نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹٦
http://jwfst.gau.ac.ir

تحلیل الگوی پراکنش و اجتماع‌پذیری درختان گونه‌های آندمیک در مراحل تحولی توده‌های طبیعی پارک جنگلی نور با استفاده از تابع K رایپلی

*علی‌اصغر واحدی[۱]، رضا اخوان[۲] و علیرضا بیژنی‌نژاد[۳]

[۱]دانش‌آموخته دکتری، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
[۲]دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
[۳]اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران، نوشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۲/۲٦

چکیده

سابقه و هدف: تحلیل الگوی مکانی و نحوه اجتماع‌پذیری بین گونه‌ای درختان در مراحل تحولی توده‌های طبیعی مهم‌ترین پیش‌نیاز لازم برای پروژه‌های شبیه‌سازی، احداث و توسعه جنگل محسوب می‌شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با تحلیل الگوی پراکنش درختان گونه‌های آندمیک سفیدپلت و انجیلی و رقابت بین آن‌ها در پارک جنگلی جلگه‌ای نور در صدد ارائه اطلاعات مناسب برای توسعه پایداری، شبیه‌سازی و اجرای جنگل‌شناسی همگام با طبیعت در شرایط غیرحفاظتی است.

مواد و روش: در منطقه مورد مطالعه مراحل مختلف تحولی توده‌های طبیعی شامل مرحله صعود، اوج و تخریب با استفاده از شاخص‌های تعریف شده در سطح یک هکتار از یکدیگر تفکیک شده و مختصات درختان گونه‌های مورد بررسی با استفاده از GPS و روابط مثلثاتی به‌دست آمد. برای ترسیم الگوی پراکنش و نحوه رقابت بین‌گونه‌ای درختان به‌ترتیب از شاخص تک متغیره و دومتغیره رایپلی استفاده شد. در روش رایپلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی به‌عنوان فرض صفر و اثرات متقابل بین گروه‌ها از آزمون مونت‌کارلو استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آماره تک متغیره رایپلی نشان داد که درختان سفیدپلت در مرحله صعودی در فاصله ۱٤– ۹ متری، در مرحله اوج در فواصل بیش از ۷ متری و در مرحله تخریب در فواصل ۳۵– ۸ متری دارای تراکم کپه‌ای و در بقیه موارد دارای پراکنش تصادفی بودند. همچنین نتایج نشان داد که پراکنش درختان انجیلی در مرحله صعودی در تمام فواصل به‌صورت تصادفی، در مرحله اوج در فواصل ۳۹– ۲۰ دارای الگوی کپه‌ای و در بقیه فواصل به‌طور مختلط تصادفی یا کپه‌ای می‌باشد. در مرحله تخریب نیز درختان انجیلی فقط در فواصل ۳۲– ٦ متری به‌طور کامل دارای پراکنش کپه‌ای هستند. در هیچ یک از موارد مذکور الگوی پراکنش منظم از درختان گونه‌های مذکور مشاهده نشد. نتایج حاصل از آماره دو متغیره رایپلی حاکی از آن است که اگر چه در مراحل مختلف تحولی بین درختان

*مسئول مکاتبه: ali.vahedi60@gmail.com

سفیدپلت و انجیلی با در نظر گرفتن ترکیب توده‌ای منطقه، پراکنش درختان گونه‌های همراه و نوع رویشگاه مورد مطالعه، در برخی فواصل ارتباط مستقل وجود دارد ولی در حداکثر فواصل تعریف شده دارای ارتباط جذب هستند.
نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که درختان گونه‌های آندمیک مورد مطالعه در کلیه مراحل تحولی مطابق با شرایط طبیعی منطقه دارای الگوی پراکنش منظم نبودند که تأثیرپذیری پراکنش آن‌ها را در ارتباط با رویدادهای طبیعی را نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که تراکم هر چه بیشتر درختان انجیلی در ارتباط با انبوهی پراکنش درختان سفیدپلت بوده است و نتایج جالب توجه این بود که در کلیه مراحل تحولی در هیچ یک از فواصل موجود رابطه دفع بین درختان گونه‌های مذکور وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: انجیلی، پارک جنگلی نور، رقابت، سفیدپلت

