دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

روند تغییرات تنوع گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین در منطقه قپان، شرق استان گلستان

حسین قربانی[۱]، رامین رحمانی[۲]، علیرضا علی‌عرب[۳] و اسدالله کریمی‌دوست[۴]

۱ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، (نویسنده مسوول: rahmani@gau.ac.ir)
۴- کارشناس ارشد پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶ /۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲۴

چکیده

تخریب جنگل بر پایداری بوم نظام تأثیر می‌گذارد و سبب کاهش تنوع گونه‌های گیاهی می‌شود. جنگل‌کاری با درختان سوزنی‌برگ در بوم نظام‌های تخریب‌شده، شرایط استقرار گونه‌های بومی را فراهم و در حفظ و توسعه تنوع گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند. این تحقیق با هدف اندازه‌گیری و مقایسه تنوع گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین در منطقه قپان واقع در شرق استان گلستان انجام شد. جنگل‌کاری‌ها به طبقه‌های سنی کوچکتر از ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال طبقه‌بندی شدند. سپس به‌ازای هر طبقه سنی، عرصه‌ای به مساحت تقریبی پنج هکتار مشخص و در آن عرصه، ۳۰ قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی به‌طور تصادفی سیستماتیک انتخاب شدند. در هر قطعه نمونه، فهرست گیاهان چوبی و تراکم آنها ثبت شد. تعداد گونه‌های چوبی با استفاده از شاخص‌های غنای گونه، غنای مورد انتظار و مارگالف، تنوع با استفاده از شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر و یکنواختی با استفاده از شاخص‌های کامارگو و سیمپسون محاسبه شدند. تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه، طبقه سنی و اثر متقابل گونه و طبقه سنی معنی‌دار بوده است. برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که تفاوت طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا از نظر شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی معنی‌دار بوده است. در جنگل‌کاری سرو زربین، تفاوت طبقه‌های سنی از نظر شاخص‌های غنای مورد انتظار و مارگالف و تنوع سیمپسون و شانون-وینر معنی‌دار نشد. ولی افزایش شاخص‌های غنای گونه و یکنواختی کامارگو و سیمپسون در طبقه‌های سنی کوچکتر از ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سال معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد که جنگل‌کاری کاج بروسیا برای استقرار زادآوری و توسعه گیاهان چوبی از سرو زربین مناسب‌تر بوده و برای جنگل‌کاری آتی در این منطقه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع، جنگل‌کاری، سوزنی‌برگ، گونه‌های چوبی، قپان

مقدمه

در دهه‌های اخیر، گونه‌های سوزنی‌برگ به مقدار زیاد در جنگل‌کاری‌ها استفاده شدند. این جنگل‌کاری‌ها علاوه بر تأمین نیاز روزافزون صنایع چوب و کاغذ، در احیا و بازسازی مناطق جنگلی تخریب شده، ایجاد تاج‌پوشش جنگل و ترسیب کربن نیز تأثیر دارند (۲۹). در بخش‌های مختلف دنیا از جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ برای کاهش اثرات تخریب جنگل‌ها و اراضی جنگلی در برنامه‌های احیا جنگل به‌طور گسترده استفاده شده است (۴). استفاده از سوزنی‌برگان در جنگل‌کاری‌های وسیع موجب افزایش توجه به اثرات این درختان بر تنوع گیاهان شده است (۲۹). جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ می‌توانند با شبیه‌سازی مکانیسم‌های طبیعی توالی، ورود گونه‌های بومی مرحله‌های میانی و پایانی توالی را تسهیل کنند. به عبارت دیگر، این جنگل‌کاری‌ها می‌توانند به‌عنوان یک رویشگاه جایگزین باشند و به این ترتیب استقرار زادآوری گونه‌های بومی و در معرض خطر را تسهیل کنند (۴). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بین جنگل‌کاری و گونه‌هایی که در آن استقرار می‌یابند ارتباط متقابل برقرار و رویشگاه مناسبی برای این گونه‌ها فراهم می‌شود (۷). از طرف دیگر تنوع و ترکیب گونه‌های گیاهی نقش مهمی در کارکرد بوم‌شناختی جنگل‌کاری دارد (۳۷). اغلب گونه‌های سوزنی‌برگ غیربومی هستند و در مقایسه با درختان بومی نسبت به عوامل محیط سازگاری بیشتری دارند (۲۹). ولی به‌طور کلی، جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ در مقایسه با جنگل‌های طبیعی تنوع کمتری دارند (۴۱،۱۵) و استفاده از آنها در جنگل‌کاری خالص، سطح تنوع زیستی را کاهش می‌دهد. به‌همین دلیل اغلب در معرض انتقاد هستند (۳۲،۳۰). البته باید توجه داشت که جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ در مقایسه با اراضی تخریب شده گیاهان متنوع‌تری دارند (۴۳). در ارزیابی تأثیر جنگل‌کاری سوزنی‌برگ بر تنوع زیستی یک نتیجه‌گیری مشخص و ساده وجود ندارد زیرا تأثیر این نوع از جنگل‌کاری بر سطوح مختلف تنوع زیستی می‌تواند مثبت یا منفی باشد (۴۰،۳۰،۱۷). با توجه به اینکه نقش جنگل‌کاری از تولید چوب به کارکرد چند منظوره (خدمات بوم‌سازگان) تغییر کرده است، پژوهش‌های مرتبط با تنوع گونه‌های گیاهی در جنگل‌کاری‌ها به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است (۳۷).

اسحاقی‌راد و همکاران (۱۰) تأثیر جنگل‌کاری ۴۰ ساله کاج سیاه (*Pinus nigra* J.F.Arnold) را بر تنوع گیاهان در محوطه فرودگاه ارومیه بررسی و ۱۶ گونه را در زیراشکوب شناسایی کردند. حیدری و همکاران (۱۸) در بررسی ترکیب گونه‌های گیاهی، ۲۵ گونه گیاهی را در زیراشکوب جنگل‌کاری‌های ۳۷ ساله سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* Greene) و سرو خمره‌ای (*Biota orientalis* (L.) Endl.) در بخش گریزه سنندج ثبت

کردند. آنها نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی زیراشکوب تحت تأثیر مشخصه‌های اشکوب درختی قرار دارد. حق‌وردی (۱۶) تنوع گونه‌های چوبی جنگل‌کاری‌های ۲۲ ساله سرو زربین (*Cupressus horizontalis* Mill.) و کاج سیاه را در سری چای باغ قائمشهر بررسی کرد. وی نتیجه گرفت که مقدار شاخص شانون–وینر در جنگل‌کاری کاج سیاه بزرگتر از سرو زربین بوده، ولی بین این جنگل‌کاری‌ها از نظر مقادیر شاخص‌های غنای مارگالف و تنوع سیمپسون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

