4.35	-169.4	1082.2	-1546.4	735.77	درجه سوم Cubic	

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

p-value	Adj-r2	ME	RMSE	SE	d	c	b	a	مدل Model	رویشگاه Habitat
0.001>	0.92	4.75	5.56	3.32	-	-	21.37	87.42	خطی Linear	
0.001>	0.90	4.85	5.68	3.56	-	-	102.38	47.37	لگاریتمی Logaritmik	
0.001>	0.88	5.01	5.82	3.89	-	-	0.56	118.63	توانی Power	جاسک
0.001>	0.86	5.21	6.01	4.11	-	-	1.10	38.53	نمایی Exponentia	Jask
0.001>	0.82	5.36	6.12	4.15	-	-33.64	333.45	-223.66	درجه دوم Quadratic	
0.001>	0.85	5.47	6.25	4.25	-128.13	888.15	-1202.9	566.16	درجه سوم Cubic	

اعتبارسنجی مدل‌های خطی انتخاب‌شده با استفاده از ۳۰ درصد از داده‌های اندازه‌گیری‌شده نشان داد که مدل‌ها از نظر آماری معنی‌دار هستند ($P < 0.001$) و با ضریب همبستگی (R^2) بزرگتر از ۰/۸۸ قابلیت زیادی در پیش‌بینی درصد تاج‌پوشش با استفاده از نقشه NDVI تهیه‌شده از تصویر ماهواره‌ای دارند (شکل ۲ a، b و c و جدول ۲).



شکل ۲- مقایسه بین ۳۰ درصد (اعتبارسنجی) مشاهده‌شده درصد تاج‌پوشش (اندازه‌گیری در قطعه نمونه) و پیش‌بینی‌شده

درصد تاج‌پوشش (مستخرج از NDVI تصویر ماهواره‌ای) در رویشگاه a: خمیر، b: تیاب و c: جاسک

Figure 2. Comparison between 30% (validation) of observed canopy percentage (measured in sample plot) and predicted canopy percentage (derived from the NDVI values of satellite image) in the a: Khamir, b: Tiab and c: Jask

جدول ۲- نتایج صحت‌سنجی بین درصد تاج پوشش مشاهده‌شده (اندازه‌گیری در قطعه نمونه) و پیش‌بینی‌شده (با استفاده از

مدل خطی رگرسیونی)

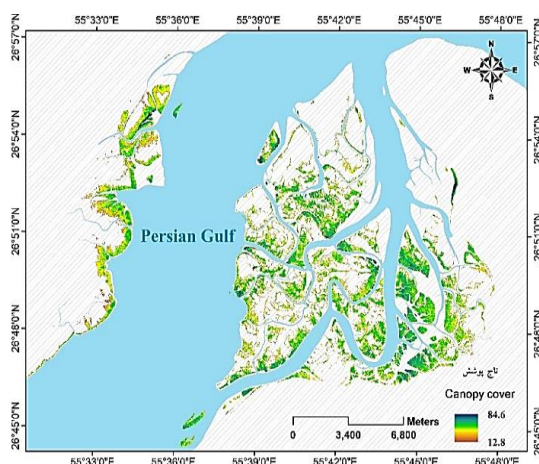
Table 2: Results of the accuracy of observed canopy percentage (measured in sample plot) and predicted canopy percentage (derived from linear regression models) in mangroves

خطا	ارایی	ضریب تبیین (R^2)	رویشگاه
Bias	Error	Coefficient of determination (R^2)	Habitat
3.76	4.02	0.88	خمیر Khamir
1.30	2.75	0.93	تیاب Tiab
4.03	4.84	0.98	جاسک Jask

درصد متغیر است (شکل‌های ۳ تا ۵). تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در رویشگاه‌ها نشان داد که حاشیه‌های روبه دریای رویشگاه‌ها که متشکل از فرم ساختاری Tall (مانگروهای دارای ارتفاع، قطر تنه و گستره تاج بزرگ‌تر) است، دارای بیشینه‌ی این سه متغیر هستند (شکل‌های ۳ تا ۵). در مقابل، گستره‌های روبه خشکی این رویشگاه‌ها که متشکل از فرم ساختاری Dwarf (مانگروهای دارای ارتفاع، قطر تنه و گستره تاج کوچک‌تر) هستند، کمینه‌ی درصد تاج‌پوشش را نشان می‌دهند (شکل‌های ۳ تا ۵).

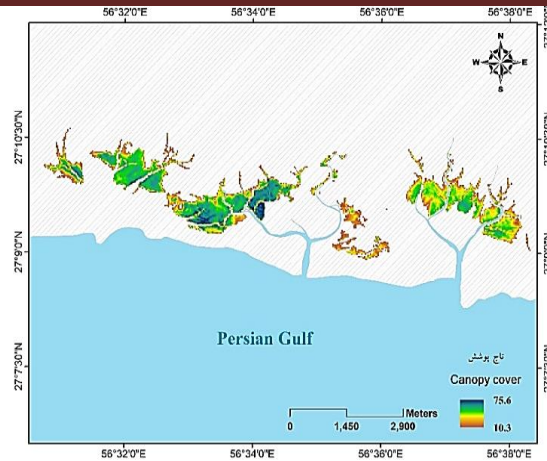
نتایج نقشه‌سازی تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در رویشگاه‌ها

اجرای مدل‌سازی رگرسیونی بین درصد تاج‌پوشش با NDVI مربوط به رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک نشان داد که متناسب با تغییرات مکانی NDVI، طیفی از درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه‌های مورد بررسی قابل مشاهده است. نتایج نقشه‌سازی تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش نشان داد که تغییرات این مشخصه در سطح رویشگاه خمیر از مقدار کمینه ۱۲/۸ تا مقدار بیشینه ۸۴/۶ درصد، در رویشگاه تیاب از مقدار کمینه ۱۰/۳ تا ۷۵/۶ درصد و در رویشگاه جاسک از مقدار کمینه ۱۳/۷ تا مقدار بیشینه ۹۲/۶



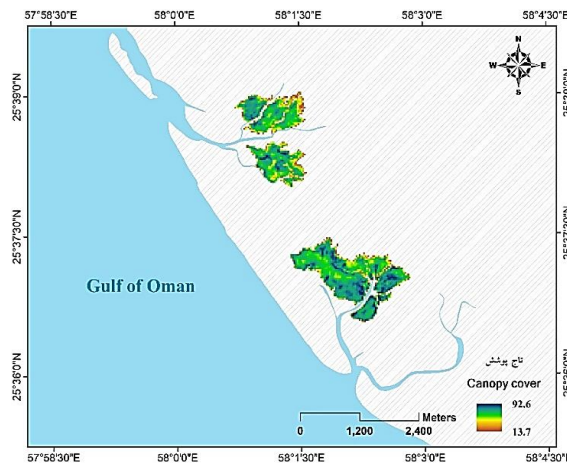
شکل ۳- تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه خمیر

Figure 3. Spatial changes in the canopy cover in the Khamir habitat



شکل ۴- تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه تیاب

Figure 4. Spatial changes in canopy cover in the Tiab habitat



شکل ۵- تغییرات مکانی درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه جاسک

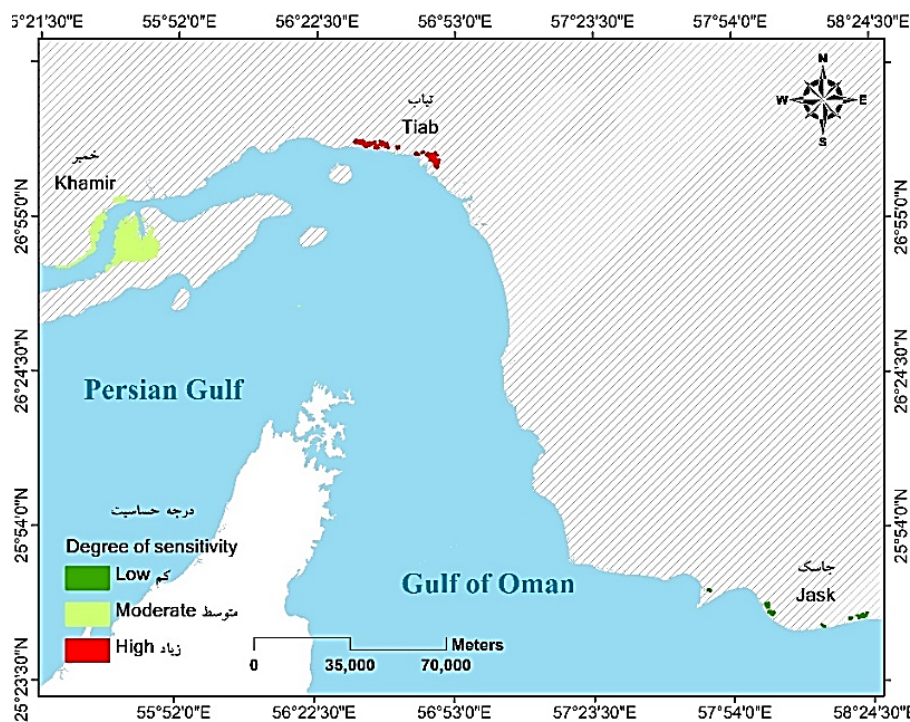
Figure 5. Spatial changes in the percentage of canopy cover in the Jask habitat

باتوجه به اینکه تعیین درجه حساسیت رویشگاه‌های جنگلی یکی از بخش‌های اصلی ارزیابی آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها محسوب است (Ellison, 2015)، در این پژوهش طبقه‌بندی درجه حساسیت رویشگاه‌های مانگرو ایران در سواحل استان هرمزگان با استفاده از درصد تاج‌پوشش (به‌عنوان شاخصی از مشخصه‌های ساختاری جنگل) انجام شد (Pellegrini et al., 2009). نقشه‌سازی و محاسبه میانگین درصد تاج‌پوشش در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک نشان داد که مقدار میانگین این مشخصه رویشی در این رویشگاه‌ها به‌ترتیب برابر با ۶۲، ۴۳ و ۷۱ درصد

نتایج طبقه‌بندی درجه حساسیت رویشگاه‌ها
طبقه‌بندی درجه حساسیت رویشگاه‌ها بر اساس نقشه تغییرات میانگین درصد تاج‌پوشش در سطح رویشگاه‌ها نشان داد که رویشگاه جاسک دارای کمترین درجه حساسیت است و در مقابل، رویشگاه تیاب دارای بیشترین درجه حساسیت در بین رویشگاه‌های مورد بررسی است. بر اساس تغییرات درصد تاج‌پوشش، رویشگاه خمیر نیز نسبت به دو رویشگاه تیاب و جاسک در طبقه با درجه حساسیت متوسط قرار گرفت (شکل ۶). بحث

آلاینده مختلفی مانند حوزه‌های نفت و گاز، تأسیسات و سازه‌های نفتی و تراکم بیشتر مسیرهای تردد و حمل و نقل مواد نفتی و غیرنفتی در معرض بیشترین حجم آلاینده‌های محیط دریایی قرار دارند که بدون شک تأثیر بسیاری در افت ساختار مانگروهای واقع در این سواحل داشته است (PGSC, 2017).

بود و بر این اساس، رویشگاه‌های جاسک و تیاب به ترتیب دارای کمترین و بیشترین درجه حساسیت نسبت به وقوع تنش‌ها و آشفته‌گی‌های محیطی بودند. البته این نتایج چندان دور از انتظار نبود، چراکه بر اساس پژوهش‌های پیشین سواحل مرکزی استان هرمزگان (سواحل تنگه هرمز) نسبت به دیگر بخش‌های ساحلی استان هرمزگان، به دلیل تمرکز منابع



شکل ۶- درجه حساسیت رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک بر اساس درصد تاج پوشش در سال ۲۰۱۹

Figure 6. Degree of susceptibility of Khamir, Tiab, Jask habitats based on the canopy cover in 2019

بیش از حد از مانگروها برای مصارف سوختی و تعلیف دام، توسعه آبی‌پروری و اثرهای تغییر اقلیم مانند بالا آمدن سطح آب دریا به عنوان برخی از عوامل اصلی اثرگذار بر افت رویش و ساختار جنگل‌های مانگرو در دیگر مناطق جهان عنوان شده‌اند (Gilman et al., 2008; Tran Thi et al., 2014). در سواحل استان هرمزگان نیز ساخت و سازه‌های بی‌رویه و توسعه روزافزون صناعی مانند لنج‌سازی و توسعه کارخانه‌های گچ و سیمان، تهیه چوب سوختی و نیز

نتایج پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که توسعه پرشتاب و بدون برنامه، ساخت و سازه‌های گوناگون در محیط‌های ساحلی از طریق ایجاد تغییر در سیستم هیدرودینامیک طبیعی و فرآیند جابجایی رسوب در سواحل، تشدید آثار مخرب ناشی از هجوم گونه‌های غیربومی و نیز برهم زدن چرخه طبیعی مواد غذایی سبب صدمات جبران ناپذیر به ساختار و رویش اکوسیستم‌های مختلف ساحلی شده‌اند (Dugan et al., 2018; Vaselli et al., 2008). همچنین، بهره‌برداری

مانگروهای این رویشگاه‌ها را در حاشیه‌های روبه دریا در دوره‌های زمانی قبل و بعد از انتشار آلاینده‌های نفتی از اولویت‌های پژوهشی مهمی است که لازم است در پژوهش‌های آینده بررسی شوند.

بر اساس پژوهش‌های پیشین، کاهش بارندگی و وقوع خشکسالی از طریق افزایش تبخیر و ایجاد تنش شوری سبب افت ساختار و توان رویشی مانگروها می‌شود و در نهایت می‌تواند موجب تغییرات ساختاری نامطلوب (کاهش وسعت و تاج‌پوشش) و افزایش حساسیت و آسیب‌پذیری مانگروها نسبت به دیگر تنش‌های انسانی و طبیعی شود (Lovelock and Ellison, 2015; Gilman et al., 2008). پژوهش‌های Mafi-Gholami et al. (2015, 2019, 2020) نشان داد که وقوع خشکسالی‌های بلندمدت در سال‌های اخیر (پس از سال ۱۹۹۸) سبب کاهش گستره، تاج‌پوشش، توان تولیدی و سطح سلامت مانگروهای ایران در سواحل خلیج فارس و دریای عمان نسبت به دوره ترسالی (پیش از سال ۱۹۹۸) شده است. این درحالی است که برخی پیش‌بینی‌ها بیانگر کاهش بارندگی و وقوع خشکسالی‌های شدیدتر در منطقه خاورمیانه در دهه‌های آینده هستند (Solomon et al., 2007) که می‌تواند سبب افت کیفیت ساختار مانگروهای سواحل جنوب ایران در آینده شود. علاوه بر وقوع خشکسالی، افزایش حدود ۳/۲ درجه‌ای دما در سواحل جنوب ایران (Etemadi et al., 2016) تا پایان قرن ۲۱ می‌تواند از طریق افزایش تبخیر و تعرق در سطح نواحی ساحلی سبب تشدید اثرهای نامطلوب ناشی از وقوع خشکسالی بر مانگروهای سواحل جنوب ایران شود. بر این اساس، شدت حساسیت رویشگاه‌های مانگرو ایران در آینده تحت تأثیر پیامدهای نامطلوب ناشی از تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت که سبب ایجاد طیفی از درجات حساسیت و آسیب‌پذیری در این رویشگاه‌ها

مصالح ساختمانی، توسعه آبی‌پروری، ساخت اسکله در محدوده مانگروها، سبب تخریب و افت ساختار رویشگاه‌ها شده است (Danehkar et al., 2013; Mafi-Gholami et al., 2015) و به دلیل شدت بالاتر وقوع این تنش‌ها و آشفتگی‌ها در سواحل مرکزی استان هرمزگان، رویشگاه‌های تیاب و خمیر دارای افت ساختار و رویش بیشتری نسبت به رویشگاه جاسک در سواحل دریای عمان هستند.

علاوه بر اثرهای مخرب ناشی از فعالیت‌های انسانی، پژوهش‌های متعدد نیز نشان داده‌اند است که آلودگی‌های نفتی موجب تخریب و یا تغییر ساختار افت توان رویشی مانگروها می‌شود (Lewis et al., 2016) که شدت اثر به عواملی مانند مقدار آلاینده منتشرشده، زمان در معرض قرارگیری و دامنه نوسان‌های جزر و مد بستگی دارد (Ke et al., 2005). بر این اساس، رویشگاه‌های دارای دامنه نوسانات در معرض نفوذ بیشتر آلاینده‌های نفتی قرار دارند و دچار صدمات بیشتری نسبت به رویشگاه‌های دارای دامنه نوسانات کوچک‌تر می‌شوند (Duke and Watkinson, 2002). باتوجه به اینکه رویشگاه‌های خمیر و تیاب دارای دامنه نوسانات جزر و مدی بزرگ‌تری نسبت به رویشگاه جاسک هستند (ICZM, 2017) و مقدار ورود آلاینده‌های نفتی به آب‌های ساحلی رویشگاه‌های خمیر و تیاب بیشتر از رویشگاه‌ها جاسک است (PGSC, 2017)، بنابراین شدت اثر آلاینده‌های نفتی بر رویشگاه‌های خمیر و تیاب بیشتر از رویشگاه جاسک خواهد بود و افت شدیدتر ساختار و رویش را در این دو رویشگاه نسبت به رویشگاه جاسک به دنبال خواهد داشت. این امر می‌تواند یکی از دلایل حساسیت بیشتر رویشگاه‌های خمیر و تیاب نسبت به رویشگاه جاسک باشد. تأثیر ورود آلاینده‌های نفتی بر افت ساختار

سطح کشور ضمن آماربرداری گسترده از مانگروهای استان هرمزگان و تجزیه و تحلیل تصویر ماهواره‌ای، نقشه‌سازی دقیق از تغییرات مکانی تاج‌پوشش انجام شد. نتایج این پژوهش با فراهم آوردن اطلاعات دقیق از درجه حساسیت رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان می‌تواند راهنمایی برای اجرای برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم و اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی و احیاء مانگروهای این رویشگاه‌ها باشد. علاوه بر این، روش معرفی شده در این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای نقشه‌سازی ویژگی‌های دیگر رویشگاه‌های مانگرو ایران استفاده شود.

References

- Allen, J. A.; Ewel, K. C.; Jack, J., Patterns of natural and anthropogenic disturbance of the mangroves on the Pacific Island of Kosrae. *Wetlands Ecology and Management* **2001**, *9* (3), 291-301.
- Alongi, D. M., Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **2008**, *76* (1), 1-13.
- Armitage, A. R.; Highfield, W. E.; Brody, S. D.; Louchouart, P., The contribution of mangrove expansion to salt marsh loss on the Texas Gulf Coast. *PloS one* **2015**, *10* (5), e0125404.
- Asgari, Y.; Zobeiri M.; Sohrabi, H., Comparison of five distance sampling methods for estimating quantitative characteristics of Zagros Forests, *Iranian Journal of Forest and Popular Research* **2013**, *21* (2), 316-328.
- Bihamta, N.; Soffianian, A. R.; Fakheran, S.; Pourmanafi, S., Incorporating CART algorithm and i for mapping Mangrove using Landsat 8 imagery, *Journal of Forest Research and Development* **2019**, *5* (4), 557-569.
- Cavalcanti, V.; Soares, M.; Estrada, G.; Chaves, F., Evaluating mangrove conservation through the analysis of forest structure data. *Journal of Coastal Research* **2009**, 390-394.
- Daneshkar, A.; Mahmoudi, B.; Sabaii, M.; Ghadirian, T.; Sharifi N.; Petrosian, H.,

خواهد شد. پژوهش‌های آینده می‌توانند با بررسی روند تغییرات رخ داده در مقدار حساسیت (تغییر در متغیرهای ساختاری یا رویشی) و آسیب‌پذیری مانگروهای ایران نسبت به وقوع خشکسالی یا افزایش دما، احتمال و نوع تغییر در مقدار آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها را نسبت به تغییرات اقلیمی آینده بررسی کنند.

نتایج این پژوهش نشان داد که تجزیه و تحلیل مکانی متغیرهای رویشی مانگروها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و رویکردهای مدل‌سازی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید برای پایش و درجه‌بندی مقدار حساسیت این اکوسیستم‌ها باشد. این پژوهش برای اولین بار در

- National document of sustainable management of mangroves of Iran. Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran, 2013, 624 p. (In Persian)
- Dugan, J. E.; Emery, K. A.; Alber, M.; Alexander, C. R.; Byers, J. E.; Gehman, A.; McLenaghan, N.; Sojka, S. E., Generalizing ecological effects of shoreline armoring across soft sediment environments. *Estuaries and coasts* **2018**, *41* (1), 180-196.
- Duke, N. C.; Watkinson, A. J., Chlorophyll-deficient propagules of *Avicennia marina* and apparent longer-term deterioration of mangrove fitness in oil-polluted sediments. *Marine pollution bulletin* **2002**, *44* (11), 1269-1276.
- Ellison, J. C., Vulnerability assessment of mangroves to climate change and sea-level rise impacts. *Wetlands Ecology and Management* **2015**, *23* (2), 115-137.
- Etemadi, H.; Samadi, S. Z.; Sharifikia, M.; Smoak, J. M., Assessment of climate change downscaling and non-stationarity on the spatial pattern of a mangrove ecosystem in an arid coastal region of southern Iran. *Theoretical and Applied Climatology* **2016**, *126* (1), 35-49.
- FAO, Status and trends in mangrove area extent worldwide. By Wilkie, M.L. and Fortuna, S. Forest Resources Assessment Working Paper No. 63. Forest Resources Division. FAO, Rome, 2003.

- Gallopín, G. C., Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global environmental change* **2006**, *16* (3), 293-303.
- Gilman, E. L.; Ellison, J.; Duke, N. C.; Field, C., Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic botany* **2008**, *89* (2), 237-250.
- Giri, C., Observation and monitoring of mangrove forests using remote sensing: Opportunities and challenges. Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 2016.
- Goldsmith, F., Description and analysis of vegetation. *Methods in plant ecology* **1976**.
- Heiskanen, J., Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. *International Journal of Remote Sensing* **2006**, *27* (6), 1135-1158.
- ICZM, Ports and Maritime Organization of Iran. Hazards Report, 2017, 256 p. (In Persian)
- Kathiresan, K.; Rajendran, N., Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and shelf science* **2005**, *65* (3), 601-606.
- Ke, L.; Yu, K.; Wong, Y.; Tam, N., Spatial and vertical distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in mangrove sediments. *Science of the Total Environment* **2005**, *340* (1-3), 177-187.
- Korhonen, L.; Korpela, I.; Heiskanen, J.; Maltamo, M., Airborne discrete-return LIDAR data in the estimation of vertical canopy cover, angular canopy closure and leaf area index. *Remote Sensing of Environment* **2011**, *115* (4), 1065-1080.
- Kristensen, E.; Bouillon, S.; Dittmar, T.; Marchand, C., Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. *Aquatic botany* **2008**, *89* (2), 201-219.
- Lewis III, R. R.; Milbrandt, E. C.; Brown, B.; Krauss, K. W.; Rovai, A. S.; Beaver III, J. W.; Flynn, L. L., Stress in mangrove forests: Early detection and preemptive rehabilitation are essential for future successful worldwide mangrove forest management. *Marine Pollution Bulletin* **2016**, *109* (2), 764-771.
- Lovelock, C. E.; Ellison, J. C., Vulnerability of mangroves and tidal wetlands of the Great Barrier Reef to climate change. In: Johnson, J.E., Marshall, P.A. (Eds.), *Climate Change and the Great Barrier Reef: A Vulnerability Assessment*. Great Barrier Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office, Australia, 2007, p. 237-269.
- Macamo, C. d. C. F.; Adams, J. B.; Bandeira, S. O.; Mabilana, H. A.; António, V. M., Spatial dynamics and structure of human disturbed mangrove forests in contrasting coastal communities in Eastern Africa. *Wetlands* **2018**, *38* (3), 509-523.
- Mafi-Gholami, D.; Zenner, E. K.; Jaafari, A.; Ward, R. D., Modeling multi-decadal mangrove leaf area index in response to drought along the semi-arid southern coasts of Iran. *Science of the Total Environment* **2019**, *656*, 1326-1336.
- Mafi-Gholami, D.; Zenner, E. K.; Jaafari, A., Mangrove regional feedback to sea level rise and drought intensity at the end of the 21st century. *Ecological Indicators* **2020**, *110*, 105972.
- Mafi-Gholami, D.; Fegghi, J.; Danehkar, A.; Yarali, N., Classification and Prioritization of Negative Factors Affecting on Mangrove Forests Using Delphi Method (a Case Study: Mangrove Forests of Hormozgan Province, Iran). *Advances in BioResearch* **2015**, *6* (3).
- Manson, F.; Loneragan, N.; Harch, B.; Skilleter, G.; Williams, L., A broad-scale analysis of links between coastal fisheries production and mangrove extent: a case-study for northeastern Australia. *Fisheries Research* **2005**, *74* (1-3), 69-85.
- Nicolau, D.; Macamo, C. C.; Mabilana, H. A.; Tajú, A.; Bandeira, S. O., Mangrove change detection, structure and condition in a protected area of eastern Africa: the case of Quirimbas National Park, Mozambique. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* **2017**, *16* (1), 47-60.
- Pellegrini, J.; Soares, M.; Chaves, F.; Estrada, G.; Cavalcanti, V., A method for the classification of mangrove forests and sensitivity/vulnerability analysis. *Journal of Coastal Research* **2009**, 443-447.
- PGSC, Available from <http://www.persiangustudies.com/fa/index.asp?ppagesandid> 205. Accessed 21th September 2019. 2017.
- Safiari, S., Mangroves of Iran, *Nature of Iran* **2018**, *2* (2), 49-57. (In Persian)
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M.; Miller, H.; Chen, Z., Climate change 2007: The physical science basis. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*,

- Cambridge University Press, Cambridge*
2007.
- Tran Thi, V.; Tien Thi Xuan, A.; Phan Nguyen, H.; Dahdouh-Guebas, F.; Koedam, N., Application of remote sensing and GIS for detection of long-term mangrove shoreline changes in Mui Ca Mau, Vietnam. *Biogeosciences* **2014**, *11* (14), 3781-3795.
- UNEP-WCMC, In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves & coral reefs. UNEP-WCMC, Cambridge, UK, 2006, 33 Pp.
- Vaselli, S.; Bulleri, F.; Benedetti-Cecchi, L., Hard coastal-defence structures as habitats for native and exotic rocky-bottom species. *Marine Environmental Research* **2008**, *66* (4), 395-403.

Mapping the sensitivity of mangroves of the Hormozgan Province to environmental hazards based on the canopy cover percentage

D. Mafi-Gholami*¹ and A. Jaafari²

1- Assistant Professor, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran. (d.mafigholami@sku.ac.ir)

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

Received: 29.02.2020 Accepted: 04.05.2020

Abstract

The present study was conducted to classify the sensitivity degree of mangrove habitats of the Hormozgan province based on canopy percentage (as an indicator of the structural characteristics of forest). For this purpose, by field survey and recording of mangrove crown diameter in the sample plots, the percentage of canopy cover in each sample plot was calculated. Then, by analyzing satellite images and mapping NDVI of habitats, a regression relation was fitted between the percentage of canopy cover in the sample plots and the corresponding NDVI values at each vegetation level and by applying the regression relation on the NDVI map, canopy cover percentage spatial changes were mapped at each habitat. Finally, the map of the susceptibility of the Khamir, Tiab, and Jask habitats to three classes of low, medium and high was prepared using the mangrove canopy cover map and GIS techniques. The results showed that the average percentages of the canopy cover in the Khamir, Tiab, and Jask were 62, 43, and 71%, respectively, indicate that Jask and Tiab have the lowest and highest sensitivity to environmental stresses and disturbances, respectively. Local geomorphologic features, sediment yield, coastal installations, economic and social conditions of the area, environmental pollutants, and sea level rise are among the influencing factors that cause differences in the degree of susceptibility between habitats. This study by producing accurate information on the sensitivity of mangrove habitats of Iran, has provided preliminary prerequisites for implementing climate change adaptation programs and prioritize conservation and restoration activities of mangroves.

Keywords: Geographic Information System, Remote Sensing, Modeling, NDVI.

* Corresponding author

Tel: +989168461050

بررسی زیستی اقتصادی قره‌قات (*Ribes biberistentii* Berl. & DC) در حوزه آبخیز ایلگنه‌چای جنگل‌های ارسباران

سجاد قنبری*

- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (ghanbarisajad@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۰۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۰۴

چکیده

هدف اصلی این پژوهش، بررسی مقدار تولید قره‌قات (*Ribes biberistentii* Berl. & DC) و نقش آن در اقتصاد خانوارهای روستایی ارسباران است. این پژوهش با استفاده از پژوهش‌های کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی در تابستان ۱۳۹۶ در جنگل‌های ارسباران انجام شد. با استفاده از پرسشنامه، اطلاعات اقتصادی اجتماعی از ۳۲ بهره‌بردار این گونه در روستای کلاسور واقع در حوزه آبخیز ایلگنه‌چای ارسباران جمع‌آوری شد. از تحلیل همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های مختلف درخت با مقدار میوه تولیدی برای تحلیل رگرسیون انجام شد. با استفاده از مصاحبه با افراد محلی، مشخصه‌هایی از قبیل قیمت میوه خام و فرآوری‌شده، نوع و روش فرآوری، مقدار برداشت و مصرف میوه خام و فرآوری‌شده، نحوه فروش و بازاریابی و کاربردهای دارویی این گونه بررسی شد. نتایج اندازه‌گیری میوه‌های برداشت‌شده قره‌قات نشان داد که وزن ۱۰۰۰ میوه قره‌قات، ۲۴۰ گرم بود. مقدار میوه تولیدی هر پایه با مشخصه میانگین قطر تاج، بالاترین مقدار همبستگی (۰/۷۶۷) در سطح یک درصد معنی‌داری را داشت. نتایج نشان داد که مهم‌ترین مصرف دارویی قره‌قات، مربوط به میوه آن بوده که برای درمان فشارخون توسط مردم محلی استفاده می‌شود. با توجه به قیمت میوه خام و مقدار برداشت، ارزش اقتصادی برداشت قره‌قات برای ۳۲ خانوار بهره‌بردار در سال ۱۳۹۶، ۱۹/۲ میلیون تومان بود. میانگین ارزش اقتصادی سالانه برداشت و فروش سالانه قره‌قات برای هر خانوار به‌طور متوسط ۶۰۷۸ هزار ریال بود.

واژه‌های کلیدی: ارسباران، اهمیت اقتصادی، فرآوری، قره‌قات.

مقدمه

(Pandey, 2014). بر طبق آمار سازمان بهداشت جهانی، حدود ۷۵ تا ۹۰ درصد از مردم در کشورهای درحال توسعه عموماً به گیاهان دارویی برای رفع نیازهای سلامتی خود وابسته هستند (Malik et al., 2015). از ۴۲۲ هزار گیاه گل‌دهنده در سراسر جهان، حدود ۵۰ هزار گونه برای اهداف دارویی استفاده می‌شود (Abe and Ohtani, 2013, Malik et al., 2015). به طوری که فروش این گیاهان ۱۵ تا ۳۰ درصد از درآمد خانوارهای فقیر را تشکیل می‌دهند (Hamilton, 2004, Sati, 2013).

بررسی جامعه‌شناسی گیاهی منطقه ارسباران نشان می‌دهد با توجه به شرایط ویژه حاکم بر منطقه از نظر تنوع آب و هوایی، پستی و بلندی، وضعیت خاک و غیره از تنوع گیاهی بالایی برخوردار است. به طوری که ۷۷۲ گونه متعلق به ۷۶ تیره گیاهی شناسایی شده است. بر اساس بررسی ارزش‌های ویژه گیاهی در منطقه، حداقل ۱۰۳ گونه از ۷۷۲ گونه دارای خواص دارویی هست (Zolfeghari et al., 2012). علاوه بر این، جنگل‌های منطقه ارسباران با ۱۳۰ گونه درختی و درختچه‌ای، پتانسیل بالایی در استفاده از محصولات غیرچوبی دارد (Sagheb-Talebi et al., 2014). امروزه در نقاط مختلف ارسباران، میوه گونه‌هایی مانند زغال‌اخته، فندق، گردو، نسترن وحشی، کبر، آویشن، نعناع و غیره برای اهداف مختلف خوراکی و دارویی برداشت می‌شوند. علاوه بر این، در این منطقه گونه‌های ارزش دیگری به نام قره‌قات وجود دارد که در مناطق خاصی از جنگل‌های ارسباران پراکنش دارد و به دلیل ارزش دارویی، مردم محلی میوه این گونه را برداشت می‌کنند. استفاده و بهره‌برداری از گونه‌ها اغلب به تخلیه ژنتیکی آن‌ها منجر شده و روند کاهش سریع جمعیتی را سبب خواهد شد (Yan and Yang, 2017). برداشت بی‌رویه و جمع‌آوری گیاهان در

برداشت محصولات غیرچوبی با کاربردهای مختلف دارویی، خوراکی و غیره نقش مهمی در اقتصاد خانوارها داشته و در زندگی خانوارهای روستایی روزبه‌روز توسعه پیدا کرده است و این محصولات در دوره‌هایی که خانوارها با کمبود غذایی و درآمد مواجه هستند، به عنوان یک منبع مهم هستند (Viet Quang and Nam Anh, 2006). در قاره آفریقا، ۳۲۰ میلیون نفر برای تأمین نیازهای روزانه خود به محصولات غیرچوبی جنگل وابسته هستند (Shackleton and Gumbo, 2010). در آفریقای جنوبی و شرقی، سهم درآمد ناشی از این محصولات بیشتر از ۵۰ درصد از درآمد کل خانوار است. در بررسی دیگری در تانزانیا، مقدار درآمد خانوارها از محل برداشت محصولات غیرچوبی، ۵۰ درصد برآورد شده است (Timko et al., 2010). در بنین شمالی، به طور متوسط ۳۹ درصد از درآمدهای خانوار، از محل برداشت محصولات غیرچوبی به دست می‌آید (Heubach et al., 2011). در ایالت مادیا پرداش هندوستان، حدود ۴۰ تا ۶۳ درصد از درآمد کل خانوار از برداشت و فروش محصولات غیرچوبی جنگل تأمین می‌شود (Sinha and Bawa, 2002). البته نوع جنگل‌ها، وضعیت فقر منطقه در بالا بودن مقدار درآمد از محل برداشت محصولات غیرچوبی می‌تواند تأثیرگذار باشد. با توجه به این پتانسیل، نباید اهمیت محصولات غیرچوبی در معیشت خانوارها توسط برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران نادیده گرفته شود. این محصولات می‌توانند با توجه به موقعیت روستاها، مقدار افراد برداشت‌کننده از هر خانوار، دسترسی به بازار، سهم متفاوتی در درآمد کل خانوار داشته باشد. به طوری که، محصولات غیرچوبی در مناطق مختلف دنیا بین پنج تا ۹۰ درصد از درآمد کل خانوار را تشکیل می‌دهند (Shackleton and

و خارجی مورد بررسی قرار گرفته است. Homczinski et al. (2017) به بررسی ویژگی‌های زیستی گونه *Campomanesia xanthocarpa* و میوه آن با استفاده از اندازه‌گیری ۳۱ پایه پرداختند. مشخصه‌هایی از قبیل طول تاج، ارتفاع درخت، قطر برابر سینه و غیره اندازه‌گیری شده است. این پژوهشگران به اهمیت وجود اطلاعاتی درباره تراکم، پراکنش و ساختار محصولات برای تعیین اقتصادی بودن برداشت محصولات غیرچوبی اشاره کردند (Homczinski et al., 2017). (Alijanpour (2016) به تحلیل مقدار میوه تولیدی زغال‌اخته به‌عنوان یک محصول غیرچوبی قابل برداشت توسط مردم محلی در منطقه ارسباران پرداختند. ایشان با مشخصه‌هایی مثل قطر تاج، ارتفاع تاج، تعداد جست و قطر برابر سینه با مقدار میوه تولیدی تحلیل همبستگی انجام دادند (Alijanpour, 2016). (Keyvan Behju et al. (2017) به بررسی ارتباط همبستگی بین مشخصه‌های مختلف درختچه آلوچه با مقدار میوه تولیدی پرداختند. این پژوهشگران نشان دادند که قطر برابر سینه همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار میوه تولیدی داشت. Dogra et al. (2018) به بررسی خصوصیات مختلف درخت گردو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین درختان تولیدی میوه با مقدار محصول آن پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که ارتفاع درخت با مقدار میوه تولیدی همبستگی مستقیم و معنی‌داری دارد (Dogra et al., 2018). همچنین Lynch et al. (2004) بیان کردند که آماربرداری و پایش می‌تواند به‌عنوان یک سیستم هشدار اولیه برای جلوگیری از کاهش غیرقابل‌انکار گونه‌ها عمل کند و به تضمین پایداری تولیدات کمک کند (Lynch et al., 2004). همچنین، تعیین مقدار همبستگی یکی از مشخصه‌های درخت با مقدار میوه تولیدی می‌تواند در عملیات اصلاحی و

زمان‌های نامناسب، به رشد جمعیتی آن‌ها آسیب می‌زند و آن‌ها را در معرض تهدید قرار می‌دهد (Yan and Yang, 2017). در طی سال‌های اخیر به دلیل افزایش فشار جمعیت و تقاضا برای تولیدات طبیعی برای تجارت در بازارهای ملی و بین‌المللی، مقدار برداشت زیاد شده است (Greene et al., 2000). در نتیجه تعدادی از گونه‌ها در معرض تهدید یا انقراض است. اخیراً، ۳۴۰۰۰ گونه یا ۱۲/۳ درصد از گیاهان آوندی در جهان در معرض تهدید یا انقراض هستند (Yan and Yang, 2017). گونه قره‌قات نیز یکی از گونه‌های آسیب‌پذیر هست (Adibi and Ejtehadi, 2009). بنابراین، باید اطلاعات مدونی از این گونه از قبیل اطلاعات پراکنش گونه، نحوه پراکنش، مقدار تولید، همبستگی بین مشخصه‌های مختلف درخت و غیره جمع‌آوری شود.

امروزه در علم جنگل به پراکنش مکانی درختان در داخل توده و ابعاد آن‌ها اهمیت زیادی داده می‌شود. پراکنش مکانی و ابعاد درختان (ارتفاع درخت و میانگین قطر تاج) به رقابت و دیگر روابط در داخل توده بستگی دارد. بدیهی است که ارتباط بین درختان به ارتفاع و قطر تاج معین در اثر همسایگی در یک یا چند گونه درختی منجر می‌شود. برای مثال، یک گونه درختی مسن درختان جوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مانع از رسیدن آب و مواد غذایی به گونه مغلوب یا موجب کمبود این مواد به گونه واقع‌شده در اشکوب پایین می‌شود و این عمل مانع از بزرگ‌شدن ابعاد درخت نظیر تاج یا قطر درخت می‌شود که ممکن است با میزان میوه تولیدی یا دیگر محصولات درخت همبستگی مستقیم و مثبتی داشته باشند (Walder and Walder, 2007). همبستگی بین مشخصه‌های مختلف درخت با مقدار میوه تولیدی به دلیل اهمیت تعیین مشخصه تأثیرگذار در تولید میوه در پژوهشهای داخلی

ترکیه انتشار دارد. در سطح ملی، در جنگل‌های ارسباران یافت می‌شود (Emad et al., 2013). این گیاه خاک سبک (شنی) و متوسط (لومی) را ترجیح داده و در خاک‌های مرطوب بدون آهک با زهکشی خوب رشد می‌کند. این گونه در مناطق نیمه‌سایه جنگلی مستقر شده (Emad et al., 2013) و میوه آن دارای تانن، پکتین و کاروتن و برگ‌های آن حاوی تانن، رزین، موسیلاژ و آربوتین است (Babaei Hossein et al., 2009). در بین مردم منطقه ارسباران و آذربایجان، قره‌قات برای درمان فشار خون استفاده می‌شود (Babaei Hossein et al., 2009, Delazar et al., 2010). برگ‌های قره‌قات را مدر، ضد عفونی‌کننده و نیروبخش بیان می‌کنند. قره‌قات می‌تواند مقاومت به انسولین را بهبود بخشد و بیماران چاق که در معرض خطر دیابت هستند، می‌توانند قره‌قات مصرف کنند. برای قطع خونریزی از سینه از دمکرده برگ و میوه آن می‌توان استفاده شده و برای درمان سوزاک از دمکرده برگ‌های قره‌قات استفاده می‌شود. در کاهش کلسترول خون، وزن بدن و قند خون مؤثر است. همچنین، این میوه مانع از مشکلات مغزی مانند ازدست دادن حافظه می‌شود. این امر به دلیل وجود آنتی‌اکسیدان و فلاونوئید موجود در این میوه است (Emad et al., 2013).

منطقه مورد بررسی

با توجه به پراکنش گونه قره‌قات در روستای کلاسور در حوزه آبخیز جنگل‌های ارسباران، این منطقه برای بررسی دقیق‌تر این گونه انتخاب شد. کلاسور یکی از روستاهای دهستان میشه‌پاره شهرستان کلپور بوده که با فاصله ۲۰ کیلومتری از مرکز شهرستان و ۱۵۰ کیلومتری از مرکز استان قرار گرفته است (شکل ۱). گونه قره‌قات در بین ۱۱ واحد هیدرولوژیک منطقه ارسباران، اغلب در مناطق میان‌بند واحد هیدرولوژیک

پرورشی درختان مؤثر باشد (Sorkheh et al., 2010). از این رو، بررسی مقدار همبستگی بین مشخصه‌های مختلف درخت با مقدار میوه تولیدی ضروری به نظر می‌رسد تا در صورت وجود رابطه مثبت، عملیات پرورشی مناسب در جنگل در راستای جلوگیری از غلبه درخت واقع در اشکوب بالایی به درخت اشکوب پایینی انجام شود و از این طریق مقدار میوه تولیدی توسط درخت تقویت شود.

به‌طور کلی بررسی‌های خیلی کمی در مورد گونه قره‌قات انجام شده است و اغلب به ارزش دارویی این گونه پرداخته شده است (Babaei Hossein et al., 2009, Delazar et al., 2010) و به بررسی ابعاد زیستی و اقتصادی اجتماعی این گونه از قبیل مقدار تولید، مناطق پراکنش این گونه، نحوه فرآوری و فروش و وابستگی مردم محلی در پژوهش‌ها کمتر اشاره شده است. بررسی این ابعاد می‌تواند برنامه‌ریزان و مدیران جنگل را در عملیات‌های اصلاحی و مدیریتی کمک کند. از این رو، هدف از این پژوهش بررسی مقدار تولید قره‌قات و نقش آن در اقتصاد خانوارهای روستایی ارسباران است. البته اهداف فرعی دیگری از قبیل مناطق پراکنش، وضعیت تولید، همبستگی بین مشخصه‌های تولیدی با مقدار میوه تولیدی، مشخصات گونه‌های همراه این گونه و نحوه استفاده مردم محلی، وضعیت فروش و فرآوری این میوه توسط خانوارها نیز دنبال می‌شود.

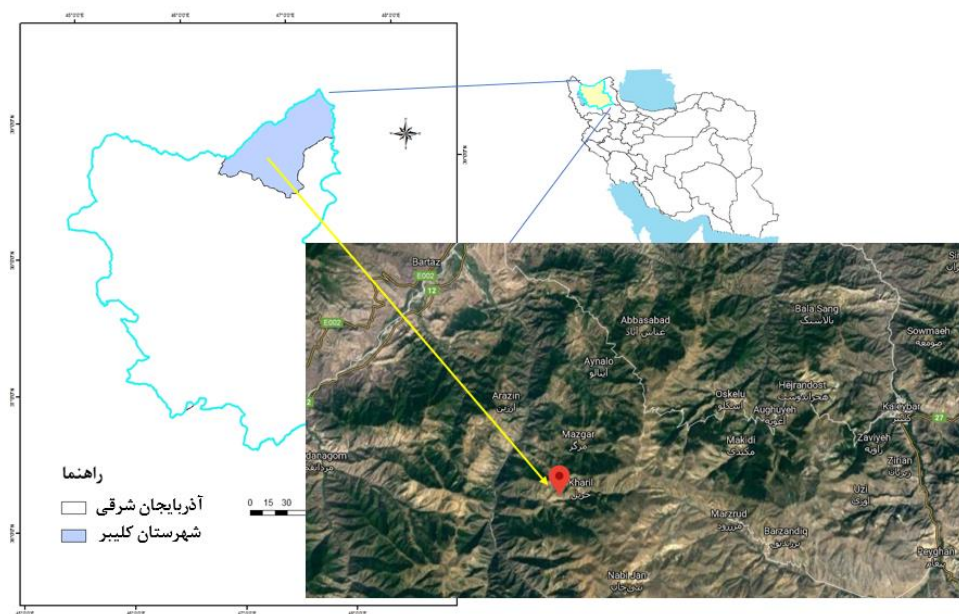
مواد و روش‌ها

گونه مورد بررسی

قره‌قات با نام علمی *Ribes biberistentii* Berl. & DC. و نام انگلیسی Reddish blackberry و از خانواده Grossulariaceae است. این گونه در سطح جهانی در مناطقی از ارمنستان، قفقاز، آذربایجان و

متری از سطح دریا در اطراف سامان عرفی روستای عاشقلو با پوشش به نسبت کم شروع شده و تا ارتفاعات ۲۵۰۰ متری از سطح دریا در سامان عرفی روستای برازین پراکنش دارد.

ایلگنه‌چای پراکنش دارد که دارای ۳۵ روستای مسکونی با ۳۷۶۶ نفر جمعیت بوده که به طور مستقیم یا غیرمستقیم به این جنگل‌ها برای معیشت خود وابسته هستند. جنگل‌های این حوزه از ارتفاع ۴۲۰



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در استان آذربایجان شرقی

Figure 1. Position of the study area in East Azerbaijan Province

از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سیستم مختصات UTM ثبت شد. فاصله و آزیموت پایه‌های قره‌قات موجود در مناطق مورد بررسی نسبت به پایه قبلی قره‌قات یادداشت شد. سپس با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی (X,Y) تبدیل شد. سپس، این مختصات به مختصات نقطه مبنا اضافه و در نتیجه، مختصات اولین درخت به دست آمد. به همین ترتیب، فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت قبلی سنجیده و به مختصات UTM تبدیل شد (Akhavan et al., 2012). بدین ترتیب، مختصات تمامی درختان جنگلی میوه‌دار موجود در سامان عرفی روستای کلاسور در حوزه آبخیز ایلگنه‌چای ارسباران برداشت شدند، از این طریق تعداد کل درختان میوه موجود از

روش جمع‌آوری داده

این پژوهش با استفاده از پژوهش‌های کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی در تابستان ۱۳۹۶ در جنگل‌های ارسباران در دو بخش بررسی زیستی از قبیل برآورد مقدار میوه تولیدی و وضعیت پراکنش و حضور گونه و بررسی اقتصادی اجتماعی از قبیل مقدار برداشت، فروش، فرآوری، مقدار درآمد از محل فروش این محصول انجام شد.

بررسی زیستی گونه قره‌قات

در بخش اول یا بررسی زیستی، مناطق حضور گونه، شکل میوه، شکل برگ، شمای کلی درختچه، نحوه جمع‌آوری میوه توسط مردم محلی و غیره بررسی شد. ابتدا موقعیت مکانی نقطه شروع اندازه‌گیری با استفاده

کرد (Sinha and Bawa, 2002, Dejene et al., 2013). به منظور برآورد قیمت میوه، از داده‌های مربوط به بازار محلی روستا استفاده شد. بعد از تهیه نقشه تپ‌بندی از سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور و تهیه نقشه محدوده سامان‌ها در محیط Arc GIS 10.3، بررسی شد که آیا چه تپ‌هایی در منطقه وجود دارد و محصولات غیرچوبی اغلب در چه تپ‌هایی حضور دارند. محدوده و مرز سامان‌ها با سامان‌های مجاور روستا با استفاده از روش مصاحبه با ساکنان روستا مشخص شد و سپس در محیط نرم‌افزاری به صورت نقشه‌ای تهیه شد. سپس، بعد از انجام سرشماری برای اینکه مشخص شود بین گونه مورد نظر با تپ‌های مختلف چه رابطه‌ای وجود دارد، باید همبستگی دورشته‌ای نقطه‌ای گرفته شود. تحلیل همبستگی دورشته‌ای نقطه‌ای به ما بیان می‌کند که در چه تپ‌هایی، محصولات غیرچوبی وجود دارد و باید دنبال این محصولات شد. همچنین می‌توان با استفاده از این، تپ‌های مهم دارای این گونه را در منطقه مورد بررسی مشخص کرد. برای بررسی همبستگی بین دو متغیر که یکی پیوسته و دیگری دوقوله‌ای یا دوارزشی (صفر و یک) باشد، از روش همبستگی دورشته‌ای نقطه‌ای (point biserial) استفاده می‌شود (Bihanta and Zare Chahouki, 2008). این همبستگی را با اختصار r_{pbi} نشان می‌دهند. منظور از متغیر دوارزشی آن است که تنها یکی از دو مقدار یک یا صفر را شامل می‌شود، مانند بله- نه و قبول- رد. معمولاً به منظور انجام محاسبات به یکی از این دوقوله، نمره یک و به یکی دیگر نمره صفر داده می‌شود. ارزش این همبستگی از منفی یک تا مثبت یک تغییر می‌کند. مقدار بالای همبستگی نشان از حضور گونه‌ها در غالب تپ‌ها را دارد (Varma, 2006). این متغیر از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

هر گونه در روستا مشخص شد. پس از اجرای سرشماری صددرصد، تعداد درختان موجود در سامان عرفی در محیط Arc GIS 10.3 پلی‌گون‌بندی شدند تا محدوده پراکنش و سطح پراکنش این گونه در سامان مشخص شود. با توجه به سطح پراکنش و تعداد کل پایه‌ها، تعداد در هکتار محاسبه شد. بعد از تعیین هر نمونه برای اندازه‌گیری مقدار میوه تولیدی آن، با استفاده از شمارش میوه‌ها در روی درخت با روش بصری انجام شد (Kainer et al., 2007). انتخاب پایه‌های قره‌قات به صورت منظم تصادفی در توده‌های دارای این گونه انجام شد. در روی ۴۸ پایه، مقدار میوه تولیدی و مشخصه‌های دیگر از قبیل میانگین قطر تاج درخت، ارتفاع تاج و تعداد جست اندازه‌گیری شد. البته در برخی از پژوهش‌های اندازه‌گیری مقدار میوه تولیدی و بررسی همبستگی با دیگر مشخصه‌های درخت، با تعداد کمتری از پایه‌های درختی انجام شده است. Homczinski و همکاران (2017) و Keyvan Behju و همکاران (2017) با اندازه‌گیری حدود ۳۰ پایه مقدار میوه تولیدی و بررسی همبستگی را انجام دادند. همچنین Alijanpour (2017) در پژوهش‌های خود بر روی گونه زغال‌اخته با بررسی ۴۵ پایه اندازه‌گیری را انجام داده است. ولی در این پژوهش سعی شد از تعداد پایه‌های به نسبت بیشتری برای برآورد مشخصه‌ها استفاده شود. تحلیل همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های مختلف درخت با مقدار میوه تولیدی انجام شد. علاوه بر این، تحلیل رگرسیونی به منظور برازش مدل مناسب برای تخمین مقدار میوه تولیدی با مشخصه‌ای که بالاترین مقدار همبستگی را داشت، انجام شد. از شش پایه، میوه تازه درختان که به صورت خوشه بود، توزین شد تا بتوان میانگین وزن هر خوشه را برآورد کرده و با توجه به تعداد خوشه‌های هر پایه، وزن میوه هر پایه را برآورد

برداشت به‌عنوان درآمد ناخالص خانوارها از محل برداشت میوه قره‌قات است). برای خانوارها از حاصل جمع مقدار مصرف و فروش خام در قیمت میوه خام و مصرف و فروش فرآوری شده در قیمت میوه فرآوری شده محاسبه شد (Ghanbari et al., 2017).

نتایج

نتایج این پژوهش در دو بخش اصلی زیستی و اقتصادی اجتماعی ارائه می‌شود.

بخش زیستی

نتایج نشان داد که این گونه دارای برگ‌های قلبی شکل با پنج لوب استاندارد بوده و میوه‌ها در خوشه‌های آویخته پدید می‌آیند (شکل ۱). هر خوشه ۱۰-۳ میوه قرمز شفاف با قطر ۸-۱۲ میلی‌متر را شامل می‌شود (شکل ۲ و ۳). میوه‌ها از اواخر تیرماه شروع به رسیدن می‌کنند. نتایج اندازه‌گیری میوه‌های برداشت شده قره‌قات نشان داد که وزن ۱۰۰۰ میوه قره‌قات، ۲۴۰ گرم بود. همچنین شکل ۲، اندازه میوه و خوشه‌های حاوی قره‌قات را نشان می‌دهد. عرض هر میوه به‌طور متوسط ۵ میلی‌متر و طول آن حدود ۱۰ میلی‌متر بود. شکل ۴ مناطق پراکنش قره‌قات در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

$$r_{pbis} = \frac{M_p - M_t}{S_t} \times \sqrt{\frac{P_i}{(1 - P_i)}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن r_{pbis} : ضریب همبستگی دو رشته‌ای نقطه‌ای، M_p : میانگین حضور گونه، M_t : میانگین عدم حضور، S_t : انحراف معیار و P_i : نسبت حضور گونه است.

بررسی اقتصادی اجتماعی گونه قره‌قات

برای جمع‌آوری اطلاعات اقتصادی اجتماعی از ۳۲ بهره‌بردار از روستای کلاسور واقع در حوزه آبخیز ایلگنه‌چای ارسباران پرسشنامه تکمیل شد. در مصاحبه از افراد محلی، مشخصه‌هایی از قبیل قیمت میوه خام و فرآوری شده، نوع و روش فرآوری، مقدار برداشت و مصرف میوه خام و فرآوری شده نحوه فروش و بازاریابی و کاربردهای دارویی این گونه بررسی شد (Dejene et al., 2013, Ghanbari et al., 2014, Malik et al., 2015, Dash and Behera, 2016). روش نمونه‌گیری و انجام مصاحبه، هدفمند بود، به طوری که بهره‌برداران این گونه شناسایی شده و مصاحبه انجام شد. ارزش اقتصادی برداشت قره‌قات برای کل خانوارهای بهره‌بردار از حاصل ضرب مقدار برداشت در قیمت میوه خام محاسبه شد (Dash and Behera, 2016). علاوه بر این، میانگین ارزش اقتصادی برداشت میوه قره‌قات (ارزش اقتصادی



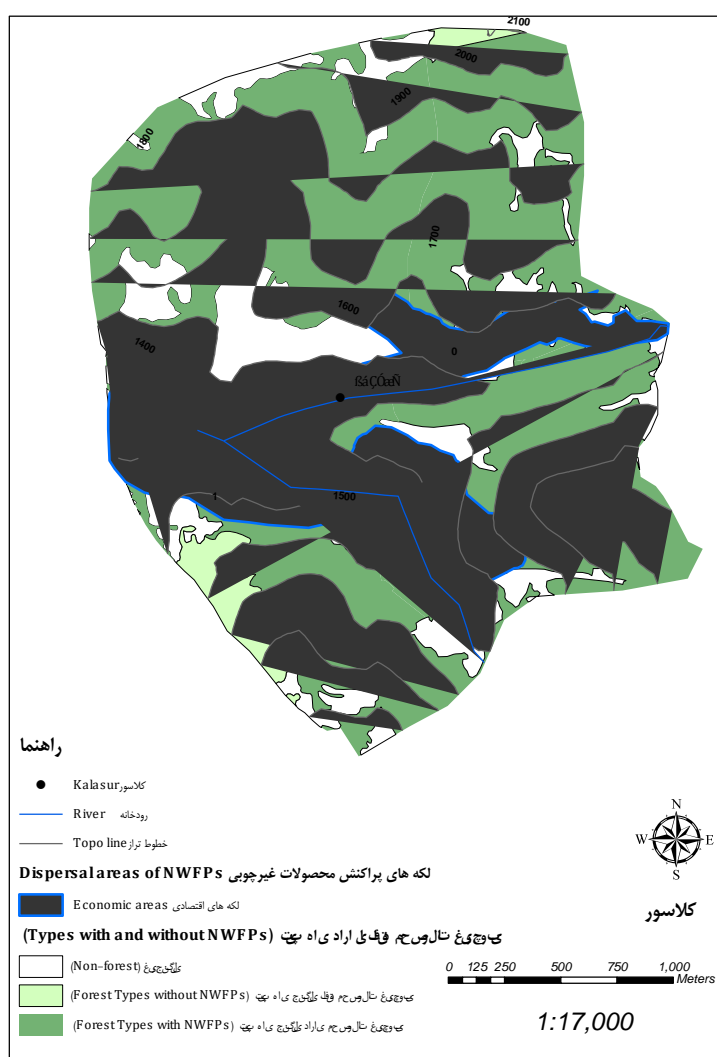
شکل ۲- نمایی از میوه و برگ درختچه قره‌قات در جنگل‌های ارسباران

Figure 2. Leaf and fruit photos of reddish blackberry in the Arasbaran forests



شکل ۳- اندازه میوه و خوشه قره‌قات

Figure 3. Size of fruit and cluster of reddish blackberry



شکل ۴- نقشه پراکنش قره‌قات در سامان عرفی روستای کلاسور، حوزه آبخیز ایلگنه‌چای ارسباران

Figure 4. Distribution map of reddish blackberry in the customary area of Kalasur village, Ilgenh chay watershed, Arasbaran

در جدول ۱، مشخصات کمی گونه قره‌قات آورده شده است. ارتفاع بوته قره‌قات ۱ تا ۲ متر است و حتی در برخی موارد تا نزدیک ۲/۵ متر نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد که تعداد جست‌های هر پایه قره‌قات بین ۱ تا ۱۵ جست متغیر است. میانگین قطر تاج این گونه حدود ۱۵۰ سانتی‌متر بود.