مقدمه

الگوی پراکنش و نحوه اجتماع‌پذیری درختان گونه‌های مختلف ارتباط مستقیمی با تغییرات دینامیک و روابط بین گونه‌ای درختان در بوم‌سازگان‌های طبیعی جنگل دارد (۱۱). در واقع، تحلیل الگوی مکانی و نحوه اجتماع‌پذیری درختان بین گونه‌ای در جنگل‌های طبیعی اطلاعات مناسبی در ارتباط با پروسه‌های مختلف اکولوژیک از جمله روند رویش، تولیدات زی‌توده، رقابت و مرگ و میر برای شبیه‌سازی، احداث و توسعه جنگل‌ها در اختیار قرار می‌دهد (۸). تحلیل الگوی پراکنش درختان یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های ارزیابی و پیش‌بینی ویژگی‌های آتی جنگل‌ها بوده که در ارتباط تنگاتنگ با رقابت، کانون زادآوری و پراکندگی درختان در بوم‌سازگان‌های طبیعی جنگل می‌باشد (۸). با استفاده از تحلیل‌های الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری، توزیع مکانی درختان هر یک از گونه‌های مختلف، ویژگی آشیان‌های اکولوژیکی و فیزیولوژیکی و سهم عوامل مختلف رویشگاهی در ارتباط با الگوی پراکنش و نحوه اجتماع‌پذیری درختان شناسایی خواهد شد (۹ و ۱۱). در این میان با تغییرات مراحل تحولی جنگل کلیه ویژگی‌های دینامیکی توده‌های طبیعی و به تبع آن الگوی پراکنش و اجتماع‌پذیری بین درختان دستخوش تغییراتی می‌شود. مراحل تحولی جنگل اعم از مرحله صعودی[1]، بلوغ یا اوج[2] و تخریب[3] با فازهای تحولی مختلف بیانگر روند طبیعی توده‌های بوم‌سازگان طبیعی جنگل هستند که البته تحت تأثیر آشفتگی‌های مختلف در مقیاس کوچک یا بزرگ می‌توانند دارای ویژگی‌های متفاوت باشند. توزیع مکانی و اجتماع‌پذیری درختان در قالب رقابت تأثیرات بارزی روی دینامیک جمعیت، زنده‌مانی و همزیستی بین گونه‌های مختلف درختان دارد (۷). بنابراین در هر یک از مراحل تحولی با توجه به رویدادها و وقایع طبیعی و غیرطبیعی در قالب آشفتگی، پراکنش و رقابت بین گونه‌های مختلف درختان تغییر می‌یابد که مطالعه این تغییرات در هر مرحله مذکور می‌تواند الگوی مناسبی را برای شبیه‌سازی حد پایدار جنگل‌ها برای مدیریت بهینه و توسعه اصولی در اختیار مدیران اجرایی جنگل قرار دهد.

پارک جنگلی نور یکی از بزرگترین جنگل‌های طبیعی جلگه‌ای در کرانه دریای مازندران محسوب