غیبی و همکاران (۱۴) نشان دادند که جنگل‌کاری‌های ۲۵ ساله توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.)، پلت (*Acer velutinum* Boiss.)، سکویا (*Sequoia sempervirens* Endl.) و آمیخته پلت–سکویا در سلمانشهر مازندران تأثیر معنی‌داری بر تنوع گیاهان زیراشکوب داشتند. یافته‌های آنها نشان داد که در جنگل‌کاری سکویا مقادیر شاخص‌های سیمپسون، شانون–وینر و مارگالف بیشتر از جنگل‌کاری‌های پلت، توسکا ییلاقی و آمیخته پلت–سکویا بودند. هر چند شاخص کامارگو در جنگل‌کاری پلت بیشتر بود ولی با جنگل‌کاری سکویا تفاوت معنی‌دار نداشت. لی و همکاران (۲۹) با مقایسه تنوع گونه‌های زیراشکوب در چین نشان دادند که جنگل‌کاری لاریکس (*Larix kaempferi* (Lamb.) با جنگل‌کاری‌های لاله‌دار (*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.) و آمیخته لاریکس–لاله‌دار از نظر غنای گونه‌ای زیراشکوب تفاوت معنی‌دار نداشت ولی از نظر شاخص تنوع شانون با آنها تفاوت معنی‌دار داشت. به‌علاوه، در جنگل‌کاری‌های لاریکس خالص و لاله‌دار خالص، مقادیر غنای گونه‌ای و شاخص شانون مشابه بودند که نشان‌دهنده یکسان بودن تأثیر جنگل‌کاری با این دو گونه بر اجتماع گیاهان زیراشکوب بود. ایروین و همکاران (۲۱) تنوع گونه‌ای گیاهان در جنگل‌کاری نوئل سیتکا (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) و نوئل (*Picea abies* (L.) H. Karst.) را با جنگل‌کاری سفیدمازو (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.) در ایرلند مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که غنای گونه‌ای در جنگل‌کاری نوئل سیتکا با جنگل‌کاری‌های سفیدمازو و زبان‌گنجشک برابر است. آزادی و همکاران (۵) تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب در جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.)، ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.)، زبان‌گنجشک، سرو نقره‌ای و زیتون (*Olea europaea* L.) را روی خاک‌های سنگلاخی و آبرفتی در مخمل‌کوه خرم‌آباد بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که سرو نقره‌ای در مقایسه با گونه‌های پهن‌برگ (ارغوان و زیتون) کمترین شاخص تنوع را داشت و کاج بروسیا و زبان‌گنجشک از نظر شاخص تنوع حالت بینابینی بودند و با هر دو گروه پهن‌برگان و سوزنی‌برگان شباهت داشتند.

پوربابایی و همکاران (۴۱) تنوع گونه‌های گیاهی را در جنگل طبیعی، جنگل‌کاری پهن‌برگ (افرا–توسکا ییلاقی) و جنگل‌کاری سوزنی‌برگ (سرو زربین–کاج بروسیا) دارابکلا مازندران از نظر تنوع گونه‌های گیاهی مقایسه کردند. آنها نتیجه گرفتند که پایین‌ترین مقدار غنای گونه‌ای و یکنواختی در جنگل‌کاری سوزنی‌برگ بود. به‌نظر آنان، بی‌توجهی به ساختار آمیخته و زیاد بودن تراکم پایه‌های سرو زربین و کاج بروسیا موجب کاهش یکنواختی شد. محمدنژادکیاسری و همکاران (۳۴،۳۳) کاهش تنوع گونه‌های گیاهی در جنگل‌کاری زربین دارابکلا مازندران و کاهش یکنواختی در عرصه جنگل‌کاری بروسیا منطقه قرمرض مازندران را گزارش کردند.

ایتو و همکاران (۲۲) نتیجه گرفتند که افزایش سن درختان موجب افزایش غنای گونه‌های گیاهی در جنگل‌کاری کریپتومریای ژاپنی شد. ناگایک و همکاران (۳۸) با مقایسه تنوع گونه‌های گیاهی در سنین مختلف جنگل‌کاری لاریکس نشان دادند که بیشترین مقدار تنوع و غنای گونه در محدوده سنی ۱۵ سال مشاهده شد و در محدوده ۶۰ سال، بسیاری از گونه‌های مستقر شده در مرحله‌های قبلی حذف شدند. تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ در پژوهش‌های متعددی بررسی شد ولی روند تغییرات تنوع گونه‌های چوبی در سنین مختلف این جنگل‌کاری‌ها به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته است (۴۳،۳۹).

طی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۵، با هدف حفاظت از منابع آب و خاک و جلوگیری از روند تخریب عرصه‌های منابع طبیعی، بیش از ۱۰ هزار هکتار از زمین‌های منطقه قپان واقع در شرق استان گلستان، با گونه‌های کاج بروسیا، سرو زربین، سرو نقره‌ای، کاج بادامی (*Pinus pinea* L.) و سدروس (*Cedrus atlantica* Manetti.) جنگل‌کاری شد (۲). در حال حاضر، استقرار زادآوری گونه‌های بومی در زیراشکوب این جنگل‌کاری‌ها مشهود است. این جنگل‌کاری‌ها با ایفای نقش پرستار می‌توانند موجب کوتاه‌کردن زمان توالی و در نهایت موجب تشکیل مجدد جنگل‌های طبیعی شوند. تاکنون تأثیر این جنگل‌کاری‌ها و مراحل تحولی آنها بر تنوع گونه‌های چوبی بررسی نشده است. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی زیراشکوب در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا و سرو زربین و مقایسه تأثیر طبقه‌های سنی بر این شاخص‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه‌شده در حوضه آبخیز گرگان‌رود و زیرحوضه قرناوه بین طول جغرافیایی "۱۸'۳۷°۵۵ تا "۴۹'۴۷°۵۵ و عرض جغرافیایی "۲۰'۳۲°۳۷ تا "۰۱'۳۸°۳۷ با دامنه ارتفاعی ۷۷۰ تا ۹۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی، بخش اعظم اراضی منطقه قپان به دوران چهارم تعلق دارد که از لس و رسوبات آبرفتی تشکیل شده‌اند (۲۶). براساس اطلاعات ۲۰ ساله نزدیکترین ایستگاه هواشناسی (قپان) که در فاصله چهار کیلومتری محل اجرای پژوهش قرار دارد، میانگین بارندگی سالیانه ۵۲۸ میلی‌متر است. همچنین بیشینه مطلق دما (مرداد) ۲۹ درجه سانتی‌گراد، کمینه مطلق دما (دی و بهمن) ۷/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد است (۱۳). نوع

اقلیم براساس ضریب خشکی دومارتن نیمه‌خشک است. فصل خشک از خرداد آغاز می‌شود و تا مهر ادامه دارد.