جدول ۱- مشخصات کمی مشخصه‌های مختلف قره‌قات

Table 1. Quantitative characteristics of reddish blackberry

میانگین (اشتباه معیار)	حداکثر	حداقل	مشخصه
Mean (Std. Error)	Maximum	Minimum	Characteristic
185 (0.076)	270	75	قطر بزرگ تاج (سانتی‌متر) Large crown diameter (cm)
114 (0.07)	200	50	قطر کوچک تاج (سانتی‌متر) Small crown diameter (cm)
150 (0.07)	225	62	میانگین قطر تاج (سانتی‌متر) Average crown diameter (cm)
5 (0.449)	15	1	تعداد جست Number of sprouts
180 (0.078)	270	80	ارتفاع درختچه (سانتی‌متر) Height (cm)
426 (48.29)	1530	108	میوه تولیدی هر پایه (گرم) Produced fruit of individual (gr)

در جدول ۲، نتایج تحلیل همبستگی بین مقدار تولیدی هر پایه با مشخصه‌های مختلف درختچه قره‌قات آورده شده است. مقدار میوه تولیدی هر پایه با تمامی مشخصه‌های اندازه‌گیری همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و با مشخصه میانگین قطر تاج، بالاترین مقدار همبستگی مشاهده شد. به‌منظور برآزش مدل مناسب برای تخمین مقدار میوه تولیدی، تجزیه واریانس انجام شد (جدول ۳). نتایج تحلیل رگرسیون در جدول ۴ آورده شد.

جدول ۲- نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین مقدار تولیدی هر پایه با مشخصه‌های مختلف درختچه قره‌قات

Table 2. Results of Pearson correlation between fruit production with other characteristics of reddish blackberry

ارتفاع درختچه (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد جست Number of sprout	میانگین قطر تاج (سانتی‌متر) Average crown diameter (cm)	قطر کوچک تاج (سانتی‌متر) Small crown diameter (cm)	قطر بزرگ تاج (سانتی‌متر) Large crown diameter (cm)	همبستگی
0.47 **	0.698**	0.767 **	0.76 **	0.706**	میوه تولیدی هر پایه (گرم) Produced fruit of individual (gr)

** Significant at 0.01 Level

** همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس مقدار میوه تولیدی با مشخصه میانگین قطر تاج

معنی داری Sig.	F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	منبع تغییرات Model
0.000	65.58	3092852.26	1	3092852.26	رگرسیون Regression
		47161.64	46	2169417.15	باقی مانده Residual
			47	5662269.42	مجموع Sum

جدول ۴- تحلیل رگرسیون میوه تولیدی با مشخصه میانگین قطر تاج

Table 4. Regression analysis of produced fruit with average crown diameter

معنی داری Sig.	t	ضرایب استاندارد نشده		مدل Model
		standardized Coefficients بتا Beta	Unstandardized Coefficients خطای استاندارد Std. Error بتا Beta	
0.001	-3.55		102.57	ضریب ثابت Constant
0.000	8.09	0.767	65.04	میانگین قطر تاج Average crown diameter

$Y = -364.04 + 526.76 (\text{Average Crown diameter}), r^2=0.588$

درختی زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و گونه علفی گلپر (*Heracleum persicum*) دیده شد (شکل ۵). بر طبق نتایج آماربرداری، گونه‌های دیگری با قابلیت تولید میوه از قبیل آلوچه جنگلی، ازگیل، تمشک، زالاک، زغال‌اخته، زرشک، سیب، گردو، گلابی و نسترن وحشی مشاهده شد.

طبق مشاهدات میدانی مشخص شد که قره‌قات در تمام نقاط جنگل حضور پیدا نمی‌کند. با توجه به پراکنش کم در سطح جنگل، تنها در تعداد کمی از تیپ‌ها حضور داشت. مقدار همبستگی دورشته‌ای نقطه‌ای پایین (۰/۰۹) نشان داد که در تیپ‌های کمتری وجود داشت. این گونه در تیپ بلوط ممرزستان و بلوط افرا ونستان مشاهده شد. قره‌قات عمدتاً با گونه



شکل ۵- همراهی گونه زبان گنجشک (سمت راست) و گلپر (سمت چپ) با قره‌قات در جنگل‌های ارسباران
 Figure 5. Association of ash (*Fraxinus excelsior*- right side) and Persian hogweed (*Heracleum persicum* -left side) with reddish blackberry in Arasbaran forests

ریال در سال ۱۳۹۶ بود. میانگین ارزش اقتصادی برداشت و فروش سالانه قره‌قات برای هر خانوار به‌طور متوسط ۶۰۷۸ هزار ریال بود (جدول ۵). نتایج مصاحبه با مردم محلی نشان داد که فروش این محصول در روستا انجام می‌شود. مهم‌ترین دلیل این امر، حجم کم محصول و قیمت بالای آن بوده که افراد زیادی برای این محصول تقاضا ندارند.

بخش اقتصادی اجتماعی

نتایج نشان داد که مهم‌ترین مصرف دارویی قره‌قات، مربوط به میوه آن بوده که برای درمان فشار خون توسط مردم محلی استفاده می‌شود. بر طبق مشاهدات میدانی، حدود ۳۲ خانوار از این محصول در روستای کلاسور منطقه ارسباران استفاده می‌کردند و هر خانوار به‌طور متوسط، ۱۲ کیلوگرم از میوه خام این محصول برداشت می‌کردند. قیمت میوه خام قره‌قات ۵۰۰ هزار

جدول ۵- وضعیت برداشت، مصرف و فروش میوه قره‌قات توسط کل خانوارها در منطقه مورد بررسی در سال ۱۳۹۶

Table 5. Situation of collection, consumption, and selling of reddish blackberry fruit by household in Study area at 2017

ارزش اقتصادی برداشت به میلیون ریال	قیمت میوه فرآوری شده (هزار ریال در کیلوگرم)	قیمت میوه خام (هزار ریال در کیلوگرم)	مقدار فروش (کیلوگرم)	مقدار فروش خام (کیلوگرم)	مقدار مصرف فرآوری شده (کیلوگرم)	مقدار برداشت توسط کل خانوارها (کیلوگرم)	تعداد خانوارهای بهره‌بردار	مقدار برداشت
Economic value of harvesting (million Rials)	Price of processed fruit (thousand Rials per Kg)	Price of raw fruit (thousand Rials per Kg)	Amount of processed selling (Kg)	Amount of raw selling (Kg)	Amount of consumption of processed fruit (Kg)	Amount of collected fruits by HH (Kg)	Number of households	مقدار برداشت
192	2500	500	45	134	6	384	32	کل خانوارها Total households
6	2500	500	1.4	4.18	0.187	12	-	یک خانوار One household

(شکل ۶). میوه قره‌قات بعد از خشک شدن حدود ۸۰ درصد از وزن خود را از دست می‌دهد. نتایج نشان داد که میوه فرآوری شده حدود پنج برابر میوه خام قیمت دارد و از طرفی از هر ۵ کیلوگرم میوه خام، ۱ کیلوگرم میوه فرآوری شده ایجاد می‌شود. از قره‌قات خشک شده در تهیه چای استفاده می‌شود.



شکل ۶- فرآوری میوه قره‌قات

Figure 6. Processing of reddish blackberry fruit

پژوهش‌های مختلف به وجود همبستگی بین مشخصه‌های مختلف درخت در مقدار تولید میوه تأکید شده است. با توجه به نتایج، می‌توان از مشخصه قطر تاج هم در برآورد میوه تولیدی منطقه استفاده کرد و همچنین به‌عنوان عامل مهم و تعیین کننده انتخاب در کارهای مدیریتی و انجام عملیات جنگل‌شناسی و پرورشی استفاده کرد. بنابراین می‌توان به جای در نظر گرفتن تمام عوامل در انتخاب یک پایه، یک عامل مهم و تأثیرگذار را در نظر گرفت تا توده بهتر مدیریت شود که (Walder and Walder 2007) و Homczinski et al. (2017) نیز در مطالعه خودشان به عامل همبستگی بین مشخصه‌ها به‌عنوان یک عامل مهم و ساده در

بحث

قره‌قات یکی از گونه‌های منحصر به فرد و مهم منطقه ارسباران از نظر اکولوژیکی و اقتصادی بوده که نیازمند توجه ویژه در برنامه‌های اصلاحی و مدیریتی است. از این رو در این پژوهش به بررسی مشخصه‌های اکولوژیکی و اقتصادی از قبیل وضعیت تولید، همبستگی بین مشخصه‌های تولیدی با مقدار میوه تولیدی، وضعیت فروش و فرآوری این میوه توسط خانوارها پرداخته شد. نتایج نشان داد که بین قطر تاج با مقدار میوه تولیدی همبستگی مثبت و بیشتری نسبت به دیگر مشخصه‌ها وجود دارد. اگرچه بین مشخصه‌های مختلف درخت، همبستگی وجود دارد، اما در

افزایش ساختار جنگل اشاره کردند. همچنین با در نظر گرفتن یک مشخصه برای انتخاب پایه‌ها، هزینه‌های عملیات پرورشی کاهش یابد و از طرفی مقدار میوه تولیدی توسط توده، برای استفاده جنگل‌نشینان افزایش یابد. زمانی که توده از حالت بکر و طبیعی به وضعیت مدیریت شده سوق داده می‌شود ممکن است عوامل مختلفی برای مدیریت بهتر این توده‌ها در نظر گرفته شوند و با انجام چنین پژوهش‌هایی، بعد از تعیین مقدار همبستگی بین مشخصه‌ها، مشخصه‌ای در نظر گرفته شود که با مشخصه مورد نظر ما برای مدیریت بهتر و راحت‌تر توده، همبستگی مثبت و بیشتری داشته باشد.

میانگین ارزش اقتصادی برداشت قره‌قات نشان داد که هر خانوار به‌طور متوسط سالانه ۶ میلیون ریال درآمد از محل برداشت قره‌قات داشت. این مقدار درآمد تنها ناشی از برداشت یک محصول است که می‌تواند با برداشت گونه‌های دیگر، مقدار درآمد خانوارها افزایش پیدا کند. (Keyvan Behju et al., 2017) نشان دادند که میانگین درآمد سالانه خانوارها بین ۱۲۵۰ تا ۵۰ میلیون ریال از محل برداشت ازگیل است که تا حدودی قابل مقایسه با درآمد ایجادشده از قره‌قات در منطقه ارسباران است (Keyvan Behju et al., 2017). همچنین در پژوهش دیگری (Keyvan Behju and Ghanbari, 2017) نشان دادند که اندازه درآمد سالانه خانوارها از برداشت فندق حدود ۱۹ میلیون ریال بود که در مقایسه با درآمد ناشی از برداشت قره‌قات، درآمد قابل ملاحظه‌ای است. دلیل بالا بودن درآمد از محل برداشت فندق به دلیل تراکم بالای پایه‌های فندق و مقدار تولید بالا در واحد سطح است. علاوه بر تولید بالقوه، انجام فرآوری روی میوه‌های برداشت شده می‌تواند ارزش افزوده این محصولات و درآمد خانوارها را به مقدار قابل توجهی

افزایش دهد. این نتیجه در پژوهش‌های دیگر نیز تأیید شده است که ارزش افزوده این محصول و محصولات مشابه می‌تواند با فرآوری‌هایی مثل خشک کردن، پاک کردن و بسته‌بندی افزایش یابد و درآمد مردم محلی را چند برابر کند (Stoian, 2005, Shackleton and Pandey, 2014). البته در پژوهش دیگری به بالا بودن هزینه فرآوری برخی از محصولات اشاره شده است. با توجه به اینکه، فرآوری این محصول نیاز به تجهیزات پیشرفته برای فرآوری، تبلیغات و حمل و نقل دارد، این امر موجب افزایش هزینه‌های فرآوری می‌شود، به همین دلیل، فروش خام برخی محصولات سودآورتر از فرآوری شده است (Avocèvou-Ayisso et al., 2009). بر طبق نتایج این پژوهش، میوه فرآوری شده قره‌قات حدود پنج برابر میوه خام قیمت دارد و از طرفی از هر پنج کیلوگرم میوه خام، یک کیلوگرم میوه فرآوری شده ایجاد می‌شود. یعنی فرآوری با عملیات خشک کردن، عملاً ارزش افزوده زیادی ایجاد نمی‌شود، تنها ماندگاری و فروش این محصول را تسهیل می‌کند. می‌توان ارزش افزوده این محصول را با فرآوری‌های دیگری از قبیل بسته‌بندی، ایجاد بازار فروش و غیره ایجاد کرد. امروزه، فرآوری میوه قره‌قات به‌صورت کاملاً سنتی و به روشهای قدیمی خشک کردن و پاک کردن انجام می‌شود. دلیل این امر کم بودن مقدار میوه برداشتی از جنگل است. یکی از روشهایی که می‌تواند بازار این محصولات را باثبات کند، کشت متمرکز و وسیع این محصولات است. کاشت متمرکز و مدیریت بهتر، عرضه مداوم محصولات باکیفیت و مرغوب را افزایش می‌دهد که این امر به عنوان پیش‌نیازی برای تجارت پایدار این محصولات است. کاشت متمرکز، هزینه برداشت را نیز کاهش می‌دهد. البته، برای برخی از محصولات نیز به دلیل کاهش تقاضا امکان توسعه بازار نیست. زیرا

دارد. سیاه‌گیله (*Vaccinium angustifolium*) یکی از مهم‌ترین محصولات غیرچوبی تجاری آمریکا برای استفاده‌های دارویی و تغذیه‌ای است (Alexander et al., 2011). گونه سیاه‌گیله در جنگل‌های ایران نیز یافت می‌شود، می‌توان تشابه بین این گونه با گونه موجود در ایران را پژوهش کرده و در صورت امکان وارد بازار کرد. یکی از دلایل وجود این محصول در بازارهای آمریکا، افزایش اطلاعات مردم درباره فواید دارویی و غذایی این محصول بوده است. برای دیگر گونه‌های موجود در جنگل‌های ارسباران و ایران نیز می‌توان پتانسیل‌های مشابهی را یافت و در بازارهای ملی و بین‌المللی تجارت کرد. البته نگرانی ناشی از افزایش برداشت و نهایتاً برداشت بی‌رویه در صورت ایجاد بازارهای جدید نیز وجود دارد. نتایج نشان داد که بازار این محصولات گسترده نیست و نبود بازار سبب از بین رفتن انگیزه برداشت شده است. نبود بازار و اطلاعات کم بازاررسانی بهره‌برداران از یک طرف و تعداد کم واسطه‌ها از طرف دیگر، قدرت چانه‌زنی بهره‌برداران را کاهش می‌دهد (Belcher et al., 2005). این وضعیت فرصت‌طلبی واسطه‌ها را افزایش داده و با قیمت خیلی پایینی این محصول را از بهره‌برداران خریداری می‌کنند. بنابراین، توسعه بازارها و تجاری‌سازی محصولات غیرچوبی در یک راه سالم زیست‌محیطی به عنوان راهی برای بهبود معیشت روستایی بیان می‌شود (Belcher et al., 2005, Fu et al., 2009).

بنابراین در پژوهش‌های آتی می‌توان برای کاهش هزینه و وقت، به جای استفاده از تمامی مشخصه‌ها در پژوهش‌ها و مسائل مدیریتی، از صفاتی که دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار میوه تولیدی دارا هستند، استفاده کرد. با مشخص شدن مقدار همبستگی و کاربرد آن در برای کاهش مقدار هزینه، اهمیت این

برخی از محصولات مرحله توسعه خود را گذرانده باشند و به مرحله رکود و افول رسیده باشند. کائوچوی طبیعی در برزیل و لاک در هند نمونه‌ای از این محصولات هستند. به مرور زمان لاک هندی مورداستفاده در ساخت گرامافون با مواد مصنوعی جایگزین شد و کائوچوی طبیعی با کائوچوی تولیدی در مزارع و مواد مصنوعی جایگزین شده است که موجب از رونق افتادن بازار و کاهش تقاضا این محصولات شده است (Kengen, 1997). در صورت توسعه بازارها، قیمت محصول افزایش پیدا می‌کند، از طرفی چون برداشت از منابع مشترک بوده و دسترسی برای همه افراد آزاد است، این امر می‌تواند منجر به تخریب منابع شود. کاهش اثرهای تخریبی می‌تواند تا حدودی با تشکیل تعاونی‌های بهره‌برداری کمتر شود. بنابراین، باید در ایجاد کارگاه‌های فرآوری، ارزیابی‌های دقیق قبلی از پتانسیل گونه‌های مورد نظر انجام شود تا در آخر منجر به تخریب توده‌های موجود نشود. همانگونه که Shrestha and Dhillion (2003) بیان کردند برای راه‌اندازی کارگاه‌های فرآوری، ارزیابی از وضعیت کمی منابع، عملکرد تولید، روش‌های پایدار برداشت، امکانات اهلی کردن و ارزش بازاری این گونه‌ها لازم است. این منطقه رویشگاه گونه‌های گیاهی باارزشی چون قره‌قات، سرخدار و دیگر گیاهان دارویی است. می‌توان با توسعه کشت این محصولات، مواد اولیه این کارگاه‌ها را نیز تامین کرد. در حال حاضر بحث بهره‌برداری صنعتی از گیاهان دارویی منطقه ارسباران طرفداران چندانی ندارد. Shrestha and Dhillion (2003) نبود دانش کافی از فراوانی جمعیت این گیاهان و نحوه استفاده از این محصولات را به عنوان یک مانع توسعه بهره‌برداری از گیاهان دارویی مطرح می‌کند (Shrestha and Dhillion, 2003). این کمبودها در منطقه مورد بررسی نیز وجود

محل رشد آنها در جنگل به صورت محدود پرورش داده می‌شود، ولی می‌توان در مناطق دیگر همین شرایط مشابه را ایجاد کرد تا بتوان بهتر از پتانسیل این گونه استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود به منظور استفاده بهینه از این گونه و جلوگیری از انقراض آن، قره‌قات را در سطح وسیعتر در شرایط مورد نیاز کشت کرد. علاوه بر این، پژوهش‌های دیگری لازم است تا بتوان میوه قره‌قات را بعد از کشت در سطح وسیعتر وارد بازارهای ملی و بین‌المللی کرد.

References

- Abe, R.; Ohtani, K., An ethnobotanical study of medicinal plants and traditional therapies on Batan Island, the Philippines. *Journal of Ethnopharmacology* **2013**, *145* (2), 554-565.
- Adibi, F.; Ejtehadi, H., Population ecology of *Ribes khorasanicum* an endemic plant species to north of Khorasan, Iran. *Journal of Biology* **2009**, *3*, 748-759. (In Persian)
- Akhavan, R.; Sagheb-Talebi, K.; Zenner, E.; Safavimanesh, F., Spatial patterns in different forest development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. *European Journal of Forest Research* **2012**, *131* (5), 1355-1366.
- Alexander, S. J.; Oswalt, S. N.; Emery, M. R., Nontimber forest products in the United States: Montreal process indicators as measures of current conditions and sustainability. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-851. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 36 p* **2011**, 851.
- Alijanpour, A., Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit as a non-timber forest product of Arasbaran biosphere reserve forests in Northwest of Iran. *Forestry Studies* **2017**, *67* (1), 72-85.
- Alijanpour, A., Quantitative analysis of fruit production of *Cornus mas* L. in Arasbaran forests. *Journal of Forest Research and Development* **2016**, *2* (1), 49-62. (In Persian)
- Avocèvou-Ayisso, C.; Sinsin, B.; Adégbidi, A.; Dossou, G.; Van Damme, P., Sustainable use of non-timber forest products: Impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest ecology and management* **2009**, *257* (9), 1930-1938.
- Babaei, H.; Gharehbagheri, A.; Eteraf Oskouei, T.; Delazar, A.; Asnaashari, S.; Bamdad Mogadam, S., Role of endothelium on Vasorelaxant effect of *Ribes biebersteinii* fruit total extract on rat isolated aorta. *Pharmaceutical Sciences* **2009**, *15* (2), 159-168.
- Belcher, B.; Ruíz-Pérez, M.; Achdiawan, R., Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: implications for livelihoods and conservation. *World development* **2005**, *33* (9), 1435-1452.
- Bihamta, M.; Zare Chahouki, A., *Principles of statistics for the natural resources science*. Tehran: Tehran University. 2008. (In Persian)
- Dash, M.; Behera, B., Determinants of household collection of non-timber forest products (NTFPs) and alternative livelihood activities in Similipal Tiger Reserve, India. *Forest Policy and Economics* **2016**, *73*, 215-228.
- Dejene, T.; Lemenih, M.; Bongers, F., Manage or convert *Boswellia* woodlands? Can frankincense production payoff? *Journal of arid environments* **2013**, *89*, 77-83.
- Delazar, A.; Khodaie, L.; Afshar, J.; Nahar, L.; Sarker, S., Isolation and free-radical-scavenging properties of cyanidin 3-O-glycosides from the fruits of *Ribes biebersteinii* Berl. *Acta Pharmaceutica* **2010**, *60* (1), 1.
- Dogra, R.; Sharma, S.; Sharma, D., Heritability estimates, correlation and path coefficient analysis for fruit yield in walnut (*Juglans*

- regia L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **2018**, 7 (2), 3707-3714.
- Emad, M.; Gheybi, F.; Rasouli, S. M.; Khanjanzadeh, R.; Mohammadi Jozani, S., *Medicinal plant of Ribes biberistentii*. Poone publication, 2013. P 40. (In Persian)
- Fu, Y.; Chen, J.; Guo, H.; Chen, A.; Cui, J.; Hu, H., The role of non-timber forest products during agroecosystem shift in Xishuangbanna, southwestern China. *Forest Policy and Economics* **2009**, 11 (1), 18-25.
- Ghanbari, S.; Vaezin, S. M. H.; Shamekhi, T.; Eastin, I. L., Market expansion's influence on the harvesting of non-wood forest products in the Arasbaran forests of Iran. *The Forestry Chronicle* **2014**, 90 (5), 599-604.
- Ghanbari, S.; Heshmatolvaezin S. M.; Shamekhi, T., Identification and economic prioritization of non-wood forest products of Arasbaran forests based on traditional harvest statistics (Case Study: Ilganachay Watershed). *Iranian Journal of Forest* **2017**, 9 (3), 411-425. (In Persian)
- Greene, S. M.; Hammett, A.; Kant, S., Non-timber forest products marketing systems and market players in Southwest Virginia: Crafts, medicinal and herbal, and specialty wood products. *Journal of Sustainable Forestry* **2000**, 11 (3), 19-39.
- Hamilton, A. C., Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity & Conservation* **2004**, 13 (8), 1477-1517.
- Heubach, K.; Wittig, R.; Nuppenau, E.-A.; Hahn, K., The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: A case study from northern Benin. *Ecological Economics* **2011**, 70 (11), 1991-2001.
- Homczinski, I.; Filho, A. F.; de Sousa Retslaff, F. A.; Dias, A. N.; Figueiredo, A. P. M.; Correa, A. J. M.; Lerner, J., Biometric characterization of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg. in an araucaria forest. *Acta Biológica Catarinense* **2017**, 4 (2), 91-99.
- Kainer, K. A.; Wadt, L. H.; Staudhammer, C. L., Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management* **2007**, 250 (3), 244-255.
- Kengen, S., *Forest valuation for decision-making: lessons of experience and proposals for improvement*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: 1997.
- Keyvan Behju, F.; Ghanbari, S., Economic Valuation of Non Wood Forest Products of Ardebil Fanduglu Forest (Hazelnut Fruit Production) and its Role in Household Economics. *Ecology of Iranian Forest* **2017**, 5 (9), 56-62. (In Persian)
- Keyvan Behju, F.; Ghanbari, S.; Moradi, G., Evaluation of the production and collection of cherry plum (*Prunus divaricata* Ledeb.) fruit and its role on forest dwellers income (case study: Rudsar, Gilan province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 25 (3), 528-539. (In Persian)
- Keyvan Behju, F.; Ghanbari, S.; Moradi, G., Study on production amount and importance of forest byproducts in forest household's income at Rudsar Guilan province, case study: Medlar (*Mespilus Germanica*) fruit. *Forest Research and Development* **2017**, 3 (2), 147-162. (In Persian)
- Lynch, K. A.; Jones, E. T.; McLain, R. J., *Nontimber forest product inventorying and monitoring in the United States: rationale and recommendations for a participatory approach*. Institute for Culture and Ecology United States: 2004. Malik, Z. A.; Bhat, J. A.; Ballabha, R.; Bussmann, R. W.; Bhatt, A., Ethnomedicinal plants traditionally used in health care practices by inhabitants of Western Himalaya. *Journal of Ethnopharmacology* **2015**, 172, 133-144.
- Quang, D. V.; Anh, T. N., Commercial collection of NTFPs and households living in or near the forests: Case study in Que, Con Cuong and Ma, Tuong Duong, Nghe An, Vietnam. *Ecological economics* **2006**, 60 (1), 65-74.
- Sagheb-Talebi, K.; Pourhashemi, M.; Sajedi, T., *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer: 2014.
- Sati, V. P., Cultivation of medicinal plants and its contribution to livelihood enhancement in the Indian Central Himalayan Region. *Advancement in Medicinal Plant Research* **2013**, 1 (2), 17-23.
- Shackleton, C. M.; Pandey, A. K., Positioning non-timber forest products on the development agenda. *Forest Policy and Economics* **2014**, 38, 1-7.
- Shackleton, S.; Gumbo, D., Contribution of non-wood forest products to livelihoods and poverty alleviation. *The dry forests and woodlands of Africa: Managing for products and services* **2010**, 4, 29.

- Shrestha, P. M.; Dhillon, S. S., Medicinal plant diversity and use in the highlands of Dolakha district, Nepal. *Journal of ethnopharmacology* **2003**, *86* (1), 81-96.
- Sinha, A.; Bawa, K. S., Harvesting techniques, hemiparasites and fruit production in two non-timber forest tree species in south India. *Forest Ecology and Management* **2002**, *168* (1-3), 289-300.
- Sorkheh, K.; Shiran, B.; Khodambashi, M.; Moradi, H.; Gradziel, T.; Martínez-Gómez, P., Correlations between quantitative tree and fruit almond traits and their implications for breeding. *Scientia Horticulturae* **2010**, *125* (3), 323-331.
- Stoian, D., Making the best of two worlds: rural and peri-urban livelihood options sustained by nontimber forest products from the Bolivian Amazon. *World Development* **2005**, *33* (9), 1473-1490.
- Timko, J.; Waeber, P.; Kozak, R., The socio-economic contribution of non-timber forest products to rural livelihoods in Sub-Saharan Africa: knowledge gaps and new directions. *International forestry review* **2010**, *12* (3), 284-294.
- Varma, S., Preliminary item statistics using point-biserial correlation and p-values. *Educational Data Systems Inc.: Morgan Hill CA. Retrieved* **2006**, *16* (07).
- Wälde, K.; Wälde, O., Analysing interaction effects in forests using the mark correlation function. *Forest* **2007**, *4* (4), 365-372.
- Yan, P.; Yang, J., Species diversity of urban forests in China. *Urban Forestry & Urban Greening* **2017**, *28*, 160-166.
- Zolfeghari, E.; Adeli, I.; Mozafarian, V.; Babaiy S.; Bibalani, H., Identification of Arasbaran medicinal plants and ethnobotanical study of rural people knowledge (Case Study: Arasbaran forest, Mardanaghom watershed). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* **2012**, *28* (3), 534-550. (In Persian)

Study on bio-economic aspects of reddish blackberry (*Ribes biberistentii* Berl. & DC) in Ilgeneh chay watershed of the Arasbaran forests

S. Ghanbari*

- Assistant professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (ghanbarisajad@gmail.com)

Received: 25.11.2019 Accepted: 24.03.2020

Abstract

The main objective of this research is to study fruit production of *Ribes biberistentii* (reddish blackberry) and its role on rural household's economy in Arasbaran region. This research was carried out using library references and field surveys in summer of 2017. Socio-economic data collected using questionnaire from 32 harvesters of Kalasur village in Ilgeneh chay watershed of Arasbaran. The collected data were about fruit price, type and method of processing, amount of harvest and consumption of raw and processed fruit, sales and marketing, and medicinal uses. Pearson correlation analysis was performed between different tree characteristics and fruit production. The results showed that the weight of 1000 fruit of reddish blackberry was 240 grams. Fruit production of this species had the highest and positive correlation with the average crown diameter (0.767) at 0.01 significant level. The results showed that its fruit had medicinal uses to treat high blood pressure by local peoples. Concerning the price of raw fruit and the amount of harvest, the economic value of fruit harvested for the entire households was 192 million rials in 2017. The average annual economic value of harvesting and selling of reddish blackberry for each household was about 6078 thousand rials.

Keywords: Arasbaran, Economic importance, Processing, *Ribes biberistentii* (reddish blackberry).

* Corresponding author

Tel: +984144232372

اثر غنی‌سازی بذر با عصاره جوانه نخود و لوبیا چشم‌بلبلی بر رشد و جوانه‌زنی کاج الدار و سرو زرین

آفاق تابنده ساروی*^۱، فاطمه صالح پور^۲، بهمن کیانی^۳ و آناهیتا رشتیان^۴

۱- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (Tabandeh@yazd.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (fatemeh.salehpour69@gmail.com)

۳- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (bnkiani@yazd.ac.ir)

۴- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (arashtian@yazd.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۰۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۸

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر عصاره جوانه نخود و لوبیا چشم‌بلبلی بر صفات جوانه‌زنی و رشد نونهال‌های دو گونه جنگلی کاج الدار و سرو زرین در شرایط آزمایشگاهی و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. اثر غلظت‌های مختلف عصاره‌ها بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، ضریب آلومتریک، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر استفاده از عصاره‌ها بر برخی از صفات رشد و جوانه‌زنی دو گونه معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی در گونه کاج الدار در غلظت ۲۰ درصد عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد. بیشترین مقدار بنیه بذر این گونه نیز با به-کارگیری عصاره ۲۰ درصد جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰ درصد جوانه نخود به‌دست آمد. همچنین بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در غلظت ۴۰ درصد عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و غلظت ۱۰ درصد عصاره جوانه نخود مشاهده شد. در گونه سرو زرین نیز کاربرد عصاره ۲۰ درصد جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و عصاره ۱۰ درصد جوانه نخود بیشترین درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر را ایجاد کرد. بیشترین طول ریشه‌چه در این گونه تحت تیمار عصاره ۳۰ درصد جوانه لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد. همچنین عصاره ۱۰ درصد جوانه نخود بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را نشان داد. در مجموع می‌توان گفت که عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی در هر دو گونه در مقایسه با عصاره جوانه نخود، نتیجه بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: جوانه نخود و لوبیا، صفات مورفولوژیک، محرک‌های زیستی، درصد جوانه‌زنی.

مقدمه

ترکیبات در طی فاز اولیه جوانه‌زنی در دسترس قرار می‌گیرند. دلیل احتمالی برای جوانه‌زنی بالاتر در تیمار غنی‌سازی می‌تواند ناشی از آب بیشتر کلئیدها، ویسکوزیته بالاتر و کشش پروتوپلاسم، افزایش مقدار مرز آب، کاهش بیش از حد آب، سیستم ریشه کارآمدتر (May, 1962) و افزایش فعالیت‌های متابولیک (Joseph, 1989) باشد. این امر ممکن است به علت افزایش فعالیت متابولیک منتج شده از جوانه‌زنی اولیه (Kamalam, 1991) نیز باشد.

غلات جوانه‌دار منبع خوبی از اسید آسکوربیک، ریوفلاوین، کولین، تیامین، توکوفرول و اسید پانتوتینیک هستند (Jayanthi, 2013). نخود طبیعی یک منبع عالی از آهن و مولیدن است. همچنین دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی نیز به‌عنوان یک منبع غنی از آهن و کلسیم به حساب می‌آید (Majnoon Hoseini, 2008). تیمار دانه‌ها به وسیله مواد مغذی قبل از کاشت، تأثیرات فیزیولوژیکی در بذرها ایجاد کرده و در نتیجه موجب بهبود جوانه‌زنی و بهره‌وری آن‌ها می‌شود (Natarajan, 2003). این درحالی است که استفاده بی‌وقفه و نامتناسب از کودهای شیمیایی در طی یک دوره زمانی طولانی منجر به افت کیفیت خاک و کاهش محصول شده است. در بسیاری از کشورهای درحال توسعه استفاده از محرک‌های زیستی ارگانیک به دو دلیل هزینه کمتر و کاهش آلودگی‌های زیست-محیطی می‌تواند یک جایگزین اقتصادی خوب برای روش‌های متداول باشد (Jayanthi, 2013).

از این‌رو این پژوهش با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و نخود بر شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رویشی نونهال‌های کاج الدار و سرو زربین انجام شد.

مواد و روش‌ها

کمبود مواد اولیه چوبی و نیاز به مصرف چوب سبب شده است که از گونه‌های تندرشد برای جنگلکاری استفاده شوند. در این بین سهم سوزنی‌برگان به دلیل تحمل شرایط اکولوژیکی مختلف، تولید چوب بیشتر و پتانسیل بالای مصرف آن در صنایع مختلف، در جنگلکاری‌های دنیا از اهمیت زیادی برخوردار است (Zare, 2001). کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) گونه‌ای است از خانواده Pinaceae که از گروه کاج‌های دو برگی به حساب می‌آید. درختی است روشنی‌پسند و کم نیاز که قادر به رشد در خاک‌های آهکی است. مقاوم به خشکی، سرما و گرما است (Djazirehe, 2010). در حدود چند دهه که از کشت آن در ایران می‌گذرد، در برابر شرایط نامساعد محیط سازش یافته و در نقاط مختلف مرطوب و نیمه-مرطوب و نیمه‌خشک به خوبی می‌روید (Sabeti, 2002).

سرو زربین (*Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis*) از خانواده Cupressaceae و یکی از هشت گونه سوزنی‌برگ بومی ایران و یکی از عناصر گیاهی شاخص اقلیم مدیترانه‌ای است (Tabari, 2007). این گونه دارای سیستم ریشه‌ای عمیق بوده و مقاومت خوبی نیز به خشکی و شرایط سخت دارد (Lambardi, 1998, Zare, 2001).

کندبودن جوانه‌زنی در گونه‌های گیاهی بر روی کیفیت و عملکرد نهایی تأثیر به‌سزایی دارد. پیش‌تیمار بذر به‌عنوان یک راهکار برای افزایش استقرار گیاهچه به‌ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است. بهسازی شرایط سبز شدن دانه با توجه به غنی‌سازی، می‌تواند به فعال‌سازی سلول‌ها نسبت داده شود که در نتیجه افزایش فعالیت میتوکندری منجر به تشکیل ترکیباتی با انرژی بالا و مولکول‌های زیستی حیاتی می‌شوند. این

مواد و طرح پژوهش

در این آزمایش اثر غلظت‌های مختلف عصاره جوانه دو گونه از حبوبات شامل نخود (*Cicer arietinum* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) در غنی‌سازی بذر دو گونه کاج الدار و سرو زربین در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

برای تهیه عصاره‌ها به‌عنوان تیمارهای پژوهش، دانه‌های نخود و لوبیا چشم‌بلبلی به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب آشامیدنی خیس‌انده و سپس بر روی بستر کاغذ صافی مرطوب کشت داده شدند. پس از آن ۱۰۰ گرم جوانه نخود و لوبیای چشم‌بلبلی به‌طور جداگانه در یک مخلوط‌کن با استفاده از ۱۰۰ میلی‌لیتر آب یخ در دمای پنج درجه سانتی‌گراد خرد شدند. این ماده از طریق یک کیسه پارچه‌ای، فشرده و عصاره با غلظت ۱۰۰ درصد از هر کدام به‌دست آمد (Jayanthi, 2013). هر یک از عصاره‌ها در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد تهیه شد و از آب مقطر نیز به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. ابتدا بذرهای توسط محلول هیپوکلرید سدیم پنج درصد به‌مدت دو دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد (Rahiminasab, 2017). سپس بذرهای هر گونه جداگانه در سایه درون لیوان‌های یکبار مصرف حاوی غلظت‌های مختلف هر عصاره به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. سپس بذرهای برای مدت ۲۴ ساعت بر روی کاغذ صافی در سایه خشک شدند و در گلدان‌هایی حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند (برای هر گونه ۳۶ گلدان). به‌طوری‌که در هر یک از تکرارهای آزمایش تعداد ۲۰ عدد بذر کاشته شد. آبیاری به‌صورت یک روز در میان انجام شد. بعد از گذشت هفت روز از زمان کشت، اولین جوانه‌ها مشاهده شدند. شمارش جوانه‌ها تا زمانی که به تعداد آنها

اضافه می‌شد، به‌طور مرتب ادامه یافت. نونهال‌ها به‌مدت تقریبی دو ماه مورد مراقبت قرار گرفتند.

جمع‌آوری داده‌ها

– درصد جوانه‌زنی: تعداد بذرهایی است که از یک جمعیت بذر تولید گیاهچه می‌کنند و بر حسب درصد بیان می‌شود (Mohammadi et al., 2011). برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد (Ramezani, 2009) که در آن GP درصد جوانه‌زنی، n: تعداد کل بذر جوانه‌زده در دوره آزمون و S تعداد کل بذرهای کاشته شده است.

$$\text{رابطه (۱)} \quad GP = 100 * (n/s)$$

– سرعت جوانه‌زنی: موفقیت در تولید محصول خوب علاوه بر درصد بالای جوانه‌زنی بذر بستگی به یکنواختی در رویش و سرعت استقرار گیاه در بستر خاک دارد. سرعت جوانه‌زنی مفهوم مهمی در بنیه بذر است و می‌تواند ارزیابی خوبی را از استقرار محصول داشته باشد (Izadi-Darbandi, 2012). برای تعیین سرعت جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد که در آن، GR، سرعت جوانه‌زنی، t_i ، تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی و n_i ، بذرهای جوانه‌زده در مدت t_i است (Ramezani, 2009).

$$\text{رابطه (۲)} \quad GR = \sum n_i / t_i$$

– بنیه بذر: صفتی که ارزیابی آن تابعی از مقدار جوانه‌زنی و دیگر صفات بذر مثل رشد گیاهچه است. بین بنیه بذر و استقرار گیاهچه که اولین مرحله اساسی و ضرورت توسعه گیاه در عرصه است، همبستگی زیادی وجود دارد زیرا بذر طی استقرار گیاهچه با شرایط طبیعی که گاه نامساعد است، روبروست (Tabari, 2007). بنیه بذر به روش (Abdul-Baki, 1973) با استفاده از فرمول زیر برآورد شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad V_i = \frac{GP \times MSH}{100}$$

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مورد بررسی روی صفات درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه و ضریب آلومتریک معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد است که البته تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. کمترین مقدار درصد جوانه‌زنی مربوط به عصاره جوانه نخود ۲۰ درصد بود. همچنین بین تیمارهای عصاره نخود ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. این درحالی است که در بقیه موارد نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). نتایج همچنین نشان داد که از نظر درصد نهال‌های خشک-شده بیشترین درصد مربوط به عصاره لوبیا ۴۰ درصد و کمترین مربوط به عصاره نخود ۴۰ درصد و لوبیا ۲۰ درصد بود (شکل ۲). در ارزیابی شاخص بنيه بذر به-عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت بذر با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین درصد مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و نخود ۱۰ درصد بود و بین عصاره نخود ۲۰ درصد و ۳۰ درصد نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳). نتایج همچنین نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به عصاره لوبیا ۴۰ درصد بود که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین آن مربوط به عصاره نخود ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد بود (شکل ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین ضریب آلومتریک مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۴۰ درصد و نخود ۲۰ درصد بود که اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند و کمترین مقدار آن نیز به عصاره جوانه نخود ۴۰ درصد مربوط بود (شکل ۵).

که در آن Vi بنيه بذر، GP درصد جوانه‌زنی و MSH میانگین طولی گیاهچه (طول ریشه‌چه + طول ساقه‌چه) است.

- طول، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: پس از گذشت دو ماه کلیه نونهال‌ها با احتیاط کامل به‌طوری-که به ریشه‌چه و ساقه‌چه آسیب نرسد از خاک خارج شدند. ریشه‌چه و ساقه‌چه از محل یقه جدا و طول‌شان با خط‌کش تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه هر کدام جداگانه با ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم اندازه‌گیری وزن شدند. برای به‌دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها به‌طور جداگانه در داخل دستگاه آون به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس مورد اندازه‌گیری وزن قرار گرفتند.

- ضریب آلومتریک: نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه است (Jaafarian jelodar and Rokh firouz, 2012). این ضریب با کاهش آب قابل استفاده برای گیاه در ارتباط است و نمایانگر نوعی از تحمل به خشکی است. این نسبت اگرچه تحت کنترل ژنتیکی است ولی به‌طور شدیدی تحت تأثیر محیط نیز است (Hosseini, 2008).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کلموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. سپس ابتدا تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شد و بعد برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل بر روی گونه کاج الدار

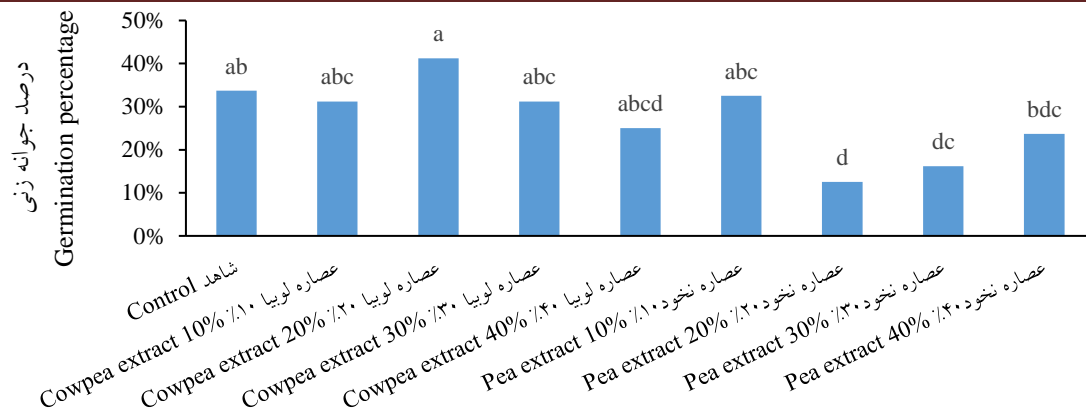
جدول ۱- تجزیه و تحلیل واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی روی گونه کاج الدار

Table 1. Variances analysis of studied treatments effect on *Pinus eldarica*

P	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منابع تغییر Variation source	صفات Traits
0.023*	2.78	0.026	0.213	8	1	درصد جوانه‌زنی
-	-	0.009	0.240	25	2	Germination percentage
0.054 ^{ns}	2.28	0.091	0.729	8	1	درصد نهال‌های خشک شده
-	-	0.039	0.998	25	2	Dead seedling percentage
0.143 ^{ns}	1.72	8.303	66.428	8	1	سرعت جوانه‌زنی
		4.829	120.735	25	2	Germination rate
0.082 ^{ns}	2.04	0.060	0.480	8	1	شاخص بنیه بذر
-	-	0.029	0.733	25	2	Seed vigor index
0.353 ^{ns}	1.17	50.979	407.834	8	1	طول ساقچه (میلی‌متر)
-	-	43.496	1087.422	25	2	Shoot length (mm)
0.317 ^{ns}	1.24	217.377	1739.016	8	1	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)
-	-	175.221	4380.527	25	2	Radicle length (mm)
0.572 ^{ns}	0.85	397.723	3181.786	8	1	وزن تر ساقچه‌چه (گرم)
-	-	470.247	11756.187	25	2	Shoot fresh weight (gr)
0.112 ^{ns}	1.86	174.579	1396.635	8	1	وزن تر ریشه‌چه (گرم)
-	-	93.948	2348.707	25	2	Radicle fresh weight (gr)
0.393 ^{ns}	1.10	11.395	91.161	8	1	وزن خشک ساقچه‌چه (گرم)
-	-	10.317	257.938	25	2	Shoot dry weight (gr)
0.010**	3.28	2.654	21.234	8	1	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)
-	-	0.809	20.240	25	2	Radicle dry weight (gr)
0.009**	3.38	0.059	0.476	8	1	ضریب آلومتریک
-	-	0.017	0.440	25	2	Allometric index

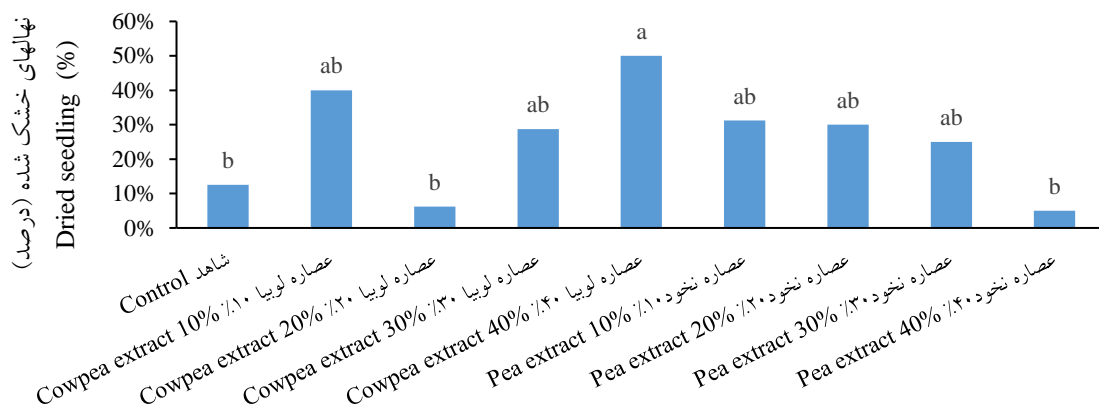
۱= تیمار، ۲= خطا، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی‌دار

1= Treatment, 2= Error, ** significant at $p<0.01$, *significant at $p<0.05$, ^{ns} non-significant



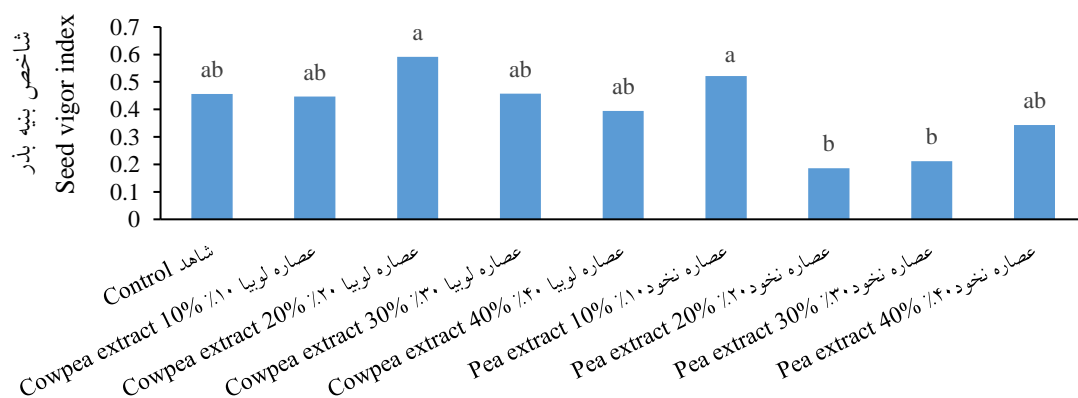
شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر درصد جوانه‌زنی گونه کاج الدار

Figure 1. Mean comparison of studied treatments effect on germination percentage of *Pinus eldarica*



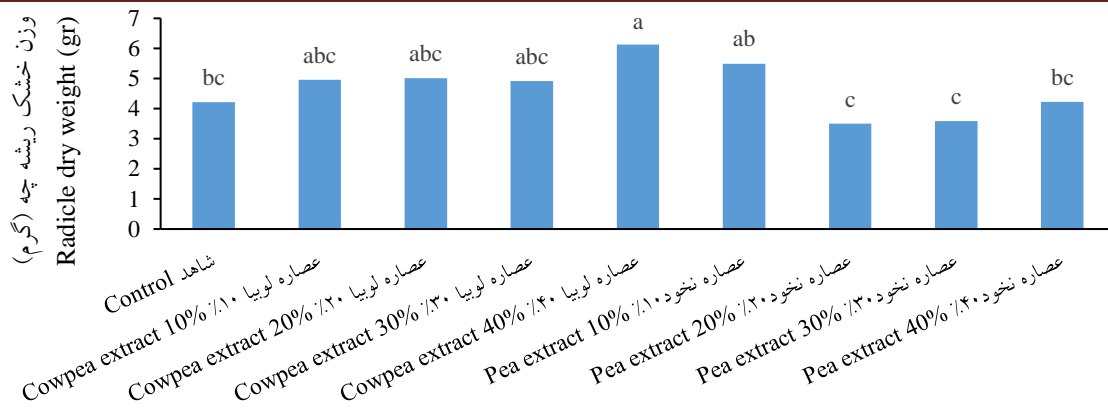
شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر درصد نهال‌های خشک شده گونه کاج الدار

Figure 2. Mean comparison of studied treatments effect on dead seedling percentage of *P. eldarica*

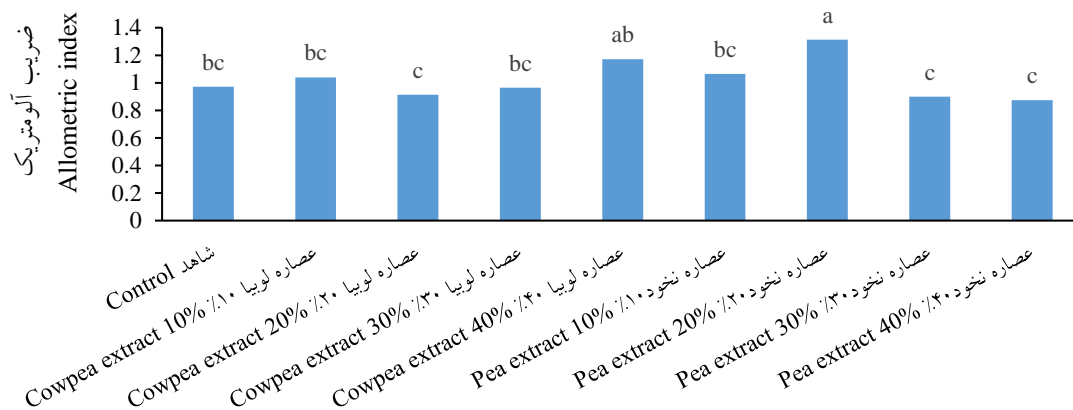


شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر شاخص بنيه بذر گونه کاج الدار

Figure 3. Mean comparison of studied treatments effect on seed vigor index of *P. eldarica*



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر وزن خشک ریشه‌چه گونه کاج الدار
Figure 4. Mean comparison of studied treatments effect on radicle dry weight of *P. eldarica*



شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر ضریب آلومتریک گونه کاج الدار
Figure 5. Mean comparison of studied treatments effect on allometric index of *P. eldarica*

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که اثر تیمار بر روی صفات بنیه بذر و وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج تجزیه و تحلیل بر روی گونه سرو زربین

جدول ۲- تجزیه و تحلیل واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی روی گونه سرو زربین

Table 2. Variances analysis of studied treatments effect on *Cupressus sempervirens* var *horizontalis*

P	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منابع تغییر Variation source	صفات Traits
0.052 ^{ns}	2.29	0.023	0.190	8	1	درصد جوانه‌زنی
-	-	0.010	0.270	26	2	Germination percentage
0.759 ^{ns}	0.61	0.026	0.208	8	1	درصد نهال‌های خشک شده
-	-	0.042	1.104	26	2	Dead seedling percentage

۱= تیمار، ۲= خطا، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی‌دار

1= Treatment, 2= Error, ** significant at $p<0.01$, *significant at $p<0.05$, ^{ns} non-significant

ادامه جدول ۲.

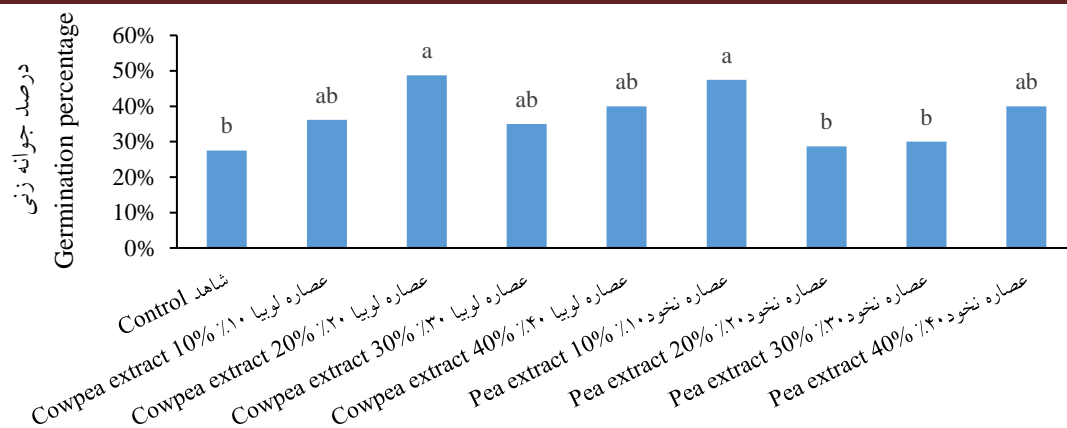
Continued table 2.

P	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منابع تغییر Variation source	صفات Traits
0.145 ^{ns}	1.70	5.465	43.720	8	1	سرعت جوانه زنی
-	-	3.214	83.587	26	2	Germination rate
0.034*	2.54	0.033	0.268	8	1	شاخص بنیه بذر
-	-	0.013	0.343	26	2	Seed vigor index
0.917 ^{ns}	0.39	7.612	60.898	8	1	طول ساقه چه (میلی متر)
-	-	19.604	509.709	26	2	Shoot length (mm)
0.087 ^{ns}	2.00	237.946	1903.572	8	1	طول ریشه چه (میلی متر)
-	-	119.162	3098.227	26	2	Radicle length (mm)
0.482 ^{ns}	0.97	23.197	185.546	8	1	وزن تر ساقه چه (گرم)
-	-	23.996	623.921	26	2	Shoot fresh weight (gr)
0.523 ^{ns}	0.91	8.941	71.531	8	1	وزن تر ریشه چه (گرم)
-	-	9.822	255.375	26	2	Radicle fresh weight (gr)
0.119 ^{ns}	1.81	0.754	5.963	8	1	وزن خشک ساقه چه (گرم)
-	-	0.410	10.682	26	2	Shoot dry weight (gr)
0.043*	2.40	0.224	1.795	8	1	وزن خشک ریشه چه (گرم)
-	-	0.093	2.428	26	2	Radicle dry weight (gr)
0.094 ^{ns}	1.95	0.141	1.133	8	1	ضریب آلومتریکی
-	-	0.072	1.888	26	2	Allometric index

۱= تیمار، ۲= خطا، ** معنی دار در سطح ۱ درصد، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی دار1= Treatment, 2= Error, ** significant at p<0.01, *significant at p<0.05, ^{ns} non-significant

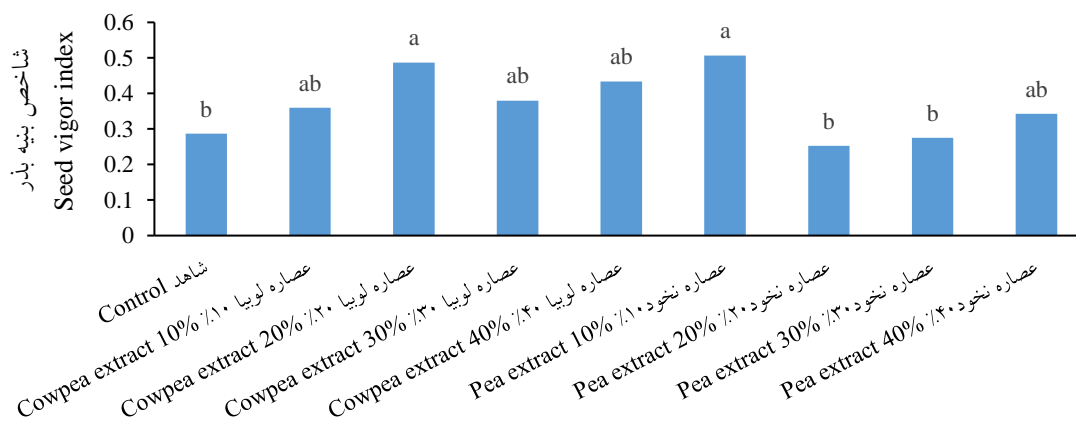
طور معنی داری این صفت را افزایش دادند (شکل ۷). از نظر طول ریشه چه نیز بیشترین مقدار مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۳۰ درصد بود و کمترین آن مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد بود (شکل ۸). نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه چه مربوط به عصاره جوانه نخود ۱۰ درصد و کمترین آن مربوط به عصاره جوانه نخود ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد بود (شکل ۹).