1- Initial
2- Optimal
3- Decay

شده که بنا به گزارش‌های موجود در سازمان‌های اجرایی منابع طبیعی تا ٤٠ سال اخیر به‌عنوان عرصه‌های حفاظتی و دست‌نخورده و در برخی مناطق تحت کاربری‌های تفریحی و تفرج‌گاهی باقی مانده است. حضور درختان نادر و در حال انقراض از جمله درختان گونه سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm) به‌همراه درختان انجیلی (*Parrotia persica* CA May) به‌عنوان مهم‌ترین گونه‌های آندمیک شمال کشور معرفی شده که به‌صورت طبیعی در رویشگاه‌های پارک جنگلی نور دارای پراکنش وسیع بوده و از این‌رو اهمیت اکولوژیکی و حفاظتی جنگل مورد مطالعه بیش از پیش نشان داده می‌شود. با توجه به ذخیره‌گاهی بودن رویشگاه‌های درختان سفیدپلت در جنگل مذکور و پراکنش وسیع درختان انجیلی به‌همراه آن، تحلیل الگوی مکانی و نحوه اجتماع‌پذیری این درختان می‌تواند اطلاعات بسیار مناسبی در راستای ساختار افقی، رقابت و در نهایت شبیه‌سازی حدپایدار جنگل مورد مطالعه با حضور گونه‌های مذکور در اختیار مدیران اجرایی قرار دهد. از آن‌جایی که در رویشگاه‌های طبیعی با حداقل دست‌خوردگی چرخه طبیعی مراحل تحولی بر اساس مبانی جنگل‌شناسی نوین دور از انتظار نیست، از این‌رو مطالعه و تحلیل توزیع مکانی و اجتماع‌پذیری درختان گونه‌های مورد اشاره در قالب رقابت‌های اکولوژیکی در هر یک از مراحل تحولی می‌تواند تغییرات دینامیکی پراکنش هر یک از گونه‌ها و رقابت بین‌گونه‌ای و تأثیرگذاری آن‌ها بر روی الگوی پراکنش را به‌طور وضوح نشان دهد. در رابطه با تفکیک مراحل تحولی، تحلیل‌های مختلف الگوی پراکنش و اجتماع‌پذیری درختان در زیست‌بوم‌های مختلف مطالعات زیادی صورت گرفته است که در این راستا می‌توان به پژوهش‌های اخوان و همکاران (۲۰۱۰) و (۲۰۱۲)، اخوان و ثاقب‌طالبی (۲۰۱۲)، گری و هی (۲۰۰۹)، لیدو و همکاران (۲۰۱۲)، کرال و همکاران (۲۰۱٤)، گنت و همکاران (۲۰۱٤)، پتریتان و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد (۳، ۲، ۱، ۷، ۱۱، ۱۰، ٦ و ۱۷) که در تمام موارد برای تشریح تحلیل الگوی مکانی و نحوه اجتماع‌پذیری درختان از شاخص K رایپلی استفاده کردند. در پژوهش حاضر نیز از شاخص K رایپلی برای نشان دادن وضعیت الگوی پراکنش گونه‌های آندمیک مزبور و نحوه اجتماع‌پذیری آنها استفاده شد. با استفاده از شاخص مذکور، الگوی پراکنش و اجتماع‌پذیری درختان در قالب رقابت درون‌گونه‌ای یا برون‌گونه‌ای ترسیم می‌شود. در واقع، با استفاده از معیارهای تحلیلی تعریف شده در رابطه با کاربرد شاخص K رایپلی مبتنی بر واریانس تمامی فاصله‌های درختان از یکدیگر و تعداد درختان موجود در داخل دوایر با شعاع r در اطراف نقاط مرکزی با ماهیت تجمعی الگوی پراکنش درختان مشخص می‌شود (۲).

با استناد به این نکته که الگوی پراکنش و روند اجتماع‌پذیری درختان در مراحل تحولی توده‌های طبیعی و دست‌نخورده دارای تفاوت بارزی است و با این استدلال که تغییرات الگوی پراکنش گونه‌های اصلی درختان در هر مرحله از چرخه تحولی منجر به تغییرات پراکنش و نحوه رقابت بین درختان در مرحله آتی می‌شود (۲)، پژوهش حاضر در پی این است که الگوی پراکنش درختان سفیدپلت و انجیلی در هر یک از مراحل تحولی چگونه بوده و همچنین آیا پراکنش درختان سفیدپلت و انجیلی در مجموع دارای اثرات متقابل هستند یا خیر؟ از این‌رو بر مبنای خروجی‌های حاصل از این تحقیق می‌توان عنوان کرد که پراکنش درختان سفیدپلت و انجیلی در کنار هم بر اساس الگوهای تعریف شده دارای همزیستی مثبت هست یا خیر تا از این طریق بتوان برای شبیه‌سازی و یا توسعه