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا عرصه‌های جنگل‌کاری شده با گونه‌های کاج بروسیا و سرو زربین که دارای طبقه‌های سنی کمتر از ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال بودند شناسایی شدند. در هر طبقه سنی یک عرصه با مساحت تقریبی پنج هکتار که معرف وضعیت عمومی آن طبقه سنی بود، انتخاب شد (در مجموع، شش عرصه). این عرصه‌ها نسبتاً همگن بودند و از نظر شرایط توپوگرافیک به‌طور نسبی شباهت داشتند. ضمناً در عرصه‌های انتخاب شده تا زمان اجرای این پژوهش، عملیات پرورشی صورت نگرفته بود. فاصله کاشت ۲ × ۳/۵ متر بود. ابعاد حداقل قطعه نمونه در هر یک از طبقه‌های سنی با ترسیم منحنی گونه–سطح تعیین شد (۳۵). در هر طبقه سنی، ۳۰ قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی (۲۰ × ۲۰ متر) بطور تصادفی سیستماتیک با استفاده از شبکه آماربرداری ۴۰ × ۴۰ متر (شدت آماربرداری ۱۰ درصد) برداشت شد (در مجموع ۱۸۰ قطعه نمونه). در هر قطعه نمونه، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان کاج بروسیا و سرو زربین و فهرست نام علمی تمامی گیاهان چوبی و تراکم آنها (تعداد در قطعه نمونه) ثبت شد. حجم سرپا بر مبنای ضریب شکل ۰/۵ تعیین شد. تعداد گونه‌های چوبی با استفاده از شاخص‌های غنای گونه و مارگالف (۳۱)، تنوع با استفاده از شاخص‌های ناهمگنی شامل سیمپسون و شانون–وینر و یکنواختی با استفاده از شاخص‌های کامارگو و سیمپسون محاسبه شدند (۲۷). برای استاندارد کردن شاخص غنای گونه از روش Rarefaction استفاده شد و بر مبنای مساوی بودن تراکم نمونه‌ها، غنای مورد انتظار به‌دست آمد (۲۷). تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل انجام شد که در آن فاکتورها شامل گونه در دو سطح (کاج بروسیا و سرو زربین) و طبقه سنی در سه سطح (کوچکتر از ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال) بودند. در تجزیه واریانس، اثر متقابل گونه در طبقه سنی برای تمامی متغیرها معنی‌دار شد و به همین سبب مقایسه میانگین سطوح مختلف طبقه‌های سنی در فاکتور گونه به‌صورت برش‌دهی (Slicing) و با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (lsmeans) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن آنها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های لون و کولموگروف– اسمیرنف بررسی شد. برای داده‌هایی که از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند از روش‌های تبدیل (ریشه دوم، توان دوم و لگاریتم طبیعی) و روش‌های ناپارامتری کروسکال– والیس با آزمون کونوور– ایمن (Conover-Iman) و من– ویتنی استفاده شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه واریانس مشخصه‌های کمی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین نشان داد که اثر گونه، طبقه سنی و اثر متقابل گونه و طبقه سنی معنی‌دار بوده است. به همین سبب برش‌دهی اثر متقابل با مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی بین طبقه‌های سنی کاج بروسیا و سرو زربین انجام شد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱ مشخص شد که در جنگل‌کاری کاج سیاه، با افزایش سن، تراکم درختان به‌طور معنی‌دار کاهش یافته، ولی کاهش تراکم درختان جنگل‌کاری سرو زربین فقط در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال معنی‌دار شد. دیگر مشخصه‌های کمی مندرج در جدول ۱ با افزایش سن روند افزایشی نشان دادند. با افزایش طبقه سنی، کاهش تراکم در جنگل‌کاری کاج بروسیا بیشتر از سرو زربین بوده است. همچنین افزایش قطر برابر سینه و ارتفاع درختان در جنگل‌کاری کاج بروسیا بیشتر از سرو زربین بوده است. در حالی که افزایش رویه زمینی و حجم سرپا در جنگل‌کاری سرو زربین بیشتر از کاج بروسیا بود. جدول ۱ نشان می‌دهد که طبقه‌های سنی جنگل‌کاری سرو زربین در مقایسه با کاج بروسیا متراکم‌تر هستند و درختان کوچکتری دارند.

جدول ۱– مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی جنگل کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین

Table 1. Mean comparison of quantitative characteristics of *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations

میانگین مشخصه‌های کمی	جنگل‌کاری کاج بروسیا			جنگل‌کاری سرو زربین		
	کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال	کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال
تراکم (تعداد در هکتار)	۷۶۲^{a}	۵۳۸^{b}	۳۳۸^{c}	۸۶۳^{A}	۸۱۹^{A}	۷۱۹^{B}
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۶/۰^{c}	۱۵/۵^{b}	۲۱/۳^{a}	۵/۳^{C}	۱۴/۱^{B}	۱۸/۳^{A}
ارتفاع (متر)	۲/۹^{c}	۸/۱^{b}	۱۲/۰^{a}	۲/۴^{C}	۷/۳^{B}	۱۰/۷^{A}
رویه زمینی (متر مربع در هکتار)	۲/۲^{c}	۱۰/۴^{b}	۱۲/۲^{a}	۲/۰^{C}	۱۳/۴^{B}	۱۹/۴^{A}
حجم سرپا (متر مکعب در هکتار)	۲/۷^{c}	۳۵/۵^{b}	۶۱/۲^{a}	۲/۲^{C}	۴۱/۴^{B}	۸۵/۵^{A}

حروف انگلیسی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد بین طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا (حروف کوچک) و سرو زربین (حروف بزرگ) هستند.

مقایسه تراکم گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین (جدول ۲) نشان‌دهنده متفاوت بودن گونه‌ها از نظر زمان استقرار در جنگل‌کاری، تغییر تراکم در طبقه‌های سنی و حفظ بقا یا حذف شدن است. این جدول نشان می‌دهد که تفاوت طبقه‌های سنی از نظر تراکم گونه‌های چوبی معنی‌دار است

(به استثنا آلوچه و انار در جنگل‌کاری کاج بروسیا و پلاخور و آزاد در جنگل‌کاری سرو زربین). این مقایسه برای گونه‌هایی که فقط در یک طبقه سنی حضور داشتند، انجام‌پذیر نبود.

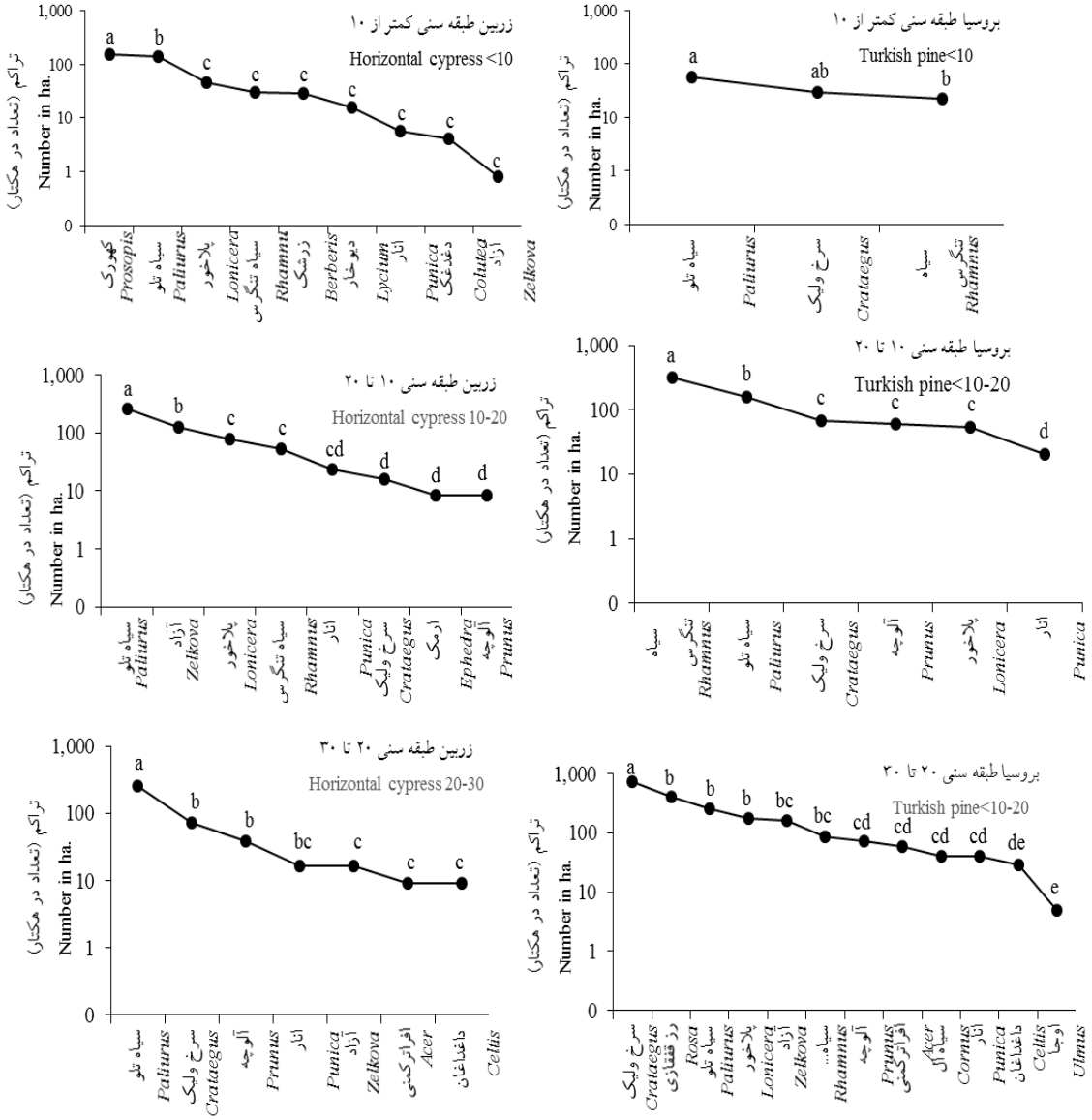
جدول ۲- تراکم (تعداد در هکتار) گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین

Table 2. Woody species density in age classes of *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations.

نام علمی	نام فارسی	نام خانواده	جنگل‌کاری سرو زربین			جنگل‌کاری کاج بروسیا		
			کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال	کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال
Acer turkomanicum Pojark.	افرا ترکمنی	Aceraceae	–	–	۹	–	–	۵۹
Berberis integrrima Bge.	زرشک	Berberidaceae	۲۹	–	–	–	–	–
Celtis caucasica Willd.	داغداغان قفقازی	Ulmaceae	–	–	۹	–	–	۲۹
Colutea porphyrogramma Rech .f.	دغدغک ارغوانی	Fabaceae	۴	–	–	–	–	–
Cornus australis C. A.Mey.	سیاه ال	Cornaceae	–	–	–	۴۱	–	–
Crataegus microphylla C.Koch.	سرخ ولیک	Rosaceae	–	۱۶^{B}	۷۳^{A}	۶۸^{b}	۷۴۶^{a}	۳۰^{c}
Ephedra distachya L.	ارمک دوردیفی	Ephedraceae	–	۸	–	–	–	–
Lonicera korolkovii Stapf.	پلاخور	Caprifoliaceae	۴۶^{A}	۷۸^{A}	–	۵۴^{b}	۱۷۸^{a}	–
Lycium kopetdaghi Pojark.	دیوخار کپت‌داغی	Solanaceae	۱۶	–	–	–	–	–
Paliurus spina-christi Miller.	سیاه تلو	Rhamnaceae	۱۴۳^{B}	۲۶۳^{A}	۲۵۵^{A}	۱۶۱^{b}	۲۵۸^{a}	۵۸^{c}
Prosopis farcta (Banks & Soland.)	کهورک	Fabaceae	۱۵۷	–	–	–	–	–
Prunus divaricate Ledeb.	آلوچه	Rosaceae	–	۸^{B}	۳۸^{A}	۵۹^{a}	۷۳^{a}	–
Punica granatum L.	انار	Punicaceae	۶^{B}	۲۳^{A}	۱۷^{AB}	۲۱^{a}	۴۱^{a}	–
Rhamnus sintenisii Rech. f.	سیاه تنگرس شیروانی	Rhamnaceae	۳۰^{B}	۵۳^{A}	–	۳۱۳^{a}	۸۸^{b}	۲۳^{c}
Rosa iberica Stev.	رز قفقازی	Rosaceae	–	–	–	–	۴۱۲	–
Ulmus minor Miller.	اوجا	Ulmaceae	–	–	–	–	۵	–
Zelkova carpinifolia Pall.	آزاد	Ulmaceae	۱^{B}	۱۲۳^{A}	۱۷^{B}	–	۱۵۹	–

حروف انگلیسی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (کروسکال–والیس با آزمون کونور و من–ویتنی) بین طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا (حروف کوچک) و سرو زربین (حروف بزرگ) هستند.

مقایسه تراکم گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا (شکل ۱) نشان داد که طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال دارای ۳ گونه بوده و در طبقه‌های سنی بعدی، به ۶ و ۱۲ گونه افزایش یافت. در جنگل‌کاری سرو زربین، طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال دارای ۹ گونه بوده و در طبقه‌های سنی بعد به ترتیب به ۸ و ۷ گونه کاهش پیداکرد. در شکل ۱، تراکم گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا و سرو زربین از بزرگ به کوچک ترسیم شدند (نمودار وایتاکر). تفاوت گونه‌های چوبی از نظر تراکم معنی‌دار شد. به این ترتیب، گونه‌های غالب و نادر در طبقه‌های سنی مشخص شدند. نتیجه تجزیه واریانس شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی در جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین در جدول ۳ مشاهده می‌شود. نتایج این جدول نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر گونه، طبقه سنی و اثر متقابل گونه و طبقه سنی است. با توجه به این نتایج، برش‌دهی اثر متقابل با مقایسه میانگین شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی بین طبقه‌های سنی کاج بروسیا و سرو زربین انجام شد (جدول ۴).



حروف انگلیسی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گونه‌ها هستند (آزمون کروسکال–والیس، در سطح احتمال پنج درصد).

شکل ۱– مقایسه تراکم گونه‌های چوبی (نمودار وایتاکر) در طبقه‌های سنی در جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین.

Figure1. Comparison of woody species density (Whittaker diagram) in age classes in *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations.

جدول ۳– تجزیه واریانس شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین.

Table 3. ANOVA results of richness, diversity and evenness indices of woody species in age classes in *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations

		میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	غنای گونه	غنای مورد انتظار[1]	غنای مارگالف	تنوع سیمپسون	تنوع شانون–وینر	یکنواختی کامارگو	یکنواختی سیمپسون
گونه (جنگل‌کاری)	۱	۱۷۴/۱***	۰/۲۴*	۵/۷***	۰/۲۴*	۷/۵***	۰/۱۰*	۰/۱۷*
طبقه سنی	۲	۲۰۷/۲***	۰/۵۷***	۸/۳***	۰/۵۷***	۱۱/۶***	۰/۸۸***	۱/۱۰***
اثر متقابل	۲	۱۴۱/۰***	۰/۴۹***	۲/۷***	۰/۴۹***	۹/۳***	۰/۵۷***	۰/۶۴***
ضریب تغییرات		۰/۲۹	۰/۱۴	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۲۲

۱– غنای مورد انتظار با روش rarefaction و بر مبنای مساوی بودن تراکم نمونه‌ها محاسبه شد.