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین درصد جوانه زنی مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و نخود ۱۰ درصد بود. تمامی غلظت های مورد بررسی عصاره جوانه لوبیا و غلظت ۱۰ درصد عصاره جوانه نخود توانستند درصد جوانه زنی را نسبت به شاهد بهبود دهند (شکل ۶). نتایج همچنین نشان داد که در ارزیابی شاخص بنیه بذر به عنوان یکی از شاخص های کیفیت بذر، عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و عصاره نخود ۱۰ درصد نسبت به شاهد به-



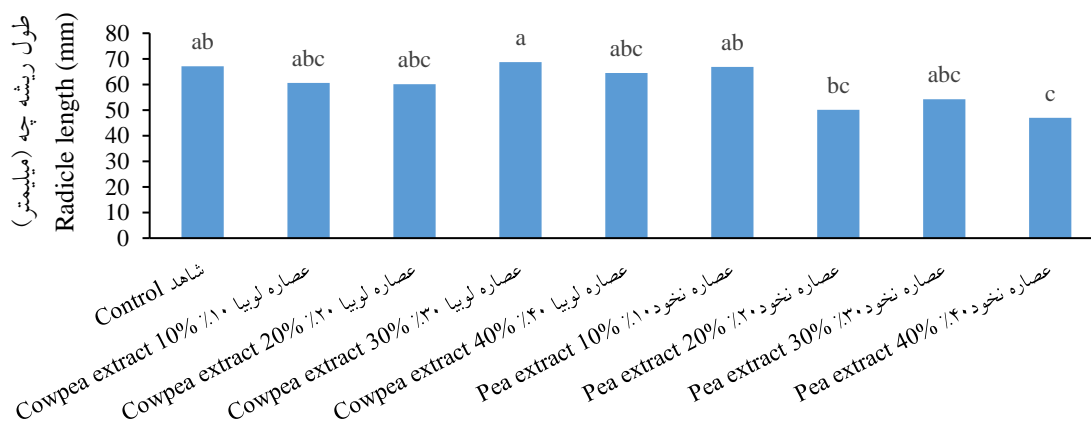
شکل ۶- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر درصد جوانه‌زنی گونه سرو زربین

Figure 6. Mean comparison of studied treatments effect on germination percentage of *C. sempervirens* var *horizontalis*



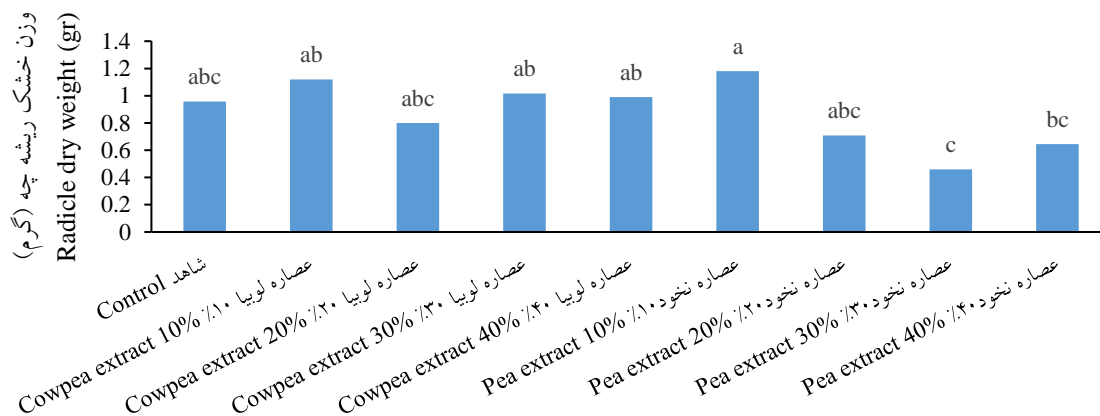
شکل ۷- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر بینه بذرگونه سرو زربین

Figure 7. Mean comparison of studied treatments effect on seed vigor index of *C. sempervirens* var *horizontalis*



شکل ۸- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر طول ریشه‌چه گونه سرو زربین

Figure 8. Mean comparison of studied treatments effect on radicle length of *C. sempervirens* var *horizontalis*



شکل ۹- نمودار مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر وزن خشک ریشه‌چه گونه سرو زربین

Figure 9. Mean comparison of studied treatments effect on radicle dry weight of *C. sempervirens* var *horizontalis*

نتایج نشان داد که عصاره جوانه نخود ۴۰ درصد از نظر وزن خشک ریشه‌چه نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد. (Jayanthi (2013 نیز نشان دادند عصاره جوانه نخود ۳ درصد، بیشترین عملکرد را نسبت به شاهد در گونه برنج دارد.

نتایج همچنین نشان داد که عصاره جوانه نخود ۲۰ درصد ضریب آلومتریکی را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داد. این نتیجه با نتیجه (Avazpour jalali (2017 که نشان دادند عصاره نخود ۲۰ درصد سبب افزایش ضریب آلومتریکی در گیاه شیرین بیان شده است، مطابقت دارد.

تأثیر دو نوع محرک زیستی مورد بررسی بر صفات مورد بررسی گونه سرو زربین

نتایج آزمایش‌های مربوط به اثر کاربرد دو نوع محرک زیستی بر درصد جوانه‌زنی گونه سرو زربین نشان داد که بین تیمارهای عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و نخود ۱۰ درصد از نظر درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و کمترین آن مربوط به شاهد بود. این نتیجه با نتیجه (Mbi, 2016) که نشان دادند با استفاده از روغن نخل

بحث

تأثیر دو نوع محرک زیستی مورد استفاده بر صفات مورد بررسی گونه کاج‌الدار

نتایج آزمایش‌های مربوط به اثر کاربرد دو نوع محرک زیستی بر درصد جوانه‌زنی گونه کاج‌الدار نشان داد که عصاره جوانه نخود سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و عصاره لوبیا ۲۰ درصد سبب افزایش آن شد. این نتیجه با نتیجه (Avazpour Jalali (2017 که نشان دادند عصاره جوانه نخود سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در گیاه شیرین بیان شد و عصاره جوانه لوبیا سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه کرفس‌کوهی شد، مطابقت دارد.

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد و عصاره جوانه نخود ۱۰ درصد در صفت بنیه بذر نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد بود. در این راستا (Pulok, 2015) نیز توانستند با استفاده از عصاره برگ تمبر هندی در گونه عدس سبب افزایش شاخص قدرت بذر (بنیه بذر) شوند.

سبب کاهش ضریب آلومتریکی در گیاه کرفس کوهی می‌شود، مطابقت دارد.

این پژوهش نشان داد که از بین غلظت‌های عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی، غلظت ۲۰ درصد و بعد از آن غلظت ۱۰ درصد مناسب‌ترین غلظت‌ها بودند. همچنین غلظت ۱۰ درصد و بعد از آن غلظت ۲۰ درصد عصاره جوانه نخود مناسب‌ترین غلظت‌ها بودند. در واقع به‌نظر می‌رسد در غلظت‌های بالا به-ویژه در مورد عصاره جوانه نخود تا حدودی اثر بازدارندگی وجود دارد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش کاربرد عصاره جوانه نخود و عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی در غلظت‌های به‌کار رفته در این آزمایش نتایج متفاوتی در هر گونه از خود نشان دادند. به‌طوری که طبق نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین درصد جوانه‌زنی در گونه کاج الدار در غلظت ۲۰ درصد عصاره جوانه لوبیا چشم-بلبلی مشاهده شد. بیشترین مقدار بنیه بذر این گونه نیز با به‌کارگیری عصاره ۲۰ درصد جوانه لوبیا چشم-بلبلی و ۱۰ درصد جوانه نخود به‌دست آمد. همچنین بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در غلظت ۴۰ درصد عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و غلظت ۱۰ درصد عصاره جوانه نخود مشاهده شد. اما عصاره جوانه نخود درصد جوانه‌زنی این گونه را کاهش داد. بیشترین ضریب آلومتریکی در گونه کاج الدار در غلظت ۴۰ درصد عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۰ درصد عصاره جوانه نخود به‌دست آمد. در گونه سرو زربین نیز کاربرد عصاره ۲۰ درصد جوانه لوبیا چشم-بلبلی و عصاره ۱۰ درصد جوانه نخود بیشترین درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر را ایجاد کرد. بیشترین طول ریشه‌چه در این گونه تحت تیمار عصاره ۳۰ درصد جوانه لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد. همچنین عصاره

دورگه، می‌توان به افزایش جوانه‌زنی بذر رزماری کمک کرد، مطابقت دارد. همچنین (Pulok, 2015) نشان دادند آبلیمو و عصاره برگ تمبر هندی سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در عدس می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین درصد بنیه بذر مربوط به عصاره جوانه نخود ۱۰ درصد و سپس عصاره جوانه لوبیا ۲۰ درصد بود. در پژوهش (Jayanthi, 2013) از عصاره جوانه نخود و لوبیا چشم‌بلبلی با غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ درصد استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که عصاره ۲ درصد جوانه ویژگی‌های کیفی گونه برنج را افزایش می‌دهد.

نتایج نشان داد که بین عصاره جوانه نخود ۴۰ درصد در طول ریشه‌چه نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد. ولی بیشترین درصد مربوط به عصاره جوانه لوبیا ۳۰ درصد بود. این نتیجه با نتیجه (Avazpour Jalali (2017) که نشان دادند عصاره جوانه نخود سبب کاهش طول ریشه‌چه در گیاه شیرین‌بیان شد و همچنین اثر عصاره جوانه لوبیا بر صفات جوانه‌زنی به جز ضریب آلومتریکی نتیجه بهتری داشت، مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به عصاره ۱۰ درصد جوانه نخود بود. این نتیجه با نتیجه (Jayanthi, 2013) که نشان دادند تولید ماده خشک برنج با غلظت ۲ درصد عصاره جوانه نخود ارتباط معنی‌داری دارد، مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین ضریب آلومتریکی مربوط به عصاره لوبیا ۳۰ درصد بود. همچنین عصاره جوانه نخود ۴۰ درصد نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری به‌وجود آورد و عصاره‌های جوانه نخود سبب کاهش ضریب آلومتریکی شدند. این نتیجه با Avazpour Jalali (2017) که نشان دادند عصاره جوانه نخود

از آنجا که غنی‌سازی بذر درختان جنگلی با کودهای آلی و شیمیایی تأثیرات زیان‌آوری بر اکوسیستم دارد، کاربرد عصاره‌های جوانه نخود و لوبیا چشم‌بلبلی می‌تواند به کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش آلودگی محیط زیست منجر شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که کشاورزان از تیمار عصاره‌های جوانه نخود و لوبیا برای جوانه‌زنی و رشد بهتر گیاهان زراعی و دارویی که وارد زنجیره غذایی می‌شوند، پس از انجام بررسی‌های لازم استفاده کنند.

References

- Abdul-Baki, A. A.; Anderson, J. D., Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. *Crop science* **1973**, *13* (6), 630-633.
- Avazpour jalali, S., Effect of biological priming on germination and growth of medicinal species: *Glycyrrhiza glabra*, *Rheum ribes* and *Mozaffaria kelussiaodoratistima*. M.Sc. Disertaion. Yazd Univercity, Yazd, Iran, 2017. (In Persian).
- Castroluna, A.; Ruiz, O.; Quiroga, A.; Pedranzani, H., Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria* **2014**, *18* (1), 39-50.
- Djazurehe, M. H., *Afforestation in Arid Environment*, University of Tehran press (UTP), Tehran, 2010; p 560 (In Persian).
- Hosseini, A.; Purmajidian, M.; Asghar, F.; Mahmoodian, M., Success of Eldar pine to create green space in Tehran. *Journal of Environmental Studies* **2008**, *42*, 82-75.
- Izadi-Darbandi, E.; Mohammadian, M.; Yanegh, A.; Zarghani, H., The Effects of Temperature and Salinity on Germination and Seedling Growth Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum*) Landraces. *Iranian Journal of Field Crops Research* **2012**, *10* (2), 335-345.
- Jaafarian jelodar, Z.; Rokh firous. G., The effect of salinity on seed germination of two ecotypes Orchard grass (*Dactylis glomerata*). *Journal of Plant and Biomass Research* 2012, *8* (1), 30- 39.

۱۰ درصد جوانه نخود بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را نشان داد.

با توجه به نتایج، عصاره جوانه لوبیا چشم‌بلبلی در هر دو گونه در مقایسه با عصاره جوانه نخود، نتیجه بهتری داشت. از این رو به‌ویژه غلظت‌های بالای عصاره جوانه نخود توصیه نمی‌شود. زیرا این عصاره در غلظت‌های بالا اثر منفی بر بیشتر صفات مورد بررسی داشته درحالی که این اثر در غلظت‌های پایین در برخی صفات مثبت بود.

- Jayanthi, M.; Umarani, R.; Vijayalakshmi, V., Effect of crop fortification with pulse sprout extract on crop growth and seed yield in rice var Co 48. *Scientific Research and Essays* **2013**, *8* (36), 1725-1729.
- Joseph, K.; Nair, N., Effect of seed hardening on germination and seedling vigour in paddy. *Seed Res* **1989**, *17* (2), 188-190.
- Kamalam, J.; Nair, N., Studies on the effect of soil moisture content and seed soaking on the germination of legumes. *Legume Res* **1991**, *14* (3), 153-154.
- Lambardi, M.; Lachance, D.; Seguin, A.; Charest, P., Evaluation of microprojectile-mediated DNA delivery and reporter genes for genetic transformation of the Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.). *Plant cell reports* **1998**, *18* (3), 198-202.
- Majnoon Hoseini, N., *Cultivation and Production of Leguminous Plants*, Tehran University Publication Jahad, Tehran, 2008; p 100 (in Persian).
- May, L.; Milthorpe, E.; Milthorpe, F. In *Pre-sowing hardening of plants to drought*, Field crop abstracts, 1962; pp 93-98.
- Mbi, K. T.; Tonfack, L. B.; Ntsefong, G. N.; Mir, B. A.; Ebongue, G. F. N.; Ngaha, D.; Njembele, C.; Namuene, K. S.; Youmbi, E., Mature zygotic embryo rescue improves in vitro germination and seedling production in high value oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultivars. *Industrial Crops and Products* **2016**, *94*, 445-453.
- Mohammadi, G.H.; Jalali Honarmand, S.; Mohammadkhah, A.; Ahmadi, GH., *Seed Germination, Publications on education and*

- agricultural promotion*. Tehran, 2011; p 263 (In Persian).
- Natarajan, K., Ph.D. Disertation. Dept. of Seed Sci. Technol. Tamil Nadu Agric. Uni. Coimbatore, India. **2003**.
- Pulok, M.; Rahman, M.; Haque, M.; Chakraborty, R.; Ali, M., Effect of growth regulators on -germination and vigor of lentil seeds. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* **2015**, 3 (1), 8-14.
- Rahiminasab, A.; Tabandeh Saravi. A, Effect of seed source on germination and morphology of seed and seedlings of *Quercus libani* Lindl.. *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 3 (3), 249-262 (In Persian).
- Ramazani golask, M.; Taghvaei, M.; Masuodi, M.; Riahi A.; Behbahani, N., Evaluation of the effects of salinity and drought stress on germination and growth of capillaries (*Capparis spinosl*). *Journal of Rangeland* **2009**, 2 (4), 411- 420.
- Sabeti, H., *Forests, Trees and Ahrubs of Iran*, Yazd Univercity press, Yazd, **2002**; p 886 (In Persian).
- Tabari, M.; Alvaninejad, S.; Taghvaei, M.; Espahbodi, K.; Hamzpour, M., The effect of seed source on the germination and vigor of *Quercus brantii* Lindl. seed. *Watershed Management Researches* **2009**.
- Tabari, M.; Saeidi, H. R.; Alavi-Panah, K.; Basiri, R.; Poormadjidian, M. R., Growth and survival response of potted Cupressus sempervirens seedlings to different soils. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS* **2007**, 10 (8), 1309-1312.
- Zare, H., *Native and non-indigenous species conifers of Iran*. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, **2001**; p 498 (In Persian).

Effect of fortification with pea and cowpea sprout extract on growth and germination of *Pinus eldarica* Medw. and *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis*

A. Tabandeh Saravi^{*1}, F. Salehpour², B. Kiani³ and A. Rashtian⁴

1- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (Tabandeh@yazd.ac.ir)

2- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (fatemeh.salehpour69@gmail.com)

3- Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (bnkiani@yazd.ac.ir)

4- Assistant Professor, Department of Range and Watershed, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (arashtian@yazd.ac.ir)

Received: 28.01.2020 Accepted: 24.03.2020

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of pea and cowpea sprout extract on germination traits and growth of *Pinus eldarica* medw. and *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis* in laboratory conditions based on a completely randomized design with four replications. The effect of different concentrations of the extracts on germination percentage, germination rate, seed vigor index, allometric index, shoot length, radicle length, fresh and dry weigh of shoot and radicle were investigated. The results of analysis of variance and mean comparisons showed that the effect of extracts on some growth trait and germination of tow species was significant. The highest germination percentage was observed in *Pinus eldarica* at 20% concentration of cowpea extract. The highest seed vigor of this species was obtained by using 20% extract of cowpea and 10% pea. The highest root dry weight was observed in 40% concentration of cowpea and 10% pea extract. In *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis*, 20% of cowpea sprouts and 10% of pea seed produced the highest germination and seed vigor. The highest root length was observed in 30% cowpea sprouts extract. Also, 10% pea extract showed the highest root dry weight. Totally, we could say cowpea extract lead to better result than pea extract.

Keywords: Biostimulative, Germ extract, Germination rate, Morphological traits.

* Corresponding author

Tel: +989111867314

کاربرد مدل‌های گپ در پیش‌بینی رویش سطح مقطع درختان گونه‌های تجاری جنگل‌های هیرکانی با احتساب شرایط اقلیمی (بررسی موردی: بخش گرازبن جنگل آموزشی - پژوهشی خیرود)

شیرین ورکوهی*^۱، منوچهر نمیرانیان^۲، پدram عطارد^۳ و محمود امید^۴

- ۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (Shirin.varkuhi@gmail.com)
- ۲- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (Mnamiri@ut.ac.ir)
- ۳- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (Attarod@ut.ac.ir)
- ۴- استاد، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (Omid @ut.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۱۵

چکیده

بررسی‌ها و شبیه‌سازی‌های حاصل از مدل‌های اقلیمی جهانی نشان می‌دهند که الگوهای دما و بارندگی در ۵۰ الی ۱۰۰ سال آینده، متحمل تغییراتی خواهند شد که به نوبه خود می‌توانند الگوهای رویشی توده‌های جنگلی را تحت تأثیر قرار دهند. به دلیل عدم توانایی مدل‌های موجود در شبیه‌سازی توده‌های جنگلی تحت تأثیر تغییر اقلیم، مدل هیبرید JABOWA-4 برای کشف پویایی آینده تحت سناریوهای اقلیمی مختلف، و همچنین به دلیل عدم قطعیت روند تغییر اقلیم در آینده، سه سناریوی اقلیمی به منظور کشف توسعه جهانی تحت تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای در این پژوهش استفاده شدند. پس از مقایسه نتایج شبیه‌سازی و ارزش‌های واقعی رویش قطری، R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۹۸ و $1/734$ (cm^2) محاسبه شد، که نشان‌گر همبستگی بالای دو ارزش است. پاسخ گونه‌ها به تغییر اقلیم جداگانه ارزیابی شد که راش و افرا با کاهش ۳۱ و ۲۵ درصدی رویش قطری، رابطه منفی قوی به تغییر اقلیم از خود نشان دادند. گونه بلوط ابتدا روندی افزایشی، سپس کاهش ۱۷ درصدی پیش گرفته و ممرز روندی افزایشی با مقدار کمتر از رویش واقعی را به تصویر کشید. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل‌های گپ عملکرد به نسبت خوبی در فراهم آوردن پیش‌بینی‌های محصول جنگل تحت تأثیر تغییر اقلیم از خود نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، مدل‌های رشد و محصول، شبیه‌سازی.

مقدمه

شبیه‌سازی ترکیب گونه‌های جنگلی، اندازه درخت و ساختار توده تحت سناریوهای اقلیمی پیش‌بینی‌شده در سطح منطقه‌ای هستند (Reynolds et al., 2001) و به-عنوان یک نتیجه در حد وسیعی برای بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر جنگل‌ها استفاده شده‌اند (Ehman et al., 2002; Ashraf et al., 2015).

مدل JABOWA-4 به‌عنوان یک نسخه اصلاح-شده از اولین مدل‌های گپ توسعه‌یافته برای اکوسیستم هابوردبروک در نیوهمشایر آمریکا، یک مدل پویایی جمعیت است، که رشد درخت، زادآوری و مرگ‌ومیر را برای یک قطعه نمونه کوچک (۱۰×۱۰ متر) با در نظر گرفتن رقابت بین‌درختی و متغیرهای فیزیکی دیگر همچون نور، درجه روزانه رشد و ویژگی‌های خاک، شبیه‌سازی می‌کند (Botkin, 1993; Kimmins, 1990; Ashraf et al., 2015). این مدل پاسخ جنگل به-سناریوهای اقلیمی مختلف را به تصویر می‌کشد، بنابراین امکان پیش‌بینی محصول آینده جنگل و کشف راهکارهای مدیریتی قبل از صرف زمان و هزینه در واقعیت را فراهم می‌کند (Vanclay, 1994). در طول دو دهه گذشته در پژوهش‌های زیادی پاسخ گونه‌های درختی به اقلیم پیش‌بینی‌شده، مدل‌سازی شده است. (Battles et al., 2008) در پژوهشی اثرهای تغییر اقلیم بر سلامت جنگل‌های سوزنی‌برگ آمیخته در کالیفرنیا را با استفاده از مدل Cactos-clim مورد بررسی قرار دادند. همچنین (Battles et al., 2009) در پژوهشی دیگر به-منظور بررسی پاسخ اکوسیستم‌های جنگلی به اثرهای تغییر اقلیم، مدل Ws-Calclim0.1 را طراحی کردند. (Ashraf et al., 2015) در بررسی جنگل‌های منطقه Nova Scotia در کانادا، با استفاده از نسخه سوم مدل JABOWA به ترتیب اثرهای تغییر اقلیم بر درختان تجاری را کمی‌سازی و پویایی جنگل‌ها را پیش‌بینی کردند. همچنین در پژوهش‌های انجام‌شده در ایران می-

تغییر اقلیم که عامل اصلی آن انتشار افزایشی گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی است، به موضوع نگران‌کننده‌ای در قرن بیست‌یک تبدیل شده است. براساس پیش‌بینی‌های مدل‌های اقلیمی جهانی (GCM) تغییرات اقلیمی معنی‌داری در اواخر قرن اخیر رخ خواهد داد (IPCC, 2007). براساس ارتباط نزدیک اقلیم و پوشش گیاهی، تغییر مرزهای وسیع پوشش گیاهی اغلب دنباله‌رو متغیرهای اقلیمی، به‌ویژه دما و رطوبت هستند (Stephenson, 1990). انتشار افزایشی گازهای گلخانه‌ای به‌نوبه خود اثر گلخانه‌ای را تشدید کرده و عوامل دما و بارندگی را که به‌صورت مستقیم بر رشد درختان اثرگذارند، تحت تأثیر قرار می‌دهد (et al., 2001; Reynolds).

مدل‌های رشد و محصول که امروزه در پیشگویی پویایی آینده جنگل به‌شکل وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ماهیت تجربی دارند، که براساس تعداد زیادی از داده‌های تاریخی محلی توسعه یافته‌اند و اطلاعاتی صحیح در سطح رویشگاه تولید می‌کنند (Yaussy, 2000; Monserud, 2003; Landsberg, 2003; Sun et al., 2007; Ashraf et al., 2015). اما برخلاف همه این نکات مثبت، این مدل‌ها شرایط محیط‌زیستی را ثابت در نظر می‌گیرند و در صورت بروز تغییر در محیط‌زیست رشد درخت، همچون تغییرات اقلیمی، محدودیت از خود نشان می‌دهند (et al., 2006; Kimmins, 1990). ارزیابی اثرهای اکولوژیکی مربوط به تغییر اقلیم در آینده، اغلب براساس پیشگویی‌های مدل‌های رایانه‌ای از پاسخ اکوسیستم جنگل به تغییرات محیط-زیستی انجام می‌شود (Botkin, 1993). مدل‌های گپ نمونه‌ای از شبیه‌سازهای پویایی جنگل هستند، که اثرهای شرایط محیط‌زیستی را بر رویش تک‌درختان در نظر می‌گیرند. این مدل‌ها ابزارهای سودمندی برای

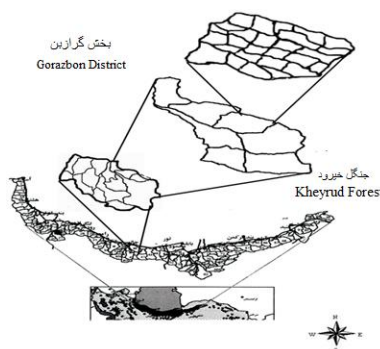
JABOWA-4 مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این پژوهش به‌نوبه خود برای اولین بار در جنگل‌های ناهمسال هیرکانی، کاربرد مدل‌های گپ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مواد و روش

موقعیت و وسعت محدوده مورد بررسی

مجموعه جنگل پژوهشی دانشکده واقع در شیب‌های جنوبی رشته‌کوه البرز و در هفت کیلومتری شهرستان نوشهر در کنار روستای نجارده قرار دارد. حدود ارتفاعی منطقه از صفر تا ۲۲۰۰ متر متغیر و متوسط دمای ۸/۵۵ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۱۵۳۲/۳۵ است (Gorazbon Forestry Plan, 2006). بخش گرازین با مساحتی حدود ۹۳۴/۲۴ هکتار، به‌عنوان سومین بخش با حدود ارتفاعی ۵۵۰ الی ۱۳۸۰ متر بالاتر از سطح دریا، به‌عنوان منطقه مورد بررسی انتخاب شد. ترکیب گونه‌ای این منطقه را گونه‌های راش، ممرز، شیردار، انجیلی، افرا، توسکا و بلوط تشکیل داده‌اند که در بین آن‌ها بیشترین تعداد درخت موجود مربوط به گونه‌های راش و ممرز است.

توان به (Fallah and Heydari 2018) در استان ایلام اشاره کرد، که با استفاده از مت‌سال‌سنج رویش قطری درختان تحت تأثیر تغییر اقلیم را مورد بررسی قرار دادند. با وجود افزایش سطح بررسی‌ها در زمینه پیش‌بینی‌های اقلیمی، اثرهای بالقوه تغییر اقلیم در جنگل‌های هیرکانی تا به‌امروز در سطح کمی در ارتباط با تغییرات سطوح رویشگاهی گونه‌های خاص مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Taleshi et al., 2019) و با توجه به اهمیت بالای این اکوسیستم‌ها از نظر صنعتی و تولید چوب، این مهم است که کشف شود چگونه تغییر اقلیم می‌تواند بر جنگل‌ها و رویش آن‌ها اثر کند. براساس تغییرات پیش‌بینی‌شده مشخصه‌های اقلیمی تا پایان این قرن، انتظار می‌رود تغییراتی در مقدار رویش و درصد حضور درختان در عرصه مشاهده شود. از این‌رو یک نیاز ضروری به توسعه مدل‌های ساده و کاربردی رشد و محصول که به‌سادگی برای مدیران جنگل قابل استفاده بوده و بتواند پویایی آینده جنگل تحت یک اقلیم متغیر را پیش‌بینی کند، وجود دارد. در این پژوهش اثر تغییر اقلیم بر مقدار رویش درختان با استفاده از مدل گپ



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

Figure 1. Location of case study

۲۰۰*۱۵۰ متر به‌صورت منظم تصادفی (سیستماتیک) در عرصه پیاده شده بودند، در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ آماربرداری شدند. فرآیند آماربرداری شامل

جمع‌آوری اطلاعات زمینی

برای جمع‌آوری اطلاعات میدانی، تعداد ۲۵۸ قطعه نمونه دائم ۱۰ آری که با شبکه آماربرداری مستطیلی، به‌ابعاد

در ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل اقلیمی جهانی CanESM2، از مدل SDSM استفاده شد (Chaumont, 2014). عملکرد و ساختار مدل SDSM در چهار مرحله انتخاب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به نام متغیر مستقل، واسنجی مدل، ارزیابی مدل و تولید سناریوهای آبی خلاصه می‌شود (Wilby et al., 2014). برای اجرای این مدل سه نوع داده به‌عنوان فایل‌های ورودی مورد نیاز است: دسته‌ی اول داده‌های مشاهداتی (دما و بارش) که از سازمان هواشناسی اخذ شده است و دسته دوم، داده‌های NCEP، که شامل داده‌های روزانه ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده است و دسته سوم داده‌های بزرگ‌مقیاس مدل‌های گردش عمومی جو هستند. همچنین شایان ذکر است به‌منظور کالیبره کردن مدل SDSM، داده‌های مشاهداتی و NCEP برای دو دوره ۱۹۷۷-۱۹۹۱ و ۱۹۹۲-۲۰۰۶ به ترتیب مورد واسنجی و اعتبارسنجی قرار گرفتند و در مجموع این محدوده زمانی به‌عنوان دوره پایه در نظر گرفته شد. در این پژوهش پس از پردازش و مرتب‌سازی داده‌های مشاهداتی، تهیه داده‌های NCEP و داده‌های مدل CanESM2 تحت سناریوهای جدید سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5، مدل SDSM اجرا شد.

برای تعیین دقت مدل JABOWA-4 در شبیه‌سازی، اقلیم امروزی را به‌صورت تکرارهای سی‌ساله در این مدل جای‌گذاری کرده و پس از اجرا، نتایج چهارده ساله با اطلاعات حاصل از آماربرداری در بازه ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۷ با استفاده از آزمون t جفتی مقایسه شدند (جدول ۱). در JABOWA-4 بعد از کالیبراسیون و آماده‌سازی مدل (Botkin, 1993)، زمانی که همه شرایط مورد نیاز درخت برای رویش فراهم باشد، رویش تک‌درخت براساس رابطه اساسی رشد (رابطه ۱) ارائه می‌شود.

رابطه (۱)

اندازه‌گیری ویژگی‌های رایج قطعات نمونه همچون قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع قطورترین درخت در قطعه - نمونه و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه و تعیین وضعیت زادآوری بود. در بررسی‌های انجام‌شده تا به - امروز به ازای هر یک از اقلیم‌های متنوعی که در عرصه مشاهده شود، یک واحد اقلیمی انتخاب و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Ashraf et al., 2015). از آنجا که مدل JABOWA-4 پویایی را برای یک سطح کوچک جنگلی پیش‌بینی می‌کند و در سطح منطقه مورد بررسی اقلیم - های متنوعی وجود ندارد، از این رو در این پژوهش نیز تنها یک قطعه نمونه (۱۰×۱۰ متر) به‌منظور ارائه شرایط رویشگاه و توده به‌عنوان واحد اقلیمی در نظر گرفته شد. در فرآیند انتخاب واحد اقلیمی، ترجیح بر انتخاب قطعات نمونه‌ای شامل گونه‌های هدف تجاری (راش، ممرز، افرا، بلوط)، با فاصله نزدیک به ایستگاه‌های هواشناسی و ثبت‌های آب و هوایی حداقل سی‌ساله بود. در نهایت پس از فرآیند انتخاب، قطعه نمونه مذکور توسط JABOWA-4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

اطلاعات هواشناسی

در این پژوهش برای بررسی روند اثرهای تغییر اقلیم بر مقدار رویش درختان، از داده‌های بارش و دمای میانگین ماهانه برای یک دوره سی‌ساله (۱۹۸۸-۲۰۱۷)، ایستگاه سینوپتیک شهرستان نوشهر با ارتفاع ۲۰/۹- متر و به - ترتیب طول و عرض جغرافیایی ۳۰-۵۱ E و ۳۹-۳۶ N استفاده شد. همچنین برای شبیه‌سازی اقلیمی آینده، داده‌های بزرگ‌مقیاس مدل اقلیمی جهانی CanESM2 که توسط مرکز مدل‌سازی و تحلیل آب‌وهوای کانادا (CCCMA)، زیر نظر سازمان محیط‌زیست این کشور توسعه یافته است، حاصل از پنجمین دوره ارزیابی IPCC (AR5)، استخراج شدند.

روند انجام کار

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - \hat{q}_i)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

میانگین مربعات خطای نرمال شده:

$$NMSE = \frac{MSE}{V} \quad \text{رابطه (۴)}$$

ضریب همبستگی:

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})(\hat{q}_i - \bar{\hat{q}})]^2}{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{q}_i - \bar{\hat{q}})^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

نتایج

با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، دو عنصر میانگین دمای روزانه و بارش ایستگاه مورد بررسی، از میان ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده NCEP با چهار متغیر همبستگی قوی و بالا داشتند (جدول ۱).

براساس نتایج حاصل از مقایسه داده‌های دمای روزانه و بارش مشاهداتی با داده‌های مدل‌سازی شده برای دوره پایه (۲۰۰۵ - ۱۹۷۷)، صرف‌نظر از اختلاف بسیار جزئی که مشاهده شد، ارزش‌ها کاملاً برهم منطبق هستند (شکل ۲ و ۳) که این امر مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی داده‌های دو مشخصه دمای روزانه و بارش در سال‌های آتی را نشان می‌دهد. علاوه بر صحت‌سنجی که در خود مدل انجام شد، برای اطمینان از عملکرد و دقت مدل در برآورد مقادیر دما و بارش، از آماره‌هایی مانند ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE)، NRMSE و میانگین خطای مطلق (MAE) برای بررسی مقدار خطای مدل استفاده شد. نتایج نشان داد که مقادیر خطا بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، برای ایستگاه مورد بررسی، بسیار کم و حتی به صفر (عدم وجود خطا) می‌رسد. که این امر خود نشان‌گر توانایی و دقت بالای مدل، برای برآورد متغیرهای مورد نظر است.

$$\delta(D^2H) = R * LA \left(\frac{DH}{D_{\max(i)} H_{\max(i)}} \right) * f(environment)$$

که در این رابطه، D: قطر در ارتفاع برابر سینه درخت، H: ارتفاع درخت، LA: سطح برگ درخت، $D_{\max(i)}$ و $H_{\max(i)}$: به ترتیب حداکثر قطر و ارتفاع شناخته شده از درختان یک گونه، R: یک ثابت و f تابعی از محدودکننده‌های محیط‌زیستی است. در رابطه ۱ کسر $\frac{DH}{D_{\max(i)} H_{\max(i)}}$ نشانگر بیشترین محدوده از اندازه یک درخت است، که فرض می‌کند درختان نمی‌توانند از حداکثر قطر و ارتفاع شناخته شده، تجاوز کنند.

یکی از شاخص‌های دمایی مهم مؤثر در رشد درختان، درجه روزانه رشد است. GDD یک شاخص تراکمی حرارت براساس یک آستانه دمایی است که در اینجا، بر ۱۰ درجه سانتی‌گراد (۵۰ درجه فارنهایت) تنظیم شده است، که در دمای پایین‌تر از آن رشد گیاه متوقف می‌شود و با فرض سینوسی بودن، از طریق متوسط دمای ژانویه و جولای تخمین زده می‌شود (Botkin, 1993).

رابطه (۲)

$$DEGD = \frac{365}{2\pi} (T_{july} - T_{jan}) - \frac{365}{\pi} \left[50 - \frac{T_{july} + T_{jan}}{2} \right] + \frac{365}{\pi} \left\{ \frac{[50 - (T_{july} + T_{jan})/2]^2}{(T_{july} - T_{jan})} \right\}$$

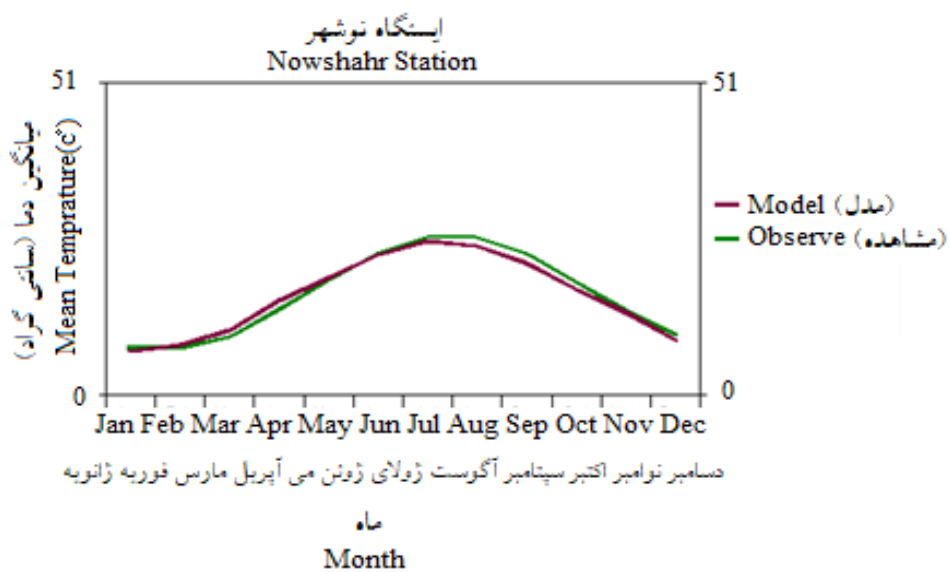
پس از تهیه فایل اقلیم و فایل متغیرها، با مقداردهی اولیه داده‌های سال ۲۰۰۳، JABOWA-4، کالیبره شد. مدل ۵۰ بار برای کاهش اثر وراثت (ذات) تصادفی مدل اجرا، و پویایی قطر و ارتفاع تک‌درختان در ۹۰ سال آینده به‌وسیله خروجی JABOWA-4 تحت سه سناریوی تغییر اقلیم استخراج شد (Botkin, 1993). آماره‌های ارزیابی دقت و صحت مدل‌ها به شرح زیر است.

خطای جذر میانگین مربعات:

جدول ۱- پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب میانگین دمای روزانه و بارش

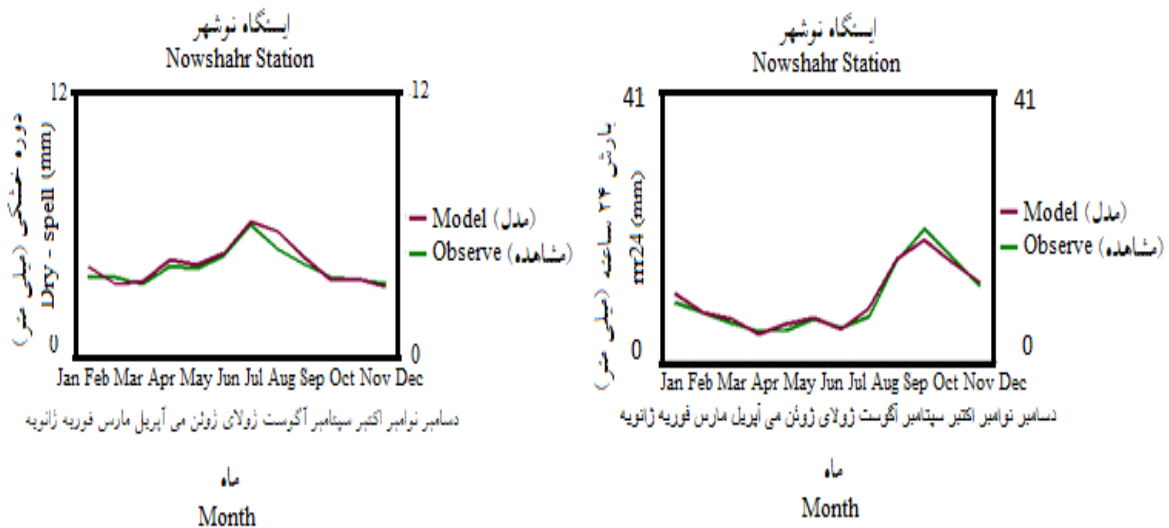
Table 1. Selected Predictors of mean daily Temperature and Precipitation

پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب Selected Predictors	متغیر NCEP NCEP variable	متغیر Variable
ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ hp Geopotential height 500 hp level	ncepp500gl.dat	
باد مداری تراز ۸۵۰ hp Orbital with level 850 hp	ncepp8 ugl.dat	دما
رطوبت ویژه تراز ۵۰۰ hp Specific humidity 850hPa	nceps850gl.dat	Temperature
میانگین دمای تراز ۲ متر Screen air temperature (2m)	nceptempgl.dat	
میانگین فشار سطح دریا Mean sea level pressure	ncepmslpgl.dat	
باد نصف النهاری Meridional velocity	ncepp1_vgl.dat	بارش
ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۸۵۰ hp Geopotential height 850 hp level	ncepp850gl.dat	Precipitation
رطوبت ویژه تراز ۵۰۰ hp Specific humidity 500 hPa	nceps500gl.dat	



شکل ۲- مقایسه دمای روزانه مشاهداتی و مدل‌سازی‌شده برای دوره پایه (۱۹۷۷-۲۰۰۵)

Figure 2. Comparison of observed and modeled temperatures for the base period (1977-2005)

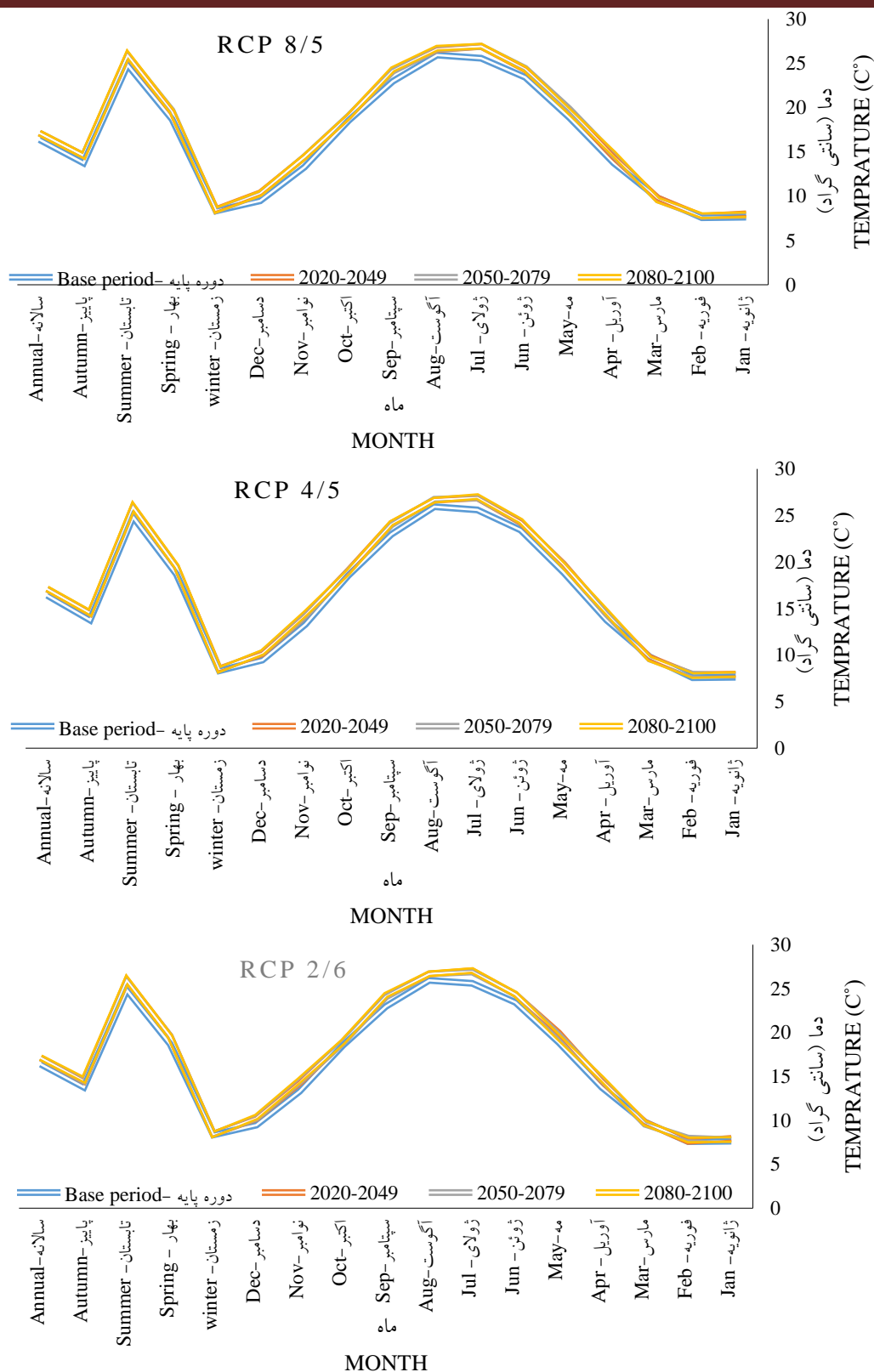


شکل ۳- مقایسه بارش مشاهداتی و مدل سازی شده برای دوره پایه (۱۹۷۷-۲۰۰۵)

Figure 3. Comparison of observed and modeled precipitation for the base period (1977-2005)

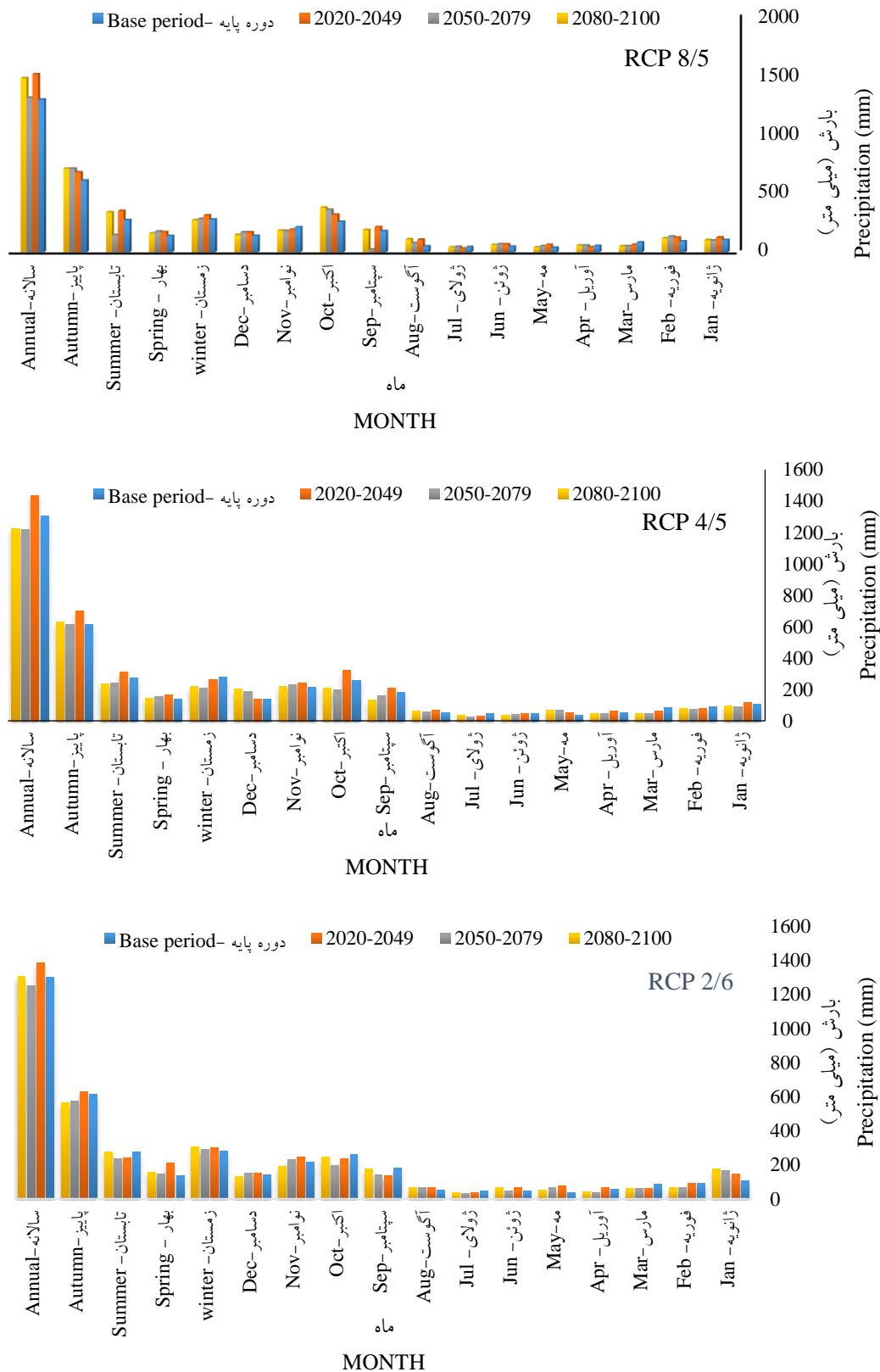
در ۲ سناریوی RCP 4.5 و RCP 2.6 برای دوره اول افزایش و برای دو دوره دیگر کاهش بارش پیش‌بینی شده است. با توجه به اینکه عمده بارندگی در شمال کشور، در فصل پاییز رخ می‌دهد، مشاهده می‌شود که تحت سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 افزایش بارش در این فصل رخ می‌دهد، ولی سناریوی RCP 2.6 در بازه ۲۰۵۰ الی ۲۱۰۰ کاهش را نشان می‌دهد.

شبیه‌سازی شاخص‌های اقلیمی ایستگاه نوشهر از سال ۲۰۲۰ تا سال ۲۱۰۰ شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب نتایج حاصل از ریزمقیاس-نمایی سناریوهای اقلیمی برای تغییرات دما و بارندگی سه دوره زمانی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهند. به‌طور کلی میانگین دمای ایستگاه نوشهر در کلیه ماه‌ها در دوره‌های آتی افزایش خواهد یافت که در هر سه دوره این افزایش دما تقریباً برابر است. دما در فصول تابستان، بهار و پاییز افزایش محسوسی دارد. همچنین مشاهده می‌شود که به‌طور کلی در سناریوی RCP 8.5 برای هر سه دوره مورد بررسی افزایش بارش مورد انتظار است.



شکل ۴- ریزمقیاس نمایی میانگین دمای ماهانه (درجه سلسیوس) برای سه سناریوی تغییر اقلیم

Figure 4. Downscaling of Mean Month Temperature for Three Climate change Scenarios



شکل ۵- ریزمقیاس نمایی مجموع بارش ماهانه (میلی‌متر) برای سه سناریوی تغییر اقلیم

Figure 5. Downscaling of Total Monthly Precipitation for Three Climate change Scenarios

نتایج حاصل از آماربرداری ۳ دوره ۲۰۰۳، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۲- درصد حضور گونه‌ها در بخش گرازبن

Table 2. Species Presence in Gorazbon District

افرا <i>Acer</i>			بلوط <i>Quercus Castaneifolia</i>			ممرز <i>Carpinus betulus</i>			راش <i>Fagus orientalis</i>			گونه Speies
2017	2011	2003	2017	2011	2003	2017	2011	2003	2017	2011	2003	دوره Period
7.49	5.29	6.1	5	4.4	4.9	51.23	47.29	49.55	40.47	37.19	33	درصد حضور Percent of presence
39.97	34.47	31.66	29.85	25.08	21.98	28.29	25.56	23.56	50.26	48.02	45	قطر متوسط Average DBH

عنوان کمیت هدف (مشاهدات) در ساخت و اعتبارسنجی زیرمدل رویش قطر به عنوان رویش سطح-مقطع (سانتی مترمربع در پنج سال) مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل JABOWA-4 پس از اجرای مدل، JABOWA-4 سطح مقطع تک-درختان متعلق به گونه‌های مختلف را به عنوان تابعی از زمان پیش‌بینی کرد. نتایج آماربرداری‌های پیشین به-

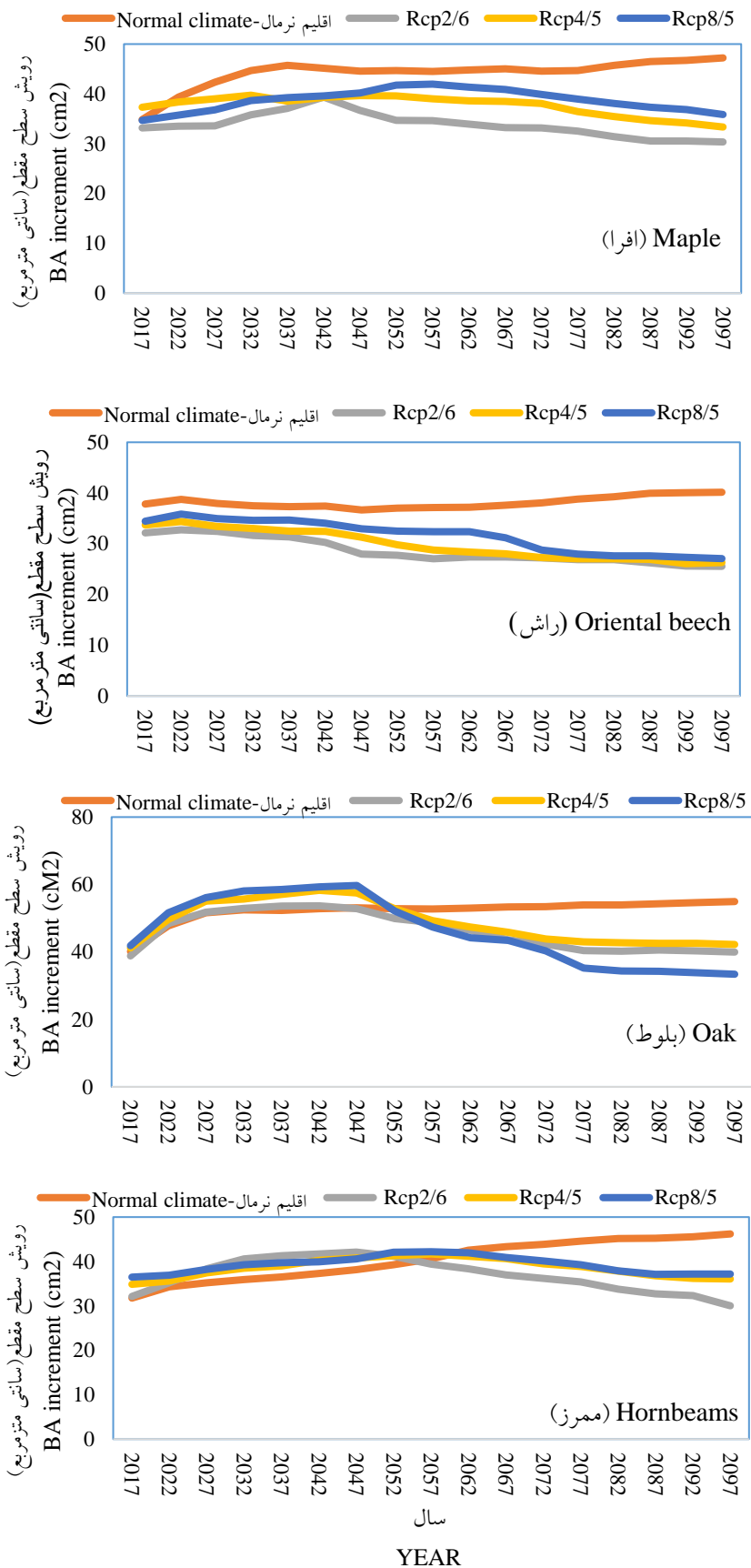
جدول ۳- نتایج آزمون t جفتی

Table 3. Paired sample t test

درجه آزادی df	t	انحراف معیار Std. Deviation	اشتباه معیار Std. Error Mean	سطح اطمینان Sig
12	-1.787	1.5875	0.4431	0.085

پیش‌بینی رویش سطح مقطع نتایج حاصل از پیش‌بینی رویش سطح مقطع برای اقلیم امروزی و سه سناریوی تغییر اقلیم برای دو گونه راش و ممرز در شکل ۶ به تصویر کشیده شده است.