این نوع جنگل‌ها در شرایط غیر حفاظتی و در برنامه‌های اجرایی گامی مؤثر برداشت.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق: جنگل مورد مطالعه در استان مازندران در منطقه تمیشان نور واقع می‌باشد. مساحت پارک جنگلی حدود ۳٦۰۰ هکتار بین ′۸ °۵۲ تا ′۲ °۵۳ طول شرقی و ′۳۲ °۳٦ تا ′۳٦ °۳٦ عرض شمالی واقع می‌باشد. اکثر رویشگاه‌های آن به‌طور پیوسته به صورت جلگه‌ای و پست در ارتفاع پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار گرفته‌اند. خاک پارک از نوع آبرفتی و حاصل رسوبات ریزبافت تجمع‌یافته در قسمت مسطح کناره دریای مازندران قرار گرفته و از نظر عمق جزء خاک‌های عمیق تا نیمه‌عمیق هست (۲۰). بافت خاک، لومی‌رسی است که زهکشی آن به‌علت سنگین بودن بافت خاک و خلل و فرج کم به کندی صورت می‌گیرد (۲۰). محدوده مورد مطالعه بخشی از رویشگاه حفاظتی و ذخیره‌گاهی درختان گونه سفیدپلت در عمق پارک جنگلی نور می‌باشد که جزء لکه‌های طبیعی با حداقل دست‌نخوردگی محسوب می‌شوند. میانگین بارندگی سالیانه منطقه، ۱۰۹۷ میلی‌متر، میانگین کمترین درجه حرارت سردترین ماه سال (دی)، ۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بیشترین درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال (خرداد)، ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

روش پژوهش

برای انجام پژهش حاضر در مرحله اول با استفاده از جنگل‌گردشی وسیع در منطقه مورد مطالعه مراحل مختلف تحولی توده‌های طبیعی در محدوده مورد مطالعه شامل مرحله صعود، اوج و تخریب از یکدیگر تفکیک شدند. اطلاعات موردنیاز برای هر یک از مراحل تحولی در سه قطعه نمونه مجزا که سطح هر قطعه یک هکتار بود، جمع‌آوری شد (۱، ۲، ۳ و ٤). برای تفکیک هریک از مراحل مورد اشاره از شاخص‌های تعریف شده در این زمینه استفاده شد. در واقع از شاخص‌های زیست‌فیزیکی و بیولوژیکی اعم از تراکم درختان در کلاسه‌های قطری مختلف، حجم درختان، حفره‌های تشکیل شده و سهم هر یک از حفره‌های تشکیل شده در هر یک از قطعات، باز یا بسته بودن حفره‌های تاج‌پوشش، رقابت نوری، میزان نور رسیده یا سایه بودن کف جنگل، میزان زادآوری و میزان درختان خشکه‌دار در هر یک از قطعات نمونه برای تفکیک هر یک از مراحل تحولی مذکور در جنگل مورد مطالعه استفاده شد (۳، ۲، ۱ و ۱۳). لازم به ذکر است که در این رابطه موزاییک‌های طبیعی از هر یک از مراحل تحولی مذکور در سطح کمتر از یک هکتار در محدوده‌های مورد مطالعه نیز مشاهده شد که در روند بررسی قرار نگرفت. پس از پیاده‌سازی قطعات و تعیین محدوده قطعات، مختصات گوشه جنوب غربی این قطعات با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) برداشت و ثبت شد. با توجه به انبوهی پراکنش درختان جنگل‌های شمال در فواصل کم و با استناد به این‌که دستگاه موقعیت‌یاب در بهترین حالت حداقل دارای ۵± متر خطا می‌باشد، مختصات دیگر درختان سفید پلت و درختان انجیلی در سطح قطعات نسبت به ایستگاه تعیین شده در حاشیه جنوب غربی با استفاده از رابطه فاصله و آزیموت و در نهایت از طریق روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ تبدیل شد (۱، ۱۵ و ۱٦). برای تعیین آزیموت از قطب‌نما و تعیین فواصل از دستگاه مسافت‌یاب لیزری لایکا[1] استفاده شد. در هر قطعه، قطر برابرسینه درختان گونه‌های مورد مطالعه به‌طور صددرصد پس از ثبت مختصات مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