*: اثر تیمارها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. ***: اثر تیمارها در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار است.

میانگین شاخص‌های تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین در جدول ۴ مقایسه شدند. این مقایسه که پس از برش‌دهی اثر متقابل انجام شد، نشان داد که تفاوت طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است. به این ترتیب که با افزایش سن جنگل‌کاری، غنا و تنوع گونه‌های چوبی افزایش یافت ولی از یکنواختی آنها کاسته شد. بین طبقه‌های سنی جنگل‌کاری سرو زربین از نظر شاخص‌های غنای مورد انتظار و شاخص‌های تنوع سیمپسون و شانون–وینر تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. با افزایش سن جنگل‌کاری سرو زربین، شاخص‌های غنای گونه و مارگالف افزایش یافتند. هرچند که تفاوت بین طبقه سنی ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال معنی‌دار نبود. در این جنگل‌کاری مقادیر شاخص‌های یکنواختی کامارگو و سیمپسون ابتدا کاهش و سپس افزایش یافتند، ولی تفاوت بین طبقه سنی کوچک‌تر از ۱۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال معنی‌دار نبود.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین

Table 4. Mean comparison of richness, diversity and evenness indices of woody species in age classes in *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations

شاخص‌ها	جنگل‌کاری کاج بروسیا			جنگل‌کاری سرو زربین		
	کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال	کمتر از ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال
غنای گونه	۲/۰۰۰^{c}	۴/۹۰۰^{b}	۸/۷۳۳^{a}	۲/۷۳۳^{B}	۳/۵۶۷^{A}	۳/۴۳۳^{A}
غنای مورد انتظار[۱]	۱/۳۹۲^{b}	۱/۷۰۶^{a}	۱/۷۲۸^{a}	۱/۵۲۸^{A}	۱/۵۴۳^{A}	۱/۵۳۸^{A}
غنای مارگالف	۰/۵۹۶^{c}	۱/۱۹۶^{b}	۱/۷۵۹^{a}	۰/۶۴۹^{B}	۰/۸۶۱^{A}	۰/۹۶۷^{A}
تنوع سیمپسون	۰/۳۹۲^{b}	۰/۷۰۶^{a}	۰/۷۲۸^{a}	۰/۵۲۸^{A}	۰/۵۴۳^{A}	۰/۵۳۷^{A}
تنوع شانون– وینر	۰/۷۲۴^{c}	۱/۸۹۹^{b}	۲/۳۳۵^{a}	۱/۱۶۶^{A}	۱/۳۴۵^{A}	۱/۲۱۴^{A}
یکنواختی کامارگو	۰/۸۷۳^{a}	۰/۶۴۶^{b}	۰/۴۶۷^{c}	۰/۷۷۶^{A}	۰/۶۱۶^{B}	۰/۷۳۶^{A}
یکنواختی سیمپسون	۰/۸۹۰^{a}	۰/۶۷۵^{b}	۰/۴۴۹^{c}	۰/۸۲۰^{A}	۰/۶۲۸^{B}	۰/۷۴۹^{A}

۱- غنای مورد انتظار با روش rarefaction و بر مبنای مساوی بودن تراکم نمونه‌ها محاسبه شد.

حروف انگلیسی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین طبقه‌های سنی در جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا (حروف کوچک) و سرو زربین (حروف بزرگ) هستند (سطح احتمال پنج درصد).

در پژوهش حاضر تراکم و تنوع گونه‌های چوبی در زیراشکوب درختان کاج بروسیا و سرو زربین در منطقه قپان (شرق استان گلستان) بررسی شدند. این بررسی نشان داد که تفاوت طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج سیاه و سرو زربین از نظر تراکم گونه‌های چوبی معنی‌دار بوده است. به‌صورتی که بین گونه‌های چوبی از نظر زمان استقرار در جنگل‌کاری، تغییر تراکم در طبقه‌های سنی و حفظ بقا یا حذف شدن تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲ و شکل ۱). علاوه بر این اثر گونه (جنگل‌کاری)، طبقه سنی و اثر متقابل گونه و طبقه سنی بر شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌های چوبی معنی‌دار شد.

در جنگل‌کاری کاج بروسیا، شاخص‌های غنای گونه، غنای مورد انتظار، غنای مارگالف، تنوع سیمپسون و تنوع شانون– وینر در طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال دارای کمترین مقدار بودند. در طبقه‌های سنی ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سال، به سبب ورود گونه‌های جدید، به مقدار این شاخص‌ها افزوده شد. در نتیجه، بیشترین مقدار شاخص‌های غنا در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال به‌دست آمد که تفاوت آن با طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال معنی‌دار بود. در این جنگل‌کاری، تغییرات شاخص‌های یکنواختی کامارگو و سیمپسون برخلاف شاخص‌های غنا و تنوع بود. به این ترتیب که با افزایش طبقه سنی، مقدار شاخص‌های یکنواختی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در نتیجه کمترین مقدار شاخص‌های یکنواختی در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال به دست آمد که تفاوت آن با دیگر طبقه‌های سنی معنی‌دار بود. درجنگل‌کاری سرو زربین، شاخص‌های غنای گونه و مارگالف در طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال دارای کمترین مقدار بودند. در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، بیشترین مقدار این شاخص‌ها به دست آمد که تفاوت آن با طبقه سنی کمتر از ۱۰ سال معنی‌دار بود. ولی با طبقه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال تفاوت معنی‌دار نداشت. شاخص‌های مورد انتظار در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری سرو زربین تفاوت معنی‌دار نداشت. در این جنگل‌کاری بین طبقه‌های سنی از نظر مقدار شاخص‌های تنوع سیمپسون و شانون– وینر تفاوت معنی‌دار یافت نشد. همچنین بین طبقه‌های سنی زیر ۱۰ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال از نظر شاخص‌های یکنواختی کامارگو و سیمپسون تفاوت معنی‌دار یافت نشد. (جدول‌های ۳ و ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تاثیر جنگل‌کاری بر تنوع گونه‌ای با ویژگی‌های درختی که در جنگل‌کاری کاشته‌شده ارتباط مستقیم دارد (۳۷). کاج بروسیا دارای تاج باز و تنک است (۶). نور وارد شده به زیراشکوب کاج بروسیا از سرو زربین که تاجی بسته و متراکم (۱) دارد، به مراتب بیشتر است. علاوه بر این، نتایج جدول ۱ نشان داد که جنگل‌کاری کاج بروسیا در مقایسه با سرو زربین تراکم کمتری داشت. ترکیب مشخصات تاج‌پوشش و تراکم جنگل‌کاری کاج بروسیا موجب شد که این گونه غیربومی در مقایسه با سرو زربین (گونه بومی) شرایط رویشگاهی مناسب‌تری را برای استقرار زادآوری و رویش گیاهان چوبی زیراشکوب فراهم کند. پژوهش‌های لی و همکاران (۲۹) و یوسفی و همکاران (۴۴) نشان داد که جنگل‌کاری گونه‌های سوزنی‌برگ غیربومی می‌تواند با ایجاد تغییر در شرایط رویشگاهی به اندازه جنگل‌کاری گونه‌های

بومی در افزایش تنوع گونه‌های بومی زیراشکوب تأثیر داشته باشد. افزایش تنوع گونه‌های چوبی در جنگل‌کاری کاج بروسیا، با یافته‌های دانکن و چاپمن (۹)، ناگایک (۳۶) و پاورز و همکاران (۴۲) و کاهش تنوع گونه‌های چوبی در جنگل‌کاری سرو زربین با یافته‌های محمدنژاد کیاسری و همکاران (۳۳) و ایتو و همکاران (۲۳) مشابهت دارد. از طرف دیگر، آزادی و همکاران (۵) با بررسی همین ارتباط در مخمل کوه خرم‌آباد نتیجه گرفتند که تنوع گونه‌های گیاهی در زیراشکوب جنگل‌کاری کاج بروسیا با سرو زربین شباهت دارد. یکسان نبودن نتایج این پژوهش‌ها می‌تواند به علت متفاوت بودن شرایط اقلیمی و خاک محل اجرای پژوهش باشد.