براساس نتایج حاصل از آزمون t، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده در بازه زمانی ۱۴ ساله مشاهده نمی‌شود و مقادیر خطای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) به ترتیب ۱/۷۳۴ و ۰/۹۸ محاسبه شد.



شکل ۶- پیش‌بینی ۹۰ ساله رویش سطح مقطع (سانتی‌متر مربع در سال)

Figure 6. BA increment Projection for 90 years (cm²/ year)

براساس نتایج حاصل از پیش‌بینی رویش سطح-مقطع مرتبط با سناریوهای تغییر اقلیم، در همه گونه‌ها بیشینه تفاوت در سال‌های آخر توالی مشاهده می‌شود. سطح مقطع گونه‌های راش و افرا بدون در نظر گرفتن نوع سناریو، از خود کاهش بارز (به ترتیب ۳۱ و ۲۵ درصد) به‌خصوص در بازه زمانی ۲۰۷۰ الی ۲۰۹۹ نشان دادند. در مقابل گونه‌های ممرز و بلوط در نیمه اول شبیه‌سازی افزایش اندکی در سطح مقطع و در نیمه دوم روندی کاهش (به ترتیب ۲۰ و ۱۷ درصد) از خود نشان دادند که برای ممرز و بلوط به ترتیب در سناریوهای RCP 2.6 و RCP 8.5 مقدار اختلاف بیشتر بود.

بحث

رقابت، توالی و تغییرات ترکیب گونه‌ها به‌عنوان تابعی از زمان و اقلیم با موفقیت به‌وسیله مدل به‌تصویر کشیده شد (شکل ۶). همانطور که ذکر کردیم، هدف از این پژوهش ارزیابی امکان‌پذیری استفاده از JABOWA-4 برای پیش‌بینی رویش سطح مقطع در یک دوره زمانی است. پس از فرآیند شبیه‌سازی، مقایسه ارزش‌های سطح مقطع مشاهده شده و پیش‌بینی شده R^2 ، RMSE را به ترتیب ۰/۹۸ و ۱/۷۳۴ (سانتی متر مربع) نشان داد، که همبستگی خوبی بین ارزش‌های متناظر از خود نشان می‌دهد. در پژوهش Ashraf et al. (2015)، پس از آزمون رگرسیون خطی تفاوت معنی‌داری بین ارزش‌های واقعی و مدل شده مشاهده نشد و پس از بررسی آماره‌های R^2 ، RMSE و ME، مناسب بودن نرم‌افزار در مدل‌سازی پیش‌بینی‌های رشد و محصول شد. در پژوهشی دیگر در شرق استرالیا با استفاده از مدل JABOWA، شاخص R^2 در پیش‌بینی قطر و ارتفاع به-ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۵۹ محاسبه شد که نشانگر کارایی بالای مدل در پیش‌بینی قطر بود (Botkin, 1993). در پژوهش انجام‌شده به‌وسیله Trasobares et al. (2016)

باقی‌مانده‌های مدل رویش قطر و ارتفاع زمانی که به-عنوان یک تابع از پیش‌بینی‌کننده و یا رشد پیش‌بینی شده نشان داده می‌شود، روند خاصی را نشان نمی‌دهد و مقدار RMSE مطلق و نسبی برای رویش قطر به ترتیب ۰/۶۸ و ۵۰/۸ درصد و برای رویش ارتفاع، ۰/۷۱ و ۵۹/۶ درصد محاسبه شد. نتایج حاصل از این پژوهش، از نظر دقت مدل در پیش‌بینی رویش قطری مشابه با نتایج پژوهش‌های ذکر شده بود. اما در پژوهش‌های دیگری همچون پژوهش Lee and Giuldig (2002)، بین مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده تفاوتی معنی‌دار مشاهده شد و در بررسی انجام شده به‌وسیله Ringval and Kruys (2005)، ضرورت اصلاح مدل‌های موجود مطرح شد. در کل براساس مقایسه اطلاعات میدانی موجود برای شبیه‌سازی، در بعضی موارد پیش‌بینی خیلی خوب و دقیق است اما در برخی درختان که در مرحله دیرزیستی هستند و در ساختار آن‌ها پوسیدگی وجود دارد و یا توده‌های پر از زادآوری، بین ارزش‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده تفاوت مشاهده می‌شود. یکی از عوامل مؤثر در صحت پیش‌بینی مدل‌ها، ارزش‌های شبیه‌سازی‌شده برای Ingrowth هستند. به عبارتی در نرم‌افزار مقدار Ingrowth از ابتدای رویش به‌عنوان رویش قطری شبیه‌سازی می‌شود ولی در دنیای واقعی تا زمانی که زادآوری به طبقه‌های قطری قابل اندازه‌گیری تبدیل نشود، در محاسبات رویش وارد نخواهد شد، در نتیجه می‌تواند عامل بروز تفاوت بین ارزش‌های مورد بررسی شود (Weiskittel et al., 2011).

برای شبیه‌سازی پویایی جنگل تحت تأثیر اقلیم امروز و سناریوهای اقلیمی آینده بر اساس شرایط رویشی توده با استفاده از مدل JABOWA-4، نمودار رویش سطح مقطع برای گونه‌های مورد بررسی تهیه شد. براساس نتایج، گونه راش نسبت به گونه‌های دیگر تا پایان قرن ۲۱، کاهش بیشتری تقریباً معادل ۳۱ درصد از

های گونه راش در شرایط قطعیت و عدم قطعیت حاصل از تغییر اقلیم، مساحت رویشگاه‌های راش مورد بررسی قرار گرفت، که براساس نتایج کاهش چشم‌گیری در مساحت مشاهده خواهد شد و تا سال ۲۰۷۰ ارتفاع رویشگاه‌های راش از ۱۳۷۸ متر به ۱۶۷۹ متر در RCP2.6 و ۱۹۴۳ متر در RCP 8.5 افزایش خواهد یافت. به عبارتی راش تحت تأثیر گرمای بیش از حد بخش‌های وسیعی از رویشگاه‌های خود را از دست خواهد داد. در پژوهش Charles et al. (2010)، افزایش درجه روزانه رشد و به دنبال آن آفتاب‌سوختگی، در کانادا می‌تواند عامل کاهش ۱۴ درصدی رویش گونه راش باشد. Engler et al. (2011)، در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که کاهش محدوده پراکنش گونه‌ها از ویژگی‌های مهم اکوسیستم‌های کوهستانی است. زیرا در ارتفاعات، فضاهای کوچکی برای انتقال گونه‌ها به مناطق مرتفع‌تر وجود دارد و چون جنگل‌های هیرکانی هم از این دسته اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند، تغییر محدوده پراکنش گونه راش قابل توجه است. در پژوهش‌های مختلفی همچون Iverson and Prasad (2002)، Kramer et al. (2010)، اثر تغییر اقلیم بر کاهش رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های مختلف جنس راش گزارش شده است. این موضوع ممکن است ناشی از آن باشد که به‌طور کلی در تعیین پراکنش گونه‌های جنس راش اثر اقلیم حرارتی از اثر رطوبت مهم‌تر است (Lechowicz and Fang, 2006) و در نتیجه تغییرات حرارتی می‌تواند به‌شدت بر مطلوبیت رویشگاه این گونه اثر بگذارد. از عوامل مهم اثرگذار بر پیش‌بینی کاهش رویش گونه‌های مورد بررسی می‌توان به تابع مرگ و میر در مدل JABOWA اشاره کرد که به دو روش بر حذف گونه‌ها مؤثر است. مدل با بررسی دیرزیستی گونه‌ها، کسری از درختان را که به سن دیرزیستی خود خواهند رسید، دو درصد در نظر می‌-

خود نشان داد که در سناریوی RCP 2.6 این تفاوت بارزتر بود. دمای بالا و به‌همراه آن پایین‌بودن رطوبت هوا آثار زیان‌بخشی بر درختان به‌خصوص آن‌ها که دارای پوست صاف هستند، همچون گونه راش خواهد داشت، که علت آن آفتاب‌سوختگی نامیده می‌شود و شرایط را برای حمله حشرات و قارچ‌ها نیز فراهم می‌سازد (Mohajer, 2012). از این‌رو انتظار می‌رود رویش گونه راش در ارتفاعات پایین به‌دلیل بالاتر بودن دما و تا حدودی نامساعد شدن شرایط رویش، محدود شود. گونه بلوط در پیش‌بینی مربوط به سری‌های زمانی، ابتدا افزایش و سپس کاهش تقریباً ۱۷ درصدی تا پایان قرن ۲۱ از خود نشان می‌دهد. گونه بلوط به‌علت مقاومت به‌نور و گرمای شدید در مقایسه با گونه راش نسبت به تغییر اقلیم عملکرد بهتری از خود نشان داده است. اما در نیمه زمانی دوم شبیه‌سازی پس از کاهش زیاد مقدار بارندگی در بیشتر سناریوها رویش این گونه نیز به‌دلیل نامساعد شدن شرایط رویشی از خود زوال نشان می‌دهد. گونه ممرز به‌طور کلی نسبت به مقدار رویش اولیه خود روندی افزایشی داشته است اما مقدار این افزایش همواره تا حدود ۲۰ درصد از مقدار رویش واقعی کمتر پیش‌بینی شده است. شایان ذکر است که گونه ممرز نیز همچون بلوط نیاز حرارتی بالاتری نسبت به گونه راش دارد. افزون بر کاهش ۲۵ درصدی در رویش سطح مقطع از خود نشان داده و چون گونه‌هایی هستند با مقاومت پایین نسبت به گرما، این کاهش رویش قابل توجه است. که این نتایج با مشاهدات تاریخی منطقه سازگاری دارد. در پژوهش Ashraf et al. (2015)، پس از به‌کارگیری JABOWA-3، بیشتر گونه‌های ارزیابی شده به‌شکل مثبت به تغییر اقلیم پاسخ داده و سطح مقطع‌شان با بالا رفتن دما، زیاد می‌شود. در پژوهشی مشابه بر جنگل‌های هیرکانی توسط Taleshi et al. (2019)، برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه-

توانایی خوب مدل در پیش‌بینی صحت است. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی بلندمدت رویش سطح مقطع گونه‌های مورد بررسی، حاکی از پاسخ منفی گونه‌ها به- اقلیم پیش‌رو بود. افزایش دما و پایین بودن رطوبت هوا عامل اصلی این کاهش رویش محسوب می‌شود که در این بین گونه‌اش به دلیل داشتن پوست صاف نسبت به گونه‌های درختی دیگر، تخریب بیشتری را متحمل خواهد شد. گونه‌های درختی که نسبت به تغییر اقلیم پاسخ متعادل‌تری از خود نشان دادند، پتانسیل رقابت و پایداری در مقابل تغییرات را داشته و ممکن است در آینده توسعه بیشتری داشته باشند. نتایج این پژوهش، بیانگر یک روند عمومی از پاسخ گونه‌های درختی به- تغییر اقلیم است و می‌تواند در توسعه استراتژی‌های پایداری مدیران جنگل در منطقه مورد بررسی مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Anonymous., Gorazbon Forestry Plan., Dept. of Natural resources, University of Tehran Report. **2006** (In Persian).
- Ashraf, M. I.; Meng, F.-R.; Bourque, C. P.-A.; MacLean, D. A., A novel modelling approach for predicting forest growth and yield under climate change. *PloS one* **2015**, *10* (7), e0132066.
- Battles, J. J.; Robards, T.; Das, A.; Waring, K.; Gillies, J. K.; Biging, G.; Schurr, F., Climate change impacts on forest growth and tree mortality: a data-driven modeling study in the mixed-conifer forest of the Sierra Nevada, California. *Climatic Change* **2008**, *87* (1), 193-213.
- Battles, J.; Robards, T.; Das, A.; Stewart, W., Projecting climate change impacts on forest growth and yield for California's Sierran mixed conifer forests. California Climate Change Center paper CEC-500-2009-047-D. Available at www.energy.ca.gov/2009publications/CEC-500-2009-047/CEC-500-2009-047-F. PDF 2009.
- Botkin, D. B., Forest dynamics: an ecological model. Oxford University Press on Demand: 1993.

گیرد. روش دیگر مقدار حداقل رویش مورد نیاز برای استقرار گونه در عرصه را ۰/۰۱ در نظر می‌گیرد. همچنین لازم به ذکر است که تنها رقابت مورد بررسی در مدل، رقابت نوری در نظر گرفته می‌شود که از ضعف‌های بارز مدل است. دو عامل بالا نیز به صورت آشکار تصدیقی بر یکی از عوامل پیش‌گویی مرگ و میر بیش از حد نرم‌افزار و کاهش رویش است (Botkin, 1993). نتایج ارائه شده همگی نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر تغییر اقلیم در پیش‌بینی رویش سطح مقطع در گونه‌های تجاری جنگل‌های هیرکانی با استفاده از JABOWA-4 مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزش‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده همبستگی بالایی از خود نشان داده که این به‌نوبه خود نشانگر

- Charles, P.-A. B.; Hassan, Q. K.; Swift, D., Modelled Potential Species Distribution for Current and Projected Future Climates for the Acadian Forest Region of Nova Scotia, Canada.
- Chaumont, D., A guidebook on climate scenarios: Using climate information to guide adaptation research and decisions. Ouranos: Montréal, QC, Canada 2014.
- Ehman, J.; Fan, W.; Randolph, J.; Southworth, J.; Welch, N. T., An integrated GIS and modeling approach for assessing the transient response of forests of the southern Great Lakes region to a doubled CO₂ climate. *Forest Ecology and Management* **2002**, *155*(1-3), 237-255.
- Engler, R.; Randin, C. F.; Thuiller, W.; Dullinger, S.; Zimmermann, N. E.; Araújo, M. B.; Pearman, P. B.; Le Lay, G.; Piedallu, C.; Albert, C. H., 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology* **2011**, *17*(7), 2330-2341.
- Fallah, A.; Heydari, M., Studying the diameter growth of Persian oak and its relationship with climatic parameters in Zagros forests (Case study: Sarab-Karzan forests of Ilam).

- Journal of Forest Research and Development* **2018**, 3(4), 361-175 (In Persian).
- Fang, J.; Lechowicz, M. J., Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography* **2006**, 33(10), 1804-1819.
- IPCC., Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
- Iverson, L. R.; Prasad, A. M., Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management* **2002**, 155(1-3), 205-222.
- Kimmins, J., Modelling the sustainability of forest production and yield for a changing and uncertain future. *The Forestry Chronicle* **1990**, 66(3), 271-280.
- Kramer, K.; Degen, B.; Buschbom, J.; Hickler, T.; Thuiller, W.; Sykes, M. T.; de Winter, W., Modelling exploration of the future of European beech (*Fagus sylvatica L.*) under climate change—range, abundance, genetic diversity and adaptive response. *Forest Ecology and Management* **2010**, 259(11), 2213-2222.
- Landsberg, J., Physiology in forest models: history and the future. *FBMIS* 2003, 1, 49-63.
- Lee, K.; Goulding, C., Practicality of 3P sampling with accurate dendrometry for the pre-harvest inventory of plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science* **2002**, 32(2), 279-296.
- Marvi Mohadjer, M.R., Silviculture, second edition. University of Tehran press, 2012 (In Persian).
- Monserud, R. A., Evaluating Forest models in a sustainable forest management context. *Forest Biometry, Modelling and Information Sciences* **2003**, 1(1), 35-47.
- Pinjuv, G.; Mason, E. G.; Watt, M., Quantitative validation and comparison of a range of forest growth model types. *Forest Ecology and Management* **2006**, 236(1), 37-46.
- Reynolds, J. F.; Bugmann, H.; Pitelka, L. F., How much physiology is needed in forest gap models for simulating long-term vegetation response to global change? Challenges, limitations, and potentials. *Climatic Change* **2001**, 51(3), 541-557.
- Ringvall, A.; Kruys, N., Sampling of sparse species with probability proportional to prediction. *Environmental Monitoring and Assessment* **2005**, 104(1), 131-146.
- Stephenson, N. L., Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. *The American Naturalist* **1990**, 135(5), 649-670.
- Sun, H.-g.; Zhang, J.-g.; Duan, A.-g.; He, C.-y., A review of stand basal area growth models. *Forestry studies in China* **2007**, 9(1), 85-94.
- Taleshi, H., GH. Jalali, J. Alavi, M. Hosseini, B. Naeimi, The effect of Climate Change on Geographical Distribution of *Fagus Orientalis* in Hyrcanian Forests. *Iranian Journal of Forest* **2019**, 10(2), 251-266 (In Persian).
- Trasobares, A.; Zingg, A.; Walthert, L.; Bigler, C., A climate-sensitive empirical growth and yield model for forest management planning of even-aged beech stands. *European Journal of Forest Research* **2016**, 135(2), 263-282.
- Vanclay, J. K., Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB international: 1994.
- Weiskittel, A. R.; Hann, D. W.; Kershaw Jr, J. A.; Vanclay, J. K., Forest growth and yield modeling. John Wiley & Sons: 2011.
- Wilby, R. L.; Dawson, C. W.; Murphy, C.; Connor, P.; Hawkins, E., The statistical downscaling model-decision centric (SDSM-DC): conceptual basis and applications. *Climate Research* **2014**, 61(3), 259-276.
- Yaussy, D. A., Comparison of an empirical forest growth and yield simulator and a forest gap simulator using actual 30-year growth from two even-aged forests in Kentucky. *Forest Ecology and Management* **2000**, 126(3), 385-398.

Application of gap models in projection of basal area increment of commercial trees in the Hyrcanian region based on climate change effects (Case study: Gorazbon district, Kheyroud forest research station)

Sh. Varkouhi^{*1}, M. Namirani², P. Attarod³ and M. Omid⁴

1- PhD Candidate of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (shirin.varkouhi@gmail.com)

2- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (mnamiri@ut.ac.ir)

3- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (attarod@ut.ac.ir)

4- Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (omid@ut.ac.ir)

Received: 06.09.2019 Accepted: 30.12.2019

Abstract

Climate change studies and simulations conducted by GCM models show that patterns of temperature and rainfall will change over the next 50 to 100 years can affect patterns of forest stands increment. Growth and yield models do not have the ability to simulation forest stands under the effect of climate change. Due to lack of efficient models, JABOWA-4 as a hybrid model that can evaluate the population dynamic under climate change scenarios, and can explore the long-term aspects of forest composition, was applied in this study. In order to uncertainty of climate change trend in future, three greenhouse emission scenarios were formulated to explore future global developments with special emphasis on greenhouse gases. After comparison of modeled and real values of diameter growth, R^2 and RMSE were calculated to be 0.98 and 1.734 (cm^2), respectively, indicating a good correlation between two mentioned values. The response of species to climate change were assessed separately for Beech and Maple with 31 and 25 percent reduction in DBH increment, respectively, which showed a negative response to climate change. Oak projected to increase slightly and after that decreased by 17 percent under climate change and Hornbeam showed positive response to climate change but less than real values. The results of this study indicated that gap models are good at providing forest yield prediction affected by climate change.

Keywords: Climate change, Growth and yield model, Simulation.

* Corresponding author

Tel: +98939507237

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک ۲۰ سال پس از جنگلکاری در جنگل‌های شمال ایران (با تأکید بر ذخایر کربن و نیتروژن در جنگل‌های دست‌کاشت با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ)

لیلا وطنی^۱، سیدمحسن حسینی*^۲، سیدجلیل علوی^۳، محمود رائینی سرجاز^۴ و سیدسعید شمسی^۵

- ۱- دکترای اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (vatany2000@yahoo.com)
- ۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (hosseini@modares.ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (j.alavi@modares.ac.ir)
- ۴- استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (m.raeini@sanru.ac.ir)
- ۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (saeedshamsi92@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۲۵

چکیده

این پژوهش در پنج توده دست‌کاشت با گونه‌های بلوط، توسکا، افراپلت، صنوبر و زرین در جنگل‌های حوزه آبخیز تجن در استان مازندران انجام شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ۱۰ نمونه خاک در هر توده درختی برداشت و مشخصه‌های خاک شامل بافت، اسیدیته خاک، جرم مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی، عناصری چون فسفر، پتاسیم، کلسیم، نیتروژن و کربن خاک اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش نشان داد که نوع گونه درختی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اثرگذار است. آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که ویژگی‌های خاک در توده‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارند. در این منطقه بیشترین مقدار ذخیره کربن خاک در توده توسکا ($64/61 \text{ ton ha}^{-1}$) و کمترین مقدار آن در خاک توده صنوبر ($26/76 \text{ ton ha}^{-1}$) مشاهده شد. مقدار ذخیره نیتروژن نیز در خاک توده توسکا دارای بیشترین مقدار ($2/68 \text{ ton ha}^{-1}$) و در توده زرین دارای کمترین مقدار ($1/17 \text{ ton ha}^{-1}$) بود. در مجموع می‌توان گفت که ذخیره کربن و نیتروژن خاک به‌عنوان یک ارزش افزوده در کنار دیگر ارزش‌ها و فوائد بوم‌سامانه‌های جنگلی و به‌عنوان شاخصی برای سنجش پایداری بوم‌سامانه است.

واژه‌های کلیدی: احیای جنگل، عناصرخاک، بوم‌سامانه، جنگل طبیعی، تغییر اقلیم.

مقدمه

امروزه به دلیل افزایش توجه به پیامدهای گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، ترسیب کربن خاک به- عنوان روش مناسبی برای کاهش تراکم CO₂ جوی در مجامع علمی جهان مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Kimble et al., 2003). ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن جو در بوم سامانه خشکی است و تأثیر بسیاری بر مقدار CO₂ جو دارد (Harrison et al., 1993) به طوری که حدود ۷۵ درصد از کربن جو در خاک ذخیره می شود (Henderson, 1995) و خاک مناطق جنگلی ۴۰ درصد از این مقدار را می تواند در خود ذخیره کند (Dixon et al., 1994). در واقع رستنی های جنگل و خاک آن مخزن اصلی جذب و تثبیت دی اکسید کربن جوی هستند (Kaul, 2010; Pato et al., 2017). هرگونه درختی می تواند بر محیط خود تأثیر گذاشته و از آن تأثیر پذیرد. گونه های درختی به دلیل تفاوت در کیفیت و ترکیبات شیمیایی لاش برگ وارده به خاک و فعالیت ریشه ها علاوه بر کربن دیگر ویژگی های خاک را نیز تحت تأثیر قرار می دهند. گونه های درختی سوزنی برگ و پهن برگ می توانند اثرهای متفاوتی بر خاک و پوشش گیاهی داشته باشند (Jafari et al., 2004; Hashemi et al., 2017). جنگل های پهن برگ توان بیشتری برای جذب دی اکسید کربن دارند و تغییر جنگل سوزنی برگ به پهن برگ می تواند جذب کربن را افزایش و کیفیت خاک را بهبود بخشد (Van Kooten et al., 2004). ویژگی هایی مانند مقدار نیتروژن، پتاسیم و فسفر ارتباط مستقیمی با پراکنش پوشش های مختلف گیاهی و رشد و نمو آنها دارند بر همین اساس تعیین اثرهای متقابل خاک و گونه های درختی همواره مورد توجه محققین بوده و پژوهش های بسیاری در این زمینه انجام شده است (Boley et al., 2009; Garcia-Orenes et al., 2010; Augusto et al., 2002).

از مهم ترین اهداف طرح های جنگلداری حفاظت از جنگل و پایداری بوم سامانه های (اکوسیستم های) جنگلی است. پایداری بوم سامانه در جنگل شاخص- های متنوعی دارد که یکی از این شاخص ها حفظ حاصلخیزی خاک است. در واقع پایداری طولانی مدت بوم سامانه های خاکی وابسته به حفظ کیفیت خاک است (Demessie, 2012). تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارزیابی کیفیت آن مؤثر است به- همین دلیل شناخت ویژگی های خاک در بوم سامانه جنگل نیاز به پژوهش و بررسی های همه جانبه دارد (Liu, 2017). کیفیت خاک در جنگل تحت تأثیر واکنش متقابل خاک و گیاهان، متفاوت است (Shahsavari et al., 2016). وجود عناصر غذایی در خاک، حاصل تعادل میان لاش برگ و تجزیه میکروبی آن، آتش سوزی، فرسایش و آبشویی است که تحت تأثیر اقلیم، رژیم های حرارتی، ترکیب جامعه گیاهی، میکروارگانیزم ها (ریزاندامگان) و زمان تغییر می کند (Varamesh et al., 2009)؛ بنابراین نوع کاربری و پوشش گیاهی بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک اثر می گذارد و خاک جنگل در تعامل با دیگر عوامل زیستی و غیرزیستی، محیط مساعدی را برای رشد و پراکنش رستنی ها ایجاد می کند.

غلظت گازهای گلخانه ای در جو در حال افزایش است که منجر به افزایش گرمایش جهانی زمین شده است (Kooch et al., 2015) دی اکسید کربن، متان و نیتروز اکسید مهم ترین گازهای گلخانه ای به شمار می روند که حدود ۸۰ درصد گرمایش جهانی زمین را سبب می شوند (Gundersen et al., 2012). تغییرات این گازها تا حد زیادی متأثر از تغییرپذیری شاخص های اکوفیزیولوژی کربن و نیتروژن خاک است.

نیتروژن یکی دیگر از عناصر مؤثر در خاک است. تجمع نیتروژن نیز در حال حاضر به علت فعالیت‌های انسانی رو به افزایش است. یکی از چاهک‌های نیتروژن در بوم‌سامانه‌های زمینی، خاک است (Templer et al., 2012). نتایج پژوهش Chiti et al. (2007) نشان داد که مقدار کربن آلی و نیتروژن در جنگلکاری‌های آمیخته بلوط و توسکا بیلاقی بیشتر از جنگلکاری‌های خالص بلوط بوده است و توسکا به‌عنوان گونه همراه نقش مؤثری در تثبیت نیتروژن و فرآیندهای تحول خاک و چرخه کربن داشته است. امروزه تحت شرایط گرمایش جهانی، توسعه جنگل‌ها از طریق جنگلکاری مؤثرترین راهکار برای کاهش پیامدهای ناشی از گرمایش زمین است. درختان با قابلیت جذب گازهای گلخانه‌ای و ذخیره آن در اندام‌های خود و در خاک جنگل، در ترسیب و کاهش عناصر گازهای گلخانه‌ای در جو نقش اساسی ایفا می‌کنند (Demessie et al., 2012; Varamesh et al., 2010; Nobakht et al., 2011).

جنگلکاری برای احیای جنگل‌های مخروبه با گونه‌های مختلف سوزنی‌برگ و پهن‌برگ انجام می‌شود. با توجه به این‌که پتانسیل ذخیره کربن و نیتروژن گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ متفاوت است (Van Kooten et al., 2004)، بنابراین بررسی تغییرات ذخیره کربن و نیتروژن و تعیین عوامل تأثیرگذار بر آن می‌تواند در پیدا کردن راه‌حل‌های مناسب و پیش‌بینی تغییرات مربوط تأثیرگونه‌های درختی بر گردش عناصر غذایی و در نهایت تغییر در مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار باشد (Nave et al., 2010). انتخاب گونه درختی مناسب یکی از فاکتورهای مهم و اثرگذار در عملیات جنگلکاری است. از آنجایی‌که گونه‌های درختی مختلف اثرهای متفاوتی بر بوم‌سامانه جنگل دارند، بنابراین این

پژوهش برای تعیین تأثیر پنج گونه درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل‌های دست‌کاشت بر مقدار ذخائر کربن و نیتروژن خاک انجام شد. فرض بر این است که ترسیب کربن در توده سوزنی‌برگ بیشتر از توده‌های پهن‌برگ است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در محدوده طرح جنگلداری مهدشت واقع در حوزه آبخیز تجن شهرستان ساری در استان مازندران واقع شده است (در محدوده طول جغرافیایی ۵۳ درجه صفر دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی) (شکل ۱). شیب دامنه منطقه عموماً رو به شمال و شمال غربی است و متوسط ارتفاع منطقه پژوهش ۴۵۰ متر از سطح دریا است. این منطقه در سال ۱۳۷۵ با گونه‌های مختلف درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ جنگلکاری شد. سطح جنگلکاری خالص با هر گونه حداقل سه هکتار است و عملیات پرورشی به‌طور یکسان در همه توده‌ها انجام شده است. گونه‌های درختی منطقه پژوهش شامل افرا پلت (Maple) (*Acer velutinum* Bioss)، توسکا قشلاقی (Alder) (*Alnus glutinosa* (L.)) (Gaertn)، بلوط بلندمازو (Chestnut-leaved oak) (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey) و زربین (Cypress) (*Cupressus sempervirens* var. Horizontalis) در داخل جنگل و یک عرصه دست‌کاشت با گونه صنوبر دلتوئیدس (Poplar) (*Populus deltoids* Barter.ex Marsh) در حاشیه طرح جنگل است. آب و هوای منطقه معتدل و مرطوب است دوره خشکی آن از اوایل خرداد ماه شروع و تا اواخر مرداد ماه ادامه پیدا می‌کند.



شکل ۱- منطقه مورد بررسی در جنگل‌های پایین‌بند منطقه مهدشت ساری - مازندران
Figure 1. Study sites in low land forest at Mahdasht, Sari, Mazandaran

ها، آسیاب شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد (Paul et al., 2002; Losi et al., 2003; Ponce- Hernandez et al., 2004). تعداد ۵۰ نمونه لاش‌برگ نیز از سطح هر پروفیل خاک در هر یک از قطعات نمونه برداشت شد. محتوی کربن آلی لاشبرگ به روش احتراق (Nilsson et al., 1999) و نیتروژن کل به روش معدنی‌سازی (Bremner and Mulvaney, 1982) مورد سنجش قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت: جرم مخصوص خاک به

روش نمونه‌برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی در هر توده دست‌کاشت ۱۰ قطعه نمونه مربع شکل به ابعاد ۱۰×۱۰ متر پیاده شد. پس از کنار زدن لایه لاش‌برگ، چهار نمونه خاک از چهار گوشه و یک نمونه از مرکز قطعه نمونه برداشت شد و برای به کمینه رساندن خطا، نمونه‌برداری به صورت ترکیبی انجام شد. بدین صورت که پنج نمونه از هر قطعه‌نمونه با هم مخلوط و یک نمونه خاک از هر قطعه نمونه به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و دیگر ناخالصی-

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس با استفاده از آزمون Levene مورد آزمون قرار گرفت. برای بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با توده‌های دست‌کاشت از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از آزمون SNK (Student-Newman-Keuls) در سطح احتمال ۹۵ درصد ($p < 0.05$) در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در پنج توده دست-کاشت افراپلت، توسکا، بلوط، صنوبر و زرین در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی شامل مقدار رطوبت، pH، ساختمان و بافت خاک، عناصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم و کلسیم، کربن آلی، هدایت الکتریکی در بین توده‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند. مقایسه میانگین داده‌های خاک در توده‌های مختلف دست‌کاشت نشان داد که درصد رطوبت خاک در توده‌های افرا و توسکا بیشترین مقدار و در توده‌های زرین و صنوبر کمترین مقدار را داشت. pH خاک در صنوبر دارای بیشترین مقدار و در توده‌های توسکا و بلوط دارای کمترین مقدار بود. مقدار عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و کلسیم در توده افرا دارای بیشترین مقدار و در توده بلوط دارای کمترین مقدار بود.

روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (Blake and Hartage, 1986)، بافت خاک به روش دانسیمتری بایکاس (Bouyoucos, 1962)، درصد نیتروژن به روش کجدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، درصد کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک (Walkley and Black, 1934)، pH به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی، درصد توسط اکسیداسیون دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) روش والکی و بلاک، درصد آهک به روش تیتراسیون، فسفر قابل جذب به روش اولسن برحسب (ppm) و پتاسیم و کلسیم نیز با جذب اتمی برحسب میلی‌اکی-والان بر لیتر (meq/lit) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (Bremner and Mulvaney, 1982).

به منظور تعیین ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک

از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{SOCS} = C \times \text{BD} \times E \times 0.1$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{SONS} = N \times \text{BD} \times E \times 0.1$$

در این معادله‌ها BD جرم مخصوص ظاهری گرم بر سانتی‌متر مکعب، C مقدار کربن آلی خاک برحسب گرم بر کیلوگرم، N مقدار نیتروژن آلی خاک برحسب گرم بر کیلوگرم، E ضخامت لایه خاک برحسب سانتی‌متر و SOCS و SONS به ترتیب مقدار ذخیره کربن و تثبیت نیتروژن خاک بر حسب تن در هکتار است (Sariyildiz et al., 2015).

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، طرح آزمایشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ده تکرار مورد استفاده قرار گرفت.

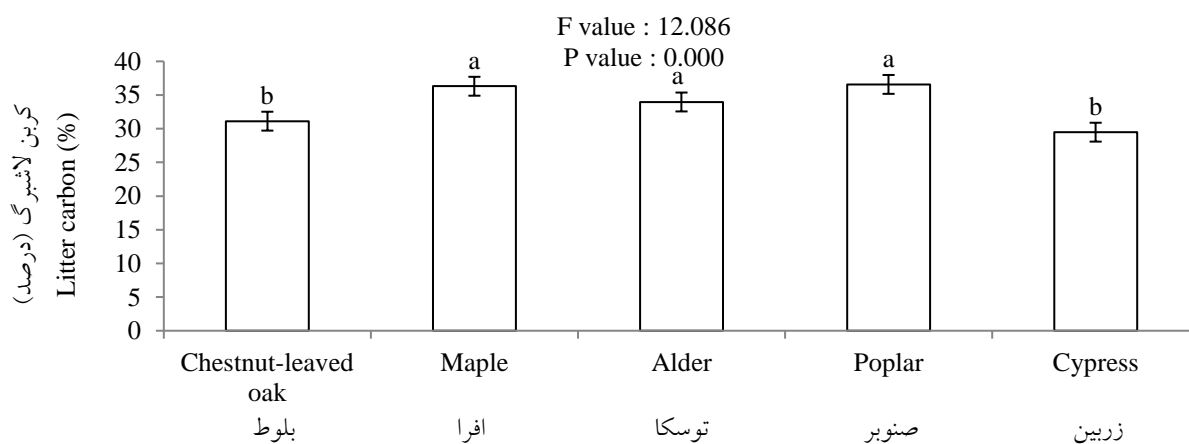
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های دست‌کاشت

Table 1. Soil physico-chemical properties in planted forests

گونه	بلوط	افرا	توسکا	صنوبر	زربین
Specie	Chestnut-leaved oak	Maple	Alder	Poplar	Cypress
جرم مخصوص ظاهری	1/375 ^a	1/408 ^a	1/286 ^{ab}	1/344 ^{ab}	1/22 ^b
Bulk density					
شن	24/4 ^b	18 ^c	31/4 ^a	31/8 ^a	30/8 ^a
Sand					
سیلت	48 ^a	43/6 ^b	45/6 ^{ab}	38/6 ^c	36/4 ^c
Silt					
رس	27/6 ^b	38/4 ^a	23 ^c	29/6 ^b	32/8 ^b
Clay					
درصد رطوبت	18/8 ^b	26/8 ^a	25/8 ^a	13/6 ^c	14/4 ^c
Water content					
pH	6/754 ^c	7/688 ^{ab}	6/768 ^c	7/886 ^a	7/59 ^b
هدایت الکتریکی	0/186 ^c	0/376 ^a	0/302 ^b	0/364 ^{ab}	0/344 ^{ab}
EC					
فسفر	10/2 ^c	33/8 ^a	16/6 ^b	15/4 ^b	9/1 ^c
P					
پتاسیم	125/4 ^d	434/8 ^a	187/4 ^c	308 ^b	148/4 ^d
K					
کلسیم	2531/1 ^d	4967/1 ^a	3288 ^c	4676/8 ^{ab}	4521/6 ^b
Ca					

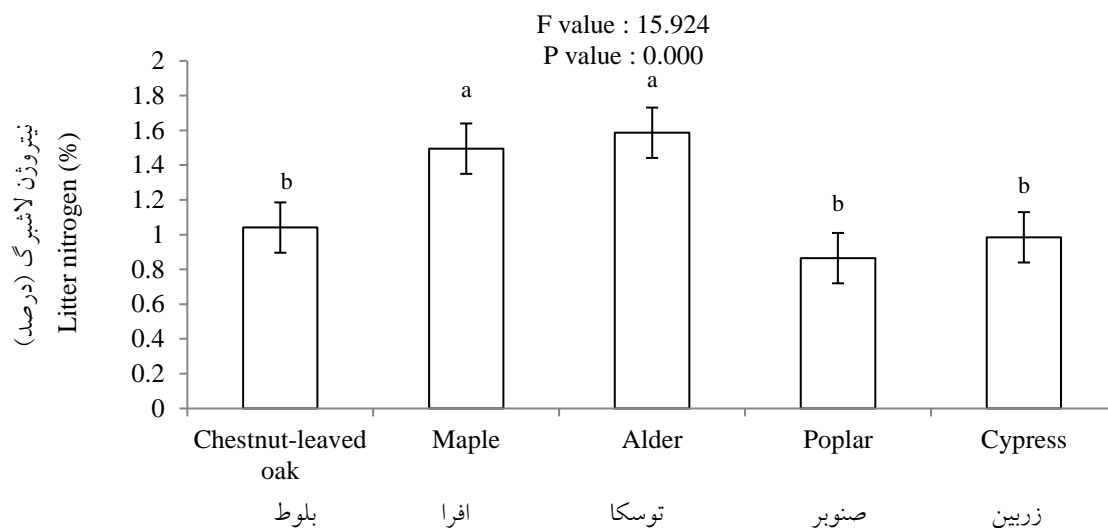
مقدار کربن لاشبرگ توده‌های افرا، توسکا و صنوبر دارای بیشترین مقدار و در توده‌های زربین و بلوط و صنوبر دارای کمترین مقدار بود (شکل ۲).

مقدار کربن لاشبرگ توده‌های افرا، توسکا و صنوبر دارای بیشترین مقدار و توده‌های بلوط و زربین دارای کمترین مقدار بود (شکل ۳).



شکل ۲- میانگین کربن لاشبرگ در توده‌های مختلف درختی

Figure 2. Mean (\pm SE; n = 10) of litter C (%) in different tree stands

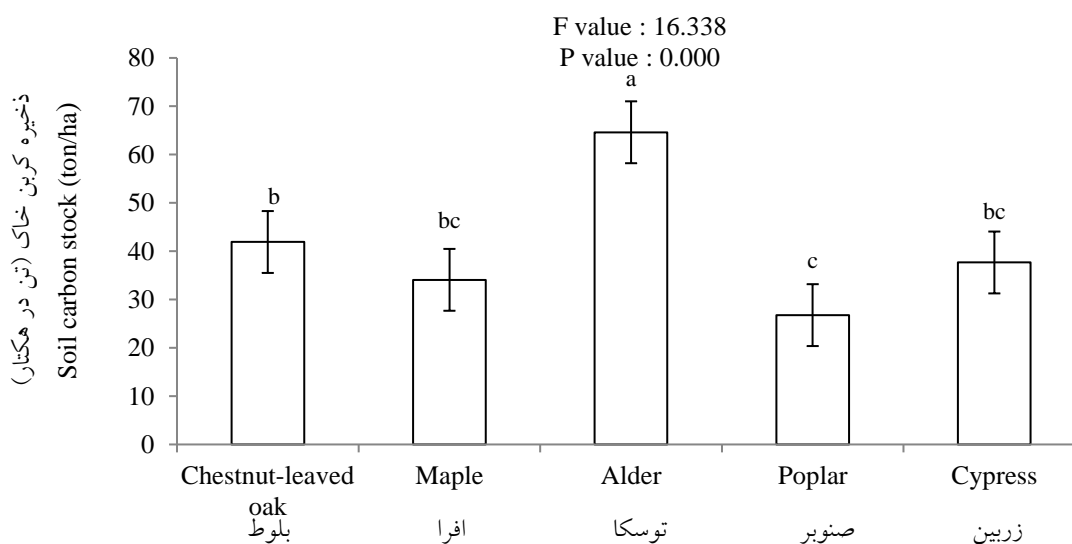


شکل ۳- میانگین نیتروژن لاش‌برگ در توده‌های مختلف درختی

Figure 3. Mean (\pm SE; n = 10) of litter N in different tree stands

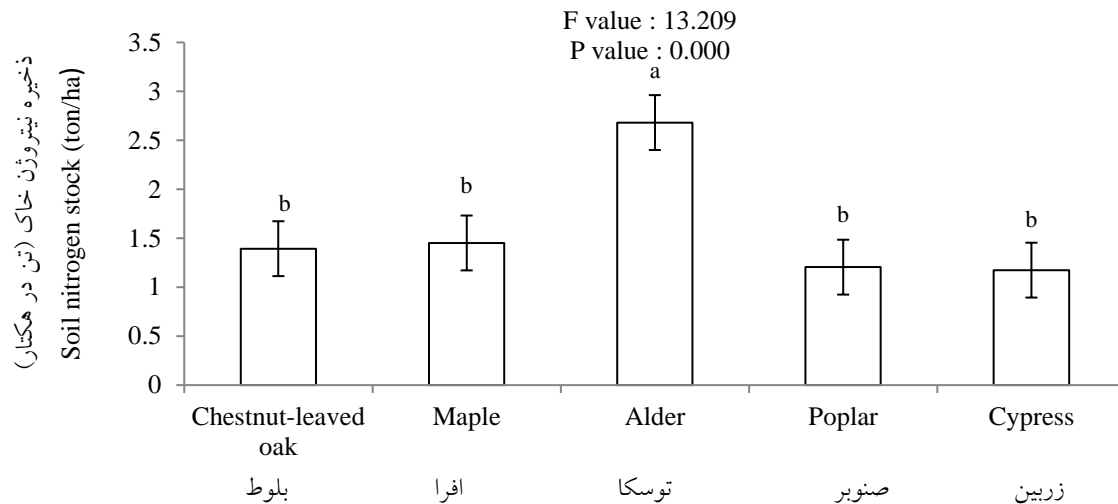
بیشترین مقدار (۲/۶۸ تن در هکتار) و در توده زرین دارای کمترین مقدار (۱/۱۷ تن در هکتار) بود (شکل ۵).

بیشترین مقدار ذخیره کربن خاک در توده توسکا (۶۴/۶۱ تن در هکتار) و کمترین مقدار آن در توده صنوبر (۲۶/۷۶ تن در هکتار) مشاهده شد (شکل ۴). مقدار ذخیره نیتروژن نیز در خاک توده توسکا دارای



شکل ۴- میانگین ذخیره کربن خاک در توده‌های مختلف درختی

Figure 4. Mean (\pm SE; n = 10) of soil carbon stocks under different tree species



شکل ۵- میانگین ذخیره نیتروژن خاک در توده‌های مختلف درختی

Figure 5. Mean (\pm SE; n = 10) of soil nitrogen stocks under different tree species

بحث

نتیجه این پژوهش مانند دیگر پژوهش‌ها (Qing-Biao et al., 2009; Hopmans and Elms, 2009; Finzi et al., 1998; Schulp et al., 2008; Ranger et al., 2009; Rossi et al., 2011) نشان داد که پوشش‌های مختلف درختی بر مقدار کربن آلی، نیتروژن و حاصلخیزی خاک اثر می‌گذارد. نوع پوشش بر مقدار مواد آلی و همچنین تجزیه و تخریب آن‌ها به‌ویژه در لایه‌های سطحی خاک نقش به‌سزایی دارند و ترکیب گونه‌های درختی موجود در جنگل، تأثیر زیادی در ورودی کربن به خاک دارد. تفاوت در مقدار ذخایر کربن خاک تحت پوشش گونه‌های مختلف درختی نشان دهنده وجود برهم‌کنش میان پوشش‌های مختلف جنگلی با خاک و قدرت ایجاد شرایط گوناگون تجزیه و ذخیره ماده آلی در خاک است این نتیجه در اکثر پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه مشاهده شده است (Jafari et al., 2004; Varamrsh et al., 2010; Dong et al., 2009).

نتیجه این پژوهش بیانگر رابطه ترسیب کربن آلی خاک با نوع گونه‌های درختی، لاشبرگ و بقایای گیاهی آن‌ها است. شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهند که جنگلکاری با

با توجه به این که ۲۷ درصد از وزن دی-

اکسیدکربن جو را کربن تشکیل می‌دهد (جرم اتمی کربن ۱۲ و جرم اتمی اکسیژن ۱۶ است)، بنابراین هر تن دی‌اکسیدکربن جو معادل ۲۷۰ کیلوگرم کربن است. در نتیجه هر تن کربن ترسیب شده معادل ۳/۷ تن دی-اکسیدکربن جوی است (Varamesh et al., 2010) از این‌رو مقدار جذب و ترسیب کربن جو در هر هکتار از خاک توده بلوط ۱۵۵/۰۲، توده افرا ۱۲۶/۰۵، توده توسکا ۲۳۹/۰۶، صنوبر ۱۲۳/۷۶ و زربین ۲۰۹/۰۳ تن خواهد بود و چنانچه مقدار کربن ترسیب شده در زی-توده هوایی و زیرزمینی درختان به عدد یادشده اضافه شود، اهمیت اقتصادی پروژه‌های جنگلکاری از حیث ترسیب کربن چشم‌گیرتر می‌شود. همچنین ۶۳/۶ درصد وزن نیتروز اکسید را نیتروژن تشکیل می‌دهد و هر تن نیتروز اکسید جوی معادل ۶۳۶ کیلوگرم نیتروژن است در نتیجه هر تن نیتروژن ترسیب شده معادل ۱/۵۷ تن نیتروز اکسید جوی است (Varamesh et al., 2010) با این احتساب مقدار ترسیب نیتروژن جوی در هر هکتار از خاک توده بلوط ۲/۱۸، افرا ۲/۲۷، توسکا ۴/۲۰، صنوبر ۲/۳۶ و زربین ۲/۷۶ تن خواهد بود.

توسکا باشد. در پژوهش (Varamesh et al. 2010) و نیز (Abdollahzadeh Karegar et al. 2019) گونه افاقیا همانند توسکا تثبیت‌کننده نیتروژن است و مقدار ذخیره کربن خاک تحت پوشش این گونه بیشتر از دیگر گونه‌های پژوهش ایشان بود.

در این پژوهش مقدار نیتروژن خاک در توده توسکا بالاتر از دیگر توده‌ها بود. بافت خاک یکی از عوامل مؤثر در مقدار نیتروژن خاک است، پژوهش (Salardini et al. 1995) و (Roodi et al. 2011) نشان داد که خاک‌های رسی دارای مقدار نیتروژن و پتاسیم بیشتری نسبت به خاک‌های شنی هستند این برخلاف این پژوهش بود چرا که در این پژوهش توده افرا دارای خاک با درصد رس بالاتر نسبت به توسکا بوده اما ذخایر نیتروژن آن کمتر از توده توسکا بود. پتاسیم خاک توده افرا مقدار بیشتری نسبت به توده توسکا داشت. این نتیجه با پژوهش‌های (Salardini et al. 1995) و (Roodi et al. 2011) مطابقت داشت.

در این پژوهش کاهش مقدار درصد رطوبت در توده صنوبر می‌تواند نشان دهنده نیاز و مصرف بالای آب برای این گونه درختی باشد. گاهی اوقات کاهش مقدار رطوبت خاک می‌تواند به دلیل کاهش ذرات رس خاک باشد زیرا خاک رسی در مقایسه با خاک شنی ظرفیت نگهداری مقدار آب بیشتری دارد (Shahovi, 2006) در این پژوهش خاک توده افرا دارای مقدار رس بیشتری نسبت به دیگر توده‌ها بود و از طرفی مقدار رطوبت خاک این توده نیز دارای بیشترین مقدار رطوبت خاک بود این نتیجه با یافته (Shahovi, 2006) مطابقت داشت، ولی در توده توسکا این نتیجه مشاهده نشد و خاک توده توسکا با کمترین مقدار ذرات رس، از نظر مقدار رطوبت بعد از توده افرا قرار داشت.

گونه توسکا موجب افزایش معنی‌دار ذخیره کربن و نیتروژن خاک شده است. مقدار ترسیب کربن آلی خاک در توده توسکا حدود ۳۰ تن در هکتار بیشتر از توده زربین و در حدود ۹۰ تن در هکتار بیشتر از دیگر توده‌های پهن‌برگ مورد بررسی بود. دلیل این امر را می‌توان به قابلیت بالای گیاهان خانواده *Leguminous* در تثبیت نیتروژن و رابطه مستقیم ترسیب کربن و تثبیت نیتروژن نسبت داد (Varamesh et al., 2009). (Dong et al. 2009) و (Van Kooten 2004)

et al. نیز با مقایسه ذخیره کربن توده‌های جنگلی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به این نتیجه رسیدند که پتانسیل ذخیره کربن گونه‌های پهن‌برگ بیشتر از گونه‌های سوزنی‌برگ است. در واقع جنگل‌های پهن‌برگ توان بیشتری برای جذب دی‌اکسیدکربن دارند و تغییر جنگل سوزنی‌برگ به پهن‌برگ می‌تواند جذب کربن را افزایش و کیفیت خاک را بهبود بخشد، این نتیجه در مورد گونه توسکا در این پژوهش مطابقت داشت اما در مورد دیگر گونه‌های پهن‌برگ تطابق نداشت چون دیگر گونه‌های پهن‌برگ ذخیره کربن کمتری نسبت به گونه سوزنی‌برگ زربین داشتند. مقدار ترسیب کربن کمتر در خاک توده سوزنی‌برگ زربین نسبت به توده پهن‌برگ توسکا با پژوهش (Shahsavari et al. 2016) مغایرت داشت چرا که در پژوهش ایشان مقدار ترسیب کربن خاک توده سوزنی‌برگ دارتالاب از توده پهن‌برگ صنوبر بیشتر بود.

مقدار نیتروژن خاک تأثیر زیادی بر روی مقدار کربن آلی خاک دارد و در ارتباط با نیتروژن است این یافته با پژوهش‌های (Filep and Rékási 2011) و (Varamesh et al. 2010) مطابقت داشت. بالا بودن مقدار نیتروژن در خاک تحت پوشش گونه توسکا می‌تواند به علت خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن گونه

اصلاح و احیای اراضی مخروطه جنگلی اقدام کرد. این راهکار مناسبی برای مقابله با بحران تغییر اقلیم و گرمایش جهانی است. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت در مناطقی که در دست احیا و اصلاح هستند اگر گونه توسکا به همراه دیگر گونه‌های پهن-برگ به خوبی استقرار یابد، در بلندمدت می‌توان انتظار ذخیره بیشتر کربن آلی خاک را داشت. از این رو پیشنهاد می‌شود در مناطق مشابه منطقه این پژوهش، از گونه‌های درختی پهن‌برگی که دارای قابلیت بالای ترسیب کربن و نیتروژن است، استفاده شود. با توجه به نتایج پژوهش این فرضیه در مورد بالاتر بودن ترسیب کربن خاک توده سوزنی‌برگ در مقایسه با توده‌های توسکا و بلوط رد می‌شود ولی در مقایسه با توده‌های افرا و صنوبر تأیید می‌شود.

References

- Augusto, L.; Ranger, J.; Binkley, D.; Rothe, A., Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of forest science* **2002**, *59* (3), 233-253.
- Blake, G.; Hartge, K., Bulk density In: Klute A.(ed.): *Methods of Soil Analysis Part 1 (Agronomy)*. American Society of Agronomy. Inc. Madison, USA **1986**, 503-507.
- Boley, J. D.; Drew, A. P.; Andrus, R. E., Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* **2009**, *257* (11), 2254-2261.
- Bouyoucos, G. J., Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal* **1962**, *54* (5), 464-465.
- Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S., Nitrogen total. In: Page, A. L., R. H. Miller & R. R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Second ed. American Society of Agronomy press, Madison, WI, 1982. p. 595-624.
- Chiti, T.; Certini, G.; Puglisi, A.; Sanesi, G.; Capperucci, A.; Forte, C., Effects of

ترسیب گازهای گلخانه‌ای و کاهش انتشار آن از طریق جنگلکاری یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین اقدامات به‌منظور مقابله با گرمایش جهانی است. جنگلکاری با گونه‌های مختلف درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ انجام می‌شود که نوع و ترکیب این گونه‌ها در جنگل می‌تواند با توجه به نوع سنگ مادری، اقلیم و مدیریت جنگل اثرهای متفاوتی بر ویژگی‌های خاک و برخی از متغیرهای کلیدی بوم‌سامانه مانند مقدار ترسیب کربن و ذخیره نیتروژن داشته باشد. با توجه به این که این متغیرها جزو معیارهای پایداری بوم‌سامانه هستند که بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت خاک متفاوت هستند، بنابراین می‌بایست با شناخت گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن و ذخیره نیتروژن دارند در کنار دیگر فاکتورهای مؤثر در انتخاب گونه برای جنگلکاری، نسبت به

- associating a N-fixer species to monotypic oak plantations on the quantity and quality of organic matter in minesoils. *Geoderma* **2007**, *138* (1-2), 162-169.
- Demessie, A.; Singh, B. R.; Lal, R.; Børresen, T., Effects of eucalyptus and coniferous plantations on soil properties in Gambo District, southern Ethiopia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science* **2012**, *62* (5), 455-466.
- Dixon, R. K.; Solomon, A.; Brown, S.; Houghton, R.; Trexler, M.; Wisniewski, J., Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* **1994**, *263* (5144), 185-190.
- Dong, N.; Silong, W.; Ouyang, Z., Comparisons of carbon storages in *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia macclurei* plantations during a 22-year period in southern China. *Journal of Environmental Sciences* **2009**, *21* (6), 801-805.
- Filep, T.; Rékási, M., Factors controlling dissolved organic carbon (DOC), dissolved organic nitrogen (DON) and DOC/DON ratio in arable soils based on a dataset from Hungary. *Geoderma* **2011**, *162* (3-4), 312-318.