1- Leika

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر، پیش از تحلیل الگوی مکانی درختان، توزیع آماری درختان مورد مطالعه در قطعات نمونه بررسی ارزیابی و نیکویی برازش توزیع پوآسن همگن بر توزیع آن‌ها با استفاده از آزمون کولوموگرف- اسمیرنوف بررسی شد. برای ترسیم الگوی پراکنش درختان سفیدپلت و انجیلی از تابع تک متغیره K رایپلی و برای نمایش اثرات متقابل (اجتماع‌پذیری) گونه‌های مذکور از تابع K رایپلی دو متغیره استفاده شد. تابع K رایپلی برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص به‌صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود. ولی با توجه به اینکه به‌جای آن از شکل اصلاح شده آن یعنی تابع L استفاده می‌شود که شکل خطی K بوده و نیز واریانس آن را نیز تثبیت می‌کند (۱، ۲، ۳، ۱۱ و ۱۸):

$$K_r = \frac{\overline{n}_r}{\rho} \xrightarrow{Linearized} L_r = \sqrt{\frac{K_r}{\pi}} - r \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، $\overline{n}_{(r)}$ میانگین تعداد درختان همسایه‌ای هست که به شعاع r از یک درخت قرار گرفته و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح است) درختان می‌باشد. برای نمایش K رایپلی دو متغیره و به تبع آن L دو متغیره از توابع K_{12} و شکل اصلاح شده آن یعنی تابع L_{12} برای نمایش اثرات متقابل بین گونه‌های مختلف درختان استفاده می‌شود که در این رابطه فواصل میان گونه‌های مختلف درختی در یک نقشه توزیع در نظر گرفته شده و مقدار آن نیز به تعداد همسایه‌های مورد انتظار گونه یا گروه ۲ در دایره‌ای به شعاع r و به مرکزیت گونه یا گروه ۱ در جنگل مورد مطالعه بستگی دارد (۲ و ۳). در روش رایپلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی به‌عنوان فرض صفر و اثرات متقابل بین گروه‌ها (گونه‌های مختلف درختان) از آزمون مونت‌کارلو استفاده شد. در این رابطه اگر الگوی پراکنش بالاتر و یا پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو مشاهده شد الگو به‌ترتیب به‌صورت کپه‌ای و نامنظم می‌باشد. در همین راستا با استفاده از تابع دو متغیره اگر اثرات اجتماع‌پذیری بین درختان گونه‌های مختلف در محدوده مونت‌کارلو مشاهده شود، در این‌صورت ارتباط بی‌اثر یا مستقل و اگر چنانچه اثرات متقابل در محدوده بالاتر و یا پایین‌تر از محدوده مونت‌کارلو باشد در این‌صورت اثرات اجتماع‌پذیری درختان به‌ترتیب به‌صورت جذب و یا دفع می‌باشد (۷، ۲، ۳ و ٦). برای اجرای تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار Programita 2010 در رابطه با کاربرد تابع رایپلی، مقادیر شعاع دوایر برابر با نصف طول ضلع هر یک از قطعات پیاده شده در عرصه (۵۰ m = r) انتخاب شد (۲ و ۱). البته انتظار می‌رود که اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به حداقل خود برسد (۱۹ و ۲). از آن‌جایی که درختان انجیلی به‌عنوان درختان اشکوب تحتانی محسوب شده و درختان سفیدپلت در رویشگاه مورد مطالعه به‌عنوان گونه اصلی و غالب مطرح است، در این‌راستا در تحلیل اثرات متقابل مشخصات تحلیلی درختان انجیلی به‌عنوان متغیر و مشخصات درختان سفیدپلت در قالب گروه اول ثابت در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه حدود مونت‌کارلو حدود ۹۹ بار شبیه‌سازی الگوی مکانی با استفاده از نرم‌افزار Programita 2010 صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ کلیه مشخصات توده‌های آمیخته سفیدپلت را در هر یک از مراحل تحولی نشان می‌دهد. در هر یک از مراحل تحولی کلیه ویژگی‌های زیست‌فیزیکی درختان سفیدپلت، انجیلی و سایر گونه‌های همراه به تفکیک نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول نشان داده می‌شود در مرحله

اوج، از درختان سفیدپلت و انجیلی مقادیر زادآوری مشاهده نشد و میزان زادآوری سایر گونه‌ها نیز به‌مراتب کمتر بود. درختان سایر گونه‌های موجود در کلیه قطعات با فراوانی مختلف شامل بلوط (*Quercus castaneifolia* CA May.)، توسکای قشلاقی (*Alnus glatinosa* L.)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، افراپلت (*Acer velutinum* Bioss.)، خرمندی (*Diospyros lotus* L.)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.)، انجیر (*Ficus carica* L.) و اوجا (*Ulmus minor* subsp. Minor) بودند. درصد زادآوری در هر مرحله به‌صورت ذهنی[1] پس از مشاهدات صورت گرفته ارائه شده است (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین ارتفاع درختان گونه سفیدپلت و انجیلی و سایر گونه‌ها در مرحله صعودی نسبت به سایر مراحل دیگر کمتر بود.