کاهش تنوع در سرو زربین را می‌توان با بزرگ‌تر بودن مقدار مشخصه‌های کمی جنگل‌کاری این گونه شامل تراکم، رویه زمینی و حجم سرپا در مقایسه با جنگل‌کاری کاج بروسیا مرتبط دانست (جدول ۱). این مشخصه‌های کمی نشان می‌دهند که انبوهی جنگل‌کاری سرو زربین از کاج بروسیا بیشتر است. این یافته با نتایج چرکزی و همکاران (۶) که مشخصه‌های کمی و کیفی جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین را در شرق استان گلستان (رامیان) بررسی کردند شباهت دارد. علاوه بر این، کاهش تنوع در جنگل‌کاری سرو زربین می‌تواند بدلیل بسته بودن تاج و سایه‌اندازی زیاد آن باشد که موجب کاهش سرعت تجزیه لاشبرگ می‌شود (۳۲). بنابراین در منطقه قپان، شرایط محیط در زیراشکوب جنگل‌کاری کاج بروسیا برای استقرار زادآوری و رویش گیاهان چوبی مناسب‌تر از زربین است. اسحاقی راد و همکاران (۱۰) و حیدری و همکاران (۱۸) نیز پس از بررسی تأثیر جنگل‌کاری بر تنوع گیاهی نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی زیراشکوب تحت تأثیر مشخصه‌های اشکوب درختی قرار دارد. اجرای عملیات روشن‌کردن و تنک‌کردن، با کاستن از انبوهی درختان و افزایش نور در زیراشکوب می‌تواند موجب بهبود استقرار گیاهان چوبی و افزایش تنوع آنها در جنگل‌کاری شود (۹).

برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که تفاوت طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا از نظر شاخص‌های غنا و تنوع گیاهان چوبی زیراشکوب معنی‌دار است (جدول‌های ۳ و ۴). در جنگل‌کاری کاج بروسیا، با افزایش سن، مقدار شاخص‌های غنا و تنوع گیاهان چوبی در زیراشکوب افزایش یافت (۲۴). یافته‌های پژوهش ایتو و همکاران (۲۲) و ناگایک و همکاران (۳۸) نیز نشان داد که همزمان با مسن شدن جنگل‌کاری، غنای گونه‌های چوبی بدلیل سازگاری در زیراشکوب جنگل‌کاری بروسیا افزایش می‌یابد. در جنگل‌کاری سرو زربین، مقدار شاخص‌های غنای گونه و مارگالف در طبقه‌های سنی زیر ۲۰ سال روند افزایش و پس از آن روند کاهشی را نشان می‌دهند، ولی بین طبقه‌های سنی این جنگل‌کاری از نظر شاخص‌های تنوع تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. نتایج چندین پژوهش نشان داد که با افزایش سن جنگل‌کاری، تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد (۲۸،۲۵،۱۲). غنای گونه در جنگل‌کاری‌های نوئل (*Picea abies* (L.) Karst.) و تسوگا (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) همزمان با افزایش سن توده کاهش یافت (۴۲،۱۹). مقایسه‌های چندگانه (جدول ۴) نشان‌دهنده وجود تشابه معنی‌دار بین مقدار شاخص‌های غنا و تنوع در طبقه‌های سنی این جنگل‌کاری هستند (بجز مقدار غنای گونه در طبقه ۱۰ تا ۲۰ سال). بین طبقه‌های سنی جنگل‌کاری سرو زربین از نظر شاخص‌های غنا و تنوع تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد، شاخص غنای مورد انتظار به‌سبب اینکه با روش Rarefaction استاندارد شد (۲۷) و با توجه به داشتن کوچک‌ترین مقدار ضریب تغییرات، برای مقایسه تأثیر طبقه‌های سنی بر غنا و تنوع گیاهان چوبی زیراشکوب مناسب‌تر است.

افزایش شاخص‌های غنا و تنوع در جنگل‌کاری کاج بروسیا به استقرار زادآوری و رویش گونه‌هایی وابسته است که شرایط رویشگاهی زیراشکوب این جنگل‌کاری با نیاز آنها سازگاری دارد (۴). جنگل‌کاری کاج بروسیا در طبقه سنی زیر ۱۰ سال دارای ۳ گیاه چوبی بود (شکل ۲ و جدول ۲). در طبقه‌های سنی بالاتر، نه تنها ۹ گونه جدید به این جنگل‌کاری افزوده شد، بلکه تراکم گیاهان چوبی زیراشکوب نیز افزایش یافت. تغییر شاخص‌های غنا و تنوع در جنگل‌کاری سرو زربین در جهتی متفاوت با روند فوق صورت گرفت. در طبقه سنی زیر ۱۰ سال، ۹ گیاه چوبی در زیراشکوب این جنگل‌کاری حضور داشتند. با افزایش طبقه سنی، تعداد این گونه‌ها به ۸ و سپس به ۷ گونه رسید و تراکم این گیاهان نیز کاهش یافت. در این روند، گونه‌های زرشک، دغدغک ارغوانی، ارمک دو ردیفی، پلاخور، دیوخار کپت‌داغی، کهورک و سیاه تنگرس شیروانی حذف شدند. کاهش شاخص‌های غنا و تنوع در جنگل‌کاری سرو زربین می‌تواند با افزایش ابعاد درختان (قطر برابر سینه و ارتفاع) و انبوهی توده (رویه زمینی و حجم سرپا) (جدول ۱) و در نتیجه نامساعد شدن شرایط رویشگاهی زیراشکوب برای استقرار زادآوری و رویش این گیاهان چوبی مرتبط باشد (۳۲). غیبی و همکاران (۱۴) نیز در بررسی تنوع گیاهان زیراشکوب به ورود و حذف گونه‌های گیاهی در طول زمان اشاره کردند.

سیاه‌تلو، فراوان‌ترین گیاه چوبی در زیراشکوب جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین بود (جدول ۲). این گونه نه تنها در تمام طبقه‌های سنی حضور داشت، بلکه تراکم آن با افزایش سن جنگل‌کاری افزایش یافت که تأثیر قابل توجهی در تراکم گیاهان زیراشکوب گذاشت. حضور سیاه‌تلو به عنوان گونه پیشگام می‌تواند نقش مهمی در استقرار زادآوری گونه‌های گیاهی و کارکردهای بوم‌شناختی جنگل‌کاری ایفا کند (۳۷).