- Finzi, A. C.; Van Breemen, N.; Canham, C. D., Canopy tree–soil interactions within temperate forests: species effects on soil carbon and nitrogen. *Ecological applications* **1998**, 8 (2), 440-446.
- García-Orenes, F.; Guerrero, C.; Roldán, A.; Mataix-Solera, J.; Cerdà, A.; Campoy, M.; Zornoza, R.; Bárcenas, G.; Caravaca, F., Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research* **2010**, 109 (2), 110-115.
- Gundersen, P.; Christiansen, J.; Alberti, G.; Brüggemann, N.; Castaldi, S.; Gasche, R.; Kitzler, B.; Klemedtsson, L.; Lobo-do-Vale, R.; Moldan, F., The response of methane and nitrous oxide fluxes to forest change in Europe. *Biogeosciences* **2012**, 9 (10), 3999-4012.
- Harrison, K. G.; Broecker, W. S.; Bonani, G., The effect of changing land use on soil radiocarbon. *Science* **1993**, 262 (5134), 725-726.
- 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), *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 3 (2), 119-132. (In Persian).
- Henderson, G. S., Soil organic matter: a link between forest management and productivity. *Carbon forms and functions in forest soils* **1995**, 419-435.
- Hojjati, S.; Sagheb, T. K.; Kooch, Y., Impact of plantation with Robinia pseudoacacia and Pinus eldarica on soil physicochemical properties and CO₂ emission in Tehran urban landscape. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 4 (4), 463-476. (In Persian).
- Hopmans, P.; Elms, S. R., Changes in total carbon and nutrients in soil profiles and accumulation in biomass after a 30-year rotation of Pinus radiata on podzolized sands: Impacts of intensive harvesting on soil resources. *Forest Ecology and Management* **2009**, 258 (10), 2183-2193.
- Jafari, M.; Chahouki, M. Z.; Tavili, A.; Azarnivand, H.; Amiri, G. Z., Effective environmental factors in the distribution of vegetation types in Poshtkouh rangelands of Yazd Province (Iran). *Journal of Arid Environments* **2004**, 56 (4), 627-641.
- Kaul, M., Carbon budgets and carbon sequestration potential of Indian forests PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2010; p 178.
- Kimble, J. M.; Heath, L. S.; Birdsey R. A.; Lal, R., The Potential of U.S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse effect. CRC Press, New York. 2003.
- Kooch, Y.; Darabi, S. M.; Hosseini, S. M., Effects of pits and mounds following windthrow events on soil features and greenhouse gas fluxes in a temperate forest. *Pedosphere* **2015**, 25 (6), 853-867.
- Liu, Y.; Lei, P.; Xiang, W.; Yan, W.; Chen, X., Accumulation of soil organic C and N in planted forests fostered by tree species mixture. *Biogeosciences* **2017**, 14 (17), 3937-3945.
- Losi, C. J.; Siccama, T. G.; Condit, R.; Morales, J. E., Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management* **2003**, 184 (1-3), 355-368.
- Nave, L. E.; Vance, E. D.; Swanston, C. W.; Curtis, P. S., Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management* **2010**, 259 (5), 857-866.
- Nilsson, M.-C.; Wardle, D. A.; Dahlberg, A., Effects of plant litter species composition and diversity on the boreal forest plant-soil system. *Oikos* **1999**, 16-26.
- Nobakht, A.; Pourmajidian, M.; Hojjati, S., A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (case study: Dehmian Forest Management Plan, Mazindaran). *Iranian Journal of Forest* **2011**, 3 (1), 13-23.
- Pato, M.; Salehi, A.; ZAHEDI, A. G.; BANJ, S. A., The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. **2017**. *Journal of Forest Research and Development*, 2(4): 367-377. (In Persian).
- Paul, K. I.; Polglase, P. J.; Nyakuengama, J.; Khanna, P., Change in soil carbon following afforestation. *Forest ecology and management* **2002**, 168 (1-3), 241-257.
- Ponce-Hernandez, R.; Kooch, P.; Antoine, J., *Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes*. Food & Agriculture Org.: 2004; Vol. 1.
- Qing-Biao, W.; Xiao-Ke, W.; Ouyang, Z.-Y., Soil organic carbon and its fractions across

- vegetation types: Effects of soil mineral surface area and microaggregates. *Pedosphere* **2009**, 19 (2), 258-264.
- Ranger, J.; Augusto, L.; Berthelot, A.; Bouchon, J.; Cacot, E.; Dambrine, É.; Gavaland, A.; Laclau, J.-p.; Legout, A.; Nicolas, M., Sylviculture et protection des sols. *Revue forestière française* **2011**, 63(2): 245-264.
- Roodi, Z.; Jalilvand, H.; Esmailzadeh, O., Edaphic effects on distribution of plant ecological groups (Case study: Sisangan Buxus (*Buxus hyrcana* Pojark.) forest reserve). *Iranian Journal of Plant Biology* **2012**, 4 (13), 39-56.
- Rossi, J.; Govaerts, A.; De Vos, B.; Verbist, B.; Vervoort, A.; Poesen, J.; Muys, B.; Deckers, J., Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests—a case study of Southeastern Tanzania. *Catena* **2009**, 77 (1), 19-27.
- Salardini, A., 1995. Soil and water relations, Tehran University press, Tehran, Iran (In Persian).
- Sariyildiz, T.; Savaci, G.; Kravkaz, I. S., Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry* **2015**, 9 (1), 165-170.
- Schulp, C. J.; Nabuurs, G.-J.; Verburg, P. H.; de Waal, R. W., Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest ecology and management* **2008**, 256 (3), 482-490.
- Shahovi, S. S., The nature and properties of soil, 13th edition, Kordestan University press, Kordestan, 2006. (In Persian).
- Shahsavari, P.; Golchin, A.; Amiri, B.; Mousavi, C. A., Comparison of soil nutrients and organic carbon storage under different covers forest in the safrabsteh region of Gilan. **2016**. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 23(3): 23-43.
- Templer, P.; Mack, M.; III, F. C.; Christenson, L.; Compton, J.; Crook, H.; Currie, W.; Curtis, C.; Dail, D.; D'Antonio, C., Sinks for nitrogen inputs in terrestrial ecosystems: a meta-analysis of 15N tracer field studies. *Ecology* **2012**, 93 (8), 1816-1829.
- Van Kooten, G. C.; Eagle, A. J.; Manley, J.; Smolak, T., How costly are carbon offsets? A meta-analysis of carbon forest sinks. *Environmental science & policy* **2004**, 7 (4), 239-251.
- Varamesh, S.; Hosseini, M.; Abdi N.; Akbarinia, M., Plantation effects with broadleaved species on soil carbon sequestration (Chitgar forest park), *Iranian Journal of soil research* **2009**, 25 (3), 187-196 (In Persian).
- Varamesh, S.; Hosseini, S. M.; Abdi, N.; Akbarinia, M., Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest* **2010**, 2 (1), 25-35.
- Walkley, A.; Black, I. A., An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science* **1934**, 37 (1), 29-38.

Soil physico-chemical properties 20 years after plantation in the Iranian northern forests (Emphasizing on carbon and nitrogen stocks in plantation with broadleaved and coniferous species)

L. Vatani¹, S. M. Hosseini^{*2}, S. J. Alavi³, M. Raeini Sarjaz⁴, S. S. Shamsi⁵

1-Ph.D. of Forest ecology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, I. R. Iran. (vatany2000@yahoo.com)

2- Professor, Department of Forest Science and engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, I. R. Iran. (hosseini@modares.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forest Science and engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (j.alavi@modares.ac.ir)

4- Professor, Department of water engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Noor, I. R. Iran. (m.raeini@sanru.ac.ir)

5- MSc., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (saeedshamsi92@yahoo.com)

Received: 16.09.2019

Accepted: 22.02.2020

Abstract

This study was conducted to determine carbon and soil nitrogen stocks in five plantations with broadleaved stands including oak, alder, maple and poplar species and a cypress conifer stand in Tajan watershed in Mazandaran province (Sari city). In order to study soil physico-chemical properties, soil samples were taken at a depth of 10 cm in each stand. Soil characteristics including texture, soil acidity, bulk density, electrical conductivity, total nitrogen, organic carbon was measured. The results showed that tree species affect the physicochemical properties of the soil. The highest carbon storage was observed in alder (64/61 ton/ha) and the lowest carbon storage in poplar (26/76 ton/ha). Nitrogen stock had the highest (2/68 ton/ha) and the lowest (1/17 ton/ha) in alder stand. Overall, the results showed that carbon and soil nitrogen storage are as an added value with other values and benefits of forest ecosystems and as an indicator for assessing ecosystem sustainability. Based on plantation and reforestation must be done with broadleaf species that have high potential for atmospheric carbon storage.

Keywords: Forest rehabilitation, Soil elements, Ecosystem, Natural forest, Climate change.

* Corresponding author

Tel: +989111213898

بازسازی گرده‌شناختی تاریخچه جنگل‌های راش (*Fagus orientalis Lipsky*) منطقه هیرکانی مرکزی در ۱۴۰۰ سال گذشته

بهار عبداللهی^۱، الیاس رضوانی کاکرودی^{۲*} و هانس یوستن^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (abdollahi707@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (amezani@urmia.ac.ir)

۳- استاد، گروه پالئوآکولوژی و مطالعات توربزار، انستیتو گیاه‌شناسی و اکولوژی، دانشگاه گرایفسوالد، گرایفسوالد، آلمان. (joosten@uni-greifswald.de)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۴

چکیده

بررسی گرده‌شناختی و سن‌سنجی رادیوکربن یک مغزه رسوبی از توربزاری در ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا در کوه‌های البرز، امکان بازسازی تاریخچه ۱۴۰۰ ساله پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی مرکزی را فراهم ساخت. این رکورد دیرین‌گرده‌شناختی نشان داد که راش و ممرز فراوان‌ترین درختان در ترکیب توده‌های جنگلی پیرامون توربزار و دامنه‌های مجاور آن بوده و بلندمازو، ملج و پلت گونه‌های همراه را تشکیل می‌دادند. توسکای بیلاقی همواره فراوان‌ترین درخت در مقیاس محلی (سطح و حاشیه توربزار) بوده؛ هرچند در بازه‌های زمانی ۱۳۵۰-۱۴۰۰، ۱۰۵۰-۱۲۵۰ و ۳۰۰-۴۵۰ سال پیش، به دلیل تغییرات هیدرولوژیک سطح و حاشیه توربزار، به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. همچنین، لرگ که در گذشته از درختان اصلی در سطح و حاشیه توربزار بود، در چند صد سال اخیر احتمالاً در پی کاهش دما و خشکی اقلیمی به شدت کاهش یافت. در بازه‌های زمانی با چیرگی راش (۱۱۰۰-۱۲۵۰ و ۷۵۰-۹۰۰ سال پیش و ۴۵۰ سال اخیر)، توده‌های پیرامونی توربزار دارای تاج‌پوشش بسته و ترکیب گونه‌ای غنی بودند. در این دوره‌ها، گیاهان علفی نورپسند و مهاجم، فراوانی کمی در ترکیب گونه‌ای کف جنگل داشتند. در ۱۴۰۰ سال گذشته، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر ساختار و ترکیب توده‌های جنگلی منطقه داشته‌اند. در این دوره‌ها (به‌ویژه ۱۲۵۰-۱۳۵۰ و ۵۵۰-۷۰۰ سال پیش)، کاهش چیرگی راش و باز شدن نسبی تاج‌پوشش در توده‌های جنگلی مجاور توربزار، موجب گسترش گیاهان مهاجم و نورپسند، به‌ویژه سرخس‌ها، درمنه و اسفناجیان، و تاحدی بارهنگ برگ‌نیزه‌ای شد.

واژه‌های کلیدی: گرده‌شناسی، تاریخچه پوشش گیاهی، تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی، هولوسن.

Wasylikowa, 2005; Wasylikowa and Witkowski, 2008; Djamali et al., 2008a

در سال‌های اخیر، امکان بازسازی تاریخچه چند هزار ساله پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی با بررسی گرده‌شناختی چند توربزار در مناطق جلگه‌ای و کوهستانی فراهم آمده است. در یک پژوهش گرده‌شناختی بر روی رسوبات تالاب موزی‌دارین در ارتفاع ۵۵۰ متر از سطح دریا ($36^{\circ}33'$ عرض شمالی، $51^{\circ}29'$ طول شرقی) در دامنه شمالی رشته‌کوه البرز در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی، تغییرات پوشش گیاهی جنگلی و تالاب در طول هزاره گذشته بازسازی شد. بر اساس این پژوهش، توده‌های جنگلی پیرامون تالاب در بازه زمانی مورد بررسی، بیشتر از توسکا (*Alnus glutinosa/A. subcordata*) و ممرز (*Carpinus betulus*) تشکیل شده بود و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، نارون (*Ulmus glabra/U. carpinifolia*) و انجیلی (*Parrotia persica*) از فراوانی کمتری برخوردار بودند. گرچه نشانه‌هایی از فعالیت‌های انسانی در طول هزاره گذشته در منطقه دیده شد، تشدید فعالیت‌های انسانی از ابتدای قرن نوزدهم با افزایش هاگ انواع سرخس‌ها و گروهی دیگر از گیاهان علفی مختص مناطق باز (غیرجنگلی) نشان داده شد (Ramezani et al., 2008). در پژوهش دیگری، پوشش گیاهی چند سده اخیر و تغییرات تراز دریا با بررسی تالاب‌های انزلی و امیرکلا بازسازی شد (Leroy et al., 2010). این پژوهش همانند دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در حاشیه جنوبی دریای خزر، نشان داد که در عصر یخبندان کوچک (Little Ice Age) در نتیجه افزایش بارندگی در حوزه دریای خزر، سطح دریا بالاتر از زمان حال بود.

Khakpour Saej et al. (2013) در پژوهشی

گرده‌شناختی، تغییرات پوشش گیاهی ویسر در استان

گرده‌شناسی (پالینولوژی) بررسی علمی دانه‌های گرده و هاگ زنده و فسیل گیاهان باهدف بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و محیط‌زیست گذشته است (Fægri and Iversen, 1989). گرده‌شناسی همچنین در پژوهش‌های آرایه‌شناسی (رده‌بندی) گیاهی، ژنتیک و فرگشت (تکامل)، تغییرات اقلیمی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی، پژوهش درباره آلرژی و علوم قضایی (جرم‌شناسی) کاربرد دارد (Fægri and Iversen, 1989; Moore et al., 1991; Blackmore, 2007).

پوشش گیاهی در هر منطقه تحت تأثیر آب و هوا و فعالیت‌های انسان است؛ بنابراین بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان اطلاعات سودمندی را درباره تغییرات آب و هوایی گذشته و نیز نقش و دخالت انسان در تغییر و تحول درازمدت پوشش گیاهی فراهم می‌کند (Fægri and Iversen, 1989; Moore et al., 1991). تغییرات ناگهانی و کوتاه‌مدت اقلیمی می‌تواند تغییرات مهمی را در ترکیب و ساختار پوشش گیاهی یک منطقه ایجاد کند (Feurdean and Willis, 2008).

بررسی گرده‌ها و هاگ‌های فسیل، روش اصلی برای بازسازی پوشش گیاهی یک منطقه در بازه‌های زمانی کوتاه تا درازمدت است (Seppä, 2013). آب‌وهوا و محیط‌های گذشته را می‌توان با بررسی گرده‌شناختی رسوبات دریاچه‌ای و تورب بازسازی کرد (Lowe and Walker, 1997). محیط‌های دریاچه‌ای و توربزارها بایگانی‌های طبیعت هستند که رخدادهای اقلیمی، مانند ترسالی و خشک‌سالی را ثبت می‌کنند. از طرفی، بررسی تاریخچه پوشش گیاهی و آب‌وهوای گذشته، می‌تواند به درک بهتر وضعیت کنونی انتشار گیاهان از جنبه جغرافیای گیاهی و همچنین پیش‌بینی آب‌وهوای آینده کمک کند (Stevens et al., 2001;)

منطقه به حدود ۲۳۰۰ سال پیش برمی‌گردد که از حضور گرده‌های گردو و گندم سیاه (*Fagopyrum*) دریافت شد. کاهش چشمگیر گرده‌های درختی نشان داد که پوشش درختی در مناطق جلگه‌ای اطراف توربزار کاهش و جنگل‌ها به‌طور فزاینده با پوشش گیاهی باز جایگزین شدند که به افزایش فعالیت‌های انسان نسبت داده شد. (Shumilovskikh et al. (2016) در پژوهشی، تاریخچه ۶۰۰۰ ساله پوشش گیاهی دریاچه کنگور واقع در قسمت مرکزی شرق دشت گرگان را بازسازی کردند. داده‌های به‌دست آمده حاکی از یک دوره خشک بین ۵۹۰۰ و ۳۹۰۰ سال پیش و افزایش رطوبت بین ۲۷۰۰ و ۷۰۰ سال پیش، در دوره امپراطوری‌های پارسی و دوره اسلامی است.

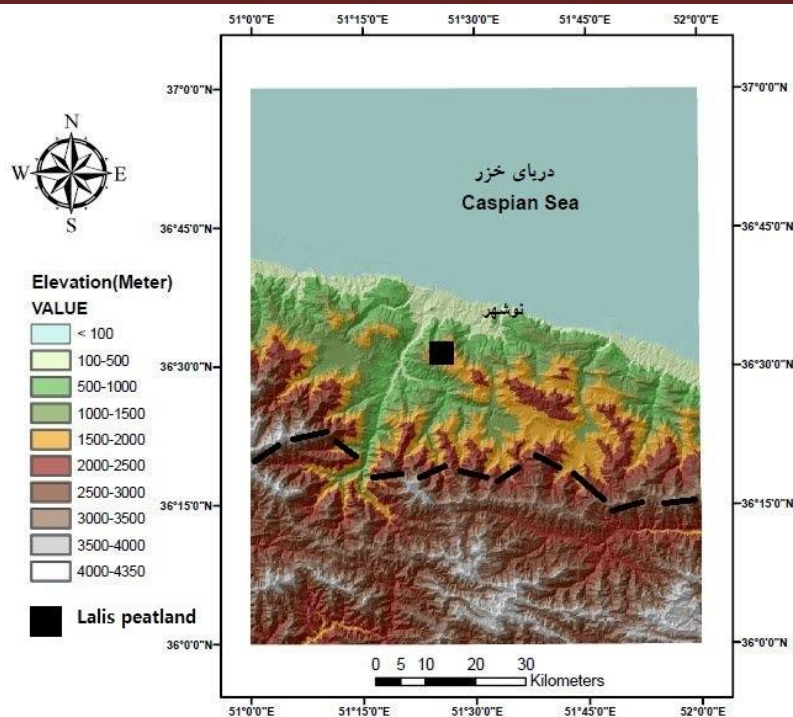
پژوهش پیش‌رو، نخستین بررسی گرده‌شناختی با دقت (رزولوشن) زمانی و مکانی بالا در یک راشستان در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی است که با هدف درک بهتر و روشن‌تری از پویایی درازمدت پوشش گیاهی جنگلی تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

توربزار مورد بررسی در این پژوهش در ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا (۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی) واقع شده است. مساحت این توربزار در حدود ۲-۳ هکتار است که در جنگل‌های سری ۱۰ لالیس از حوزه آبخیز شماره ۴۵ گلیند در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی قرار دارد (شکل ۱).

مازندران را در اواخر هولوسن با تعیین سن به روش رادیوکربن، بازسازی و نقش آب‌وهوا و فعالیت انسان را بررسی کردند. نمودار گرده نشان داد که توسکا همواره در منطقه مورد بررسی حضور داشته است. برخلاف توسکا، لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) کاهش چشمگیری را در حدود ۹۰۰ سال پیش نشان داد. راش و ممرز نقش مهمی را در منطقه به خود اختصاص دادند؛ هرچند در پی تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان تغییرات چشمگیری در فراوانی آن‌ها دیده شد. مهم‌ترین نشانه دخالت انسان وجود گرده‌های درختان میوه (گردو و فندق) و گیاهان علفی مهاجم و افزایش گرده گونه‌های علفی بود. (Ramezani (2013) تاریخچه ۸۵۰ ساله پوشش گیاهی تپه‌کلار را در منطقه کلاردشت در استان مازندران بازسازی و نقش آب‌وهوا و انسان را بررسی کرد. بر اساس این پژوهش توسکا و لرگ گاهی به فراوانی می‌رویدند، ولی انسان با تغییر ویژگی‌های هیدرولوژیک منطقه، به‌ویژه زهکشی اراضی مرطوب، موجب کاهش قابل‌توجه توسکا و حذف لرگ شد. وجود گرده‌های گردو (*Juglans regia*) و گندم (*Triticum*)، در طول دوره مورد بررسی، گویای سکونت انسان در منطقه است. در ۳۰۰ تا ۴۰۰ سال اخیر نقش انسان شدت یافته که این امر موجب افزایش قابل‌توجه گرده‌های گیاهان معرف اراضی باز، همانند آقظی (*Sambucus ebulus*)، علف هفت‌بند (*Polygonum spp.*) و بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (*Plantago lanceolata*) شد. (Ramezani et al. (2016) تاریخچه ۳۰۰۰ ساله پویایی پوشش گیاهی مناطق جلگه‌ای و دامنه‌های شمالی البرز مرکزی را تحت تأثیر نوسانات سطح دریای خزر، تغییرات آب‌وهوایی و دخالت‌های انسان بازسازی کردند. اولین نشانه‌های فعالیت انسان در



شکل ۱- بخشی از منطقه البرز مرکزی در شمال ایران که موقعیت تقریبی توربزار لالیس (مربع سیاه در جنوب غربی نوشهر) و مرز فوقانی جنگل (خط ناپیوسته) را نشان می‌دهد.

Figure 1. Part of the central Alborz in northern Iran showing the approximate position of Lalis peatland (black square, southwest of Nowshahr) and the upper forest boundary (sketched as dashed line).

Alnus (توسکای ییلاقی (*Carpinus betulus*))، *subcordata* (و پلت (*Acer velutinum*) است. گونه-هایی با فراوانی کمتر عبارتند از شیردار (*Acer cappaducicum*)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، بارانک (*Sorbus torminalis*)، گیلاس وحشی (*Prunus avium*) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) (کتابچه طرح جنگلداری سری ۱۰ لالیس).

مغزه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

با دستگاه مغزه‌بردار روسی، مغزه‌ای رسوبی به طول یک متر از توربزار لالیس در یک راشستان در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی برداشته شد. برای بررسی‌های گرده‌شناسی، نمونه‌های حجمی نیم‌سانتی‌متر مکعبی با فواصل پنج سانتی‌متر در امتداد مغزه برداشته شد. آماده‌سازی نمونه‌های گرده‌شناسی به روش استاندارد

داده‌های اقلیمی دقیق برای منطقه مورد بررسی در دسترس نیست. بر اساس آمار اقلیمی به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی نوشهر، میانگین بارش سالیانه در جلگه ۱۳۱۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین سردترین (بهمن) و گرم‌ترین (مرداد) ماه سال به ترتیب ۲/۳ و ۲۹/۲ درجه سانتی‌گراد است (Ramezani, 2009). بر اساس داده‌های زمین-شناسی در بخش‌های مرکزی منطقه هیرکانی، تپ‌های عمده و اصلی خاک در ارتفاعات میانی و پایینی منطقه، قهوه‌ای جنگلی و پس‌دوگلی است که بر روی انواع سنگ‌های آهکی (مانند آهک مارنی و آهک ماسه‌ای) و گاهی راندزین و پدزول قرمز توسعه یافته‌اند (Ramezani, 2009). کتابچه طرح جنگلداری سری ۱۰ لالیس). مهم‌ترین گونه‌های درختی در توده‌های جنگلی این منطقه شامل راش (*Fagus orientalis*)، ممرز

گرفت. برای توصیف و تفسیر آسان‌تر، نمودار گرده به چند بخش تقسیم شد که به هر بخش یک زون اجتماع گرده‌ای (pollen assemblage zone) گفته می‌شود.

سن‌سنجی

در این پژوهش از سن‌سنجی رادیوکربن به روش AMS (Accelerator Mass Spectrometry) استفاده شد. برای این کار، از عمق ۷۹-۷۱ سانتی‌متری مغزه مورد بررسی، مواد آلی (برگ، فلس جوانه و میوه درختان جنگلی) جمع‌آوری و شناسایی شد. سپس نمونه‌ها به روش (Grosse-Brauckmann, 1986) آماده‌سازی (تیمار با KOH 5 درصد به مدت پنج دقیقه در نقطه جوش) شد و به مدت یک شب در دمای ۴۰ °C خشک و به آزمایشگاه رادیوکربن پوزنان در کشور لهستان ارسال شد.

نتایج

چینه‌شناسی و سن‌سنجی مغزه لالیس

جدول ۱ ویژگی‌های چینه‌ای عمق‌های مختلف مغزه مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد. نتیجه تعیین سن مغزه لالیس به روش AMS در جدول ۲ نشان داده شده است.

پیشنهادی (Fægri and Iversen, 1989) در آزمایشگاه گرده‌شناسی دانشگاه گرایفسوالد آلمان انجام شد که شامل مراحل زیر است:

تیمار اسیدکلریدریک (HCl)، تیمار هیدروکسید پتاسیم (KOH)، الک (بامش ۱۲۵ میکرومتر)، تیمار با اسید هیدروفلوریک (HF)، استولیز (نسبت ۱:۹ از اسید سولفوریک و اسید استیک) و قرار دادن نمونه‌ها در روغن سیلیکون (با ویسکوزیته ۲۰۰۰ سنتی استوک).

شمارش گرده و ترسیم نمودار گرده

برای آنالیز گرده از هر عمق، اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شد. برای شناسایی و شمارش گرده‌ها از میکروسکوپ نوری الیمپوس مدل CX31 با بزرگ-نمایی ۴۰۰ برابر، کلیدهای شناسایی معتبر (Moore et al., 1991; Beug, 2004) و اسلایدهای مرجع موجود در گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه استفاده شد.

برای ترسیم نمودار گرده (شکل ۲)، محاسبات اولیه داده‌های گرده‌شناسی در محیط اکسل انجام شد و برای نمایش و تهیه نمودار گرده، نرم‌افزار تیلیا نسخه 2.0.41 (Grimm, 2015) مورد استفاده قرار

جدول ۱- چینه‌شناسی مغزه لالیس (LLS).

Table 1. Lithostratigraphy of Lalis (LLS) peat core

چینه‌شناسی Lithology	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
پیت قهوه‌ای با درجه تجزیه‌شدگی کم تا متوسط، حاوی مقدار زیادی ریشه گیاهان Slightly to moderately decomposed brown radicle/root peat	7/5-0
پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان Brown root peat	70-7/5
پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان و حاوی تکه‌های بزرگ چوب درختان Brown root peat including large wood pieces	82-70
پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان و همراه با تکه‌های چوب Brown root peat including wood pieces	100-82

جدول ۲- سن رادیوکربن و تقویمی برای توربزار لالیس.

Table 2. Radiocarbon and calibrated ages for Lalis mire.

عمق (سانتی متر)	کد نمونه در آزمایشگاه رادیوکربن ¹⁴ C Lab. No.	سن رادیوکربن (radiocarbon age)	سن تقویمی یا کالیبره شده (calibrated yr BP)
Depth (cm) 71-79	Poz-35918	1210±30 BP	1068.2-1159.5

گرده شناسی

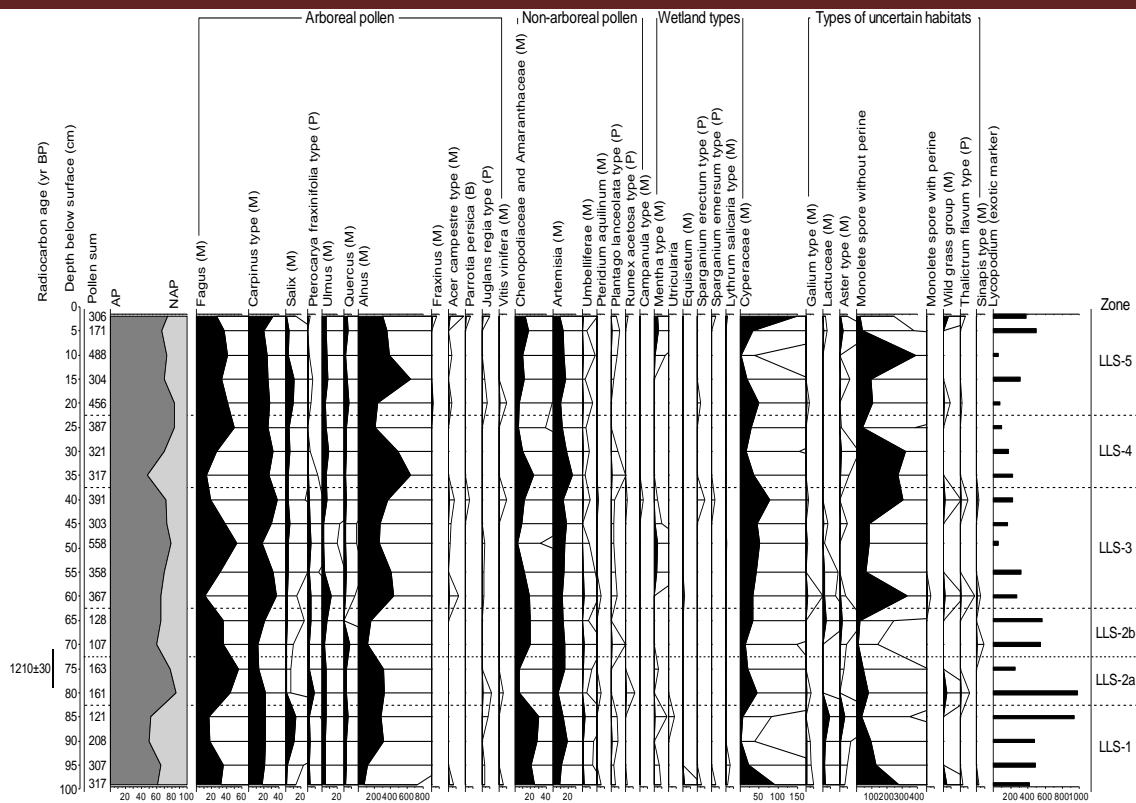
غیردرختی (pollen sum) شمارش شد. به منظور متمایز کردن تیپ‌های گرده‌ای از آرایه‌های گیاهی، تیپ‌های مورفولوژیک گرده با SMALL CAPITALS نشان داده شده‌اند (Joosten and de Klerk, 2002). در ادامه به توصیف تغییرات مشاهده شده در منحنی‌های گرده از پایین‌ترین اجتماع گرده‌ای می‌پردازیم.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-1 (عمق ۸۲-۱۰۰/۵ سانتی متر؛ ۱۲۷۰-۱۴۰۰ سال پیش)

در این زون گرده‌های راش، ممرز و توسکا از فراوانی به نسبت زیادی برخوردارند. گرده بید در ابتدا مقادیر بسیار کمی داشت ولی در میانه‌های زون بر مقدار آن افزوده شد. گرده‌های لرگ، بلوط و نارون منحنی‌های تقریباً پیوسته‌ای را در تمام طول زون تشکیل دادند. در بین گرده‌های غیردرختی، گرده‌های درمنه و اسفناجیان بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. گرده‌های خانواده چتریان (UMBELLIFERAE) و کاردی یا بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (PLANTAGO LANCEOLATA) نیز با مقادیر کمی در این زون مشاهده شد.

بر اساس تغییرات عمده در فراوانی گرده‌های تشکیل‌دهنده نمودار، رکورد گرده‌ای لالیس به پنج زون اجتماع گرده‌ای تقسیم شد. همچنین، تیپ‌های گرده‌ای تشکیل‌دهنده این رکورد گرده‌ای در چهار گروه، شامل گرده‌های درختی و درختچه‌ای (Arboreal pollen: AP)، گرده‌های غیر درختی (Non-arboreal pollen: NAP)، گرده‌های گیاهان سطح

توربزار (Wetland type) و تیپ‌های گرده‌ای با ویژگی‌های اکولوژیک نامعلوم (Types of uncertain habitats) قرار داده شد (شکل ۲). گروه اخیر گرده‌هایی با ویژگی‌های ریخت‌شناختی مشابه تولید می‌کنند که در بررسی‌های معمول گرده‌شناسی که از میکروسکوپ نوری برای شناسایی گرده‌ها استفاده می‌شود، قابل تفکیک از یکدیگر نبوده و به ناچار همه این گرده‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند. برای محاسبه درصد فراوانی گرده‌ها، از مجموع گرده‌های شمارش شده درختی و غیردرختی استفاده شد. در این پژوهش، برای هر عمق به‌طور میانگین حدود ۳۰۰ دانه گرده درختی و



شکل ۲- نمودار درصد گرده توربازار لالیس

Figure 2. Pollen percentage diagram for Lalis mire

این اجتماع گرده‌ای را می‌توان به دو زیر زون LLS-2a و LLS-2b تقسیم کرد. در زیر زون LLS-2a (عمق ۷۲/۵-۸۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۱۵۰-۱۲۷۰ سال پیش)، گرده راش افزایش چشمگیری را نشان داد، درحالی‌که گرده ممرز در مقایسه با زون پیشین کاهش یافت. توسکا، نارون و بلوط دارای مقادیری مشابه با زون قبلی هستند. گرده لرگ در ابتدا افزایش یافت ولی در ادامه از مقدار آن کاسته شد. در بین گرده‌های غیردرختی، درمنه از بیشترین فراوانی برخوردار بود ولی از درصد فراوانی اسفناجیان به‌طور چشمگیری کاسته شد. گرده گیاهان خانواده جگن و هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در ابتدای این بخش از نمودار گرده افزایش و بعد از آن کاهش یافت. در زیرزون LLS-2b (عمق ۶۲/۵-۷۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۰۲۰-۱۱۵۰ سال پیش)، گرده‌های راش و توسکا کاهش یافته و ممرز روند افزایشی را نشان داد. گرده‌های بید و لرگ تغییر چندانی نسبت به زیرزون

در بین تیپ‌های گرده‌ای که توسط گیاهان سطح توربازار تولید می‌شوند، خانواده جگن (CYPERACEAE) در ابتدای این زون با مقادیر زیادی مشاهده شد ولی در میانه زون به‌شدت کاهش یافت. همچنین، گرده‌های نعناع (MENTHA TYPE)، دم‌اسب (EQUISETUM) و خون‌فام (LYTHRUM SALICARIA TYPE) مشاهده شدند. در بین گروه تیپ‌های گرده‌ای با رویشگاه نامعلوم، هاگ‌های با دیواره صاف و بدون پرین (لایه‌ای شفاف در اطراف هاگ سرخس‌ها) (MONOLETE SPORES without perine) در ابتدای زون از فراوانی بسیار بالایی برخوردار بود ولی به‌تدریج تا انتهای زون از مقدار آن کاسته شد. به سمت نیمه بالایی زون، بر فراوانی گرده‌های گروهی از گیاهان خانواده کاسنی (ASTER TYPE) و قبیله LACTUCEAE افزوده شد. زون اجتماع گرده‌ای LLS-2 (عمق ۶۲/۵-۸۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۰۲۰-۱۲۷۰ سال پیش)

قبلی نداشته ولی منحنی گرده بلوط در ابتدا کمی افزایش یافت.

زون اجتماع گردهای LLS-3 (عمق ۵/۵-۶۲/۳۷ سانتی-متر؛ ۱۰۲۰-۶۳۰ سال پیش)

ابتدای زون با افزایش گردهای ممرز، توسکا و نارون شروع می‌شود که در ادامه گرده نارون به‌طور چشمگیری کاهش یافت. همچنین، گردهای ممرز و توسکا در میانه‌های زون کاهش یافته ولی راش به بیشینه مقدار خود در این زون رسید. از بخش میانی تا مرز بالایی زون، گردهای ممرز و توسکا روند افزایشی و گرده راش روند کاهشی را نشان داد. گرده اسفناجیان در میانه‌های زون به کم‌ترین مقدار خود رسید و پس از آن دوباره افزایش یافت. درمنه از ابتدا تا انتهای زون با فراوانی نسبی به‌طور پیوسته‌ای حضور داشت.

در بین گرده‌های متعلق به گیاهان توربزار، گرده نعناع در میانه‌های زون افزایش نسبی نشان داد. گرده گیاهان خانواده جگن، روند رو به افزایشی را تا انتهای زون نشان داده و نزدیک به مرز بالایی زون، به بیشینه مقادیر خود رسید. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در ابتدا و انتهای زون از فراوانی چشمگیری برخوردار بودند ولی در عمق‌های میانی زون به‌شدت از مقدار آن‌ها کاسته شد.

زون اجتماع گردهای LLS-4 (عمق ۵/۵-۳۷/۲۲ سانتی-متر؛ ۳۸۰-۶۳۰ سال پیش)

منحنی مربوط به درصد فراوانی گرده راش، در ابتدای زون مقادیر کمی را نشان داد ولی به سمت مرز بالایی زون با شیب تندی افزایش یافت. گرده ممرز با مقادیر به‌نسبت زیاد و ثابت دیده شد. منحنی گرده توسکا از فراوانی زیادی در ابتدای زون برخوردار بود ولی به سمت مرز بالایی زون به‌شدت از مقدار آن کاسته شد. درصد فراوانی گرده لرگ در ابتدای زون کم بود و پس از آن به‌کلی ناپدید شد. گرده‌های درمنه و اسفناجیان،

تنها در ابتدای زون مقادیر به‌نسبت زیادی را نشان داده ولی به سمت مرز بالایی زون از فراوانی هر دو به‌شدت کاسته شد. تک‌دانه‌های گرده کاردی در نمونه‌های پایینی زون مشاهده شد.

گرده خانواده جگن، به‌ویژه در میانه زون، مقادیر بسیار کمی را نشان داد. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در بخش‌های پایینی و میانی زون، از مقادیر زیادی برخوردار بوده ولی نزدیک به مرز بالایی زون از فراوانی آن‌ها به‌شدت کاسته شد.

زون اجتماع گردهای LLS-5 (از عمق ۲۲/۵ سانتی‌متر تا سطح توربزار؛ ۳۸۰ سال اخیر)

منحنی گرده راش در این بخش از نمودار گرده، مقادیر به‌نسبت زیاد و تقریباً ثابتی را نشان داد. ممرز در تمام طول زون تا نزدیک به مرز بالایی مقادیر به‌نسبت یکنواختی داشت و در بالاترین عمق کمی افزایش یافت. منحنی گرده توسکا در نیمه پایینی زون به بیشینه مقدار خود رسید و پس از آن از مقدار آن کاسته شد. در بخش میانی زون، بر فراوانی گرده بید افزوده شد. همانند زون‌های پیشین، درمنه و اسفناجیان با مقادیر متوسط، بیشترین گرده‌های گروه NAP را به‌خود اختصاص دادند. ویژگی دیگر این زون اجتماع گرده‌ای، کاهش شدید گرده گیاهان خانواده جگن در میانه زون است که در بالاترین عمق مورد بررسی، به بیشینه مقدار خود در سراسر رکورد گرده‌ای رسید. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها نیز به بیشترین مقدار خود در میانه این زون رسید ولی پس از آن و به سمت مرز بالایی زون به‌طور چشمگیری از مقادیر آن کاسته شد.

بحث

در این بخش با کمک داده‌های گرده‌شناسی رکورد گرده‌ای لالیس، تاریخچه ۱۴۰۰ ساله توده‌های جنگلی آمیخته راش منطقه مرکزی هیرکانی در اواخر هولوسن

و حاشیه آن به تفکیک دوره‌های زمانی (مطابق با زون-های اجتماع گرده‌ای در نمودار گرده لالیس) بررسی می‌شود.

بازه زمانی ۱۲۷۰-۱۴۰۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-1)

مقادیر به‌نسبت کم گرده‌های توسکا و بید از یک سو و فراوانی هاگ سرخس‌ها و گرده گیاهان خانواده جگن از سوی دیگر در ابتدای این دوره (۱۳۵۰-۱۴۰۰ سال پیش)، نشانه‌هایی از باز بودن نسبی تاج‌پوشش و گسترش گیاهان علفی بلند در سطح و حاشیه توربزار است. در همین زمان، راش و ممرز درختان اصلی و گونه‌هایی مانند بلندمازو، ملج و پلت با فراوانی کمتر در ترکیب توده‌های جنگلی پیرامون توربزار و دامنه‌های مجاور آن شرکت داشته‌اند. در حدود ۱۳۰۰ سال پیش، در پی تغییراتی در پوشش گیاهی سطح و حاشیه توربزار، توسکای بیلاقی و بیدمشک گسترش زیادی یافتند و با کاهش نور رسیده به کف جنگل، از فراوانی گیاهانی علفی، به‌ویژه سرخس‌ها و گیاهان خانواده جگن، به‌شدت کاسته شد. در توده‌های جنگلی اطراف توربزار هم از چیرگی راش کاسته شد که در پی خود بازشدن تاج‌پوشش جنگل و گسترش گیاهان مهاجم و نورپسند، به‌ویژه درمنه و اسفناجیان را به‌همراه داشت. بدون شک بخشی از مقادیر به‌نسبت زیاد گرده‌های دو آرایه گیاهی اخیر در این بخش و همچنین سراسر رکورد گرده‌های لالیس، به‌دلیل قدرت انتشار بالای این گرده‌ها در فواصل طولانی است. فراوانی نسبی این گیاهان در مناطق ساحلی و جلگه‌ای شمال ایران (Akhami et al., 2010) و همچنین سرشت بادگرده‌افشانی آن‌ها (Djamali et al., 2008b; Ramezani et al., 2013)، انتقال گرده‌های آن‌ها را به ارتفاعات مناطق کوهستانی به همراه داشته است. منحنی پیوسته گرده کاردی نیز نشانه دیگری از حضور گونه‌های مختص فضاهای باز

بررسی می‌شود (هولوسن، زیردوره‌ای از دوره کواترنری است که حدود ۱۱۷۰۰ سال اخیر در تاریخ زمین را تشکیل می‌دهد). همچنین، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر این تغییرات، شامل عوامل اکولوژیک، آب‌وهوایی و انسانی، بررسی و با نتایج پژوهش‌های دیگر مقایسه می‌شود.

گرده‌های راش، ممرز و توسکا در ۱۴۰۰ سال گذشته اغلب از فراوانی چشمگیری برخوردار بوده‌اند. این داده‌ها به‌خوبی نشان می‌دهد که در دوره زمانی مورد بررسی، راش و ممرز، درختان اصلی (چیره) در توده-های جنگلی پیرامون توربزار بوده و ملج (*Ulmus glabra*) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) گونه-های همراه را تشکیل می‌داده‌اند. حتی باوجود ناپدید شدن فراوانی گرده‌های افرا در نمودار گرده لالیس، درختان مادری آن‌ها، به‌ویژه پلت (*Acer velutinum*)، هم نقش مهمی در ترکیب توده‌های جنگلی اطراف داشته‌اند، زیرا تولید و انتشار گرده در درختان حشره-گرده‌افشان مانند افرا ضعیف است (Connor et al., 2004; Ramezani et al., 2013). زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، شیردار (*A. cappadocicum*) و نمدار (*Tilia platyphyllos*) هم به‌صورت انفرادی در ترکیب جنگل شرکت داشته‌اند. البته، یافت‌نشدن گرده-های این درختان حشره‌گرده‌افشان در بعضی از دوره-های زمانی، به معنی نبود آنها در توده‌های جنگلی اطراف توربزار نیست. در سطح و حاشیه توربزار لالیس نیز توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata*) همواره فراوان‌ترین گونه درختی بوده و لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) و بیدمشک (*Salix aegyptiaca*) هم در مواقعی از فراوانی نسبی برخوردار بوده‌اند.

در ادامه، برای درک بهتر پویایی درازمدت ترکیب جنگل در اواخر هولوسن در منطقه، تغییرات پوشش گیاهی توده‌های جنگلی اطراف توربزار و همچنین سطح

و لرگ درختان اصلی سطح و حاشیه توربزار را تشکیل می‌دادند.

مهم‌ترین ویژگی دوره زمانی ۱۰۲۰-۱۱۵۰ سال پیش (LLS2-b)، کاهش چشمگیر گرده راش است که به همراه افزایش نسبی گرده‌های درمنه و اسفنجیان و حضور گرده کاردی نشانگر کاهش انبوهی توده در پیرامون توربزار است. افزایش گرده بلوط نیز نشانه‌ی دیگری از کاهش تراکم توده در این بخش از رکورد گرده‌ایست که گسترش نسبی درختان نورپسند بلوط (بلندمازو) را به همراه داشته است. افزایش نسبی گرده ممرز در پی کاهش درصد فراوانی گرده راش، نشانگر توالی طبیعی توده است. ممرز از درختان فرصت‌طلبی است که پس از کاهش راش گسترش یافته و جایگزین آن در توده می‌شود. موارد مشابه این پدیده، در بخش‌های دیگری از این رکورد گرده‌ای (مثلاً نیمه بالایی اجتماع گرده‌ای LLS-3) و پژوهش‌های مشابه در منطقه ماشلک نوشهر (Ramezani et al., 2008) نیز مشاهده شده است. همچنین، کاهش قابل توجه گرده توسکا در این دوره حاکی از کاهش تراکم درختان توسکای ییلاقی در سطح و حاشیه توربزار است که می‌تواند به دلیل پایین رفتن سطح سفره آب در این اکوسیستم تالابی باشد. کاهش نسبی فراوانی لرگ در همین بازه زمانی، با پدیده کاهش لرگ (*Pterocarya decline*)، که در رکوردهای گرده‌ای دیگر در شمال ایران (Ramezani et al., 2016; Ramezani, 2013; Leroy et al., 2013; Khakpour Saej et al., 2013) و منطقه کولشیس در شرق دریای سیاه (De Klerk et al., 2009) ثبت شده، همخوانی دارد. در پژوهش‌های مشابه، کاهش لرگ در این بازه زمانی، به تغییر اقلیمی در منطقه‌ای به بزرگی ناحیه رویشی هیرکانی-آگزینی (Zohary, 1973) نسبت داده شده است. بر این اساس، شمال ایران و منطقه کولشیس تا حدود ۱۰۰۰ سال پیش اقلیمی گرم‌تر و مرطوب‌تر از

است. وجود گرده این گیاهان در شمال غرب ایران نشانگر چرای دام در مناطق تخریب یافته و مزارع است (Zavvar et al., 2017; Djamali et al., 2009).

بازشدن نسبی تاج‌پوشش جنگل در این بازه زمانی که از مقادیر به نسبت کم گرده‌های درختی (منحنی AP در شکل ۲) نیز دریافت می‌شود، احتمالاً ناشی از فعالیت‌های انسان در منطقه بوده است. از گذشته‌های دور، قطع درختان در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران برای زغال‌گیری رایج بود و تا سال ۱۳۴۲ ادامه داشته است (Ehlers, 2007; Ramezani et al., 2008). همچنین، بر اساس یافته‌های باستان‌شناسی در مناطق مرکزی جنگل‌های خزری، قطع درختان به منظور ذوب فلزات حداقل از ۳۰۰۰ سال پیش رواج داشته است (Ramezani et al., 2008) و مستندات تاریخی نیز حضور انسان را در جلگه‌های چالوس نشان می‌دهد (Mahjoori, 2002). نشانه دیگر حضور انسان در منطقه، وجود گرده گردو در این بخش از رکورد گرده-ایست. گردو به دلیل کیفیت چوب و ارزش غذایی میوه آن از دیرباز مورد توجه انسان بوده است. (1994) Sabeti گردو را بومی جنگل‌های هیرکانی نمی‌داند و پژوهش‌های گرده‌شناسی نیز این فرضیه را تأیید می‌کند؛ چنانکه، قدیمی‌ترین رکورد گرده‌ای مربوط به گردو در شمال کشور به حدود ۲۳۰۰ سال پیش برمی‌گردد (Ramezani et al., 2016).

بازه زمانی ۱۰۲۰-۱۲۷۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-2)

افزایش گرده راش در بازه زمانی ۱۱۵۰-۱۲۷۰ سال پیش (LLS2-a)، نشانگر چیرگی درختان راش در توده‌های جنگلی اطراف توربزار است. داده‌های گرده‌ای این بخش از نمودار گرده، همچنین نشان می‌دهد که توده‌های جنگلی منطقه دارای تاج‌پوشش بسته و ترکیب گونه‌ای غنی بودند. در این بازه زمانی، توسکای ییلاقی

زمان حال داشته و پس از آن از میانگین دما و مقدار بارش سالیانه این مناطق کاسته شد.

بازه زمانی ۶۳۰-۱۰۲۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-3)

درصد فراوانی گرده راش که از حدود ۱۲۰۰ سال پیش (نیمه بالایی اجتماع گرده‌ای LLS-2) رو به کاهش گذاشته بود با شروع این زون روندی افزایشی را تا حدود ۸۰۰ سال پیش نشان داد و از آن پس دوباره کاهش یافت. همانند بازه‌های زمانی پیشین، منحنی درصد فراوانی گرده‌های راش و ممرز حالتی الاکلنگی را نشان می‌دهد. این امر نشانگر تغییر همیشگی ترکیب توده‌های جنگلی اطراف توربزار و به عبارت دیگر پویایی درازمدت جنگل (long-term forest dynamics) است. هرچند، تغییرات هم‌زمان درصد فراوانی گرده‌های راش و ممرز که بیشترین فراوانی را در نمودار گرده لالیس به خود اختصاص می‌دهند تا حدی مربوط به تأثیر درصد در این نمودارهاست که در آن مجموع فراوانی گرده‌های درختی و غیردرختی (AP+NAP) در محدوده ۱۰۰ درصد قرار می‌گیرد (Moore et al., 1991).

افزایش گرده گیاهان خانواده Cyperaceae در این بازه زمانی می‌تواند نشانگر گسترش آنها در سطح و حاشیه توربزار و پایین‌رفتن تراز آب تالاب در محل مغزبرداری باشد.

بازه زمانی ۳۸۰-۶۳۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-4)

منحنی فراوانی گرده‌های درختی (AP) مانند راش در ابتدای این دوره به کم‌ترین حد خود در سراسر رکورد گرده‌ای می‌رسد ولی پس از آن روندی افزایشی را نشان می‌دهد. کاهش تاج‌پوشش در توده‌های جنگلی پیرامون توربزار را می‌توان به فعالیت‌های تخریبی انسان در منطقه در این دوره نسبت داد. ایجاد فضای باز در توده

که موجب افزایش دریافت نور در کف جنگل می‌شود به گسترش گیاهان نورپسند و مهاجم کمک می‌کند. مقادیر زیاد گرده‌های درمنه و اسفناجیان و فراوانی نسبی گرده بارهنگ برگ‌نیزه‌ای در ابتدای این زون به همین نکته اشاره دارد. حتی افزایش چشمگیر هاگ سرخس‌ها در نیمه پایینی زون به احتمال قوی ناشی از انتشار گسترده سرخس‌های نورپسند جنگل‌های هیرکانی، به‌ویژه سرخس نر (*Dryopteris filix-mas*) و *D. affinis*، در پی بازشدن تاج‌پوشش توده است. در ادامه تغییرات در ساختار جنگل، راش گسترش یافته و با بسته‌شدن تاج پوشش از فراوانی گیاهان علفی مهاجم کاسته شد. موارد مشابه این پدیده در رکوردهای گرده-ای جمند (Ramezani, 2009) و موزی‌داربن (Ramezani et al., 2008) در منطقه ماشلک نوشهر مشاهده شده است.

در سطح و حاشیه توربزار، توسکای بیلاقی در ابتدا از فراوانی قابل توجهی برخوردار بود ولی با گذشت زمان به شدت کاهش یافت. این امر نیز به تغییرات هیدرولوژیک محلی ارتباط داشته و احتمالاً ناشی از پایین رفتن تراز آب و کوچک‌تر شدن توربزار مربوط بوده است. ناپدید شدن گیاهان سطح و حاشیه توربزار در این دوره (گروه Wetland types در شکل ۲ را ببینید) این فرضیه را تقویت می‌کند. هم‌زمان با این کاهش نسبی تراز آب توربزار، از فراوانی لرگ نیز کاسته شد و از این پس نقش این گونه در ترکیب توده‌های حاشیه توربزار بیش از پیش کم‌رنگ شد.

۳۸۰ سال اخیر (زون اجتماع گرده‌ای LLS-5)

در ۳۸۰ سال گذشته راش و ممرز درختان اصلی در توده‌های جنگلی اطراف توربزار بوده و ملج، بلندمازو و پلت هم با فراوانی کمتر در ترکیب توده‌ها شرکت داشته‌اند. بر اساس نمودار گرده لالیس، درختانی مانند شیردار، نمدار و زبان‌گنجشک هم به‌صورت پایه‌ای در

گونه‌های چوبی مهم را در ترکیب گونه‌ای جنگل‌های اطراف توربزار تشکیل می‌دهد. البته، تغییرات آب-وهوایی و فعالیت‌های انسانی تغییراتی را در سطح محلی و منطقه‌ای به وجود آورده‌اند. از دیدگاه توالی درازمدت توده‌های جنگلی، گسترش چشمگیر ممرز پس از کاهش راش در توده‌های جنگلی منطقه که در رکورد گرده‌ای لالیس در چند بازه زمانی دیده شد، دارای اهمیت است و به تفاوت در سرشت اکولوژیک نوری این دو گونه اشاره دارد. در رکورد گرده‌ای لالیس، نقش و تأثیر انسان بر اکوسیستم اولیه و تغییر کاربری زمین در منطقه، به خوبی ثبت شد. مهم‌ترین نشانه‌های دخالت انسان در منطقه، وجود گرده‌های گردو و افزایش گرده‌های درمنه، اسفنجیان، کاردی (بارهنگ برگ‌نیزه‌ای)، خانواده جگن و هاگ‌های بدون پرین سرخس‌هاست که گیاهان مادری آن‌ها در فضاها باز رشد و توسعه می‌یابند. گونه رطوبت‌پسند و گرمادوست لرگ که تا حدود ۸۰۰ سال پیش از درختان مهم سطح و حاشیه توربزار مورد بررسی بود، به دلایل اقلیمی (کاهش دما و بارش) به شدت کاهش یافت و امروزه گسترش اصلی آن به ارتفاعات پایین‌تر محدود شده است. در سال‌های آینده تغییرات اقلیمی افزایش یافته و در بسیاری از مناطق بر شدت دخالت‌های بشر در طبیعت افزوده خواهد شد. از طرفی، تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی) نقش تعیین‌کننده‌ای در انتشار جغرافیایی گیاهان خواهد داشت. بنابراین، لازم است که واکنش پوشش گیاهی را در برابر این تغییرات بدانیم و قادر به مدیریت آن باشیم. آگاهی از تغییرات گذشته اکوسیستم جنگل و پویایی طبیعی آن در طول زمان به درک صحیح وضعیت کنونی توده‌های جنگلی و دیگر اجزای تشکیل‌دهنده آن مانند زیست-سامانه‌های تالابی و توربزارها، که منابع مهم آبی و برخوردار از تنوع زیستی غنی هستند، کمک می‌کند. این امر در برنامه‌های حفاظتی و سیاست‌گذاری اکوسیستمی

توده‌های جنگلی منطقه حضور داشته‌اند. در سطح و حاشیه توربزار نیز توسکای بیلاقی فراوان‌ترین گونه درختی بوده و بیدمشک تا میانه‌های زون از فراوانی نسبی برخوردار بوده است. همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی بر فراوانی درختان توسکا تأثیر می‌گذارد؛ چنانکه، دوره‌های مرطوب‌تر با افزایش در فراوانی این درختان رطوبت-پسند همراه است. از طرف دیگر، با توجه به نورپسند بودن این درختان، باز شدن بیشتر تاج‌پوشش می‌تواند به گسترش آن‌ها منجر شود. بر اساس پژوهش‌های نمونه-برداری سطحی در منطقه مرکزی جنگل‌های هیرکانی (Ramezani et al., 2013)، درختان توسکا از قدرت بالایی برای تولید و انتشار گرده برخوردارند؛ بنابراین، فراوانی توسکا در بیشتر دوره زمانی مورد بررسی تا حدی به همین مکانیسم تولید و انتشار گرده در این درختان ارتباط دارد.

افزایش چشمگیر هاگ سرخس‌ها در بخش بالایی رکورد گرده‌ای لالیس نشانه‌ای از باز شدن تاج‌پوشش درختان در توده‌های جنگلی مجاور توربزار است که به احتمال زیاد در نتیجه دخالت‌های بشر در این توده‌ها حاصل شده است. مقادیر بسیار زیاد گرده خانواده جگن در بالاترین عمق مغزه مورد بررسی هم نشانگر گسترش شدید گیاهان خانواده Cyperaceae در سطح توربزار است. گونه *Carex acutiformis* از فراوان‌ترین گیاهان علفی سطح توربزار در زمان نمونه‌برداری و کارهای میدانی در این پژوهش بود.

نتیجه‌گیری

بررسی گرده‌شناسی توربزار لالیس نشان داد که در ۱۴۰۰ سال گذشته راش و ممرز فراوان‌ترین گونه‌های درختی در ترکیب توده‌های جنگلی و توسکای بیلاقی مهم‌ترین درخت در سطح و حاشیه توربزار بوده‌اند. همچنین، درختانی مانند ملج، بلندمازو و پلت دیگر

گرده‌شناسی مهم‌ترین ابزار آن است، ما را در دستیابی به چنین چشم‌اندازی راهنمایی می‌کند.