جدول ۱- ویژگی‌های کمی اندازه‌گیری شده در مراحل مختلف تحولی.

Table 1. Quantitative features of measurements in the different development stages.

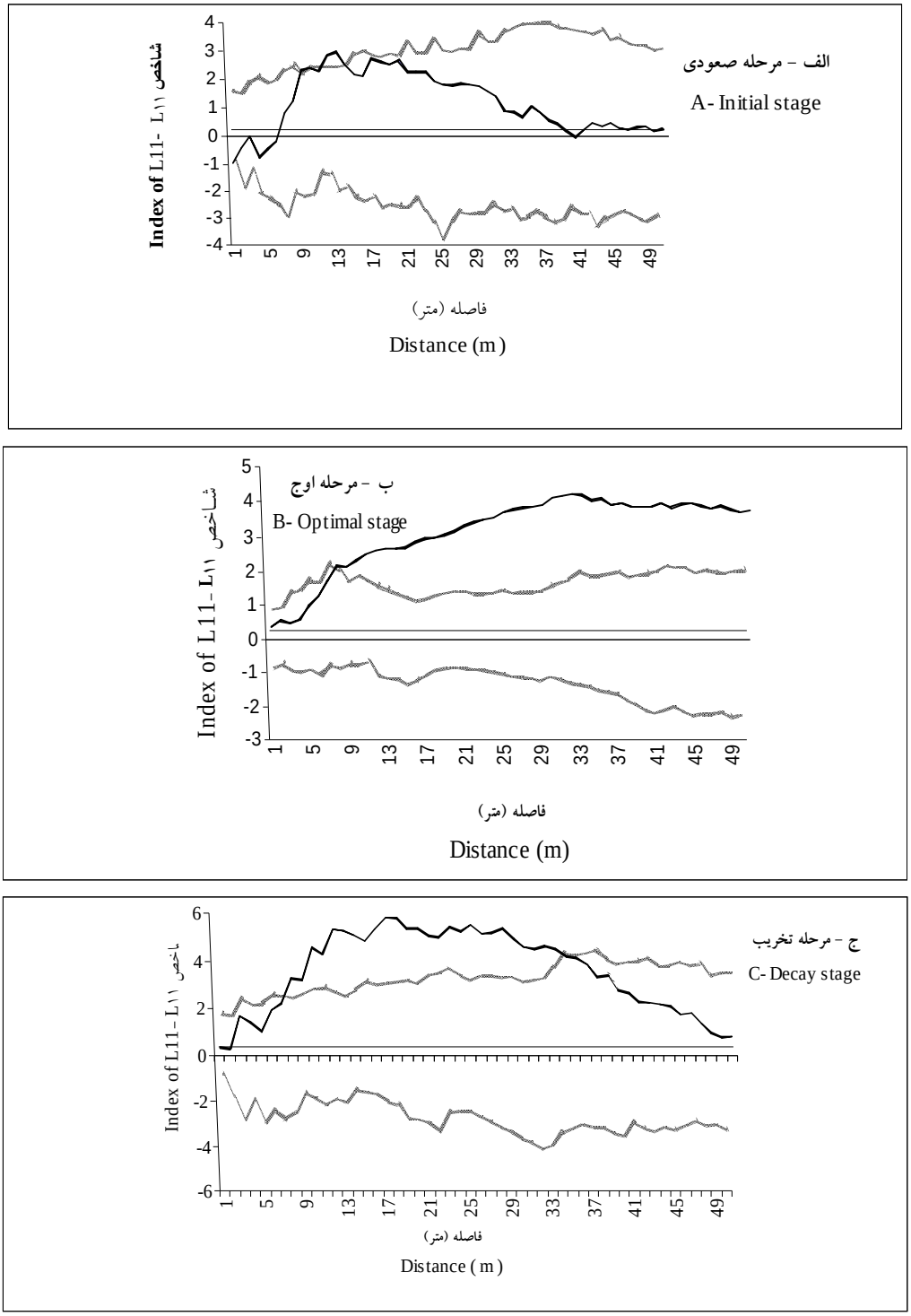
مرحله تخریب Decay stage			مرحله اوج Optimal stage			مرحله صعودی Initial stage			
سایر گونه‌ها Other species	انجیلی Ironwood	سفیدپلت Caspian Poplar	سایر گونه‌ها Other species	انجیلی Ironwood	سفیدپلت Caspian Poplar	سایر گونه‌ها Other species	انجیلی Ironwood	سفیدپلت Caspian Poplar	
88	17	35	112	35	79	130	35	36	تعداد پایه‌های درختان (فراوانی مطلق) Absolute frequency
63 %	12 %	25 %	49 %	16 %	35 %	65 %	17 %	18 %	درصد فراوانی Frequency %
15 %	20 %	5 %	5 %	0	0	45 %	40 %	15 %	درصد زادآوری Regeneration %
12	3	5	1	0	0	6	2	2	تعداد خشکه‌دار Number of dead woods
10	10	35	15.5	10.5	35	7.5	7.5	28.5	حداقل قطر برابرسینه (سانتی‌متر) Minimum DBH (cm)
123	80	178.7	93.5	30	98.3	60.6	45	170	حداکثر قطر برابرسینه (سانتی‌متر) Maximum DBH (cm)
68.5	54.3	77.8	58.5	23.7	54.5	35.3	28.5	77.5	میانگین قطر برابرسینه (سانتی‌متر) Mean of DBH (cm)
9.8	11.5	32.5	21	11.5	29.5	11.3	5.5	28	حداقل ارتفاع (متر) Minimum height (m)
34.7	23	39.5	35	21	43.6	18.2	17	36	حداکثر ارتفاع (متر) Maximum height (m)
23.3	16.8	36.3	28.6	16.2	37.8	15.4	12.6	33.7	میانگین ارتفاع (متر) Mean of height (m)