تراکم گونه‌های سیاه تنگرس شیروانی، و سیاه تلو در طبقه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال جنگل‌کاری کاج بروسیا به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در نتیجه، این گیاهان نسبت به دیگر گیاهان چوبی غالب شدند. علاوه بر این، تراکم گونه‌های رز قفقازی، سرخ ولیک، آزاد، سیاه تلو و سیاه تنگرس شیروانی در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال این جنگل‌کاری، افزایش قابل توجهی داشت که موجب غلبه آنها بر دیگر گیاهان چوبی شد. افزایش تراکم این گیاهان و غالب

شدن آنها در اجتماع گیاهان چوبی مهمترین دلیل کاهش معنی‌دار شاخص‌های یکنواختی کامارگو و سیمپسون در طبقه‌های سنی جنگل‌کاری کاج بروسیا است (۲۷). به همین ترتیب، در جنگل‌کاری سرو زربین افزایش تراکم گونه‌های آزاد و سیاه تلو سبب کاهش معنی‌دار شاخص‌های یکنواختی کامارگو و سیمپسون در طبقه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال شد. ولی در طبقه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال به سبب از بین رفتن غلبه گونه آزاد، این شاخص‌ها افزایش یافتند. در نتیجه با وجود معنی‌دار بودن اثر طبقه سنی در جنگل‌کاری سرو زربین، با افزایش سن، شاخص‌های یکنواختی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافتند.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مشخص شد که تنوع گیاهان چوبی در زیراشکوب جنگل‌کاری کاج بروسیا به‌طور معنی‌داری بیشتر از سرو زربین بود. غنا و تنوع این گیاهان با افزایش سن جنگل‌کاری کاج بروسیا به‌طور معنی‌دار

افزایش یافت. ولی در جنگل‌کاری سرو زربین، این افزایش معنی‌دار تا طبقه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال رخ داد و یا اینکه افزایش معنی‌داری مشاهده نشد. علاوه بر این، با مسن شدن جنگل‌کاری کاج بروسیا، یکنواختی گیاهان چوبی زیراشکوب به‌سبب وجود گونه‌های غالب به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در حالی که در جنگل‌کاری سرو زربین افزایش معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه قپان، جنگل‌کاری کاج بروسیا برای استقرار زادآوری گیاهان چوبی زیراشکوب دارای شرایط محیطی پایدارتر (۴۱) و از نظر حفظ و توسعه این گیاهان دارای قابلیت خودتنظیمی (۳) بیشتری است. البته اجرای عملیات تنک کردن در این جنگل‌کاری‌ها (۶) و کاشت ترکیبی سوزنی‌برگ و پهن‌برگ برای خنثی‌کردن اثرهای کاشت خالص سوزنی‌برگان (۲۰) علاوه بر بهبود کمی و کیفی درختان، می‌تواند شرایط مناسب‌تری را برای استقرار زادآوری و توسعه گیاهان چوبی زیراشکوب فراهم کند (۸). همچنین کاشت گونه‌های بومی سازگار با شرایط بوم شناختی منطقه برای توسعه جنگل‌کاری در اولویت می‌باشد (۱۲). با ارزیابی دوره‌ای تنوع در منطقه قپان، اطلاعات کامل‌تری درباره نقش جنگل‌کاری‌های کاج بروسیا و سرو زربین در حفظ و توسعه تنوع گیاهان چوبی زیراشکوب به‌دست خواهد آمد.

منابع

1. Abbasi, H. 1990. Fast-growing trees. Gorgan Jahad-e-Daneshghahi press, 190 pp (In Persian).
2. Afforestation and Parks Office. 1995. Coniferous plantations in the North of Iran. Forests, Range and Watershed Management Organization, 113 pp (In Persian).
3. Ardakani, M.R. 2003. Ecology. Tehran University press, 331 pp (In Persian).
4. Avendaño-Yáñez, M.L., L.R. Sánchez-Velásquez, J.A. Meave and M.R. Pineda-López. 2016. Can *Pinus* plantations facilitate reintroduction of endangered cloud forest species? Landscape and Ecological Engineering, 12(1): 99-104.
5. Azadi, A., S.M. Hojati, H. Jalilvand and H. Naghavi. 2014. Investigation on soil carbon sequestration and understory biodiversity of hard wood and soft wood plantations of Khoramabad city (Makhmalkoh site). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 702-715 (In Persian).
6. Charkazi, A., M. Amiri, H. Ravanbakhsh and M. Moghadasi. 2016. Examination of quantitative and qualitative characteristics of *Cupressus sempervirens* var. horizontalis and *Pinus brutia* in plantation forests in the Ramian, Golestan province. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(4): 1-21 (In Persian).
7. Coote, L., L.J. French, K.M. Moore, F.J.G. Mitchell and D.L. Kelly. 2012. Can plantation forests support plant species and communities of semi-natural woodland? Forest Ecology and Management, 283: 86-95.
8. Cusack, D. and F. Montagnini. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. Forest Ecology and Management, 188: 1-15.
9. Duncan, R.S. and C.A. Chapman. 2003. Consequences of plantation harvest during tropical forest restoration in Uganda. Forest Ecology and Management, 173: 235-250.
10. Eshaghi Rad, J., P. Ghaffarnejad and A. Banedg Shafiee. 2014. Quantitative evaluation of *Pinus nigra* plantation and its effect on plant diversity and soil chemical properties of rangeland ecosystems (Case study: Urmia airport plantation). Iranian Journal of Forest, 6(4): 471-482 (In Persian).
11. Fazlolahi, M., A. Najafi, A. Soleimani and A. Sepahvand. 2014. Selection of the Most Suitable Species in Order to Forestation in Southern Zagros Forests using AHP and TOPSIS Techniques. Journal of Ecology of Iranian Forest, 2(4): 45-55 (In Persian).
12. Gara, R. and S. Healey. 2003. The effect of a teak (*Tectonia grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 176: 497-507.
13. GDMG. (General Directorate of Meteorology Golestan Province). 2013. Twenty years statistics of Ghapan station (In Persian).
14. Gheibi, F., M. Akbarinia and Y. Kooch. 2015. Effect of *Alnus subcordata*, *Acer insigne* and *Sequoia sempervirens* plantations on plant diversity in Hyrcanian forest of Iran. Biodiversitas, 16(1): 10-15.
15. Gerstner, K., C.F. Dormann, A. Stein, A.M. Manceur and R. Seppelt. 2014. Effects of land use on plant diversity: a global meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 51: 1690-1700.
16. Haghverdi, K. 2015. Influence of endemic and exotic afforestation (Chai Bagh district of Qaemshahr) on biodiversity of plant species and woody regeneration. Journal of Plant Researches, 28(3): 522-534 (In Persian).
17. Hartley, M.J. 2002. Rational and methods for conserving biodiversity in plantation. Forest Ecology and Management, 155: 81-95.