جنگل و نیز پیش‌بینی وضعیت آینده آن نقش اساسی ایفا خواهد کرد. پژوهش‌های دیرینه‌بوم‌شناختی، که

References

- Urmia, NW Iran. *Review of palaeobotany and palynology* **2008**, 152 (1-2), 66-73.
- Ehlers, E., Forest and forestry. In Yarshater, E., editor, *Encyclopaedia Iranica*. Center for Iranian Studies of Columbia University. Retrieved 23 November 2007 from 2007. <http://www.iranica.com/articles/v10f1/v10f128.html>.
- Faegri, K.; Kaland, P. E.; Krzywinski, K., *Textbook of pollen analysis*. John Wiley & Sons Ltd.: 1989.
- Feurdean, A.; Willis, K. J., The usefulness of a long-term perspective in assessing current forest conservation management in the Apuseni Natural Park, Romania. *Forest Ecology and Management* **2008**, 256 (3), 421-430.
- Grimm, E. C., *Tilia and Tiliagraph*, Illinois State Museum, Springfield, 2015; 101 p.
- Grosse-Brauckmann, G., Analysis of vegetative plant macrofossils. *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology* **1986**, 591-618.
- Joosten, H.; de Klerk, P., What's in a name? Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in quaternary palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2002**, 122 (1-2), 29-45.
- Khakpour Saeed, M.; Ramezani, E.; Siyab Ghodsy, A. A.; Zare, H.; Joosten, H., Palynological reconstruction of 1500 years of vegetation history of Veisar (N Iran). *Rostaniha* **2014**, 14 (2), 135-148.
- Leroy, S. A.; Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S.; Lahijani, H. K.; Alimohammadian, H.; Nigarov, A., Holocene vegetation history and sea level changes in the SE corner of the Caspian Sea: relevance to SW Asia climate. *Quaternary Science Reviews* **2013**, 70, 28-47.
- Leroy, S. A.; Lahijani, H.A.K.; Djamali, M.; Naqinezhad, A.; Moghadam, M.V.; Arpe, K.; Shah-Hosseini, M.; Hosseindoust, M.; Miller, Ch. S.; Tavakoli, V.; Habibi, P.; Naderi, M., Late Holocene palaeoenvironmental records from the Anzali and Amirkola Lagoons (south Caspian Sea): vegetation and sea level changes. *Geography, Environment, Sustainability* **2010**, 3 (2), 32-41.
- Akhani, H.; Djamali, M.; Ghorbanalizadeh, A.; Ramezani, E., Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, palaeoecology and conservation. *Pakistan Journal of Botany* **2010**, 42 (1), 231-258.
- Beug, H.-J., *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete: Mit 17 Abbildungen und 8 Tafeln*. G. Fischer: 1961.
- Blackmore, S., Pollen and spores: microscopic keys to understanding the earth's biodiversity. *Plant Systematics and Evolution* **2007**, 263 (1), 3-12.
- Connor, S. E.; Thomas, I.; Kvavadze, E. V.; Arabuli, G. J.; Avakov, G. S.; Sagona, A., A survey of modern pollen and vegetation along an altitudinal transect in southern Georgia, Caucasus region. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2004**, 129 (4), 229-250.
- de Klerk, P.; Haberl, A.; Kaffke, A.; Krebs, M.; Matchutadze, I.; Minke, M.; Schulz, J.; Joosten, H., Vegetation history and environmental development since ca 6000 cal yr BP in and around Ispani 2 (Kolkheti lowlands, Georgia). *Quaternary Science Reviews* **2009**, 28 (9-10), 890-910.
- Djamali, M.; de Beaulieu, J.-L.; Andrieu-Ponel, V.; Berberian, M.; Miller, N. F.; Gandouin, E.; Lahijani, H.; Shah-Hosseini, M.; Ponel, P.; Salimian, M., A late Holocene pollen record from Lake Almalou in NW Iran: evidence for changing land-use in relation to some historical events during the last 3700 years. *Journal of Archaeological Science* **2009**, 36 (7), 1364-1375.
- Djamali, M.; de Beaulieu, J.-L.; Campagne, P.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, P.; Leroy, S.; Akhiani, H., Modern pollen rain-vegetation relationships along a forest-steppe transect in the Golestan National Park, NE Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2009**, 153 (3-4), 272-281.
- Djamali, M.; Kürschner, H.; Akhiani, H.; de Beaulieu, J.-L.; Amini, A.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, P.; Stevens, L., Palaeoecological significance of the spores of the liverwort *Riella* (Riellaceae) in a late Pleistocene long pollen record from the hypersaline Lake

- Lowe, J. J.; Walker, M. J. C., *Reconstructing Quaternary Environments*, 2nd edition.; Prentice Hall, 1997; p 476.
- Mahjoori, E., *History of Mazandaran*, Toos Publisher, 2002; p 366. (In Persian)
- Moore, P. D.; Webb, J. A.; Collison, M. E., *Pollen analysis*. Blackwell scientific publications: 1991.
- Ramezani, E., Palynological reconstruction of late-Holocene vegetation, climate, and human impact in Kelardasht (Mazandaran Province, N Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2013**, *21* (1), 48-62.
- Ramezani, E., The Holocene development of the Caspian forests: a palynological study with silvi cultural applications (case study: Mashalak forests). PhD thesis. University of Tehran. 2009.132 p. (In Persian)
- Ramezani, E.; Marvie Mohadjer, M. R.; Knapp, H.-D.; Ahmadi, H.; Joosten, H., The late-Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrceanian) forests of northern Iran. *The Holocene* **2008**, *18* (2), 307-321.
- Ramezani, E.; Mohadjer, M. R. M.; Knapp, H.-D.; Theuerkauf, M.; Manthey, M.; Joosten, H., Pollen-vegetation relationships in the central Caspian (Hyrceanian) forests of northern Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2013**, *189*, 38-49.
- Ramezani, E.; Mrotzek, A.; Mohadjer, M. R. M.; Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S. B.; Joosten, H., Between the mountains and the sea: Late Holocene Caspian Sea level fluctuations and vegetation history of the lowland forests of northern Iran. *Quaternary International* **2016**, *408*, 52-64.
- Sabeti, H., *Forests, trees and shrubs of Iran*. Yazd University Press, 1994. (In Persian)
- Seppä H., Elias, S. A., (Eds.), *Pollen Analysis. The Encyclopedia of Quaternary Science*, vol. 3, 2013; p. 794-804.
- Shumilovskikh, L. S.; Hopper, K.; Djamali, M.; Ponel, P.; Demory, F.; Rostek, F.; Tachikawa, K.; Bittmann, F.; Golyeva, A.; Guibal, F., Landscape evolution and agro-sylvo-pastoral activities on the Gorgan Plain (NE Iran) in the last 6000 years. *The Holocene* **2016**, *26* (10), 1676-1691.
- Stevens, L.; Wright Jr, H.; Ito, E., Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran. *The Holocene* **2001**, *11* (6), 747-755.
- Wasylikowa, K., Palaeoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene, reconstructed from plant macrofossils. *The Holocene* **2005**, *15* (5), 720-735.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A.; *Diatom Monographs*, Vol.8, The palaeoecology of Lake Zeribar and surrounding areas; Western Iran; during the last 48000 years, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Koeltz Science books, Germany, 2008; ISBN-13978-3-906166-55-1.
- Zavvar, A.; Ramezani, E.; Naqinezhad, A.; Joosten, H., Palynological analysis of the Late-Holocene vegetation and climate of Ganli-Gol wetland near Urmia, northwestern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *25* (1), 82-94.
- Zohary, M., *Geobotanical foundations of the Middle East*. Fischer: 1973.

Palynological reconstruction of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest history in central Hyrcanian region over the past 1400 years

B. Abdollahi¹, E. Ramezani Kakroudi^{*2} and H. Joosten³

1- MSc. Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (babdollahi707@gmail.com)

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

3- Professor, Department of Peatland Studies and Palaeoecology, Institute of Botany and Landscape Ecology, University of Greifswald, Greifswald, Germany. (joosten@uni-greifswald.de)

Received: 02.04.2020 Accepted: 23.05.2020

Abstract

Palynological analysis and radiocarbon dating of a peat core from a mire (1314 m a.s.l.) in the Alborz Mountains enabled the reconstruction of the vegetation history of the central Hyrcanian forests over the past 1400 years. This palaeopalynological record indicates that *Fagus orientalis* and *Carpinus betulus* were the most abundant tree species in the surrounding forest stands accompanied by *Quercus castaneifolia*, *Ulmus glabra* and *Acer velutinum*. *Alnus subcordata* must have persistently been the most abundant tree species at local scale, i.e., on and in the immediate vicinity of the mire. However, this species substantially declined during the periods 1400-1350, 1250-1050 and 450-300 BP, most likely as a consequence of local hydrological changes. Also, *Pterocarya fraxinifolia*, which was a main local element until a few centuries ago, decimated probably following a climatic cooling and/or drying. In periods where beech was dominant, i.e., 1250-1100 BP, 900-750 BP and over the last 450 years, the stands surrounding the mire were closed canopy and rich in (tree) species. These time spans were also characterized by the sporadic occurrence of shade-intolerant invasive species in the forest floor. Climatic changes and anthropogenic activities must have decisively influenced the structure and composition of the forest stands over the last 1400 years. This was particularly the case during the periods 1350-1250 and 700-550 BP, when a substantial decrease of beech and canopy cover led to the expansion of opportunistic invasive species, such as upland ferns, *Artemisia* and chenopods, and to a lesser extent *Plantago lanceolata*.

Keywords: Climate change, Holocene, Human activity, Palynology, Vegetation history.

* Corresponding author

Tel: +989143884194

اثر توده‌های درختی دست‌کاشت بر خواص فیزیکی، شیمیایی و زی‌توده میکروبی خاک (بررسی موردی: زاغمرز نکا)

جواد جعفری^۱، مسعود طبری کوچکسرای^{۲*}، وحید حسینی^۳ و سید احسان ساداتی^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، ایران. (jafari64.23@gmail.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (mtabari@modares.ac.ir)

۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. (v.hosseini@uok.ac.ir)

۴- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. (sadati10@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۲۸

چکیده

در این پژوهش، خواص فیزیکی، شیمیایی و شاخص‌های میکروبی خاک توده‌های دست‌کاشت ۲۱ ساله خالص توسکا ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس، سرو زربین و نیز آمیخته توسکا ییلاقی-سفیدپلت در زاغمرز نکا بررسی شد. در هر توده، ۱۰ قطعه ۴۰۰ متر مربعی انتخاب شد و در داخل هر یک، پنج نمونه خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری تهیه شد. بیشترین مقادیر محتوی رطوبت خاک، واکنش خاک، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و منیزیم در دسترس، تنفس میکروبی پایه، زی‌توده میکروبی نیتروژن خاک در توده‌های توسکا-سفیدپلت، و توسکا ییلاقی و بیشترین مقادیر کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن کل، زی‌توده میکروبی کربن و نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن خاک در توده زربین مشاهده شد. توده زربین همبستگی مثبت با مقادیر کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن، سیلت، رس، زی‌توده میکروبی کربن و نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن خاک داشت. اما توده‌های خالص و آمیخته توسکا بالاترین همبستگی را با مقادیر نیتروژن کل، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر در دسترس، محتوی رطوبت خاک، تنفس میکروبی پایه و زی‌توده میکروبی نیتروژن داشتند که مبین حاصلخیزی خاک این توده‌هاست و می‌تواند ترغیب کاربران را برای احیای اراضی بایر و رهاشده در قالب جنگلکاری و یا کشت تلفیقی فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: توسکا ییلاقی، تنفس میکروبی، جنگلکاری، سفیدپلت، عناصر تغذیه‌ای خاک.

مقدمه

به‌ویژه چرخه‌های کربن و نیتروژن و تأثیرش در تغذیه و عملکرد گیاه در تیپ‌های مختلف درختی دارای اهمیت است (Zheng et al., 2017).

خاک منبع عظیمی از کربن آلی است که مقدار آن بالغ بر دو برابر کربن موجود در هوا است. کربن آلی خاک طی فرآیندی به نام تنفس میکروبی سبب آزادسازی دی‌اکسیدکربن از خاک و انتشار آن به جو می‌شود (Schimel and Schaeffer, 2012). جریان جهانی دی‌اکسید کربن از طریق تنفس خاک تقریباً ۸۰ تا ۹۸ پیکوگرم کربن بر سال است که خروج سالانه آن از طریق تنفس خاک حدود ۱۰ برابر مقدار انتشار CO₂ سالانه سوخت‌های فسیلی است (Boden et al., 2009) و اندازه انتشار آن همواره تحت تأثیر گونه‌های درختی قرار دارد (Burton et al., 2010). زی‌توده میکروبی، شاخص مهمی از حاصلخیزی خاک به حساب می‌آید که حدود ۲ تا ۳ درصد کربن آلی کل خاک را تشکیل می‌دهد و حاوی منبع بزرگ مواد غذایی ناپایدار در خاک است. زی‌توده میکروبی تحت تأثیر محتوی مواد آلی خاک، دما، رطوبت و pH، الگوهای فصلی درجه حرارت خاک، محتوی رطوبت خاک، پوشش گیاهی، فصل و عمق خاک قرار می‌گیرد (Sun et al., 2010) و اصولاً نقش مهمی در تبدیل مواد غذایی و حفاظت از بوم‌سازگان‌های جنگلی و مرتعی ایفا می‌کند (Shrestha et al., 2006). پژوهش حاضر با هدف تحقیق تأثیر جنگلکاری با گونه‌های پهن‌برگ صنوبر، توسکا بیلاقی-سفیدپلت و گونه سوزنی‌برگ زربین بر خواص فیزیکی-شیمیایی و حاصلخیزی خاک و نیز برخی مشخصه‌های زیستی خاک مانند تنفس میکروبی پایه، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

بوم‌سازگان‌های جنگلی ۳۰ تا ۴۰ درصد سطح خشکی کره زمین را اشغال کرده‌اند و مناطق جنگلکاری‌شده حدود پنج درصد این مناطق را شامل می‌شوند (Häggman et al., 2013). افزایش تقاضای صنایع به فرآورده‌های چوبی و تمایل برای جلوگیری از افزایش دی‌اکسیدکربن جو به‌منظور کاهش تغییرات آب و هوایی آینده، سبب افزایش سطوح جنگلکاری شده است (Liao et al., 2012)، طوری که این جنگلکاری‌ها نقش مهمی در تنظیم گردش آب، ترسیب کربن و افزایش حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند (Humpenoder et al., 2014).

جنگلکاری با گونه‌های مختلف درختی اثرهای متفاوتی بر مشخصه‌های خاک در بوم‌سازگان می‌گذارد (Zheng et al., 2017). گونه‌های درختی می‌توانند با سازوکارهای مختلف، خواص شیمیایی خاک را تغییر دهند (Hagen-Thorn et al., 2004). در توده‌های مختلف درختی، تفاوت در کیفیت لاشبرگ و وضعیت مواد غذایی، عملکرد ریشه‌ها در جذب عناصر غذایی، ساختار برگ و تاج درخت، میکروکلیمای زیر تاج و در نهایت جوامع زیستی سبب تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (Augusto et al., 2002). اولین نشانه تأثیر گونه‌های مختلف درختی بر مشخصه‌های خاک، تغییر در خصوصیات شیمیایی لاشبرگ و لاشریزه‌های کف جنگل است اما تغییر در مشخصه‌های لایه معدنی خاک به‌مرور زمان اتفاق می‌افتد (Hagen-Thorn et al., 2004). این درحالی است که تغییر در ویژگی‌های شیمیایی خاک، مانند غلظت کربن، نیتروژن و واکنش خاک ممکن است موجب تغییرات شگرفی در رشد و عملکرد گیاه شود (Liao et al., 2012). در این ارتباط، مشخصه‌های کیفی لاشبرگ، به‌عنوان منبع اصلی فرایندهای مرتبط با خاک

این پژوهش در منطقه زاغمرز (غرب شبه جزیره میانکاله) شهرستان نکا واقع در جنوب شرقی دریای خزر با شیب کمتر از پنج درصد، ارتفاع از سطح دریا ۲۰- متر، عرض جغرافیایی $36^{\circ}50'48''$ تا $36^{\circ}50'35''$ و طول جغرافیایی $53^{\circ}18'15''$ تا $53^{\circ}18'8''$ انجام شد. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی میانکاله، متوسط دما و بارندگی سالیانه در این مناطق به ترتیب ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۶۷۶ میلی‌متر است.

در اواخر شهریور ۱۳۹۷ تیپ‌های عمده جنگلکاری‌های ۲۱ ساله خالص توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C. A. Mey. صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall.) زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) و توده آمیخته توسکا ییلاقی-سفیدپلت (*Alnus subcordata*-*Populus caspica*)، انتخاب شدند. در هر یک از توده‌ها فاصله کاشت درختان سه در سه متر با مساحتی بیش از چهار هکتار بود که عملیات پرورشی در آنها انجام نشده بود. در هر یک از توده‌ها ۱۰ قطعه نمونه ۴۰۰ متر مربعی با فاصله ۲۰ تا ۴۰ متر از هم (بسته به نوع توده) انتخاب شد. سپس، پنج نمونه خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری از قسمت‌های مختلف هر قطعه تهیه و مخلوط شد (Habashi, 2015) و برای تعیین خصوصیات فیزیکی-شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. بخشی از نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و بخشی دیگر پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای معرض هوا خشک شد و بعد از جدا کردن ریشه‌ها، سنگ‌ها و دیگر ناخالصی‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. رطوبت خاک به روش استاندارد (وزنی)، بافت خاک (به روش هیدرومتری بایکاس)، واکنش خاک (به روش پتانسیومتری با دستگاه pH متر و به کارگیری مخلوط ۲/۵: ۱ خاک و

آب مقطر)، هدایت الکتریکی (پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه EC متر) نیتروژن کل (به روش کجلدال)، کربن آلی (به روش والکی- بلاک) اندازه‌گیری و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) محاسبه شد. فسفر در دسترس خاک به روش اولسن، منیزیم، کلسیم و پتاسیم قابل جذب با محلول استات آمونیوم استخراج و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک از روش بطری بسته برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در روز و برای اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک از روش تدخین-استخراج استفاده شد (Alef et al., 1995). از تقسیم مقدار عددی زی‌توده میکروبی کربن بر زی‌توده میکروبی نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن میکروبی محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و لون به ترتیب نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس بررسی شد. سپس، برای بررسی معنی‌داری مشخصه‌ها بین توده‌های مذکور از تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل چند متغیره و نیز تعیین ارتباط مقادیر مشخصه‌های خاکی در توده‌های جنگلکاری از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصل در برنامه PC-ORD تحت ویندوز استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

نتایج

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه بیانگر وجود تفاوت‌های آماری در کلیه مقادیر مشخصه‌های مورد بررسی به غیر از کلسیم قابل جذب، درصد شن، سیلت

و رس خاک تحت تأثیر گونه‌های مختلف است (جدول ۱).

برابر جدول ۲، مقدار واکنش خاک و هدایت الکتریکی در توده زربین نسبت به پهن‌برگ‌ها کمتر بود، اما در بین توسکا ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و توده مخلوط توسکا-سفیدپلت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک در توده زربین بیشتر از دیگر توده‌ها بود اما در بین توده‌های پهن‌برگ تفاوتی دیده نشد. بیشترین درصد نیتروژن در توده توسکا-سفیدپلت و توسکا ییلاقی و کمترین آن در توده زربین دیده شد.

مقادیر فسفر دردسترس در سه توده پهن‌برگ بیشتر از توده زربین بود اما بیشترین مقدار پتاسیم در دسترس در توده‌های توسکا ییلاقی و آمیخته توسکا ییلاقی-سفیدپلت و کمترین آن در توده زربین مشاهده شد (جدول ۲). اندازه منیزیم دردسترس در توده آمیخته بیشترین و در توده زربین کمترین بود. مقدار

کلسیم دردسترس بین کلیه گونه‌ها فرقی نکرد. در کلیه توده‌ها بافت خاک، لومی-شنی بود و مشخصه درصد شن، سیلت و رس بین آن‌ها اختلاف نداشت. حال اینکه محتوی رطوبتی خاک در توده‌های توسکا و توسکا-سفیدپلت به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر توده‌ها بود و کمترین مقدار آن در توده زربین ثبت شد.

بیشترین مقدار تنفس میکروبی پایه مربوط به توده آمیخته توسکا-سفیدپلت و کمترین آن مربوط به توده زربین بود. بیشترین مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن در توده‌های توسکا ییلاقی و توسکا ییلاقی-سفیدپلت مشاهده شد اما کمترین مقدار آن در جنگلکاری زربین یافت شد (جدول ۲). مقدار زی‌توده میکروبی کربن و نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن در توده زربین بیشترین و در توده خالص توسکا ییلاقی و آمیخته توسکا-سفیدپلت کمترین بود.

جدول ۱- نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه صفات اندازه‌گیری شده در توده‌های مختلف جنگلکاری

Table 1. Results of one-way ANOVA for characteristics measured in different plantation stands

<i>F</i>	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	صفات Characteristics
43.531*	3.178	9.535	3	واکنش خاک pH
3.933*	0.000	0.001	3	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m)
39.948*	0.948	2.845	3	کربن (درصد) Organic carbon (%)
13.900*	0.004	0.013	3	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
44.617*	292.043	876.130	3	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio
6.102*	5.967	17.900	3	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P available (mg/kg)

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ^{ns} نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

* and ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels and ^{ns} shows no significant difference.

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

<i>F</i>	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	صفات Characteristics
30.787*	11017.967	33053.900	3	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K available (mg/kg)
2.540 ^{ns}	81620.000	244860.000	3	کلسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ca available (mg/kg)
22.505*	2149.967	6449.900	3	منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mg available (mg/kg)
174.152*	0.117	0.352	3	تنفس میکروبی پایه Soil microbial respiration
162.115*	46318.000	138954.000	3	زیتوده میکروبی کربن MBC
48.416*	1066.520	3199.561	3	زیتوده میکروبی نیتروژن MBN
235.033*	474.228	1422.683	3	نسبت زیتوده میکروبی کربن به نیتروژن MBC/MBN ratio
1.515 ^{ns}	28.892	86.675	3	درصد شن Sand (%)
1.943 ^{ns}	17.367	52.100	3	درصد سیلت Silt (%)
0.344 ^{ns}	3.092	9.275	3	درصد رس Clay (%)
38.321*	103.467	310.400	3	محتوی رطوبت خاک (درصد) Soil water content (%)

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ^{ns} نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

* and ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels and ^{ns} shows no significant difference.

جدول ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های خاکی در توده‌های مختلف جنگلکاری

Table 2. Mean (±standard error) of soil characteristics in different plantation stands

زرین <i>C. sempervirens</i>	توسکا بیلاقی + سفیدپلت <i>A. subcordata</i> + <i>P. caspica</i>	صنوبر <i>P. deltoides</i>	توسکا بیلاقی <i>A. subcordata</i>	صفات Characteristics
6.41±0.09b	7.57±0.08a	7.43±0.11a	7/60±0.06a	واکنش خاک pH
0.181±0.00b	0.194±0.00a	0.189±0.00ab	0.196±0.00a	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m)
2.47±0.05a	1.93±0.04b	1.91±0.06bc	1/77±0.05c	کربن (درصد) Organic carbon (%)
0.106±0.00c	0.154±0.00a	0.132±0.01b	0.142±0.01ab	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)

-حروف مختلف در ردیف بیاگر اختلاف معنی‌دار بین توده‌ها است.

-Different letters in row show significant difference among the stands.

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

زربین <i>C. sempervirens</i>	توسکا بیلاقی + سفیدپلت <i>A. subcordata</i> + <i>P. caspica</i>	صنوبر <i>P. deltooides</i>	توسکا بیلاقی <i>A. subcordata</i>	صفات Characteristics
23.91±1.42a	12.60±0.42b	14.57±0.39b	12.61±0.52b	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio
3.80±0.25b	5.60±0.37a	4.80±0.29a	5.20±0.32a	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P available (mg/kg)
148.40±4.11c	222.80±4.11a	184.00±4.81b	211.80±4.83a	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) K available (mg/kg)
1286.0±60.6b	1494.0±52.5a	1383.0±47.9ab	1449.0±64.2ab	کلسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Ca available (mg/kg)
57.20±1.59c	92.00±3.55a	76.00±4.04b	82.20±2.59b	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم) Mg available (mg/kg)
57.20±1.67a	60.90±1.67a	59.70±1.67a	60.70±1.08a	درصد شن Sand (%)
20.70±1.23a	17.80±0.74a	19.50±1.00a	18.20±0.71a	درصد سیلت Silt (%)
22.10±0.92a	21.30±1.05a	20.80±0.98a	21.10±0.82a	درصد رس Clay (%)
21.60±0.61c	28.40±0.52a	24.40±0.34b	28.00±0.56a	محتوی رطوبت خاک (درصد) Soil water content (%)
0.211±0.005d	0.456±0.008a	0.361±0.008c	0.422±0.012b	تنفس میکروبی پایه Soil microbial respiration
537.8±3.87a	389.2±5.86c	424.4±5.58b	401.0±5.82c	زیتوده میکروبی کربن MBC
23.14±0.61c	46.86±1.96a	37.28±1.09b	42.61±1.84a	زیتوده میکروبی نیتروژن MBN
23.27±0.56a	8.45±0.40c	11.50±0.44b	9.55±0.37c	نسبت زیتوده میکروبی کربن به نیتروژن MBC/MBN ratio

حروف مختلف در ردیف بیاگر اختلاف معنی دار بین توده‌ها است.

-Different letters in row show significant difference among the stands.

جدول ۳- همبستگی بین محورهای PCA و مشخصه‌های خاکی در توده‌های مختلف جنگلکاری

Table 3. Correlation between PCA components and soil characteristics in different plantation stands

محور سوم Third axis	محور دوم Second axis	محور اول First axis	مشخصه‌ها Characteristics
0.019 ^{ns}	0.224 ^{ns}	-0.871 ^{**}	واکنش خاک pH
0.094 ^{ns}	-0.044 ^{ns}	-0.657 ^{**}	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m)

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن همبستگی در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ^{ns} نشان دهنده عدم معنی داری است.* and ** are indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 levels and ^{ns} show no significant correlation

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

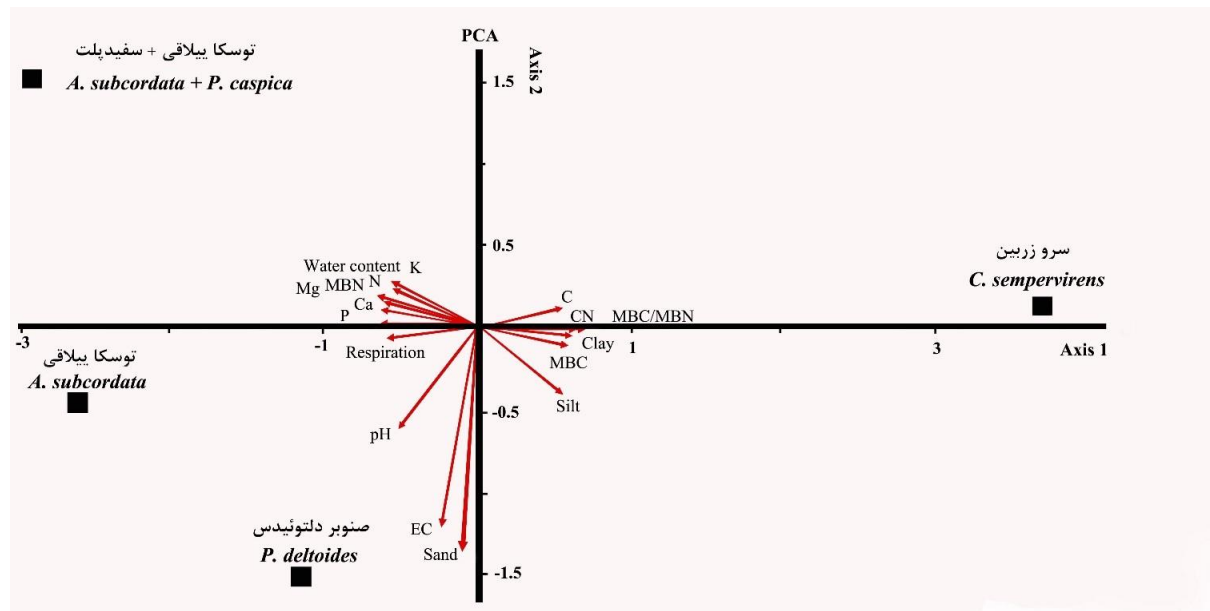
محور سوم Third axis	محور دوم Second axis	محور اول First axis	مشخصه‌ها Characteristics
0.221 ^{ns}	-0.146 ^{ns}	0.888 ^{**}	کربن (درصد) Organic carbon (%)
-0.111 ^{ns}	-0.095 ^{ns}	-0.834 ^{**}	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
0.199 ^{ns}	-0.005 ^{ns}	0.891 ^{**}	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio
-0.134 ^{ns}	-0.095 ^{ns}	-0.800 ^{**}	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P available (mg/kg)
-0.014 ^{ns}	0.036 ^{ns}	-0.822 ^{**}	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) K available (mg/kg)
0.211 ^{ns}	-0.020 ^{ns}	-0.475 [*]	کلسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Ca available (mg/kg)
-0.031 ^{ns}	-0.123 ^{ns}	-0.833 ^{**}	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم) Mg available (mg/kg)
-0.202 ^{ns}	0.033 ^{ns}	-0.508 [*]	درصد شن Sand (%)
0.307 ^{ns}	-0.048 ^{ns}	0.617 ^{**}	درصد سیلت Silt (%)
0.014 ^{ns}	-0.004 ^{ns}	0.159 ^{ns}	درصد رس Clay (%)
-0.050 ^{ns}	0.143 ^{ns}	-0.891 ^{**}	محتوی رطوبت خاک (درصد) Soil water content (%)
-0.147 ^{ns}	-0.024 ^{ns}	-0.870 ^{**}	تنفس میکروبی پایه Soil microbial respiration
0.215 ^{ns}	0.035 ^{ns}	-0.116 ^{ns}	زیتوده میکروبی کربن MBC
-0.123 ^{ns}	-0.065 ^{ns}	-0.057 ^{ns}	زیتوده میکروبی نیتروژن MBN
0.170 ^{ns}	0.050 ^{ns}	-0.146 ^{ns}	نسبت زیتوده میکروبی کربن به نیتروژن MBC/MBN ratio
1.61	1.94	2.44	مقادیر ویژه Eigen value
1.06	2.98	12.04	درصد تبیین واریانس Percent of variance
100	98.94	95.96	درصد تجمعی تبیین واریانس Cumulative percent of variance

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن همبستگی در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ^{ns} نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

* and ** are indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 levels and ^{ns} show no significant correlation

رطوبت خاک، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر در دسترس به همراه تنفس میکروبی پایه، نیتروژن کل و زی توده میکروبی نیتروژن، از دو گروه صنوبر دلتوئیدس و زربین متمایز است. همچنین، در سمت راست محور اول PCA، توده زربین همبستگی مثبت با مقادیر کربن، نسبت کربن به نیتروژن، زی توده میکروبی کربن، درصد سیلت و رس دارد که از سه گروه دیگر کاملاً متمایز است، این در حالی است که توده صنوبر دلتوئیدس دارای بیشترین همبستگی با مشخصه‌های واکنش خاک، هدایت الکتریکی و درصد شن است (شکل ۱).

نتایج همبستگی بین محورهای مختلف PCA و مشخصه‌های خاکی مورد پژوهش در جدول ۳ نشان داده شد. بررسی توزیع گروه‌های مختلف جنگلکاری بر اساس مشخصه‌های خاک با استفاده از تحلیل PCA نشان داد که ۴ توده مورد بررسی در امتداد دو مولفه اصلی اول و دوم قابل تفکیک است (شکل ۱). دو مولفه اول PCA به ترتیب با مقادیر ویژه ۳/۴۴ و ۲/۴۴ برابر ۹۵/۹۷ درصد از تغییرات مشخصه‌های رویشگاه را توجیه می‌کنند (جدول ۳). بر این اساس، توده‌های آمیخته توسکا بیلاقی-سفیدپلت و توده خالص توسکا بیلاقی به دلیل همبستگی مثبت با متغیرهای محتوی



شکل ۱- توزیع مکانی توده‌های جنگلکاری، مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی و میکروبی خاک در تحلیل مولفه‌های اصلی.

Figure 1. Spatial pattern of stands, soil physico-chemical and microbial characteristics in PCA.

هدایت الکتریکی، واکنش خاک، کربن، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در دسترس، درصد شن، سیلت و رس، محتوی رطوبت خاک، تنفس میکروبی پایه، زی توده میکروبی کربن، زی توده میکروبی نیتروژن و نسبت زی توده میکروبی کربن به نیتروژن به ترتیب با علائم اختصاری pH، EC، C، N، CN، P، K، Ca، Mg، Sand، Silt، Clay، SWC، SMR، MBC، MBN، MBC/MBN نشان داده شد. (عامل اول: مقدار ویژه = ۳/۴۴، درصد واریانس متناظر با عامل = ۸۳/۹۲، درصد واریانس جمعی = ۸۳/۹۲ و عامل دوم: مقدار ویژه = ۲/۴۴، درصد واریانس متناظر با عامل = ۱۲/۰۴، درصد واریانس جمعی = ۹۵/۹۷).

Electrical conductance, pH, total nitrogen, carbon to nitrogen ratio, phosphorus, potassium, calcium and magnesium available, sand, silt and clay percentage, soil water content, soil microbial respiration, microbial biomass carbon and nitrogen and also microbial biomass carbon to microbial biomass nitrogen was showed with abbreviation of pH, EC, C, N, CN, P, K, Ca, Mg, Sand, Silt, Clay, SWC, SMR, MBC, MBN, MBC/MBN, respectively. (PC1: eigen value = 3.44, percent of variance = 83.92, cumulative percent of variance = 83.92; PC2: eigen value = 2.44, percent of variance = 12.04, cumulative percent of variance = 95.97).

بحث

در این پژوهش، بیشترین مقدار رطوبت خاک در توده‌های توسکا بیلاقی و توسکا-سفیدپلت و کمترین آن در توده زربین مشاهده شد. دلیل افزایش محتوی رطوبت خاک در توده‌های پهن‌برگ مورد پژوهش را می‌توان به نهاد این گونه‌ها نسبت داد که در کرانه رودخانه‌ها و مناطق مرطوب نیز حضور می‌یابند. علت کاهش محتوای رطوبت خاک در توده‌های سوزنی‌برگ زربین را با توجه به وضوح آن در تحلیل مولفه‌های اصلی می‌توان احتمالاً به همیشه‌سبز بودن درخت و نیز انبوهی بیشتر تاج آن‌ها در مقایسه با پهن‌برگان مورد پژوهش نسبت داد که سبب کاهش انتقال باران به خاک بستر می‌شود (Tafazoli, 2014). مقدار واکنش و هدایت الکتریکی خاک در توده زربین به‌طور معنی‌داری کمتر از توده‌های پهن‌برگ بود. دلیل افزایش واکنش خاک در توده‌های پهن‌برگ را می‌توان به غنی بودن محتوی عناصر غذایی موجود در لاشبرگ گونه‌های پهن‌برگ و سرعت بالای تجزیه آن‌ها نسبت داد که بازگشت مقادیر زیاد کاتیون‌های بازی به خاک را به‌همراه دارد (Augusto et al., 2002). همچنین، کاهش واکنش خاک در توده زربین می‌تواند به واسطه تجزیه کند لاشبرگ آن و متعاقباً تولید اسید آلی و تأخیر در بازگشت کاتیون‌های بازی به خاک باشد که به‌تدریج به اسیدی شدن خاک می‌انجامد (Augusto et al., 2002; Hagen-Thorn et al., 2004).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها و همچنین نمودار تحلیل مولفه‌های اصلی نشان داد که بیشترین درصد ازت کل در توده‌های آمیخته و توسکای بیلاقی و کمترین آن در توده زربین مشاهده شد. همسو با نتایج این تحقیق، (2002) Rothe et al. و Sanji et al. (2017) نیز علت افزایش نیتروژن خاک در توده‌های پهن‌برگ را به بالابودن محتوای نیتروژن لاشبرگ و

نرخ تجزیه بالاتر آن‌ها نسبت به سوزنی‌برگان نسبت دادند. تثبیت نیتروژن توسط توسکا بیلاقی دلیل دیگر افزایش نیتروژن خاک در توده‌های پهن‌برگ است (Tedersoo et al., 2009). از طرفی، Inagaki et al. (2004) دلیل کاهش نیتروژن خاک در سوزنی‌برگان را مصرف بالاتر نیتروژن در این گونه‌ها نسبت به پهن‌برگان بیان می‌کنند.

در یافته‌های این پژوهش، مقدار درصد کربن آلی خاک و نسبت کربن به نیتروژن خاک در توده سوزنی-برگ زربین نسبت به پهن‌برگان افزایش معنی‌داری داشته است. در گزارش Jimenez et al. (2007) و Liorente et al. (2010) و Sanji et al. (2017) و Moghimian et al. (2019) علت آن به تجمع بیشتر مواد آلی در نتیجه افزایش زی‌توده روزمینی و زیرزمینی، کاهش نرخ تجزیه لاشبرگ و به‌دنبال آن معدنی‌شدن آهسته مواد آلی در واکنش خاک پایین‌تر نسبت داده شد.

بیشترین مقادیر فسفر، پتاسیم و منیزیم قابل جذب در توده‌های توسکا بیلاقی و توده آمیخته توسکا-سفیدپلت و کمترین آن‌ها در توده زربین مشاهده شد. در تأیید نتایج این پژوهش، Marcos et al. (2010) نشان دادند که محتوای مواد غذایی خاک در توده‌های سوزنی‌برگ کمتر از توده‌های پهن‌برگ است. علت بالاتر بودن مقدار این عناصر در خاک توده‌های پهن‌برگ نسبت به سوزنی‌برگ را می‌توان به بیشتر بودن عناصر تغذیه‌ای فوق در لاشبرگ این گونه‌ها نسبت داد که با فراهم کردن شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها سبب تجزیه و آزادسازی سریع‌تر آن‌ها در خاک می‌شوند (Brady and Well, 2008).

بیشترین مقدار تنفس میکروبی پایه و زی‌توده میکروبی نیتروژن در جنگلکاری‌های خالص و آمیخته توسکا و کمترین آن در جنگلکاری زربین مشاهده

وضعیت اجتماعات میکروبی خاک به کار می رود (Ravindran and Yang, 2015). بالا بودن نسبت زی-توده میکروبی کربن به نیتروژن در زیر تاج گونه زرین (بیشتر از ۱۵) که از گونه های همزیست با قارچ های اکتومایکوریز به حساب می آید (Hagen-Thorn et al., 2004) نشان می دهد که زی توده میکروبی خاک در زیر این درختان دارای مقادیر زیادی از قارچ ها است در حالی که مقدار کمتر مشخصه در توده های پهن برگ بیانگر غالب بودن جمعیت های باکتریایی در زیر این درختان است (Ravindran and Yang, 2015). در این ارتباط، Paul and Clark (1996) اظهار می کنند، اگر در خاک، جمعیت باکتریایی غالب باشد نسبت کربن به نیتروژن بین ۳ تا ۱۰ و اگر جمعیت قارچی غالب باشد این نسبت بین ۱۰ تا ۱۵ و بیشتر در نوسان است. به طور کلی، نتایج این پژوهش مبین آن است که نوع گونه های درختی مورد استفاده در جنگلکاری-ها می تواند تغییرات قابل توجهی در خصوصیات شیمیایی و عملکرد جوامع میکروبی خاک ایجاد کند. مشخصه های شیمیایی خاک مانند واکنش خاک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، نسبت کربن به نیتروژن و شاخص های میکروبی خاک (مانند تنفس میکروبی پایه، زی توده میکروبی نیتروژن و نسبت زی توده میکروبی کربن به نیتروژن که از شاخص های حاصلخیزی خاک به شمار می آیند) در توده آمیخته توسکا-سفیدپلت و توده خالص توسکا دارای بیشترین مقدار بوده که بیانگر وضعیت مطلوب تر رویشگاه های جنگلکاری شده با این گونه هاست که می تواند موجب ترغیب کاربران برای استفاده از این گونه ها (توده ها) در احیای اراضی بایر و رها شده این منطقه (و مناطق مشابه از نظر اقلیمی و اداکیکی) در قالب جنگلکاری و یا کشت تلفیقی باشد.

شد. مقدار تنفس خاک در بوم سازگان های جنگلی تحت تأثیر عوامل متعددی مانند مقدار رطوبت، دما، محتوای نیتروژن خاک، کیفیت لاشبرگ، محتوای ماده آلی خاک، توالی جنگل و شیوه های مدیریت جنگل قرار می گیرد (Yang et al., 2007) در برخی گزارش ها، همچنین تأکید به ارتباط مقادیر تنفس خاک به کیفیت سوبسترا و مواد هومیکی تحت گونه های درختی مختلف شده است (Singh et al., 2012). همسو با یافته های این پژوهش، Bini et al. (2013) و Kooch et al. (2018) در پژوهش خود بیان می کنند که سطح تنفس خاک و زی توده میکروبی نیتروژن در حضور لاشبرگ هایی با مقدار نیتروژن بیشتر و کربن کمتر و وجود لاشبرگ های متنوع افزایش می یابد. در حقیقت، بیشتر بودن مقدار تنفس میکروبی پایه و زی-توده میکروبی نیتروژن در توده های توسکا-سفیدپلت و توسکا بیلاقی به دلیل داشتن لاشبرگ هایی با مقدار نیتروژن بیشتر و لیگنین کمتر و با تجزیه راحت تر این توده ها نسبت به توده های سوزنی برگ است (Sinha et al., 2009). در پژوهش پیش رو، در توده های خالص و آمیخته توسکا به دلیل مطلوب بودن کیفیت و نرخ تجزیه لاشبرگ، زی توده میکروبی نیتروژن افزایش یافت که مؤید این است که گونه های غنی از نیتروژن سبب افزایش زی توده میکروبی نیتروژن می شوند (Burton et al., 2010). همچنین، زی توده میکروبی کربن و نسبت زی توده میکروبی کربن به نیتروژن در خاک توده سوزنی برگ زرین بیشتر از توده های پهن-برگ بوده است که این علت را می توان به رشد و فعالیت بیشتر جمعیت های میکروبی خاک و تجمع بیشتر زی توده میکروبی آن نسبت داد (Dinesh et al., 2004; Kooch et al., 2018). نسبت کربن میکروبی به نیتروژن میکروبی اغلب به منظور توصیف ساختار و

References

- Alef, K.; Nannipieri, P., *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press: 1995.
- Augusto, L.; Ranger, J.; Binkley, D.; Rothe, A., Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of forest science* **2002**, *59* (3), 233-253.
- Bini, D.; dos Santos, C. A.; Bouillet, J.-P.; de Morais Goncalves, J. L.; Cardoso, E. J. B. N., Eucalyptus grandis and Acacia mangium in monoculture and intercropped plantations: evolution of soil and litter microbial and chemical attributes during early stages of plant development. *Applied Soil Ecology* **2013**, *63*, 57-66.
- Boden, T. A.; Marland, G.; Andres, R. J., Global, regional, and national fossil-fuel CO₂ emissions. *Carbon dioxide information analysis center, Oak ridge national laboratory, US department of energy, Oak Ridge, Tenn., USA* doi **2009**, *10*.
- Brady, N. C.; Weil, R. R.; Weil, R. R., *The nature and properties of soils*. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ: 2008; Vol. 13.
- Burton, J.; Chen, C.; Xu, Z.; Ghadiri, H., Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Journal of Soils and Sediments* **2010**, *10* (7), 1267-1277.
- Dinesh, R.; Ghoshal Chaudhuri, S.; Sheeja, T., Soil biochemical and microbial indices in wet tropical forests: effects of deforestation and cultivation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **2004**, *167* (1), 24-32.
- Habashi, H., Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. **2015**.
- Hagen-Thorn, A.; Callesen, I.; Armolaitis, K.; Nihlgård, B., The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest ecology and management* **2004**, *195* (3), 373-384.
- Häggman, H.; Raybould, A.; Borem, A.; Fox, T.; Handley, L.; Hertzberg, M.; Lu, M. Z.; Macdonald, P.; Oguchi, T.; Pasquali, G., Genetically engineered trees for plantation forests: key considerations for environmental risk assessment. *Plant Biotechnology Journal* **2013**, *11* (7), 785-798.
- Humpenöder, F.; Popp, A.; Dietrich, J. P.; Klein, D.; Lotze-Campen, H.; Bonsch, M.; Bodirsky, B. L.; Weindl, I.; Stevanovic, M.; Müller, C., Investigating afforestation and bioenergy CCS as climate change mitigation strategies. *Environmental Research Letters* **2014**, *9* (6), 064029.
- Inagaki, Y.; Miura, S.; Kohzu, A., Effects of forest type and stand age on litterfall quality and soil N dynamics in Shikoku district, southern Japan. *Forest ecology and management* **2004**, *202* (1-3), 107-117.
- Jiménez, J. J.; Lal, R.; Leblanc, H. A.; Russo, R. O., Soil organic carbon pool under native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* **2007**, *241* (1-3), 134-144.
- Kooch, Y.; Tavakoli, M.; Akbarinia, M., Microbial/biochemical indicators showing perceptible deterioration in the topsoil due to deforestation. *Ecological Indicators* **2018**, *91*, 84-91.
- Liao, C.; Luo, Y.; Fang, C.; Chen, J.; Li, B., The effects of plantation practice on soil properties based on the comparison between natural and planted forests: a meta-analysis. Wiley Online Library: 2012.
- Llorente, M.; Glaser, B.; Turrión, M. B., Storage of organic carbon and black carbon in density fractions of calcareous soils under different land uses. *Geoderma* **2010**, *159* (1-2), 31-38.
- Marcos, E.; Calvo, L.; Marcos, J. A.; Taboada, Á.; Tárrega, R., Tree effects on the chemical topsoil features of oak, beech and pine forests. *European Journal of forest research* **2010**, *129* (1), 25-30.
- Moghimian, N.; Hosseini, S. M.; Kooch, Y.; Darki, B. Z., Evaluating soil biochemical/microbial indices as ecological indicators of different land use/cover in northern Iran. *Acta Ecologica Sinica* **2019**, *39* (4), 328-333.
- Paul, E., *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Academic press: 2014.
- Ravindran, A.; Yang, S.-S., Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* **2015**, *48* (4), 362-369.
- Rothe, A.; Cromack Jr, K.; Resh, S. C.; Makineci, E.; Son, Y., Soil carbon and nitrogen changes under Douglas-fir with and

- without red alder. *Soil Science Society of America Journal* **2002**, 66 (6), 1988-1995.
- Sanji, R.; Kooch, Y.; Tabari, K. M., Comparison of fine root biomass, earthworm's and nematodes populations in topsoil of natural forest and plantations. *Journal of water and soil conservation* **2017**, 24 (3), 219-234.
 - Schimel, J.; Schaeffer, S. M., Microbial control over carbon cycling in soil. *Frontiers in microbiology* **2012**, 3, 348.
 - Shrestha, R.; Ladha, J.; Gami, S., Total and organic soil carbon in cropping systems of Nepal. *Nutrient cycling in agroecosystems* **2006**, 75 (1), 257-269.
 - Singh, K.; Singh, B.; Singh, R., Changes in physico-chemical, microbial and enzymatic activities during restoration of degraded sodic land: Ecological suitability of mixed forest over monoculture plantation. *Catena* **2012**, 96, 57-67.
 - Sinha, S.; Masto, R.; Ram, L.; Selvi, V.; Srivastava, N.; Tripathi, R.; George, J., Rhizosphere soil microbial index of tree species in a coal mining ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* **2009**, 41 (9), 1824-1832.
 - Sun, B.; Hallett, P. D.; Caul, S.; Daniell, T. J.; Hopkins, D. W., Distribution of soil carbon and microbial biomass in arable soils under different tillage regimes. *Plant and Soil* **2011**, 338 (1), 17-25.
 - Tafazoli, M., The Comparison of nutrient input via throughfall in an oak-hornbeam natural forest with Persian maple (*Acer velutinim*) and Turkish pine (*Pinus brutia*) plantations. M.Sc. Disertations. Tehran University, Tehran, Iran, **2014**; p 121 (In Persian).
 - Tedersoo, L.; Suvi, T.; Jairus, T.; Ostonen, I.; Põlme, S., Revisiting ectomycorrhizal fungi of the genus *Alnus*: differential host specificity, diversity and determinants of the fungal community. *New Phytologist* **2009**, 182 (3), 727-735.
 - Yang, Y.-S.; Chen, G.-S.; Guo, J.-F.; Xie, J.-S.; Wang, X.-G., Soil respiration and carbon balance in a subtropical native forest and two managed plantations. *Plant Ecology* **2007**, 193 (1), 71-84.
 - Zheng, X.; Wei, X.; Zhang, S., Tree species diversity and identity effects on soil properties in the Huoditang area of the Qinling Mountains, China. *Ecosphere* **2017**, 8 (3), e01732.

Effect of artificial tree stands on physical, chemical properties and soil microbial biomass (case study: Zaghmarz of Neka)

J. Jafari¹, M. Tabari Kouchaksaraei^{*2}, V. Hosseini³ and S. E. Sadati⁴

1. Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (jafari64.23@gmail.com)

2. Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (mtabari@modares.ac.ir)

3. Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University, Sanandaj, I. R. Iran. (V.Hosseini@uok.ac.ir)

4. Assistant Research Prof., Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education, Sari, I. R. Iran. (sadati10@yahoo.com)

Received: 20.10.2019 Accepted: 27.04.2020

Abstract

In the present study, physical, chemical and biological soil properties in pure plantation stands (21 years old) of *Alnus subcordata*, *Populus deltoides*, *Cupressus sempervirens* and a mixed stand of *Alnus subcordata*-*Populus caspica* at Zaghmarz area, Neka city (north of Iran), were studied. In each stand, 10 plots of 400 m² were selected and in each plot five samples were taken from 10 cm-depth of soil. The highest values of soil water content, pH, total nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and magnesium available (Mg), basal microbial respiration (BMR), soil microbial biomass nitrogen (MBN) allocated to stands of *A. subcordata*-*P. caspica* and *A. subcordata*, while the highest amounts of organic carbon (C), C:N ratio, microbial biomass carbon (MBC) and MBC/MBN ratio was observed in *Cupressus* stand. Analysis of PCA showed that *Cupressus* plantation has a positive correlation with amount of C, CN, silt, clay, MBC and MBC/MBN. But the pure and mixed stands of *Alnus* are positively correlated with total N, K, Ca, Mg, P available, water content, BMR and MBN, showing the soil fertility of these stands and encouraging users for cultivation of this species in the form of afforestation or agroforestry.

Keywords: Caspian poplar, Afforestation, Microbial respiration, Caucasian alder, Soil nutrient.

* Corresponding author

Tel: +98911246250

ارزش غذایی برگ‌های جمع‌آوری شده از برخی درختان جنگلی برای تأمین بخشی از نیاز غذایی دام

محسن کاظمی*

- استادیار، گروه علوم دامی، مجتمع آموزش عالی تربت‌جام، تربت‌جام، ایران. (phd1388@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۱۵

چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه و تعیین ارزش غذایی برگ‌های جمع‌آوری شده از پنج گونه درخت جنگلی شامل زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، کاج تهران (*Pinus eldarica*)، زالزالک زرد (*Crataegus azarolus*)، توت سفید (*Morus alba*) و بید سفید (*Salix alba*) انجام شد. برخی ترکیبات شیمیایی-معدنی، فراسنجه‌های تولید گاز، ظرفیت بافیری و نیز برخی فراسنجه‌های تخمیری بر اساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین شدند. داده‌های این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز آماری شدند. تفاوت آماری معنی‌داری در بین تمام فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده، مشاهده شد ($P < 0/05$). پروتئین خام برگ‌ها از ۸/۳۰ درصد برای کاج تا ۱۸/۵۰ درصد برای توت سفید متغیر بود. مقدار NDF (۵۳/۰۳ درصد)، ADF (۳۸/۴۸ درصد)، ADL (۱۶/۶۷ درصد) و CF (۳۵/۰۱ درصد) در کاج از بیشترین مقدار برخوردار بود ($P < 0/05$). گونه توت سفید از بیشترین مقدار خاکستر، نیتروژن، کلسیم، منیزیم و سدیم برخوردار بوده، در حالی که گونه بید از بیشترین مقدار روی برخوردار بود ($P < 0/05$). بالاترین فراسنجه‌های مربوط به تولید گاز (به جز ثابت نرخ تولید گاز)، قابلیت هضم حقیقی ماده خشک و ماده آلی، DMI، انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب فرار کوتاه‌زنجیر، اسیدیته قابل تیتر و pH مربوط به هر برگ، در توت سفید مشاهده شد ($P < 0/05$). کاج نیز از بالاترین ظرفیت بافیری اسید-باز (۲۰۶/۲۳ میلی‌اکی‌والان گرم^{-۳}×۱۰) برخوردار بود ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که هر یک از برگ‌های مورد پژوهش، حاوی مقادیر متناسبی از مواد مغذی بوده و در صورت گنجاندن آن‌ها در جیره نشخوارکنندگان کوچک، می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز روزانه به مواد مغذی مختلف را برآورده سازند.

واژه‌های کلیدی: برگ، جنگل، درخت، فراسنجه‌های تخمیری، مواد مغذی.

مقدمه

حاوی کاه برنج آمونیاکی شده استفاده کرد و نیز به طور کامل جایگزین کنجاله کلزا کرد.

آنالیز شیمیایی، به ویژه آنالیزهای مرتبط با قابلیت هضم به روش آزمایشگاهی و یا *in situ* می تواند در ارزیابی اولیه ارزش غذایی گونه های مختلف گیاهی و یا دیگر خوراکی ها مفید باشد (Kassi et al., 2000). از آنجایی که بدون اطلاع از ارزش غذایی برگ های درختان مختلف، دامداران اقدام به مصرف آن ها در جیره دام ها می کنند، بنابراین آگاهی داشتن نسبت به برخی فراسنجه های تغذیه ای اینگونه برگ ها علاوه بر کمک در ارائه برنامه های تغذیه ای، می تواند در آگاهی یافتن نسبت به برطرف کردن نیازهای دام های مختلف نیز مفید باشد. بنابراین این پژوهش با هدف تعیین و مقایسه ارزش غذایی برگ های جمع آوری شده از پنج گونه درخت جنگلی شامل زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، کاج تهران (*Pinus eldarica*)، زالزالک زرد (*Crataegus azarolus*)، توت سفید (*Morus alba*) و بید سفید (*Salix alba*) بر اساس روش های آزمایشگاهی استاندارد انجام شد.

مواد و روش ها

تهیه نمونه ها و روش های آزمایشگاهی به کار برده شده در این پژوهش نمونه برگ حاصل از درختان جنگلی شامل زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، کاج تهران (*Pinus eldarica*)، زالزالک زرد (*Crataegus azarolus*)، توت سفید (*Morus alba*) و بید سفید (*Salix alba*) از پارک جنگلی شهید عظیمی شهرستان تربت جام در آبان سال ۱۳۹۷ جمع آوری و بلافاصله به آزمایشگاه مرکزی مجتمع آموزش عالی تربت جام انتقال داده شدند. پارک جنگلی فوق با مساحتی در حدود ۴۵ هکتار در چهار کیلومتری جنوب شهرستان تربت جام احداث شده است. همچنین این پارک در

بسیاری از برگ های درختان جنگلی در فصول خشک سال پس از برگ ریزی آن ها، قابلیت مصرف توسط دام ها به ویژه نشخوارکنندگان کوچک را دارد، از طرفی جنگل های کشور با وجود پذیرا بودن ارقام مختلفی از درختان و درختچه ها، وسعت وسیعی از ایران (۱۲/۴ میلیون هکتار، معادل ۷/۵ درصد مساحت کل کشور) را نیز به خود اختصاص داده است (Hassanzad, 2015). یکی از مهم ترین دلایل کاهش تولید در دام های اهلی ایران، می تواند مربوط به تغذیه نامتناسب، بی کیفیت و ناکافی خوراک با وجود فراهم بودن مقادیر بسیاری از خوراکی های محلی در دسترس باشد. بسیاری از برگ های درختان موجود در ایران، جزو منابع گیاهی پروتئینی محسوب شده که با وجود ارزان بودن آن ها، براحتی در فصولی که دامداران با محدودیت علوفه مواجه هستند، می تواند مورد چرا و یا استفاده دام های مختلف بویژه دام های کوچک قرار بگیرند. هر چند که مصرف برخی از این شاخ و برگ ها در تغذیه دام، به دلیل داشتن ترکیبات ضد تغذیه ای همچون فنول ها و یا تانن باید با احتیاط لازم انجام شود (Salem, 2005)، اما با این وجود گزارش شده است که بسیاری از سرشاخه ها و یا برگ های درختان، پتانسیل بالقوه ای در تغذیه دام داشته و بخشی و یا تمام جیره می تواند با این منابع جایگزین شود، به طوری که Ondiek et al. (2000) به این نتیجه رسیدند که مصرف شاخ و برگ دو گونه شامل *Gliricidia sepium* و *Leucaena leucocephala* به عنوان منابع پروتئین گیاهی، تأثیر منفی بر تولید و عملکرد بزهای شیری ندارد. همچنین Liu et al. (2001) گزارش کردند که از برگ توت (*Morus alba*) می توان به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره های

استخراج شد (AOAC, 1999; method no. 963.15). مقدار کربوهیدرات‌های غیرفیبری (NFC) نیز از تفاضل حاصل جمع CP, EE, NDF و Ash از عدد ۱۰۰ محاسبه شد. مقدار فیبر خام (Crude fiber, CF)، لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی (Acid detergent lignin, ADL) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Acid detergent fiber, ADF) و خشی (Neutral detergent fiber, ADF) به کمک دستگاه آنالیز فیبر خام (شرکت گل پونه صفاهان اصفهان، ایران) و با کمک تکنولوژی انکوم و کیسه‌های داکرونی مخصوص (با قطر منافذ ۴۵ میکرون) تعیین شدند (ANKOM Technology, 2005, 2006^{a,b}). تمامی فراسنجه‌های مربوط به ظرفیت بافری نمونه‌های گیاهی (جدول ۵) و نیز pH هر گیاه بر اساس روش Jasaitis و همکاران (1987)، تعیین شدند. عصاره عاری از نیتروژن (NFE) نیز از تفاضل مجموع CP, EE, Ash و CF از عدد ۱۰۰ محاسبه شد (Arshadullah et al., 2009).