18. Heydari, M., N. Shabanian, M. Zeinivand Zadeh and J. Mirzaei. 2015. Analysis of understory plant composition in hardwoods and conifers plantations and their relation to soil characteristics. Forest Research and Development, 1(2): 155-166 (In Persian).
19. Hill, M.O. and E.W. Jones. 1978. Vegetation changes resulting from afforestation of rough grazings in Caeo forest, South Wales. Journal of Ecology, 66: 433-456.
20. Hosseini, S. and V. Hosseini. 2014. Effect of Reforestation with *Pinus nigra* Arnold, *Pinus eldarica* Medw. *and Cupressus arizonica* Greene Species on some Properties of Soil (Case Study: Garan region, Marivan). Journal of Ecology of Iranian Forest, 2(4): 37-44 (In Persian).
21. Irwin, S., S.M. Pedley, L. Coote, A.C. Dietzsch, M.W. Wilson, A. Oxbrough, O. Sweeney, K.M. Moore, R. Martin, D.L. Kelly, F.J.G. Mitchell, T.C. Kelly and J. O'Halloran. 2014. The value of plantation forests for plant, invertebrate and bird diversity and the potential for cross-taxon surrogacy. Biodiversity and Conservation, 23(3): 697-714.
22. Ito, S., M. Nakagawa, G.P. Buckley and K. Nogami. 2003. Species richness in sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantations in southeastern Kyushu, Japan. Journal of Forest Research, 8: 49-57.
23. Ito, S., R. Nakayama and G.P. Buckley. 2004. Effects of previous land-use on plant species diversity in semi natural and plantation forests in warm temperate region in southern Kyushu, Japan. Forest Ecology and Management, 196: 213-235.
24. Johansson, O., C. Fries, B. Pettersson and P. Simonsson. 2009. Silvicultural models to maintain and restore natural stand structures in Swedish boreal forests. Forest Ecology and Management, 255: 2677-2688.
25. Kanowski, J., C.P. Catterall and J. Wardell. 2005. Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia. Forest Ecology and Management, 208: 359-372.
26. Khormali, F. and S. Shamsi. 2009. Study quality and micromorphology of soil evolution in land use in loess slops East Golestan province (Case study: Ghapan). Journal of Agriculture science and natural resources, 16(3): 1-12 (In Persian).
27. Krebs, Ch. 1989. Ecological methodology. Harper Collins Publisher, 654 pp.
28. Kryshen, A.M. 2000. Dynamics of vascular plant diversity at the initial states of reforestation after clear cutting of secondary spruce stand. Proceeding of disturbance dynamics in boreal forests with the main theme: Restoration and management of biodiversity. Finland, Aug 28, 21-25.
29. Li, Y., D. Zou, B. Ren, X. Ding, H. Bian and J. Wang. 2016. Balancing effect of Larch plantations (*Larix kaempferi*) on understory plant diversity in a sub-tropical forest ecosystem, China. Applied Ecology and Environmental Research, 14(3): 397-407.
30. Lindenmayer, D.B. and R.J. Hobbs. 2004. Fauna conservation in Australian plantation forests: a review. Biological Conservation, 119: 151-168.
31. Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. Wiley-Interscience Press, New York, 337pp.
32. Mohammadi, S., R. Rahmani and R. Arabali. 2014. Measuring throughfall and interception loss in Horizontal cypress and Turkish pine Afforestations and a natural stand of chestnut-leaved oak at Kohmian of Azadshahr, Iran. Iranian Journal of Forest, 6(3): 363-376 (In Persian).
33. Mohammadnejad kiasari, Sh., Kh. Sagheb Talebi and R. Rahmani. 2013. Comparison of Plants Diversity in Natural Forest and Afforestations (Case Study: Darabkola, Mazandaran). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(4): 59-76 (In Persian).
34. Mohammadnejad kiasari, Sh., Kh. Sagheb Talebi and SH. Amini. 2017. Ecological assessment of conifers and broad-leaved plantationsin Neka, Eastern of Mazandaran (Case Study: Ghoremarez Area). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(4): 173-185 (In Persian).
35. Muller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York, 523 pp.
36. Nagaike, T. 2002. Differences in plant species diversity between conifer (*Larix kaempferi*) plantations and broad leaved (*Quercus crispula*) secondary forests in central Japan. Forest Ecology and Management, 168: 111-123.
37. Nagaike, T. 2012. Review of plant species diversity in managed forests in Japan. International Scholarly Research Network, ISRN Forestry, ID 629523, 7 pp.
38. Nagaike, T., A. Hayashi, A. Abe and N. Arai. 2003. Differences in plant species diversity in Larix kaempferi plantations of different ages in central Japan. Forest Ecology and Management, 183: 177-193.
39. Nouri, Z., J. Feghhi, Gh. Zahedi, M. Zobeiri and R. Rahmani. 2010. The Study of Shrub and Tree Species Diversity and its Application in Forest Planning (Case study: Patom District, Kheyroud Forest). Journal of Forest and Wood Products, 63(2): 201-214 (In Persian).
40. Paritsis, J. and M.A. Aizen. 2007. Effect of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal beetles and birds in *Notofagus dombeyi* forest. Forest Ecology and Management, 255: 1575-1583.
41. Pourbabaei, H., F. Asghari, A. Reif and R. Abedi. 2012. Effect of plantations on plant species diversity in the Darabkola, Mazandaran Province, North of Iran. Biodiversitas, 13(2): 72-78.
42. Powers, J.S., J.P. Haggar and R.F. Fisher. 1998. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in 7-years old plantation in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 99(3): 43-54.
43. Rostami Shahraji, T. and H. Pourbabaei. 2007. Study of vegetation in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations in the Aziz kian and Lakan areas, Rasht. Journal of Environmental Studies, 33(41): 85-96 (In Persian).
44. Yousefi, A., H. Jalilvand, M.R. Pourmajidian and K. Espahbodi. 2010. Understory indigenous woody species diversity in hardwood and coniferous tree plantations at Berenjestanak lowland forest in the North of Iran. Journal of Biodiversity and Conservation, 2: 273-283.

Trends in Woody Species Diversity Across Different Age Classes of *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* Plantations in Ghapan Region, East of Golestan

Hossein Ghorbani[1], Ramin Rahmani[2], Alireza Ali Aarb[3] and Asadollah Karimidoost[4]

1 and 3- Graduated M.Sc. Student and Assistant Professor, Forest Sciences Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2- Associate Professor, Forest Sciences Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding author: rahmani@gau.ac.ir)
4- Master of Science in Research Institue, Natural Resources Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research and Education Organization, Gorgan, Iran
Received: March 14, 2018 Accepted: May 14, 2018

Abstract

Forest degradation influences ecosystem sustainability and reduces plant species diversity. Plantations with coniferous trees in degraded ecosystems help the native species to become established and play a major role in preserving and improving plant diversity. This study aims at measuring and comparing the woody species diversity across different age classes of *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* in Ghapan region, East of Golestan. Plantations were classified in the following age classes: <10, 10-20, and 20-30 years old. Then an area of about 5 ha were chosen for every age class and a number of 30 plots (400 m^2) were systematic randomly selected. List of woody species and their density in each sample plot were recorded. Number of woody species was calculated using species richness, expected richness, and Margalef indices; diversity was calculated using Simpson and Shannon-Wiener indices; and evenness was calculated using Camargo and Simpson indices. Analysis of variance showed that the effects of species, age classes, and their interaction were significant. Slicing of interaction effect indicated an outstanding difference of richness, diversity, and evenness indices across the different age classes of *Pinus brutia* plantations. The difference of expected richness and Margalef, Simpson, and Shannon-Wiener indices were not significant across the different age classes of *Cupressus horizontalis* plantations. But, the increasing of species richness and evenness of Camargo and Simpson indices were significant across the age classes of <10 and 10–20 years old. Also, it was showed that *Pinus brutia* plantation is more suitable for establishment and development of woody species than *Cupressus horizontalis* and therefore it is recommended for future plantations at the study region.

Keywords: Diversity, Plantation, Needle leaved, Woody species, Ghapan