مایع شکمبه مورد نیاز برای این پژوهش از کشتار پنج رأس بز نر نژاد نجدی در کشتارگاه صنعتی تربت‌جام تهیه شد. پس از ذبح حیوانات، بلافاصله شکمبه آن‌ها باز شده و اقدام به تخلیه محتویات شکمبه و صاف کردن آن‌ها با پارچه متقال چند لایه شد. نمونه مایع شکمبه صاف شده در فلاکس‌های مخصوص ریخته و بلافاصله به آزمایشگاه مرکزی مجتمع آموزش عالی تربت جام انتقال و در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. بزاق مصنوعی بر اساس روش Menke and Steingass (1988) تهیه شد. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های خشک شده و آسیاب شده با مش یک میلی‌متری، به‌داخل شیشه‌های با حجم ۱۲۰ میلی‌لیتر ریخته شد و پس از افزودن مایع شکمبه و بزاق مصنوعی (با نسبت

ارتفاع ۹۲۸ متری از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۱۳ دقیقه و ۱۶/۱ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه، ۳۶ دقیقه و ۳۹/۸ ثانیه شرقی واقع شده و دارای منطقه‌ای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک (بافت لومی-شنی) بوده و از میانگین دمای سالانه ۲۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۲۵۴ میلی‌متر برخوردار است. درختان مورد پژوهش از بیشترین فراوانی در بین درختان جنگلی منطقه برخوردار بوده و به راحتی می‌توانند مورد چرای دام‌های کوچک نشخوارکننده در فصل پاییز قرار بگیرند. برای هر گونه درختی دست کم ۱۰ تکرار در نظر گرفته شد و نمونه‌های مربوط به هر درخت با یکدیگر مخلوط و یک نمونه نهایی (برگ) تهیه شد. برای تعیین ترکیبات شیمیایی و مواد معدنی موجود در هر برگ، چهار تکرار برای هر مشخصه در نظر گرفته شد. بخشی از نمونه‌ها برای تعیین درصد ماده خشک در آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انتقال داده شد (AOAC, 1990). چندین نمونه برگگی نیز به آرامی با آب مقطر به منظور زدودن گرد و غبار از آن‌ها شسته شده و در ادامه همراه با دیگر نمونه‌ها به آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انتقال داده شدند. بخشی از نمونه‌ها پس از خشک شدن، با آسیاب مجهز به مش ۲ میلی‌متری خرد شدند.

مقدار پروتئین خام با استفاده از دستگاه کجلدال (نیمه اتوماتیک، بخشی، ایران) و تیترا نمونه‌ها، تعیین شد. مقدار خاکستر خام (Ash)، پس از گذاشتن نمونه هر برگ (به تعداد چهار تکرار) در داخل کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت تعیین شد (AOAC, 1999; method no. 942.05). چربی خام (Ether extract, EE) نیز با استفاده از دستگاه سوکسله (بخشی، ایران) و مایع پترولیوم اتر (بخشی، ایران)

تفکیک‌پذیری (Partitioning factor: PF)، TDMD و TOMD نیز بر اساس روش توصیه‌شده (2010) Makkar تعیین شدند. بازده تولید توده میکروبی (MMY) نیز از تقسیم توده میکروبی تولیدشده بر مقدار ماده آلی حقیقی هضم شده، محاسبه شد.

مقدار نیتروژن نمونه‌ها نیز با کمک دستگاه کجلدال (ساخت شرکت بخشی، ایران) تعیین شدند. کلیه مواد معدنی (شامل کلسیم، پتاسیم، سدیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و کبالت) مربوط به برگ‌های درختان مختلف، بر اساس روش‌های توصیه‌شده (AOAC 1990) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مستقر در آزمایشگاه مرکزی مجتمع آموزش عالی تربت‌جام (SavantAA, GBC, Australia) تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از مدل آماری $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ در این پژوهش استفاده شد که در آن Y_{ij} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین کل، T_i = اثر تیمار و e_{ij} = خطای آزمایشی بود. داده‌های این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به کمک نرم‌افزار SAS (9/1) آنالیز آماری شدند. اختلاف آماری بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد تعیین شد. همچنین داده‌های حاصل از آزمون گاز با استفاده از معادله $Y = b(1 - e^{-ct})$ آنالیز شدند که در آن، Y معادل حجم گاز تولید شده در زمان t ، b معادل گاز تولیدی از بخش نامحلول ولی قابل تخمیر پس از ۹۶ ساعت انکوباسیون (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، c معادل ثابت نرخ تولید گاز برای b (درصد در هر ساعت) و t معادل زمان انکوباسیون (ساعت) بود (Ørskov and McDonald, 1979). انرژی قابل متابولیسم و انرژی خالص برای شیردهی بر اساس معادلات (Menke and Steingass 1988)

یک به دو) بلافاصله درب آن‌ها با درپوش‌های لاستیکی بسته شد. در ادامه درب شیشه‌ها با کمک ابزار کریمپر، پلمپ شده و در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد برای زمان‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوبه شدند. همچنین چهار شیشه فاقد نمونه برگی به‌عنوان بلنک، در نظر گرفته شد. فشار گاز تولید شده در زمان‌های فوق به کمک فشارسنج دیجیتالی ثبت و بر اساس روش Theodorou et al. (1994) هم‌زمان مقدار حجم گاز تولید شده در هر زمان انکوباسیون، اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای هر تیمار چهار تکرار در نظر گرفته شد.

برای هر تیمار (نمونه گیاهی)، تعداد چهار شیشه (محیط کشت مشابه با آزمون تولید گاز) نیز به‌طور هم‌زمان به‌منظور تعیین نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N)، قابلیت هضم حقیقی ماده خشک (TDMD) و ماده آلی (TOMD) و pH محیط کشت، در نظر گرفته شد. گاز تولید شده در هر یک از شیشه‌ها که در اثر فرآیند تخمیر درون شیشه‌ای ایجاد می‌شد، متناوباً توسط سوزن مخصوص خارج می‌شد تا این گاز تأثیر منفی بر تخمیر میکروارگانیسم‌های شکمبه‌ای نداشته باشد. پس از اتمام زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون، درب شیشه‌ها باز و محتویات هر شیشه با کمک قیف بوختر مجهز به پارچه پلی‌استری (قطر منافذ ۴۵ میکرون) صاف شده و بلافاصله pH هر یک از شیشه‌ها با دستگاه pH متر (Hana, Model HI 2210-01, USA) اندازه‌گیری شد. در ادامه مقدار پنج میلی‌لیتر از نمونه محیط کشت صاف شده، با پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط و تا انجام آزمایشات بعدی در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری و در نهایت پس از یخ‌گشایی، مقدار نیتروژن آمونیاکی به‌روش کجلدال تعیین شد (Komolong et al., 2001). توده میکروبی تولیدی (MMY)، ضریب

در جدول ۱ ارائه شده است. تفاوت آماری معنی‌داری برای درصد ماده خشک و ترکیبات شیمیایی در بین ۵ گونه برگ جمع‌آوری شده از درختان مختلف جنگلی مشاهده شد، به طوری که بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های غیر فیبری (NFC، ۵۲/۴۶ درصد)، عصاره عاری از نیتروژن (NFE، ۳۵/۲۲ درصد) و چربی خام (۶/۱۲ درصد) مربوط به برگ درخت *Salix alba* (بید) بود ($P < 0.05$). همچنین بیشترین مقدار CF (۳۵/۰۱ درصد)، ADL (۱۶/۶۷ درصد)، NDF (۵۳/۰۳ درصد)، ADF (۳۸/۴۸ درصد) و ماده خشک (۴۵/۲۱ درصد) مربوط به *Pinus eldarica* (کاج) بود ($P < 0.05$). بیشترین مقدار پروتئین خام (۱۸/۵۰ درصد) و خاکستر خام (۱۴/۷۹ درصد) در توت سفید (*Morus alba*) مشاهده شد ($P < 0.05$).

تعیین شدند. کل اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر (SCFA) نیز بر اساس معادله Makkar (2005) تعیین شد: $SCFA (mmol) = 0.0222 - 0.00425GP$ ، که در این معادله، GP معادل حجم تجمعی گاز تولید شده تا زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون برای ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه انکوبه شده بود. مقدار مصرف ماده خشک (درصدی از وزن زنده دام، Dry Matter Intake: DMI) بر اساس معادله $DMI = 120/\%NDF$ تعیین شد که در آن NDF معادل درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود (Sanson and Kercher, 1996).

نتایج

آنالیز شیمیایی-معدنی برگ‌ها

ترکیبات شیمیایی و ماده خشک مربوط به برگ‌های جمع‌آوری شده از درختان مختلف جنگلی (درصد)

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی و ماده خشک مربوط به برگ‌های جمع‌آوری شده از درختان مختلف جنگلی (درصد)

Table 1. Chemical composition and dry matter of leaves collected from different forest trees (%)

DM	CP	CF	EE	ADF	NDF	ADL	Ash	NFC	NFE	نمونه Sample
37.82 ^c	14.83 ^b	23.08 ^b	4.87 ^b	22.60 ^c	39.69 ^c	9.18 ^c	9.23 ^c	28.37 ^{bc}	44.98 ^b	زبان گنجشک <i>Fraxinus excelsior</i>
45.21 ^a	8.30 ^d	35.01 ^a	5.18 ^{ab}	38.48 ^a	53.03 ^a	16.67 ^a	4.57 ^e	25.92 ^c	43.94 ^b	کاج <i>Pinus eldarica</i>
41.52 ^b	11.25 ^c	20.54 ^b	4.35 ^b	31.78 ^b	42.64 ^b	12.75 ^b	10.62 ^b	27.14 ^c	50.24 ^a	زالزالک زرد <i>Crataegus azarolus</i>
34.88 ^d	18.50 ^a	20.71 ^b	4.42 ^b	20.65 ^c	28.45 ^e	4.20 ^d	14.79 ^a	30.84 ^b	38.57 ^c	توت سفید <i>Morus alba</i>
37.91 ^c	11.33 ^c	19.92 ^b	6.12 ^a	24.51 ^c	37.16 ^d	13.29 ^b	7.17 ^d	35.22 ^a	52.46 ^a	بید سفید <i>Salix alba</i>
0.62	0.10	0.94	0.33	1.33	0.70	0.66	0.36	0.85	1.21	SEM

حروف غیرمشابه در هر ستون (تعیین با آزمون دانکن) بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها است ($P < 0.05$).

Means in column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

NFE: عصاره عاری از نیتروژن، NFC: کربوهیدرات‌های غیر فیبری، Ash: خاکستر خام، ADL: لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی، NDF: الیاف

نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، EE: چربی خام، CF: فیبر خام، CP: پروتئین خام، DM: ماده خشک.

NFE: nitrogen-free extract, NFC: non-fiber carbohydrates, Ash: crude ash, ADL: acid detergent lignin, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, EE: ether extract, CF: crude fiber, CP: crude protein, DM: dry matter (% of fresh weight).

سفید (*Morus alba*) بود ($P < 0/05$). بیشترین مقدار منگنز (۶۱/۱۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک)، روی (۶۴/۶۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک) و آهن (۳۸۸/۴۱ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک) به ترتیب در برگ درختان کاج، بید و زالزالک مشاهده شد ($P < 0/05$).

مقدار مواد معدنی اندازه‌گیری شده برای برگ‌های مختلف درختان جنگلی در جدول ۲ نشان داده شده است. در بین برگ‌های مورد پژوهش، بیشترین مقدار نیتروژن (۲۹/۶ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک)، کلسیم (۴۴/۰۸ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک)، منیزیم (۷/۶۴ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک) و سدیم (۲/۶۶ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک) مربوط به توت

جدول ۲- مواد معدنی شده برای برگ‌های مختلف درختان جنگلی

Table 2. The minerals content measured for different leaves of forest trees

Fe	Zn	Mn	Co	K	Na	Mg	Ca	N	نمونه Sample
212.29 ^c	10.40 ^b	38.93 ^b	2.87	13.95 ^a	2.0 ^b	3.88 ^b	16.94 ^c	23.70 ^b	زبان گنجشک <i>F. excelsior</i>
299.62 ^b	14.37 ^b	61.13 ^a	3.40	6.19 ^b	2.12 ^{ab}	2.42 ^c	15.55 ^c	13.30 ^d	کاج <i>P. eldarica</i>
388.41 ^a	31.33 ^b	57.17 ^a	2.97	12.59 ^a	1.34 ^c	4.09 ^b	32.07 ^{ab}	17.90 ^c	زالزالک زرد <i>C. azarolus</i>
332.16 ^b	30.03 ^b	55.30 ^a	2.50	11.87 ^a	2.66 ^a	7.64 ^a	44.08 ^a	29.6 ^a	توت سفید <i>M. alba</i>
160.83 ^c	64.60 ^a	46.20 ^{ab}	2.73	12.57 ^a	1.40 ^c	3.68 ^b	26.36 ^{bc}	18.1 ^c	بید سفید <i>S. alba</i>
12.66	6.98 ^a	4.90	0.40	0.80	0.19	0.33	4.10	0.24	SEM

حروف غیر مشابه در هر ستون (تعیین با آزمون دانکن) بیانگر معنی دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها است ($P < 0/05$).

Means in each column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

N: نیتروژن (گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Ca: کلسیم (گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Mg: منیزیم (گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Na: سدیم (گرم/کیلوگرم ماده خشک)، K: پتاسیم (گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Co: کبالت (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Mn: منگنز (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Zn: روی (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک)، Fe: آهن (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک).

N: nitrogen (g/kg DM), Ca: calcium (g/kg DM), Mg: magnesium (g/kg DM), Na: sodium (g/kg DM), K: potassium (g/kg DM), Co: cobalt, Mn: manganese (g/kg DM), Zn: zinc (g/kg DM), Fe: iron (g/kg DM).

۷۲ ساعت انکوباسیون (به ترتیب معادل ۳۱/۸۳، ۴۲/۴۰، ۴۸/۰ و ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر)، همگی مربوط به گونه توت سفید (*Morus alba*) بود ($P < 0/05$). کمترین مقدار فراسنجه‌های ذکر شده در بالا نیز در برگ کاج (*Pinus eldarica*) مشاهده شد ($P < 0/05$).

برخی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و تولید گاز قابلیت هضم حقیقی ماده خشک و ماده آلی و برخی فراسنجه‌های گاز ناشی از انکوباسیون برگ‌های مختلف درختان جنگلی در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین مقدار قابلیت هضم حقیقی ماده خشک (۸۵/۸۲ درصد) و ماده آلی (۸۸/۱۸ درصد) و نیز بیشترین مقدار تولید گاز در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸ و

جدول ۳- قابلیت هضم حقیقی ماده خشک و ماده آلی و برخی فراسنجه‌های گاز ناشی از انکوباسیون برگ‌های مختلف درختان جنگلی

Table 3. True digestibility of dry matter and organic matter and some gas production parameters under incubation of different leaves collected from forest trees

TDMD (%)	TOMD (%)	Gas 72 h (ml)	Gas 48 h (ml)	Gas 24 h (ml)	Gas 12 h (ml)	cgas (%/h)	bgas (ml)	نمونه Sample
81.70 ^{ab}	83.18 ^{ab}	47.63 ^b	44.47 ^b	40.50 ^{ab}	31.86 ^a	0.098 ^a	46.71 ^b	زبان گنجشک <i>F. excelsior</i>
53.47 ^d	55.08 ^d	35.97 ^c	32.27 ^c	25.56 ^d	20.26 ^c	0.061 ^c	35.96 ^c	کاج <i>P. eldarica</i>
76.50 ^{bc}	79.28 ^{bc}	49.13 ^{ab}	44.47 ^b	35.0 ^c	25.56 ^b	0.049 ^d	50.13 ^a	زالزالک زرد <i>C. azarolus</i>
85.82 ^a	88.18 ^a	50.50 ^a	48.0 ^a	42.40 ^a	31.83 ^a	0.083 ^b	50.14 ^a	توت سفید <i>M. alba</i>
74.95 ^c	75.29 ^c	50.47 ^a	46.80 ^{ab}	38.36 ^b	30.23 ^a	0.073 ^b	50.03 ^a	بید سفید <i>S. alba</i>
2.04	1.87	0.57	0.85	0.97	1.38	0.003	0.59	SEM

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها می‌باشد (P<0/05).

Means in each column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

bgas: پتانسیل تولید گاز، cgas: ثابت نرخ تولید گاز، Gas 12, 24, 48, 72 h: به ترتیب گاز تجمعی تولید شده در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲

ساعت انکوباسیون، TOMD: قابلیت هضم حقیقی ماده آلی، TDMD: قابلیت هضم حقیقی ماده خشک.

bgas: potential gas production, cgas: fractional rate of gas production, gas 12, 24, 48, 72 h: cumulative gas production after 12, 24, 48, and 72 h incubation, respectively, TOMD: true organic matter digestibility, TDMD: true dry matter digestibility.

(۷۴/۰۷ میلی گرم) و بازده سنتز توده میکروبی (۵۴/۳۵ درصد) در برگ زالزالک مشاهده شد (P<0/05). ظرفیت بافری اندازه‌گیری شده برای برگ‌های چند درخت جنگلی در جدول ۵ ارائه شده است. در بین برگ‌های مورد پژوهش، بیشترین مقدار pH برگ (۷/۱۱) و اسیدیته قابل تیترا (۳۰۰/۲۵ میلی‌اکی والان گرم×۱۰^{-۳}) مربوط به توت سفید بود (P<0/05). همچنین بالاترین مقدار آلکانیته قابل تیترا (۴۰۳/۰ میلی‌اکی والان گرم×۱۰^{-۳})، ظرفیت بافری (۸۲/۲۱ میلی‌اکی والان گرم×۱۰^{-۳}) و ظرفیت بافری اسید-باز (۲۰۶/۲۳ میلی‌اکی والان گرم×۱۰^{-۳})، همگی مربوط به *Pinus eldarica* بود (P<0/05). بالاترین ظرفیت بافری اسیدی (۱۲۶/۵۵ میلی‌اکی والان گرم×۱۰^{-۳}) نیز در برگ زالزالک مشاهده شد (P<0/05).

برخی فراسنجه‌های میکروبی، انرژی قابل متابولیسم، نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار کوتاه‌زنجیر و pH محیط کشت در جدول ۴ آورده شده است. بیشترین مقدار مصرف ماده خشک روزانه (۴/۲۲ درصد وزن بدن)، انرژی قابل متابولیسم (۸/۰۷ مگاژول در هر کیلوگرم ماده خشک)، انرژی خالص شیردهی (۴/۶۸ مگاژول در هر کیلوگرم ماده خشک) و کل اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر (۰/۹۴ میلی‌مول) مربوط به برگ حاصل از توت سفید بود (P<0/05). بیشترین مقدار نیتروژن آمونیاکی (۱۷/۵۰ میلی‌گرم/دسی‌لیتر) و pH محیط کشت (۶/۷۴) نیز به ترتیب در اثر انکوباسیون برگ‌های کاج و زالزالک در محیط کشت مشاهده شد (P<0/05). بیشترین ضریب تفکیک‌پذیری (۴/۱۸) نیز در کاج مشاهده شد (P<0/05). بالاترین مقدار توده میکروبی تولیدی

جدول ۴- برخی فراسنجه‌های میکروبی، انرژی قابل متابولیسم، نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار کوتاه‌زنجیر و pH محیط کشت

Table 4. Some microbial parameters, metabolizable energy, ammonia nitrogen, short chain fatty acids and pH of the culture medium

pH	SCFA (mmol)	NH ₃ -N (mg/dL)	NEI (MJ/kgDM)	ME (MJ/kgDM)	EMMY (%)	MMY (mg)	PF	DMI (% of body weight)	نمونه Sample
6.58 ^d	0.89 ^{ab}	16.73 ^b	4.49 ^{ab}	7.80 ^{ab}	22.12 ^d	32.50 ^d	3.64 ^b	3.03 ^c	زبان گنجشک <i>F. excelsior</i>
6.70 ^b	0.56 ^d	15.83 ^d	3.03 ^d	5.73 ^d	37.97 ^c	40.40 ^c	4.18 ^a	2.26 ^e	کاج <i>P. eldarica</i>
6.74 ^a	0.77 ^c	16.46 ^c	3.95 ^c	7.03 ^c	54.35 ^a	74.07 ^a	3.90 ^{ab}	2.75 ^d	زالزالک زرد <i>C. azarolus</i>
6.64 ^c	0.94 ^a	17.50 ^a	4.68 ^a	8.07 ^a	17.23 ^d	26.60 ^e	3.49 ^b	4.22 ^a	توت سفید <i>M. alba</i>
6.66 ^c	0.85 ^b	16.28 ^{cd}	4.28 ^b	7.49 ^b	44.45 ^b	60.90 ^b	3.58 ^b	3.22 ^b	بید سفید <i>S. alba</i>
0.01	0.02	0.85	0.09	0.13	1.62	1.82	0.16	0.06	SEM

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها می‌باشد (P<0.05).

Means in each column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

DMI: مقدار مصرف ماده خشک روزانه (درصدی از وزن زنده بدن)، PF: ضریب تفکیک‌پذیری، MMY: توده میکروبی تولیدی، EMMY: بازده سنتز توده میکروبی، ME: انرژی قابل متابولیسم، NEI: انرژی خالص برای شیردهی، NH₃-N: نیتروژن آمونیاکی، SCFA: اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر.

DMI: dry matter intake (% of live weight), PF: partitioning factor, MMY: microbial mass yield, EMMY: efficiency of microbial mass yield, ME: metabolizable energy, NEI: net energy for lactation, NH₃-N: ammonia nitrogen, SCFA: short chain fatty acids.

جدول ۵- ظرفیت بافری اندازه‌گیری شده برای برگ‌های چند درخت جنگلی

Table 5. Buffering capacity measured for several leaves of forest trees

Acid-Base buffering capacity (meq×10 ⁻³)	Base-buffering capacity (meq×10 ⁻³)	Titrate alkalinity (meq×10 ⁻³)	Acid-buffering capacity (meq×10 ⁻³)	Titrate acidity (meq×10 ⁻³)	pH برگ	نمونه Sample
169.68 ^b	53.88 ^d	171.75 ^c	115.80 ^b	220.0 ^c	5.90 ^c	زبان گنجشک <i>F. excelsior</i>
206.23 ^a	82.21 ^a	403.0 ^a	124.03 ^a	38.50 ^e	4.31 ^e	کاج <i>P. eldarica</i>
169.88 ^b	43.34 ^e	137.25 ^d	126.55 ^a	255.25 ^b	6.02 ^b	زالزالک زرد <i>C. azarolus</i>
155.71 ^c	59.32 ^c	121.0 ^e	96.39 ^c	300.25 ^a	7.11 ^a	توت سفید <i>M. alba</i>
166.67 ^b	65.31 ^b	229.25 ^b	101.36 ^c	169.25 ^d	5.67 ^d	بید سفید <i>S. alba</i>
2.84	0.97	3.28	2.56	6.59	0.03	SEM

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها می‌باشد (P<0.05).

Means in each column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

Titrate acidity: اسیدیته قابل تیتر، Acid-buffering capacity: ظرفیت بافری اسیدی، Titrate alkalinity: آلكالینيته قابل تیتر، Base buffering capacity: ظرفیت بافری بازی، Acid-base buffering capacity: ظرفیت بافری اسید-باز.

بحث

از شاخ و برگ درختان و درختچه‌ها به دلیل داشتن پروتئین خام بالا و NDF و ADF پایین، می‌توان در جیره‌های که از کیفیت پایین تغذیه‌ای برخوردار هستند، استفاده کرد. در پژوهش فعلی دامنه پروتئین خام برگ‌ها از ۱۱/۲۵ درصد برای زالک تا ۱۸/۵۰ درصد برای توت سفید متغیر بود. تفاوت در مقدار پروتئین در بین برگ‌ها، احتمالاً مربوط به تفاوت در مقدار تجمع نیتروژن در آن‌ها در طی فصل رشد است (Salem et al., 2006). همچنین این دامنه پروتئینی نشان‌دهنده قابل مقایسه بودن آن‌ها با دیگر منابع علوفه‌ای پرمصرفی همچون ذرت علوفه‌ای و یا یونجه است. مقدار پروتئین موجود در برگ توت (۱۸/۵۰ درصد، جدول ۱) بیشتر از آن مقداری است که برای حفظ تعادل نیتروژن آمونیاکی مورد نیاز است (Pamo et al., 2007) و با وجود درصد بالای پروتئین خام در برگ توت سفید، به راحتی می‌توان از آن در جیره‌هایی که از کیفیت پایین تغذیه‌ای برخوردار هستند، استفاده کرد. مقدار پروتئین برگ درخت توت سفید ۱۸ تا ۲۵ درصد بر اساس ماده خشک گزارش شد که منبع مناسبی برای تأمین پروتئین جیره است (Bashtani et al., 2013). وجود مقادیر بالایی از لیاف خام (مثل NDF و ADF)، می‌تواند منجر به کاهش مصرف خوراک در دام شود. در پژوهش فعلی، کمترین مقدار NDF و ADF مربوط به برگ توت سفید بود و حاکی از دارا بودن سطوح متناسبی از لیاف در مقایسه با بقایای زراعی غلاتی همچون کاه گندم و یا جو است. بالاتر بودن درصد خاکستر (۱۴/۷۹) برای توت در مقایسه با دیگر برگ‌ها، نشان‌دهنده بالاتر بودن مواد معدنی موجود در آن بوده و بر خاکستر موجود در غده‌ها و غلات (۱۰-۲ درصد، FAO, 1988) ارجحیت داشته و می‌تواند به-

راحتی بخش زیادی از نیازهای غذایی دام‌ها را نیز برآورده سازد. اگرچه که لیپیدها یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در غذای دام محسوب می‌شوند اما وجود آن‌ها در علوفه‌ها نمی‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین منبع انرژی در نشخوارکنندگان محسوب شود (Chesworth, 1996). در این پژوهش دامنه چربی خام از ۴/۳۵ درصد برای زالک تا ۶/۱۲ درصد برای برگ بید متغیر بود که نشان از وضعیت مطلوب چربی در آن‌ها دارد. همچنین گزارش شده است که علوفه‌های با درصد چربی بالا می‌توانند در صورتی که دیگر منابع انرژی در جیره فراهم نباشد، به‌عنوان تأمین کننده مهمی در برآورده ساختن بخشی از احتیاجات انرژی دام مطرح باشند (Pamo et al., 2007). در پژوهشی دامنه ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، NDF و چربی خام برای برگ‌های جمع‌آوری شده از گونه‌های مختلف درخت توت (*Morus alba*) به ترتیب معادل ۲۸/۸۷-۲۳/۳۲، ۹/۹۶-۴/۷۲، ۵/۳۲-۴/۳۶، ۱۵/۳۲-۸/۱۱ و ۱/۵۱-۰/۶۴ درصد گزارش شد (Srivastava et al., 2006) که با پژوهش ما در تناقض است. کمترین مقدار لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی به ترتیب مربوط به برگ توت (۴/۲۰ درصد) و زبان گنجشک (۹/۱۸ درصد) بود که در مقایسه با مقدار ADL (بیشتر از ۱۰ درصد) که برای یونجه گزارش شده است (Ammar et al., 2004)، کمتر است.

بخش زیادی از دسترسی به مواد معدنی در گیاهان، بستگی به خاک منطقه داشته و دام‌های چراکننده نیز اغلب احتیاجات مواد معدنی خود را از گیاهان رشدیافته در این خاک‌ها تأمین می‌کنند (Khan et al., 2006^a). در واقع غلظت هر یک از عناصر موجود در گیاهان علوفه‌ای، بستگی به مشخصه‌های مختلفی از قبیل خاک، تنوع گیاهی، مرحله و بلوغ

گرم/کیلوگرم ماده خشک) برخوردار بوده که با احتساب نیاز روزانه گوسفندان شیری به کلسیم با متوسط ۰/۵۱ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره، با مصرف مقادیر ناچیزی از برگ توت (۱۱/۵۷ میلی گرم)، نیاز کلسیمی این گوسفندان براحتی تأمین خواهد شد. در پژوهشی مقدار عناصر کلسیم، پتاسیم و نیتروژن در برگ‌های سالم درخت توت به ترتیب معادل ۱/۹۲، ۱/۸۲ و ۲/۰۷ درصد گزارش شد (Jahanbazi Goujani et al., 2016). دامنه عناصر آهن، روی و کلسیم در گونه‌های مختلفی از توت به ترتیب معادل ۱۹-۳۵/۷۲، ۰/۷۲-۳/۶۵، ۰/۷۲-۲۲۲۶/۶۶-۷۸۶/۶۶ میلی گرم/گرم ۱۰۰ گرم ماده خشک تعیین شد (Srivastava et al., 2006) که در مقایسه با پژوهش ما برای توت سفید، پایین تر است. در پژوهش دیگری دامنه عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ گونه‌ای از کاج با نام علمی *Pinus banksiana* به ترتیب معادل ۱/۰۲-۰/۸۸۴، ۰/۵۰۹-۰/۳۱۷، ۰/۰۸-۰/۴۹۷ و ۰/۰۴۷-۰/۰۷ درصد گزارش شد که در دامنه گزارشات ما برای *Pinus eldarica* نیست. دامنه عناصر نیتروژن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم برای برگ زبان گنجشک که از مناطق مختلف فرانسه جمع‌آوری شده بودند، به ترتیب برابر ۲۱-۲۶/۲، ۲۸/۸-۱۲/۸، ۲/۶-۹/۱۸، ۵/۸-۲/۳، ۹/۹-۰/۱ گرم/کیلوگرم ماده خشک گزارش شد (Mahieu et al., 2018). همچنین دامنه عناصری همچون آهن، منگنز و روی برای این گیاه به ترتیب معادل ۱۲۰/۶-۳۹/۳، ۱۸-۸۹/۶ و ۱۴/۲-۲۲/۸ میلی گرم/کیلوگرم ماده خشک گزارش شد (Mahieu et al., 2018). بنابراین مقادیر گزارش شده برای نیتروژن (۲۳/۷ گرم/کیلوگرم ماده خشک)، کلسیم (۱۶/۹۴ گرم/کیلوگرم ماده خشک)، پتاسیم (۱۳/۹۵ گرم/کیلوگرم ماده خشک) و منگنز (۳۸/۹۳ میلی گرم/کیلوگرم ماده خشک) در پژوهش حاضر

گیاه، تولید، مدیریت مرتع و شرایط آب و هوایی منطقه دارد (McDowell et al., 1996). در پژوهش فعلی برگ حاصل از درختان مختلف جنگلی از ارزش مواد معدنی متناسبی در برابر علوفه پرمصرفی همچون ذرت علوفه‌ای برخوردار بودند و به راحتی می‌توانند بخش‌های عمده‌ای از احتیاجات مواد معدنی دام‌های نشخوارکننده را برآورده سازند. مقدار توصیه‌شده عناصر کم‌مصرفی همچون کبالت، منگنز و روی در جیره بزها به ترتیب معادل ۰/۱، ۵۰-۴۰ و ۵۰ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره گزارش شده است (Meschy, 2000). بنابراین مصرف مقادیر پایینی از هر یک از برگ‌های این پژوهش، به راحتی می‌تواند تمام نیاز دام به این سه عنصر (کبالت، منگنز و روی) را برآورده سازد. به عنوان مثال مصرف تنها ۷۷۴ گرم برگ بید به راحتی می‌تواند نیازهای روزانه بز به عنصر روی (۵۰ میلی گرم/کیلوگرم ماده خشک) را برآورده سازد. کمبود مواد معدنی می‌تواند بر تولید دام‌های چراکننده در نواحی مختلف دنیا، تأثیر منفی بگذارد که این اثرهای منفی بیشتر مربوط به کمبود عناصر پرمصرفی همچون کلسیم، فسفر، منیزیم، سدیم، گوگرد و عناصر کم مصرفی همچون کبالت، مس، ید، منگنز، سلنیوم و روی می‌شود (Khan et al., 2006^b). دامنه احتیاجات مواد معدنی گوسفندان شیری برای عناصری همچون سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم به ترتیب معادل ۰/۱۸-۰/۰۹، ۰/۸۲-۰/۲۰، ۰/۱۸-۰/۱۲ و ۰/۸۰-۰/۵ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره گزارش شده است (Moniello et al., 2005). با وجود مقادیر فراوان این عناصر در هر یک از برگ‌های مورد پژوهش، به نظر می‌رسد که این برگ‌ها به راحتی می‌تواند احتیاجات مواد معدنی گوسفندان شیری را نیز در صورت مصرف آن‌ها، تأمین کنند. در بین گیاهان مورد پژوهش، توت از بیشترین مقدار کلسیم (۴۴/۰۸)

(برای زبان‌گنجشک، جدول ۲)، در دامنه گزارشات (Mahieu et al., 2018) است.

در این پژوهش بالاترین مقدار قابلیت هضم حقیقی ماده خشک (۸۵/۸۲ درصد) و ماده آلی (۸۸/۱۸ درصد) در برگ درخت توت مشاهده شد (جدول ۳). از روش تعیین قابلیت هضم، سال‌های متمادی است که به منظور ارزیابی اولیه ارزش غذایی خوراک‌های دامی استفاده می‌شود و با وجود تکنیک‌های متفاوت در تعیین آن، ولی روش‌های اندازه‌گیری قابلیت هضم در شرایط *In vitro* کم هزینه و سریع‌الاجرا هستند. همچنین حجم گاز تولید شده از تخمیر برخی خوراک‌ها در شرایط آزمایشگاهی، نشان‌دهنده مقدار تخمیر و هضم آن‌ها در محیط کشت است (Getachew et al., 1998). در پژوهش حاضر، بیشترین مقدار تولید گاز در زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون، مربوط به برگ توت (۴۲/۴۰ میلی‌لیتر) بود (جدول ۳). گزارش شده است که یک همبستگی مثبت قوی بین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و پتانسیل تولید گاز وجود دارد (Getachew et al., 2004; Kazemi and Valizadeh, 2019) و احتمالاً افزایش پتانسیل تولید گاز در اثر انکوباسیون برگ توت در محیط کشت، مربوط به افزایش قابلیت هضم آن است. همچنین یک همبستگی منفی بین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خثی (NDF) در نمونه خوراکی با مقدار گاز تولید شده در شرایط آزمایشگاهی گزارش شده است (Getachew et al., 2004). در پژوهش حاضر، احتمالاً بخش عمده‌ای از کاهش در کلیه فراسنجه‌های تولید گاز (جدول ۳) در ارتباط با برگ کاج (*Pinus eldarica*)، مربوط به بالاتر بودن مقدار NDF در این برگ نسبت به دیگر نمونه‌های برگی مورد پژوهش است.

یک رابطه معکوس بین مقدار مصرف ماده خشک روزانه و مقدار NDF موجود در جیره گزارش شده است به طوری که بالاتر بودن سطح NDF جیره، به طور معنی‌داری می‌تواند منجر به کاهش مصرف خوراک در دام شود (Allen et al., 2019). در پژوهش ما به نظر می‌رسد که کاهش DMI (۲/۲۶ درصد وزن بدن) در برگ کاج تهران (جدول ۴)، مربوط به بالاتر بودن مقدار الیاف نامحلول در شوینده خثی (۵۳/۰۳ درصد) آن در مقایسه با دیگر برگ‌ها است. سرعت تخمیر در شکمبه می‌تواند در حضور کربوهیدرات‌های غیرساختمانی (NFC) بیشتر در جیره، افزایش یافته و در نهایت منجر به تولید بیشتر اسیدهای چرب فرار به‌ویژه اسید پروپیونیک در شکمبه شود (Kim et al., 2018). در پژوهش حاضر، اگر چه که گونه بید از درصد NFC بیشتری (۳۵/۲۲) برخوردار بود ولی در مقابل بالاترین مقدار اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر (۰/۹۴ میلی‌مول) در برگ توت مشاهده شد. تولید اسیدهای چرب فرار و اسید لاکتیک عمدتاً ناشی از تخمیر مواد خوراکی در محیط شکمبه بوده، که تجمع آن‌ها (به دلیل ماهیت اسیدی بودن آن‌ها) در صورت عدم کارکرد صحیح سیستم بافری بدن، می‌تواند منجر به کاهش pH شکمبه شود (Plaizier et al., 2001). در پژوهش فعلی چون انکوباسیون برگ‌ها در شرایط آزمایشگاهی و کشت ثابت انجام شده بود و در مجموع هیچ‌گونه تزریق بزاق بعد از انکوباسیون انجام نشد، بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش pH محیط کشت (جدول ۴) در اثر انکوباسیون برگ زبان گنجشک و یا توت سفید، افزایش تولید اسیدهای چرب فرار بوده که ماهیت اسیدی بودن آن‌ها، منجر به کاهش pH محیط کشت شده است (جدول ۴). همچنین در گزارشی، افزایش در غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای، کاهش pH شکمبه‌ای را به دنبال

نشخوارکننده مؤثر باشد (Vercoe et al., 2010). روش تولید گاز یک ابزار مطمئنی در ارزیابی مواد خوراکی بوده، به این خاطر که ارتباط نزدیکی بین تولید گاز، سنتز توده میکروبی (Blummel et al., 1997) و قابلیت هضم به روش آزمایشگاهی و حیوان زنده (Khazaal et al., 1993) وجود دارد. در پژوهش فعلی بالاترین مقدار سنتز توده میکروبی (۷۴/۰۷ میلی گرم) و بازده سنتز توده میکروبی (۵۴/۳۵ درصد) هر دو مربوط به برگ زالزالک بود. در پژوهش‌های بسیاری از تکنیک تولید گاز، مقدار انرژی قابل متابولیسم (ME) و انرژی خالص برای شیردهی (NEI) تخمین زده شده است (Kazemi and Valizadeh, 2019) و هر چه مقدار این دو مشخصه در مورد مواد خوراکی بیشتر باشد، نشان از بالاتر بودن ارزش تغذیه‌ای آن‌ها خواهد داشت. در پژوهش حاضر، بالاترین مقدار ME (۸/۰۷ مگاژول/کیلوگرم ماده خشک) و NEI (۴/۶۸ مگاژول/کیلوگرم ماده خشک) هر دو مربوط به برگ توت بود.

کاهش مصرف خوراک، متابولیسم میکروبی و قابلیت هضم مواد مغذی به دنبال کاهش pH شکمبه‌ای اتفاق می‌افتد و زمانی این کاهش pH رخ می‌دهد که حیوانات با یک جیره سریع‌التخمیر بدون عادت‌پذیری قبلی تغذیه شده باشند (Plaizier et al., 2009). اگر ظرفیت بافری شکمبه‌ای نتواند اسید تجمع یافته در شکمبه را خنثی کند، می‌تواند منجر به بروز اسیدوز شکمبه‌ای، التهاب، لنگش، اسهال و یا کاهش چربی شیر شود (Enemark, 2008). بر طبق یافته‌های Aikman et al. (2011)، تولید اسید لاکتیک بیشتر در نتیجه تغییر ناگهانی جیره از علوفه به غلات زیاد، کاهش در pH شکمبه را به دنبال داشته و در نهایت اختلالات هضمی و کاهش در عملکرد دام‌ها را در پی خواهد داشت. استفاده از خوراک‌هایی که از ظرفیت

داشته است (Dijkstra et al., 2012). غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه به دنبال افزایش مقدار پروتئین جیره، نیز افزایش پیدا کرد (Frank et al., 2002). در پژوهش فعلی نیز به نظر می‌رسد کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی محیط کشت (۱۵/۸۳ میلی‌گرم/دسی‌لیتر، جدول ۴) در اثر انکوباسیون کاج تهران، مربوط به وجود پروتئین خام کمتر در برگ کاج (جدول ۱) نسبت به دیگر برگ‌های مورد پژوهش است.

ضریب تفکیک‌پذیری (Partitioning factor) در حقیقت شامل نسبت ماده آلی تجزیه شده به حجم گاز تولید شده در شرایط آزمایشگاهی است (Vercoe et al., 2010). یک خوراک دارای PF بالاتر به معنای این است که بخش بیشتری از مواد هضم‌شده برای تولید توده میکروبی به کار گرفته شد و بدین مفهوم است که بازدهی سنتز پروتئین میکروبی، بالا است. همچنین گزارش شده است که افزایش ضریب PF، نشان‌دهنده بهبود بازده تخمیر است (Vercoe et al., 2010). در این پژوهش بالاترین مقدار PF (۴/۱۸) مربوط به برگ کاج بود. وجود PF متفاوت در شرایط آزمایشگاهی، منعکس‌کننده مقدار سنتز پروتئین میکروبی در شرایط حیوان زنده بوده که از روی مشتقات پورینی ادرار تخمین زده می‌شود و PF بالاتر به منزله بالاتر بودن مقدار ترشح مشتقات پورین ادراری خواهد بود (Dong et al., 1997). همچنین در نشخوارکنندگان تولیدکننده متان، افزایش PF به منزله تولید متان کمتر خواهد بود (Dong et al., 1997) و در پیش‌بینی مصرف ماده خشک روزانه، بالاتر بودن PF به منزله افزایش مقدار مصرف ماده خشک خواهد بود (Cheeke, 1998). بنابراین این مطلب مبین این مطلب است که PF محاسبه شده در شرایط آزمایشگاهی می‌تواند در پیش‌بینی مقدار مصرف ماده خشک، توده میکروبی تولیدی در شکمبه و متان تولیدی در دام‌های

(Jasaitis et al., 1987)، همچنین pH اولیه و اسیدیته قابل تیترا (Titrable acidity)، مهم‌ترین شاخص‌ها برای تأثیرگذاری بر pH مایع شکمبه هستند. در پژوهش فعلی، بالاترین مقدار اسیدیته قابل تیترا برای توت سفید (۳۰۰/۲۵ میلی اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰) مشاهده شد که به علت بالاتر بودن pH اولیه گیاه (۷/۱۱)، نشان از مقاومت بالای این گیاه در برابر اسیدی شدن داشت. آلکانیته قابل تیترا (Titrable alkanity) نیز شامل میلی‌اکوی والان از باز مورد نیاز برای افزایش pH نمونه گیاهی به ۹ است (Jasaitis et al., 1987). در پژوهش ما، بالاترین مقدار آلکانیته قابل تیترا در برگ کاج (۴۰۳ میلی اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰) مشاهده شد. همچنین مقدار اسید مورد نیاز برای تغییر یک واحد pH در یک نمونه خوراک (حل شده در آب)، در قالب ظرفیت بافری اسیدی خوراک مربوطه تعریف می‌شود (Jasaitis et al., 1987). بیشترین مقدار مربوط به ظرفیت بافری اسیدی در گونه‌های زالزالک و کاج (به ترتیب معادل ۱۲۶/۵۵ و ۱۲۴/۰۳ میلی اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰) مشاهده شد، که مؤید این مطلب است که مقدار اسید بیشتری لازم بوده تا یک واحد تغییر در pH نمونه گیاهی (محلول در آب) حاصل شود. همچنین مقدار باز مورد نیاز برای تغییرات یک واحد pH در یک نمونه خوراک (حل شده در آب) معرف ظرفیت بافری بازی است، که در این پژوهش بالاترین مقدار، مربوط به برگ کاج (۸۲/۲۱ میلی اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰) بود (جدول ۵). در پژوهشی گزارش شده است که ظرفیت بافری خوراک رابطه مستقیمی با پروتئین محلول، پروتئین کل، NDF، ADF، کربوهیدرات‌های غیرساختمانی و خاکستر کل دارد (Crawford et al., 1983). در پژوهش فعلی برگ کاج با وجود دارا بودن مقادیر بیشتر NDF و ADF، از ظرفیت بافری اسید-باز بیشتری نیز برخوردار بود.

بافری متناسبی برخوردار باشند، می‌توانند مشکلات مربوط به تغییرات ناگهانی pH شکمبه را مرتفع سازند. در پژوهش فعلی بالاترین ظرفیت بافری اسید-باز (۲۰۶/۲۳ میلی اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰) مربوط به برگ کاج بود (جدول ۵). ظرفیت بافری علوفه‌ها، شاخصی است که ترکیبات موجود در علوفه، در برابر تغییرات ناگهانی pH، از خود مقاومت نشان می‌دهند (Bujnak et al., 2011). بافرها موادی هستند که اسید اضافی تولید شده در اثر هضم مواد خوراکی در محیط شکمبه را خنثی کرده و از تغییرات شدید pH که ممکن است در اثر مصرف زیاد غلات در جیره رخ دهد، جلوگیری می‌کنند (Bujnak et al., 2011). گزارش شده است که علوفه‌ها از ظرفیت بافری متفاوتی برخوردار هستند (Moharrery, 2007). عنوان شده است که pH اولیه گیاه می‌تواند تحت تأثیر خاکستر موجود در آن قرار بگیرد (Levic et al., 2005). در این پژوهش، بیشترین مقدار خاکستر و نیز pH اولیه برگگی در توت سفید (۷/۱۱ درصد) مشاهده شد. گزارش شده است که محتوای مواد معدنی خوراک یک عامل اصلی و تأثیرگذار بر روی ظرفیت بافری آن است، به عبارتی غلظت یون‌های هر خوراک به منشأ آن (گیاهی یا حیوانی) و همچنین به اینکه خوراک چگونه فرآوری شده باشد، بستگی دارد (Jasaitis et al., 1987). غلظت مواد معدنی موجود در گیاهان علوفه‌ای، بستگی به منطقه جغرافیایی، فصل، حاصلخیزی خاک، نرخ باروری و مرحله بلوغ گیاه دارد (Jasaitis et al., 1987). برخی از منابع پروتئینی و علوفه‌های خانواده لگومینه دارای ظرفیت بافری بیشتر از ۸۵ میلی‌اکوی والان گرم^{-۳}×۱۰ هستند (Montanez-Valdez et al., 2013) که در تطابق با گزارش ما است. اسیدیته قابل تیترا در واقع شامل میلی‌اکوی والان از اسید مورد نیاز برای کاهش pH نمونه گیاهی به عدد ۴ است

علوفه و حتی انرژی را تأمین کرد، هر چند که اثرهای احتمالی ضد تغذیه‌ای این برگ‌ها و یا قابلیت هضم آن‌ها و نیز تأثیر استفاده از آن‌ها بر عملکرد دام‌های مختلف نیز بایستی در آینده در شرایط حیوان زنده مورد پژوهش قرار بگیرد. ظرفیت بافری درونی خوراک، در واقع توانایی خوراک داده شده به حیوان برای مقاومت در برابر تغییرات pH بعد از افزودن یک محلول اسیدی یا بازی است. این پژوهش نشان داد که برگ‌های مورد پژوهش از ظرفیت بافری ویژه و متناسبی برخوردار هستند و به راحتی می‌توانند در برابر تغییرات pH شکمبه‌ای از خود مقاومت نشان دهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مجتمع آموزش عالی تربت‌جام به دلیل تأمین منابع مالی این پژوهش، قدردانی می‌شود.

References

- Aikman, P.; Henning, P.; Humphries, D.; Horn, C., Rumen pH and fermentation characteristics in dairy cows supplemented with *Megasphaera elsdenii* NCIMB 41125 in early lactation. *Journal of dairy science* **2011**, *94* (6), 2840-2849.
- Allen, M.; Sousa, D.; VandeHaar, M., Equation to predict feed intake response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. *Journal of dairy science* **2019**, *102* (9), 7961-7969.
- Ammar, H.; López, S.; González, J.; Ranilla, M., Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Science and Technology* **2004**, *115* (3-4), 327-340.
- ANKOM Technology, Acid detergent fibre in feeds-filter bag technique method 12. 2006^a.
- ANKOM Technology, Method for determining acid detergent lignin in Beakers method 8. 2005.
- ANKOM Technology, Neutral detergent fiber in feeds-filter bag technique method 6. 2006^b.

در مجموع برگ‌های مورد بررسی در این پژوهش، از ظرفیت پروتئینی به نسبت متعادلی برخوردار بوده که در صورت مصرف آن‌ها توسط دام‌های مختلف، می‌تواند بخشی اعظمی از نیازهای پروتئینی آن‌ها را برآورده سازد. همچنین تغییرات متنوعی از نظر ترکیبات شیمیایی-معدنی، برخی فراسنجه‌های تخمیری و شکمبه‌ای و نیز ظرفیت بافری در بین برگ‌های جمع‌آوری شده از درختان جنگلی مختلف مشاهده شد. در بیشتر موارد اگرچه که همه برگ‌ها شاخص‌های تغذیه‌ای متناسبی از خود نشان دادند ولی در مجموع بالاترین شاخص‌های تغذیه‌ای مربوط به توت بود. همچنین برگ‌های مورد پژوهش از ظرفیت بافری بالقوه‌ای برخوردار بودند. با بررسی اطلاعات موجود، به نظر می‌رسد که در فصول پاییز و اوایل زمستان، با جمع‌آوری برگ‌های این‌گونه درختان، می‌توان بخش قابل توجهی از نیاز دام به

- AOAC, Official Methods of Analysis, Fifteenth Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. 1990.
- AOAC, Official Methods of Analysis, Sixteenth Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 1999.
- Arshadullah, M.; Anwar, M.; Azim, A., Evaluation of various exotic grasses in semi-arid conditions of Pabbi Hills, Kharian Range. *Journal of Animal and Plant Sciences* **2009**, *19* (2), 85-89.
- Bashtani, M.; Tehrani, M.; Naserian, A. A.; Fathi, M. H.; Ganji, F., Determination of chemical composition and nutritional value of *Ziziphus jujube* mill foliage using in vitro methods. *Journal of Livestock Research* **2013**, *1* (3), 1-8.
- Blümmel, M.; Steingäß, H.; Becker, K., The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition* **1997**, *77* (6), 911-921.

- Bujňák, L.; Maskal'ová, I.; Vajda, V., Determination of buffering capacity of selected fermented feedstuffs and the effect of dietary acid-base status on ruminal fluid pH. *Acta Veterinaria Brno* **2011**, *80* (3), 269-273.
- Cheeke, P. R., *Natural toxicants in feeds, forages, and poisonous plants*. Interstate Publishers, Inc., PO Box 50.: 1998.
- Chesworth, J., *L'alimentation des ruminants*. Maisonneuve et Larose: 1996.
- Crawford Jr, R.; Shriver, B.; Varga, G.; Hoover, W., Buffer requirements for maintenance of pH during fermentation of individual feeds in continuous cultures. *Journal of Dairy Science* **1983**, *66* (9), 1881-1890.
- Dijkstra, J.; Ellis, J.; Kebreab, E.; Strathe, A.; Lopez, S.; France, J.; Bannink, A., Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology* **2012**, *172* (1-2), 22-33.
- Dong, Y.; Bae, H.; McAllister, T.; Mathison, G.; Cheng, K., Lipid-induced depression of methane production and digestibility in the artificial rumen system (RUSITEC). *Canadian Journal of Animal Science* **1997**, *77* (2), 269-278.
- Enemark, J. M., The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal* **2008**, *176* (1), 32-43.
- FAO, Organization, W. H., *Requirements of Vitamin A, Iron, Folate, and Vitamin B12: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation*. Food & Agriculture Org.: 1988.
- Frank, B.; Persson, M.; Gustafsson, G., Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. *Livestock Production Science* **2002**, *76* (1-2), 171-179.
- Getachew, G.; Blümmel, M.; Makkar, H.; Becker, K., In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology* **1998**, *72* (3-4), 261-281.
- Getachew, G.; Robinson, P.; DePeters, E.; Taylor, S., Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* **2004**, *111* (1-4), 57-71.
- Hassanzad Navroodi, I.; Zarkami, R.; Basati, M.; Mohammadi Limaee, S., Quantitative and qualitative characteristics of Persian oak along altitudinal gradation and gradient (Case study: Ilam province, Iran). *Journal of Forest Science* **2015**, *61* (7), 297-305.
- Jahanbazi Goujani, H.; Iranmanesh, Y.; Mehnatkesh, A.; Haghghian, F., Comparing of elements absorption and amount of proline, plant pigments in healthy and dieback mulberry (*Morus alba* L.). *Forest Research and Development* **2016**, *2* (1), 33-47. (In Persian).
- Jasaitis, D.; Wohlt, J.; Evans, J., Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *Journal of Dairy Science* **1987**, *70* (7), 1391-1403.
- Kassi, A. L.; Newbold, C.; Wallace, R., Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. *Animal feed science and technology* **2000**, *86* (1-2), 27-37.
- Kazemi, M.; Valizadeh, R., Nutritive value of some rangeland plants compared to *Medicago sativa*. *Journal of Rangeland Science* **2019**, *9* (2), 136-150.
- Khan, Z. I.; Ashraf, M.; Valeem, E. E., Forage mineral status evaluation: the influence of pastures. *Pakistan Journal of Botany* **2006^b**, *38* (4), 1043.
- Khan, Z. I.; Hussain, A.; Ashraf, M.; McDowell, L., Mineral status of soils and forages in Southwestern Punjab-Pakistan: Micro-minerals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **2006^a**, *19* (8), 1139-1147.
- Khazaal, K.; Markantonatos, X.; Nastis, A.; Ørskov, E., Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: effects on in vitro gas production and in sacco dry matter degradation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **1993**, *63* (2), 237-244.
- Kim, S.-H.; Mamuad, L. L.; Kim, E.-J.; Sung, H.-G.; Bae, G.-S.; Cho, K.-K.; Lee, C.; Lee, S.-S., Effect of different concentrate diet levels on rumen fluid inoculum used for determination of in vitro rumen fermentation, methane concentration, and methanogen abundance and diversity. *Italian Journal of Animal Science* **2018**, *17* (2), 359-367.
- Komolong, M.; Barber, D.; McNeill, D., Post-ruminal protein supply and N retention of weaner sheep fed on a basal diet of lucerne hay (*Medicago sativa*) with increasing levels

- of quebracho tannins. *Animal Feed Science and Technology* **2001**, 92 (1-2), 59-72.
- Lević, J.; Prodanović, O.; Sredanović, S., Understanding the buffering capacity in feedstuffs. *Biotechnology in Animal Husbandry* **2005**, 21 (5-6), 309-313.
- Liu, J.; Yao, J.; Yan, B.; Yu, J.; Shi, Z., Effects of mulberry leaves to replace rapeseed meal on performance of sheep feeding on ammoniated rice straw diet. *Small Ruminant Research* **2001**, 39 (2), 131-136.
- Mahieu, S.; Emile, J. C.; Novak, S. In *Mineral composition of ash leaves (Fraxinus excelsior L.) used as fodder for the ruminants in summer*, 4. European Agroforestry Conference (EURAF 2018), University of Santiago de Compostela: 2018; p 567 p.
- Makkar, H. P., In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology* **2005**, 123, 291-302.
- Makkar, H. P., In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies*, Springer: 2010; pp 107-144.
- McDowell, L. R., Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal feed science and technology* **1996**, 60 (3-4), 247-271.
- Menke, K. H., Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal research and development* **1988**, 28, 7-55.
- Meschy, F., Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. *Livestock Production Science* **2000**, 64 (1), 9-14.
- Moharrery, A., The determination of buffering capacity of some ruminant's feedstuffs and their cumulative effects on TMR ration. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* **2007**, 2 (4), 72-78.
- Moniello, G.; Infascelli, F.; Pinna, W.; Camboni, G., Mineral requirements of dairy sheep. *Italian Journal of Animal Science* **2005**, 4 (sup1), 63-74.
- Montañez-Valdez, O. D.; Solano-Gama, J. d. J.; Martínez-Tinajero, J. J.; Guerra-Medina, C. E.; Ley de Coss, A.; Orozco-Hernandez, R., Buffering capacity of common feedstuffs used in ruminant diets. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* **2013**, 26 (1), 37-41.
- Ondiek, J.; Tuitoek, J.; Abdulrazak, S.; Bareeba, F.; Fujihara, T., Use of Leucaena leucocephala and Gliricidia sepium as nitrogen sources in supplementary concentrates for dairy goats offered Rhodes grass hay. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **2000**, 13 (9), 1249-1254.
- Ørskov, E.; McDonald, I., The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science* **1979**, 92 (2), 499-503.
- Pamo, E. T.; Boukila, B.; Fonteh, F.; Tendonkeng, F.; Kana, J.; Nanda, A., Nutritive value of some grasses and leguminous tree leaves of the Central region of Africa. *Animal Feed Science and Technology* **2007**, 135 (3-4), 273-282.
- Plaizier, J.; Keunen, J.; Walton, J.; Duffield, T.; McBride, B., Effect of subacute ruminal acidosis on in situ digestion of mixed hay in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* **2001**, 81 (3), 421-423.
- Plaizier, J.; Krause, D.; Gozho, G.; McBride, B., Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal* **2008**, 176 (1), 21-31.
- Salem, A.; Salem, M.; El-Adawy, M.; Robinson, P., Nutritive evaluations of some browse tree foliages during the dry season: secondary compounds, feed intake and in vivo digestibility in sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology* **2006**, 127 (3-4), 251-267.
- Salem, A.-F. Z., Impact of season of harvest on in vitro gas production and dry matter degradability of Acacia saligna leaves with inoculum from three ruminant species. *Animal Feed Science and Technology* **2005**, 123, 67-79.
- Sansón, D.; Kercher, C., Validation of equations used to estimate relative feed value of alfalfa hay. *The Professional Animal Scientist* **1996**, 12 (3), 162-166.
- SAS Institute INC, SAS user's Guide: statistics. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Cary NC. 2002.
- Srivastava, S.; Kapoor, R.; Thathola, A.; Srivastava, R. P., Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*). *International journal of food sciences and nutrition* **2006**, 57 (5-6), 305-313.

-Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M. S.; McAllan, A. B.; France, J., A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed science and technology* **1994**, 48 (3-4), 185-197.

-Vercoe, P. E.; Makkar, H. P.; Schlink, A. C., *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies*. Springer: 2010.

Nutritional value of some forest tree leaves to meet partial nutritional requirements of livestock

M. Kazemi*

- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, I. R. Iran. (phd1388@gmail.co)

Received: 29.02.2020 Accepted: 04.05.2020

Abstract

This study aimed to compare and determine the nutritional value of leaves collected from five forest tree species including *Fraxinus excelsior*, *Pinus eldarica*, *Crataegus azarolus*, *Morus alba*, and *Salix alba*. Some chemical-mineral compounds, gas production parameters, buffering capacity as well as some fermentation parameters were determined according to the standard laboratory methods. Data were analyzed using a completely randomized design. A significant difference was observed among all measured parameters ($P < 0.05$). The crude protein contents of leaves ranged from 8.30% for *P. eldarica* to 18.50% for *M. alba*. The contents of NDF (53.03%), ADF (38.48%), ADL (16.67%), and CF (35.01%) were highest in *P. eldarica* ($P < 0.05$). *M. alba* had the highest ash, nitrogen, calcium, magnesium, and sodium, while *S. alba* had the highest Zinc ($P < 0.05$). The gas production parameters (exception constant rate of gas production), true organic matter and dry matter digestibility, DMI, metabolism energy, short-chain fatty acids, titrable acidity, and pH belonged to each leaf, were highest in *M. alba* ($P < 0.05$). *P. eldarica* also had the highest ($P < 0.05$) acid-base buffering capacity ($206.23 \text{ meq} \times 10^{-3}$). The each of leaves has been revealed to contain an appreciable amount of nutrients which can be included in the diets of small ruminants to meet their daily nutrient requirements.

Keywords: Fermentation parameters, Forest, Leaf, Nutrient, Tree.

* Corresponding author

Tel: +985152547041

مکان‌یابی دپوهای چوب و مسیر عبور جاده‌های جنگلی به کمک تئوری گراف (بررسی موردی: سری دو طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا)

آیدین پارساخو^۱، مجید لطفعلیان^۲ و ایوب رضایی مطلق^{۳*}

- ۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (aidinparsakhoo@yahoo.com)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mlotfalian@yahoo.com)
۳- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (aiubrezace@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۳۱

چکیده

هدف از انجام این پژوهش انتخاب کم‌هزینه‌ترین گراف از طریق مکان‌یابی کم‌هزینه‌ترین دپوهای چوب (گره‌ها) و مسیر عبور شبکه جاده (پیوندها) برای تکمیل شبکه جاده‌های سری دو طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا در استان گلستان بود. بدین منظور در سال ۱۳۹۶ ارزش هر گره و پیوند برای ۳۶ گراف پیشنهادی در واحدهای بهره‌برداری محاسبه شد. هزینه کل چوب‌کشی برای هر گره با بهره‌گیری از مدلی با متغیرهای زمان کل صرف‌شده برای یک نوبت چوب‌کشی، نرخ اجاره اسکیدر، تعداد کل نوبت‌های چوب‌کشی، فاصله چوب‌کشی، تعداد گرده‌بینه‌ها (بر اساس سیاهه لیست نشانه‌گذاری)، متوسط فاصله وینچینگ و طول گرده‌بینه (۲/۸ متر برای گرده‌بینه‌های صنعتی) به دست آمد. بعد از شناسایی کم‌هزینه‌ترین گره‌ها، اتصالات بین آن‌ها از طریق پیوندها برقرار شد. هزینه ساخت هر پیوند با بهره‌گیری از مدلی با متغیرهای طول پیوند، شیب طولی پیوند، شیب عرضی دامنه و هزینه واحد جاده‌سازی برآورد شد. هزینه کل بهره‌برداری از مجموع هزینه گره‌ها و پیوندها به دست آمد. یافته‌های پژوهش نشان داد که به کمک تئوری گراف و کمینه‌سازی هزینه‌ها، بهترین گره‌ها در فاصله‌ای نزدیک به درختان نشانه‌گذاری شده و بهترین پیوندها در شیب‌های ملایم واقع شدند. گراف پیشنهادی ۲ به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شد. هزینه کل چوب‌کشی برای گره‌ها و هزینه ساخت پیوندهای این گراف به ترتیب ۹۶۹۷۷۰۰ و ۳۴۹۰۹۵۰۰۰ ریال بود. طول کل و هزینه کل بهره‌برداری گراف برگزیده به ترتیب ۵۳۲ متر و ۳۵۸۷۹۲۷۰۰ ریال بود.

واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، دپو چوب، پیوند، کم‌هزینه‌ترین گراف، گره.

مقدمه

کشی برای دپوهای مختلف چوب به صورت مجزا صرف نظر می شود (Bin, 2012).

امروزه با رونق علوم رایانه‌ای، مدل‌های بهینه-سازی در کنار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی کاربرد چشم‌گیری یافته‌اند. به‌ویژه تئوری گراف که از طریق آن می‌توان مکان‌یابی شبکه حمل و نقل جنگل شامل دپوها و مسیر عبور جاده را در هر مقیاسی به‌طور دقیق و سلول به سلول به اجرا درآورد (Chung et al., 2004). یک گراف نمایش سمبلیک شبکه و اتصالات آن است (Jaafari et al., 2015). نظریه گراف شاخه‌ای از علم ریاضیات در مورد چگونگی کدگذاری شبکه و اندازه‌گیری مشخصات آن است که در دهه‌های اخیر به دلیل روند رو به رشد پژوهش‌های اجتماعی و شبکه‌های پیچیده توسعه داده شده است (Galatioto et al., 2015). مجموعه گراف به صورت توپولوژیک و هندسی نمایش داده می‌شود و دارای ویژگی‌های ساختاری متفاوت است. اصطلاح شبکه به چهارچوب موقعیت پیوندها و گره‌های درون یک سیستم اشاره می‌کند. محققان بسیاری از تئوری گراف برای تحلیل شبکه حمل و نقل بهره گرفتند. Ali Shah and Shehzad (2009) با استفاده از تئوری گراف شبکه جاده‌های منطقه سینده را در پاکستان مورد بررسی قرار داده‌اند. Olawale and Adesina (2011) رابطه بین اتصال شبکه جاده و آمار توریست‌های منطقه لاکوجا در نیجریه را با استفاده از تئوری گراف مورد بررسی قرار داده‌اند.

مدل‌های رستری پدیده‌ها را به صورت سلول یا پیکسل نمایش می‌دهند. برخی پژوهشگران از بسته نرم‌افزاری GIS برای تفکیک سلول‌های شبکه رستری به سلول‌هایی که چوب باید از آنجا از طریق عملیات وینچینگ به مسیرهای چوب‌کشی و از آنجا به سلول-های هدف یعنی دپو و سپس جاده‌ها منتقل شوند بهره

شبکه حمل و نقل جنگل نقش مهمی در ایجاد دسترسی به عرصه و همچنین حمل و نقل نیروی انسانی و محصولات جنگلی ایفا می‌کند. در عملیات چوب‌کشی زمینی با اسکیدر، شبکه حمل و نقل جنگل متشکل از مسیرهای وینچینگ، مسیرهای چوب‌کشی، دپوها و جاده است (Contreras and Chung, 2007). تنه‌های قطع و تبدیل شده درختان از طریق مسیرهای وینچینگ به سمت اسکیدر کشیده شده و سپس از روی مسیر چوب‌کشی به طرف دپو منتقل خواهند شد (Albert and Barabási, 2002). پس از بارگیری در دپو، چوب‌ها توسط کامیون‌ها و از طریق جاده به مراکز توزیع و یا کارخانجات حمل می‌شوند. دپو طبق تعریف محوطه‌ای روباز برای نگهداری موقت چوب-آلات است و در محل تلاقی جاده و مسیر چوب‌کشی قرار دارد. تاکنون پژوهش‌های اندکی راجع به الگوریتم‌های مکان‌یابی شبکه حمل و نقل براساس آنالیز هزینه‌ها انجام شده است. در روش‌های بهینه-سازی سنتی نیز سیستم‌های ارزیابی توانایی پاسخ‌گویی به نیازهای منطقه‌ای را نداشتند و صرفاً به تعیین تراکم بهینه شبکه جاده در مقیاس وسیع و بر اساس حداقل مجموع هزینه‌های چوب‌کشی و جاده‌سازی می-پرداختند و نقشی در تعیین مسیر عبور جاده نداشتند (Lu and Eriksson, 2000, Lockwood and Moore, 2003, Yu et al., 1992). به عنوان مثال Naghdi and Mohammadi Limaiei (2009) از مدل برنامه‌ریزی خطی برای کمینه‌سازی هزینه‌های چوب‌کشی و جاده-سازی برای تعیین تراکم بهینه شبکه جاده‌های جنگلی استفاده کردند. یکی دیگر از مشکلاتی که این مدل‌ها دارند آن است که هزینه جاده‌سازی برای سرتاسر پروژه یکسان فرض می‌شود و از برآورد هزینه چوب-

برابر با ۱۹۹۲ هکتار و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۲۵۰ تا ۲۰۰۰ متر است. توده‌های پهن‌برگ آمیخته خزان‌کننده سری دو اغلب روی خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت رسی، لومی و سیلتی واقع شده‌اند. اقلیم منطقه معتدل تا مرطوب بوده و میانگین بارندگی سالانه آن بین ۵۲۸ تا ۸۱۷ میلی‌متر است. ۲۸ کیلومتر جاده پیشنهادی در ادامه جاده‌های شماره یک، دو و سه سری یک طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا داخل سری دو این طرح طراحی شده‌اند که ۲۱ کیلومتر آن در محدوده قابل بهره‌برداری به مساحت ۹۹۵ هکتار واقع شده‌اند (کتابچه طرح جنگلداری سری دو دکتر بهرام‌نیا، ۱۳۸۴). تراکم طولی این جاده‌ها حدود ۲۱ متر در هکتار، متوسط فاصله بین جاده‌ها حدود ۴۷۴ متر و درصد شبکه‌بندی آن‌ها حدود ۷۶ درصد است (شکل ۱). در این پژوهش، پارسل ۱۸ به‌منظور تکمیل شبکه جاده‌های پیشنهادی و اتصال آن به جاده‌های موجود در سری یک، به‌عنوان واحد بهره‌برداری مدنظر قرار گرفت. واحد بهره‌برداری سطحی است که در آن تمامی گرده‌بینه‌های حاصل از قطع درختان از طریق سیستم چوب‌کشی زمینی و توسط اسکیدرها به دپو منتقل می‌شود.

ایجاد یک گراف شامل گره‌ها و پیوندها

ابتدا مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد بررسی از نقشه توپوگرافی با فاصله خطوط منحنی میزان یک متر و مقیاس ۱/۱۰۰۰ که در اکتبر سال ۲۰۱۱ از داده‌های لیدار استخراج شد، تهیه شد. سپس لایه شیب به‌کمک ابزار آنالیز سطح به فرمت رستری تهیه شد. ابعاد هر یک از سلول‌های رستری با توجه به حداکثر فاصله مجاز مسیرهای چوب‌کشی از هم ۱۴۰×۱۴۰ متر بوده و هر سه سلول عمودی به‌عنوان یک واحد بهره‌برداری فرض شد. مرکز هر سلول گره یا دپوی بالقوه را تشکیل می‌دهد. پیوندها با طول ۱۴۰ متر به‌عنوان

گرفتند (Epstein et al., 1994). Contreras and Chung (2007) با بهره‌گیری از یک مدل رایانه‌ای مبتنی بر گراف توانستند مکان‌های بهینه دپو چوب را از طریق کمینه‌سازی هزینه کل بهره‌برداری مشخص کنند. در این مدل با وزندهی به سلول‌های رستری شیب و گره‌ها و پیوندهای مستخرج از آن نسبت به محاسبه هزینه چوب‌کشی و جاده‌سازی برای دپوهای پیشنهادی اقدام شد. در آخر دپو با کمترین مجموع هزینه جاده‌سازی و چوب‌کشی به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شد. در این پژوهش تلاش شده است تا فرآیند مکان‌یابی دپوهای چوب و مسیر عبور شبکه جاده از طریق برآورد هزینه ایجاد گراف‌های پیشنهادی و در نهایت انتخاب کم‌هزینه‌ترین گراف بهبود داده شود. بدین‌ترتیب مسئله مکان‌یابی به شکل یک گراف و با هدف کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های جاده‌سازی و چوب‌کشی طرح‌ریزی شد. یک گراف شامل مجموعه‌ای از پیوندها (جاده) و گره‌ها (دپو) است. پیوندها اتصالات بین هر دو گره را فراهم می‌سازند. وزن هر پیوند ارائه‌دهنده هزینه ساخت آن و وزن هر گره ارائه‌دهنده هزینه کل چوب‌کشی است (Sole and Valverde, 2004, Yongtaek and Hyunmyung, 2005). هدف اصلی این پژوهش تکمیل شبکه جاده‌های سری دو طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا و اتصال آن به جاده‌های سری یک است.

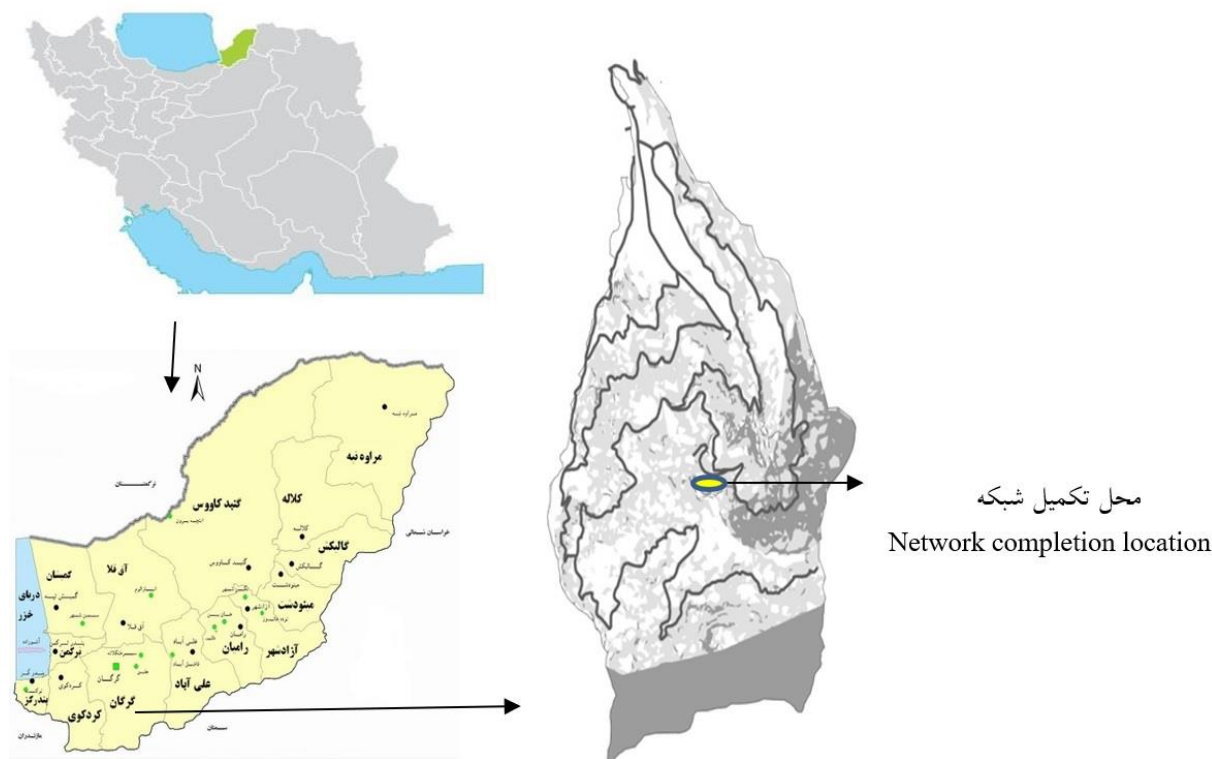
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد بررسی

سری دو طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا بین طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه الی ۵۴ درجه و ۳ دقیقه و ۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه الی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی قرار دارد. وسعت این سری

(۵۰ متر) از دو طرف و متوسط طول تنه درختان (۲۰ متر) اشاره دارد.

جاده‌های بالقوه از یک گره به هشت گره همسایه متصل می‌شوند. این فاصله به مجموع طول کابل وینچ



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در ایران، استان گلستان و سری دو طرح دکتر بهرامنیا و محل تکمیل شبکه
Figure 1. The location of the study area in Iran, Golestan province and second districts of Dr. Bahramnia's project and the completion network place

(۵۰ متر) از دو طرف و متوسط طول تنه درختان (۲۰ متر) اشاره دارد.

مکان‌یابی دیوهای پیشنهادی و برآورد هزینه کل چوب-کشی برای هر دیو

دیوهای پیشنهادی در مراکز سلول‌های با شیب عرضی کمتر از ۱۰ درصد (Lotfalian, 2011) و بر روی یک خط فرضی به منظور بارگیری با جرثقیل پیش‌بینی شدند (شکل ۲). هزینه کل چوب‌کشی برای هر دیو پیشنهادی k با محاسبه هزینه‌های چوب‌کشی از هر سلول تا آن دیو به دست آمد (رابطه ۱):

$$TSC_k = \sum_{i=1}^m SC_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

ایجاد یک گراف شامل گره‌ها و پیوندها

ابتدا مدل رقمی ارتفاع منطقه مورد بررسی از نقشه توپوگرافی با فاصله خطوط منحنی میزان یک متر و مقیاس ۱/۱۰۰۰ که در اکتبر سال ۲۰۱۱ از داده‌های لیدار استخراج شد، تهیه شد. سپس لایه شیب به کمک ابزار آنالیز سطح به فرمت رستری تهیه شد. ابعاد هر یک از سلول‌های رستری با توجه به حداکثر فاصله مجاز مسیرهای چوب‌کشی از هم 140×140 متر بوده و هر سه سلول عمودی به عنوان یک واحد بهره‌برداری فرض شد. مرکز هر سلول گره یا دیوی بالقوه را تشکیل می‌دهد. پیوندها با طول ۱۴۰ متر به عنوان جاده‌های بالقوه از یک گره به هشت گره همسایه متصل می‌شوند. این فاصله به مجموع طول کابل وینچ

مجموعه‌ای از پیوندها برای ایجاد جاده از یک دپو تا دپو بعدی طراحی شدند. وقتی یک جاده جدید برقرار شد، آن جاده به شبکه راه اضافه شده و سپس دپوی بعدی برای برقراری اتصال جاده انتخاب شد (Olsson, 2007, Patarasuk, 2013). پیوندها به شکل زیگزاگ برای دست‌یابی به دپوها بدون در نظر گرفتن قوس‌های افقی طراحی شدند. در حقیقت همه پیوندها به صورت یک خط مستقیم فرض شدند. هزینه کل جاده‌سازی برای جاده پیشنهادی k با استفاده از رابطه ۴ برآورد شد.

$$TRC_k = \sum_{i=1}^e RC_i \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه TRC_k هزینه کل جاده‌سازی برای جاده پیشنهادی k (ریال)، e تعداد کل پیوندها برای جاده k ، RC_i هزینه ساخت پیوند i ام است که از رابطه ۵ به دست آمد.

$$RC_i = LD_i \times RC \times LS_i \times SS_i \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه LD_i طول پیوند (متر)، RC هزینه ساخت جاده (ریال بر متر) که در این پژوهش ۵۶۷۷۰۰ ریال بر متر فرض شد. LS_i عامل شیب طولی جاده و SS_i عامل شیب دامنه است. شیب جاده باید کمتر از ۱۲ درصد باشد (جدول ۱).

در این معادله TSC_k هزینه کل چوب‌کشی برای دپو پیشنهادی k (ریال)، m تعداد کل سلول‌ها در واحد بهره‌برداری و SC_i هزینه چوب‌کشی از سلول i ام تا دپو چوب k . هزینه چوب‌کشی از هر سلول به کمک رابطه ۲ محاسبه شد (Contreras and Chung, 2007).

$$SC_i = \left[\left(\frac{CT_i}{60} \right) \times R \right] \times N_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن CT_i زمان کل صرف‌شده برای یک نوبت کامل چوب‌کشی از سلول i ام تا دپو چوب k (دقیقه) (رابطه ۳)، R نرخ اجاره اسکیدر (۶۶۵۰۰۰ ریال در ساعت)، N_i تعداد کل نوبت‌های چوب‌کشی برای خارج کردن تمام گرده‌بینه‌ها از سلول i ام تا دپو چوب k (Rees, 2004; Anderson and Nelson, 2004).

رابطه (۳)

$$CT_i = -2.598 + 0.023X + 2.187X_n + 0.122X_w + 0.279X_L + 0.105X_{Ls} \\ [x > 1, X_n > 1 \text{ m}, X_w > 1 \text{ m}, X_L > 1 \text{ m}, X_{Ls} > 1 \text{ \%}]$$

در این رابطه X فاصله چوب‌کشی (متر)، X_n تعداد گرده‌بینه‌ها، X_w متوسط فاصله وینچینگ (متر)، X_L طول گرده‌بینه (متر) و X_{Ls} شیب طولی مسیر (متر) است (Mousavi, 2012). متوسط طول گرده‌بینه‌های صنعتی راش، افرا و توسکا ۲/۸ متر است.

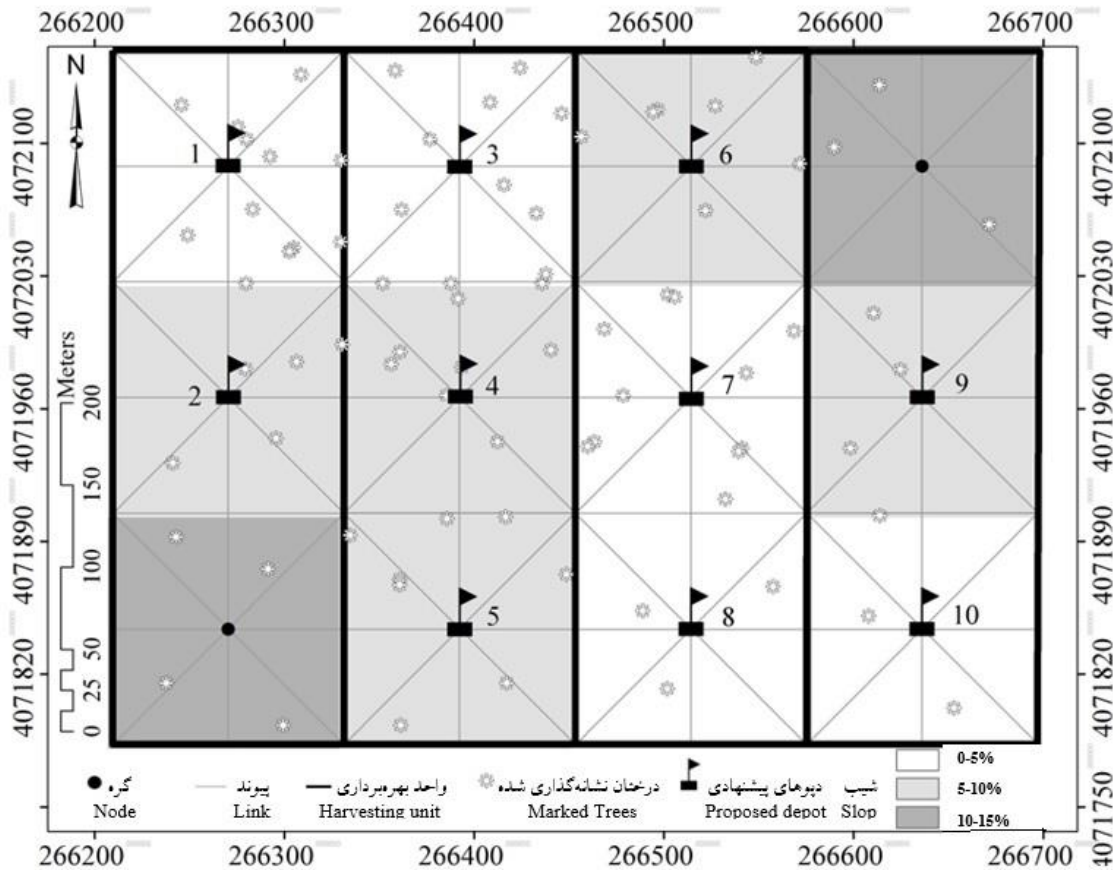
مکان‌یابی مسیر عبور جاده‌های جنگلی و محاسبه هزینه

کل جاده‌سازی

جدول ۱- عامل شیب جاده و شیب دامنه (Contreras and Chung, 2007)

Table 1. Road gradient and side slope factors (Contreras and Chung, 2007)

شیب جاده (درصد)	عامل شیب جاده	شیب دامنه (درصد)	عامل شیب دامنه
Road gradient (%)	Road gradient factor	Side slope (%)	Side slope factor
0-5	1.0	0-15	1.0
5-10	1.5	15-30	1.5
10-15	2.5	30-45	2.5
15-20	3.5	45-60	3.5



شکل ۲- طرح شماتیک لینک‌ها و گره‌ها برای واحدهای بهره‌برداری

Fig 2. A schematic diagram of links and nodes for harvesting area

چوب‌کشی ۲۶۸۹۹۰۰، ۳۴۲۶۲۰۰، ۲۴۳۰۹۰۰ و ۱۰۸۰۴۰۰ ریال مربوط به گره‌های ۱، ۵، ۷ و ۱۰ بود. هزینه کل چوب‌کشی برای گره‌ای که به درختان نشانه‌گذاری شده بیشتری دسترسی داشته و متوسط فاصله این درختان از گره کمتر باشد، پایین‌تر است (جدول ۲).

مکان‌یابی کم‌هزینه‌ترین جاده‌های پیشنهادی

۳۶ گراف متشکل از پیوندها برای برقراری ارتباط بین دپوها مشخص شد. هزینه ساخت پیوند متأثر از طول پیوند، شیب طولی پیوند، شیب عرضی دامنه و هزینه واحد جاده‌سازی است. نتایج نشان داد که هزینه ساخت هر پیوند با افزایش طول پیوند، شیب طولی پیوند و شیب عرضی دامنه افزایش پیدا کرد. بر این

کمینه‌سازی هزینه کل بهره‌برداری از طریق تئوری گراف هزینه کل بهره‌برداری (THC) برای دپو و جاده پیشنهادی k با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شده و سپس کم‌هزینه‌ترین گزینه به‌عنوان بهترین گراف در واحد بهره‌برداری انتخاب شد (Anderson and Nelson, 2004, Rees, 2004).

$$THC_k = TSC_k + TRC_k \quad \text{رابطه (۶)}$$

نتایج

مکان‌یابی کم‌هزینه‌ترین دپوهای پیشنهادی

مشخص شده است که هزینه چوب‌کشی در شیب‌های ملایم کمتر از شیب‌های تند است. در نتیجه در این پژوهش مکان‌یابی دپوها در شیب‌های ملایم انجام شد. کم‌هزینه‌ترین یا بهترین دپوها به‌ترتیب با هزینه کل

مکان‌یابی دپوهای چوب و مسیر عبور جاده‌های جنگلی به کمک تئوری گراف (بررسی موردی: سری دو طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا)

اساس، هزینه ساخت جاده‌های پیشنهادی ۶، ۱۲، ۳۱ و ۳۶۶۱۵۲۰۰۰ ریال، کمتر از دیگر کاندیداها بود (جدول ۳). هزینه جاده‌سازی با افزایش طول پیوند، شیب طولی پیوند، شیب عرضی دامنه و همچنین هزینه واحد جاده‌سازی افزایش یافت. ۳۴۹۰۹۵۰۰۰، ۳۵۰۸۷۱۰۰۰، ۳۶۴۳۷۶۰۰۰ و

جدول ۲- هزینه کل چوب‌کشی برای گره‌ها یا دپوهای پیشنهادی بر حسب ریال

Table 2. The total skidding cost for nodes and proposed depots based on Rials (TSC_k)

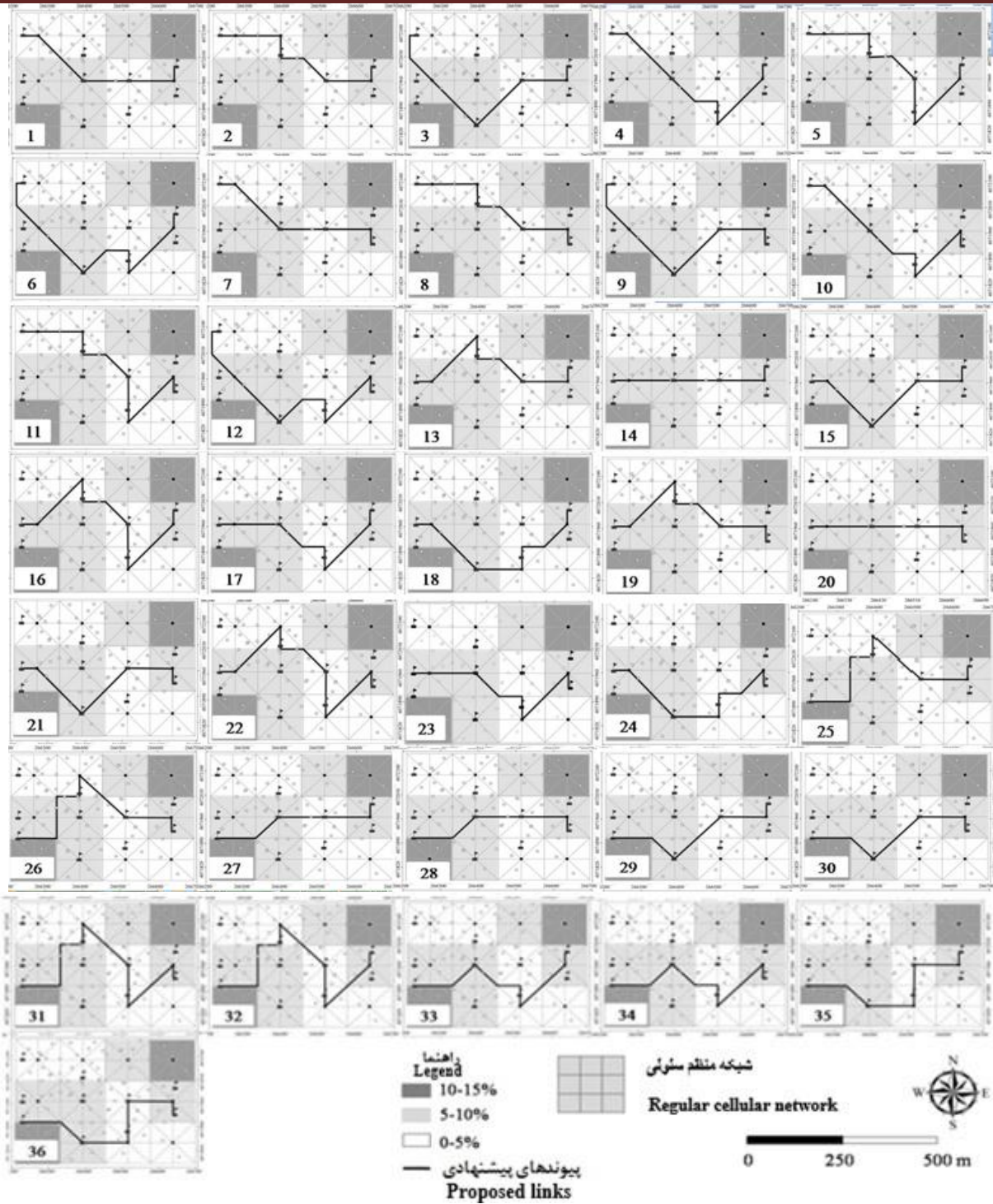
متغیر Variable	دپوهای پیشنهادی Proposed depots									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$CT_1 (min)$	9.35	12.15	13.51	10.36	12.18	14.92	11.32	13.16	10.54	12.40
$CT_2 (min)$	11.58	8.86	10.22	8.92	7.10	9.84	9.02	10.86	8.32	8.38
$CT_3 (min)$	15.26	12.54	11.20	14.09	12.25	9.52	10.11	8.27	12.07	10.20
N_1	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	7.00	7.00	3.00	3.00
N_2	5.00	5.00	5.00	7.00	7.00	7.00	11.00	11.00	3.00	3.00
N_3	4.00	4.00	4.00	8.00	8.00	8.00	3.00	3.00	3.00	3.00
$SC_1 (\$)$	35.34	45.92	51.09	39.18	46.05	56.40	24.95	29.02	9.96	11.72
$SC_2 (\$)$	18.24	13.95	16.10	19.67	15.66	21.70	31.24	37.64	7.86	7.92
$SC_3 (\$)$	19.22	15.79	14.11	35.51	30.88	23.99	9.56	7.81	11.40	9.64
$TSC_k (\$)$	72.80	75.67	81.30	94.36	92.60	102.09	65.75	74.48	29.23	29.27

زمان چوب‌کشی بر حسب دقیقه (CT_i)، تعداد نوبت چوب‌کشی (N_i)، هزینه چوب‌کشی از هر یک از سلول‌ها به دپو پیشنهادی (SC_i) و هزینه کل چوب‌کشی برای دپوهای پیشنهادی بر حسب ریال (TSC_k).

Skidding time in minute (CT_i), Number of skidding (N_i), skidding cost from each cell to recommended depot (SC_i), total cost of skidding for recommended depot in Rial (TSC_k)

۴-۵ درصد کمتر از حد مجاز است. هزینه کل بهره‌برداری با افزودن هزینه کل چوب‌کشی به هزینه جاده‌سازی مورد محاسبه قرار گرفت. بهترین گراف گزینه‌ای است که هزینه کل بهره‌برداری مربوط به آن حداقل باشد. بدین ترتیب گراف پیشنهادی ۲ به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شد (جدول ۴).

هزینه کل بهره‌برداری برای دپوها و جاده‌های پیشنهادی در این بررسی مساحت کل واحدهای بهره‌برداری منتخب ۱۸ هکتار با متوسط موجودی حجمی ۳۵۰ مترمکعب بود. برخی مناطقی که در این واحدهای بهره‌برداری بیش از ۱۰ درصد شیب داشتند برای مکان‌یابی محل دپو صرف‌نظر شدند. علاوه بر این شیب طولی مجاز برای جاده‌های جنگلی درجه دو کمتر از ۹ درصد است. متوسط شیب طولی جاده بهینه



شکل ۳- گراف‌های پیشنهادی متشکل از پیوندهای بین گره‌های پیشنهادی از دپوی شماره ۱ تا انتهای مسیر
 Figure 3. proposed graphs consisting of links between the proposed nodes from the first depot to the end of the path

جدول ۳- هزینه ساخت پیوندها و هزینه کل ساخت جاده برای ۳۶ گراف پیشنهادی

Table 3. Construction cost of links and the total cost for the 36 proposed graphs.

پیوند	ریال	پیوند	ریال	پیوند	ریال	پیوند	ریال	پیوند	ریال	پیوند	ریال
Link	Rial	Link	Rial	Link	Rial	Link	Rial	Link	Rial	Link	Rial
RC ₁₋₅	4157	RC ₁₋₄	3339	RC ₁₋₆	7605	RC ₁₋₅	4157	RC ₁₋₄	3339	RC ₁₋₆	7605
RC ₅₋₇	2475	RC ₄₋₇	2671	RC ₆₋₇	3500	RC ₅₋₈	3403	RC ₄₋₈	3975	RC ₆₋₈	3406
RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₉	3425	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₉	5128
TRC ₁	10057	TRC ₂	9435	TRC ₃	14530	TRC ₄	12688	TRC ₅	12442	TRC ₆	16139
RC ₁₋₅	4157	RC ₁₋₄	3339	RC ₁₋₆	7605	RC ₁₋₅	4157	RC ₁₋₄	3339	RC ₁₋₆	7605
RC ₅₋₇	2475	RC ₄₋₇	2671	RC ₆₋₇	3500	RC ₅₋₈	3403	RC ₄₋₈	3975	RC ₆₋₈	3406
RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₈₋₁₀	5176	RC ₈₋₁₀	5176	RC ₈₋₁₀	5176
TRC ₇	10105	TRC ₈	9483	TRC ₉	14578	TRC ₁₀	12736	TRC ₁₁	12490	TRC ₁₂	16187
RC ₂₋₄	5184	RC ₂₋₅	3948	RC ₂₋₆	5178	RC ₂₋₄	5184	RC ₂₋₅	3948	RC ₂₋₆	5178
RC ₄₋₇	2671	RC ₅₋₇	2475	RC ₆₋₇	3500	RC ₄₋₈	3975	RC ₅₋₈	3403	RC ₆₋₈	3154
RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₉	3425	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₉	4357
TRC ₁₃	11280	TRC ₁₄	9848	TRC ₁₅	12103	TRC ₁₆	14287	TRC ₁₇	12479	TRC ₁₈	12689
RC ₂₋₄	5184	RC ₂₋₅	3948	RC ₂₋₆	5178	RC ₂₋₄	5184	RC ₂₋₅	3948	RC ₂₋₆	5178
RC ₄₋₇	2671	RC ₅₋₇	2475	RC ₆₋₇	3500	RC ₄₋₈	3975	RC ₅₋₈	3403	RC ₆₋₈	3154
RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₈₋₁₀	5176	RC ₈₋₁₀	5176	RC ₈₋₁₀	4405
TRC ₁₉	11328	TRC ₂₀	9896	TRC ₂₁	12151	TRC ₂₂	14335	TRC ₂₃	12527	TRC ₂₄	12737
RC ₃₋₄	6707	RC ₃₋₄	6707	RC ₃₋₅	4564	RC ₃₋₅	4564	RC ₃₋₆	4567	RC ₃₋₆	4567
RC ₄₋₇	3498	RC ₄₋₇	3498	RC ₅₋₇	2475	RC ₅₋₇	2475	RC ₆₋₇	3500	RC ₆₋₇	3500
RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₁₀	3473	RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₁₀	3473
TRC ₂₅	13630	TRC ₂₆	13678	TRC ₂₇	10464	TRC ₂₈	10512	TRC ₂₉	11492	TRC ₃₀	11540
RC ₃₋₄	6707	RC ₃₋₄	6707	RC ₃₋₅	4564	RC ₃₋₅	4564	RC ₃₋₆	4567	RC ₃₋₆	4567
RC ₄₋₈	4802	RC ₄₋₈	4802	RC ₅₋₈	3403	RC ₅₋₈	3403	RC ₆₋₇	4458	RC ₆₋₇	4458
RC ₈₋₁₀	5176	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₉	5128	RC ₈₋₁₀	5176	RC ₇₋₉	3425	RC ₇₋₁₀	3473
TRC ₃₁	16686	TRC ₃₂	16637	TRC ₃₃	13095	TRC ₃₄	13143	TRC ₃₅	12450	TRC ₃₆	12498

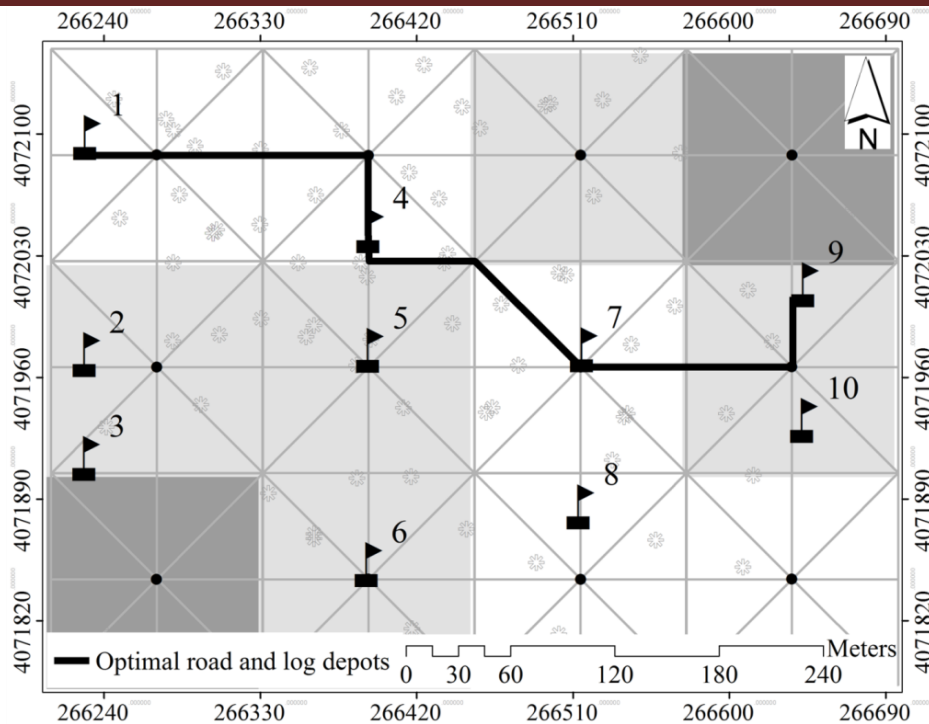
جدول ۴- هزینه کل برداشت برای تحلیل ۳۶ جاده کاندیدا

Table 4. Total harvesting cost (THC_k) used for analysis of 36 proposed roads.

THC_k	ریال	THC_k	ریال	THC_k	ریال
THC_k	Rial	THC_k	Rial	THC_k	Rial
THC_1	10317.38	THC_{13}	11545.01	THC_{25}	13900.64
THC_2	9697.14	THC_{14}	10111.25	THC_{26}	13948.68
THC_3	14799.87	THC_{15}	12375.74	THC_{27}	10732.88
THC_4	12957.11	THC_{16}	14560.74	THC_{28}	10780.92
THC_5	12712.87	THC_{17}	12750.98	THC_{29}	11770.37
THC_6	16417.60	THC_{18}	12970.47	THC_{30}	11818.41
THC_7	10365.42	THC_{19}	11593.05	THC_{31}	16964.37
THC_8	9745.18	THC_{20}	10159.29	THC_{32}	16916.41
THC_9	14847.91	THC_{21}	12423.78	THC_{33}	13372.61
THC_{10}	13005.15	THC_{22}	14608.78	THC_{34}	13420.65
THC_{11}	12760.91	THC_{23}	12799.02	THC_{35}	12728.37
THC_{12}	16465.64	THC_{24}	13018.51	THC_{36}	12776.41

کشی برای دپوها و هزینه ساخت جاده به ترتیب ۹۶۹۷۷۰۰ و ۳۴۹۰۹۵۰۰۰ ریال بود. طول کل و هزینه کل بهره‌برداری گراف به ترتیب ۵۳۲ متر و ۳۵۸۷۹۲۷۰۰ ریال بود.

مکان‌یابی دپوهای چوب و مسیر عبور جاده‌های جنگلی در این پژوهش ۱۲ گره و ۹۶ پیوند برای تولید گراف ایجاد شد و هزینه کل چوب‌کشی و هزینه کل جاده-سازی به‌عنوان مهم‌ترین عامل‌ها مدنظر قرار گرفتند. شکل ۴ کم‌هزینه‌ترین گراف یعنی گراف پیشنهادی ۲ را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که هزینه کل چوب-



شکل ۴- انتخاب کم هزینه ترین جاده به عنوان بهترین گراف در الگوریتم وزنی

Fig 4. Least-cost road selected as an optimal variant graph in weighted- algorithm

پیدا کرد. هزینه ساخت پیوند متأثر از طول پیوند، شیب طولی پیوند، شیب عرضی دامنه و هزینه واحد جاده سازی است (Salmalian et al., 2016). نتایج نشان داد که هزینه ساخت هر پیوند با افزایش طول پیوند، شیب طولی پیوند و شیب عرضی دامنه افزایش پیدا کرد. بر این اساس، هزینه ساخت جاده های پیشنهادی ۶، ۱۲، ۳۱ و ۳۲ بیشتر از دیگر گزینه ها برآورد شد.

هزینه جاده سازی با افزایش طول پیوند، شیب طولی پیوند، شیب عرضی دامنه و همچنین هزینه واحد جاده سازی افزایش یافت. Ghaffarian et al. (2010) هزینه یکسانی را برای قطعات جاده و تمام پیوندها در نظر گرفتند. Rees (2004) کم هزینه ترین مسیر را با به کارگیری الگوریتم دجیکاسترا روی مدل رقومی ارتفاع به دست آورد. در این بررسی مساحت کل واحدهای بهره برداری منتخب ۱۸ هکتار با متوسط موجودی حجمی ۳۵۰ مترمکعب بود. برخی مناطقی

بحث

کم هزینه ترین یا بهترین دپوها به ترتیب با هزینه کل چوب کشی ۲۶۸۹۹۰۰، ۳۴۲۶۲۰۰، ۲۴۳۰۹۰۰ و ۱۰۸۰۴۰۰ ریال مربوط به گره های ۱، ۵، ۷ و ۱۰ بود. هزینه کل چوب کشی برای گره ای که به درختان نشانه گذاری شده بیشتری دسترسی داشته و متوسط فاصله این درختان از گره کمتر باشد، پایین تر است. (Ghaffarian and Sobhani (2008) با استفاده از رگرسیون گام به گام مدل چوب کشی توسعه دادند که قادر بود هزینه چوب کشی هر مترمکعب چوب را برای ۳۹ گره یا دپو برآورد کند. هزینه جاده سازی و چوب کشی برای هر گره با استفاده از برنامه NETWORK 2000 و الگوریتم کوتاه ترین مسیر به دست آمد. هزینه کل چوب کشی برای هر گره با کاهش زمان کل سپری شده برای هر سیکل چوب کشی و تعداد سفر برای چوب کشی کل مقطوعات کاهش

Dahlin and Sallnas (1992) دریافتند که مکان بهینه جاده با کمینه‌سازی هزینه حمل و نقل جاده‌ای و جاده‌سازی مشخص می‌شود. آن‌ها از یک الگوریتم شبیه‌سازی (Simulated Annealing) برای بهینه‌سازی مکان عبور جاده استفاده کردند. مکان‌یابی جاده‌ها در عوارض پرشیب تنها در حضور تعداد گره‌های زیاد (۳۰ گره در هکتار) می‌تواند کارآمد باشد. در عوارض ملایم تعداد گره‌ها می‌تواند کاهش داده شود.

از مزیت‌های اصلی استفاده از تئوری گراف در حل مسائل مسیریابی امکان به‌کارگیری شمار زیادی متغیر مانند فاصله چوب‌کشی، فاصله وینچینگ، تعداد گرده‌بینه، تعداد نوبت چوب‌کشی، هزینه اسکیدر، طول گرده بینه، شیب دامنه، شیب طولی جاده، طول جاده و دیگر هزینه‌های مربوطه است. این روش و تحلیل اقتصادی به‌وضوح کفایت لازم برای مسیریابی و گشایش جنگل را دارا است. البته متغیرهای دیگری نیز مانند شرایط پوشش گیاهی و فیزیوگرافی می‌تواند برای تکمیل محاسبات به گراف افزوده شود. البته لازم به ذکر است که نتایج آنالیزهای انجام‌شده بر مبنای تئوری گراف روی سلول‌های رستری تا حدودی درک شرایط حقیقی طبیعت را دشوار می‌سازد.

References

- Albert, R.; Barabási, L., Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of modern Physics* **2002**, 74 (1), 47-97.
- Ali Shah, M. A.; Shehzad, F., Evaluation of Shortest Paths in Road Network. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences* **2009**, 3, 67-79.
- Anderson, A. E.; Nelson, J., Projecting vector-based road networks with shortest path algorithm. *Canadian Journal of Forest Research* **2004**, 34 (7), 1444-1457.
- Bin, W., Forest road network sustainable development indicator system evaluate optimization support vector machine ant colony algorithm. PhD. Dissertation, Central South University of

که در این واحدهای بهره‌برداری بیش از ۱۰ درصد شیب داشتند برای مکان‌یابی محل دپو صرف‌نظر شدند. علاوه بر این شیب طولی مجاز برای جاده‌های جنگلی درجه ۲ کمتر از ۹ درصد است. متوسط شیب طولی جاده بهینه ۴-۵ درصد کمتر از حد مجاز است. هزینه کل بهره‌برداری با افزودن هزینه کل چوب‌کشی به هزینه جاده‌سازی مورد محاسبه قرار گرفت. بهترین گراف گزینه‌ای است که هزینه کل بهره‌برداری مربوط به آن حداقل باشد. بدین ترتیب گراف پیشنهادی ۲ به-عنوان گزینه برتر انتخاب شد (جدول ۴). Stükelberger et al. (2007) دریافتند که با در نظر گرفتن الگوهای مختلفی از پیوندها و گره‌ها می‌توان مقرون به‌صرفه‌ترین و کارآمدترین گراف را در اراضی پرشیب برگزید. نتایج نشان داد که هزینه کل چوب-کشی برای دپوها و هزینه ساخت جاده بهینه به ترتیب ۹۶۹۷۷۰۰ و ۳۴۹۰۹۵۰۰۰ ریال بود. طول کل و هزینه کل بهره‌برداری گراف بهینه به ترتیب ۵۳۲ متر و ۳۵۸۷۹۲۷۰۰ ریال بود. Liu and Sessions (1993) از یک الگوریتم مشخص بر مبنای هزینه‌های ساخت، نگهداری و حمل و نقل در شرایط مختلف توپوگرافی برای یافتن کم‌هزینه‌ترین پیوند جاده بهره جستند.

- Forestry Science and Technology. Forest Engineering Course. Hunan, China, **2012**.
- Chung, W.; Sessions J.; Heinemann, H., An application of heuristic network algorithm to cable logging layout design. *International Journal Forest Engineering* **2004**, 15 (1), 11-24.
- Contreras, M.; Chung, W., A computer approach to finding an optimal log landing location and analyzing influencing factors for ground-based timber harvesting. *Canadian Journal of Research* **2007**, 37 (2), 276-292.
- Dahlin, B.; Sallnas, O., Designing a forest road network using the simulated annealing algorithm. *Canadian Journal of Forest Research* **1992**, 38 (3), 439-448.

- Epstein, R.; Weintraub, A.; Sapunar, P.; Sessions J.; Sessions, J. B., PLANEX software for operational planning. International Seminar on Forest Operations under Mountainous Conditions, Harbin, P.R. of China, July, **1994**.
- Galatioto, F.; Huang, Y.; Parry, T.; Bird, R.; Bell, M., Traffic modeling in system boundary expansion of road pavement life cycle assessment. *Journal Transportation Research Part D: Transport and Environment* **2015**, 36, 65-75.
- Ghaffarian, M. R.; Sobhani, H., Optimum road spacing of ground based skidding operations in Nowshahr, Iran. *Caspian Journal of Environmental Science* **2008**, 6 (2), 105-112.
- Ghaffarian, M. R.; Stampfer, K.; Sessions, J.; Durston, T.; Kuehmaier, M.; Kanzian, C. H., Road network optimization using heuristic and linear programming. *Journal of Forest Science* **2010**, 56 (3), 137-145.
- Jaafari, A.; Najafi, A.; Rezaeian, J.; Sattarian, A.; Ghajar, I., Planning road networks in landslide-prone areas: A case study from the northern forests of Iran. *Journal Land Use Policy* **2015**, 47, 198-208.
- Liu, K.; Sessions, J., Preliminary planning of road systems using digital terrain models. *International Journal Forest Engineering* **1993**, 4 (2), 27-32.
- Lockwood, C.; Moore, T., Harvest scheduling with spatial constraints: a simulated annealing approach. *Canadian Journal of Forest Research* **1992**, 23 (3), 468-478.
- Lotfalian, M., Wood transportation, first edition.; Aeeizh press, Iran, **2011**; 301p.
- Lu, F.; Eriksson, L. O., Formation of harvest units with genetic algorithms. *Journal Forest Ecology and Management* **2000**, 130 (1-3), 57-67.
- Mousavi, R., Time consumption, productivity, and cost analysis of skidding in the Hyrcanian forest in Iran. *Journal of Forestry Research* **2012**, 23 (4), 691-697.
- Naghdi, R.; Mohammadi Limaiei, S., Optimal forest road density based on skidding and road construction costs in Iranian Caspian forests. *Caspian Journal of Environmental Science* **2009**, 7 (2), 79-86.
- Olawale, T. N.; Adesina, K. I., An Assessment of the Relationship between Road Network Connectivity and Tourists' Patronage in Lokoja Metropolis, Kogi State. *Journal of Natural Sciences Research* **2011**, 3 (9), 1-11.
- Olsson, L., Optimal upgrading of forest road networks: Scenario analysis stochastic modeling. *Journal Forest Policy & Economics* **2007**, 9 (8), 1071-1078.
- Patarasuk, P., Road network connectivity and land-cover dynamics in Lop Buri province, Thailand. *Journal of Transport Geography* **2013**, 28, 111-123.
- Rees, W.G., Least-cost paths in mountainous terrain. *Computers & Geosciences* **2004**, 30 (3), 203-209.
- Stükelberger, J.; Heinemann, H.; Chung, W., Improved road network design models with the consideration of various link patterns and road design elements. *Canadian Journal of Forest Research* **2007**, 37 (11), 2281-2298.
- Yongtaek, L.; Hyunmyung, K., A shortest path algorithm for real road network based on path overlap. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, **2005**, 6, 1426-1438.
- Yu, C.; Lee, J.; Munro-Stasiuk, M. J., Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning. *International Journal of Geographical Science* **2003**, 17 (4), 361-376.
- Salmalian, M.; Mousavi Mirkala, S. R.; Erfanian, M.; Hosseinzadeh, O., Prioritization of the influencing factors in the designing forest roads(Case study: Lakobon forest, Abbas-abad, North of Iran). *Journal of Forest Research and Development* **2016**, 4 (4), 337-349. (In Persian)
- Sole, R.V.; Valverde, S., Information theory of complex networks: On Evolution and Architectural Constraints. Lecture Notes Physics, Pompeo Fabra University Barcelona, Catalonia, Spain, **2004**, PP, 189-207.

Locating log depots and routes of forest roads using graph theory (Case study: Designed roads in district two of Bahramnia forestry plan)

A. Parsakhoo¹, M. Lotfalian² and A. Rezaei Motlagh^{*3}

1- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (aidinparsakhoo@yahoo.com)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari, Sari, I. R. Iran. (mloftalian@yahoo.com)

3- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (aiubrezaee@yahoo.com)

Received: 22.09.2019 Accepted: 22.02.2020

Abstract

This study aimed to select the lowest cost graph through locating cost-benefit depots (nodes) and road segments (links) to complete the road network of district No. 2 in the Bahramnia forestry plan, Golestan province. In 2017, the value of each link and node was calculated for 36 candidate roads in cutting areas. The total cost of skidding for each node was estimated using a model with variables of consumed time for each skidding cycle, rate of skidder rent, number of skidding cycle, number of logs (trees marking list), skidding and winching distances as well as the length of logs (2.8 meters for industrial logs). After determining the cost-benefit nodes, their connections were provided by links. The cost of construction for each link was calculated using a model with various variables includes the length and longitudinal gradient of links, the side slope of terrain and unit cost of link construction. However, the total harvesting cost was obtained based on the total cost of links and nodes. Our findings indicated that by using the graph theory and the cost minimization approach, the most appropriate nodes and links were located close to marked trees and low slopes. Therefore, the proposed second graph was chosen as the optimal variant. The total skidding cost of depots and construction cost of optimal graph were 9697700 Rial and 349095000 Rial m⁻¹, respectively. The total length and harvesting cost of the optimal graph were estimated at 532 m and 358792700 Rial, respectively.

Keywords: Forest road, Log depot, Lowest-cost graph, Link, Node.

* Corresponding author

Tel: +989399208987