1- Subjective

در رابطه با تفکیک مراحل تحولی در جنگل‌های شمال کشور مطالعات مختلفی صورت گرفته است (۲، ۳، ۱۳ و ٤) که البته کلیه مطالعات مزبور مربوط به راشستان‌های شمال کشور با ترکیب و ساختار مختلف بوده است. در جنگل جلگه‌ای مورد مطالعه، تفکیک مراحل تحولی در محدوده‌های مدنظر بر مبنای کلیه شاخص‌های تعریف شده صورت گرفته است ولی با توجه به ترکیب جنگل مذکور، تنوع و ساختار موجود بر خلاف راشستان‌های خالص شمال کشور ساختار عمودی تک اشکوبه مشاهده نشد. اگر چه در مرحله اوج در موزاییک یک هکتاری مربوط به مرحله اوج تاج پوشش بسته، درصد زادآوری و تعداد خشکه‌دار بسیار کم و همچنین میانگین ارتفاع درختان نیز بیشتر از ارتفاع درختان در دیگر موزاییک‌های تفکیک شده بود (جدول ۱)، ولی عملاً ساختار تک اشکوبه به‌دلیل ترکیب مختلف و آمیختگی زیاد گونه‌های مختلف درختان در این مرحله مشاهده نشد. نتایج جدول ۱ نشان داد که کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در مراحل صعودی و تخریب دارای ویژگی‌های بارز خودشان هستند ولی آنچه که واضح بود این‌است که زادآوری درختان سفیدپلت دارای مقادیر بسیار کمی در کلیه مراحل تحولی بود که البته این مبحث نیاز به مطالعات مجزا و گسترده دارد. از این‌رو در ارتباط با این موارد تعیین و تحلیل الگوی مکانی درختان سفیدپلت می‌تواند در ارتباط با کلیه معزلات و کاستی‌های موجود در جنگل مفید واقع شود.

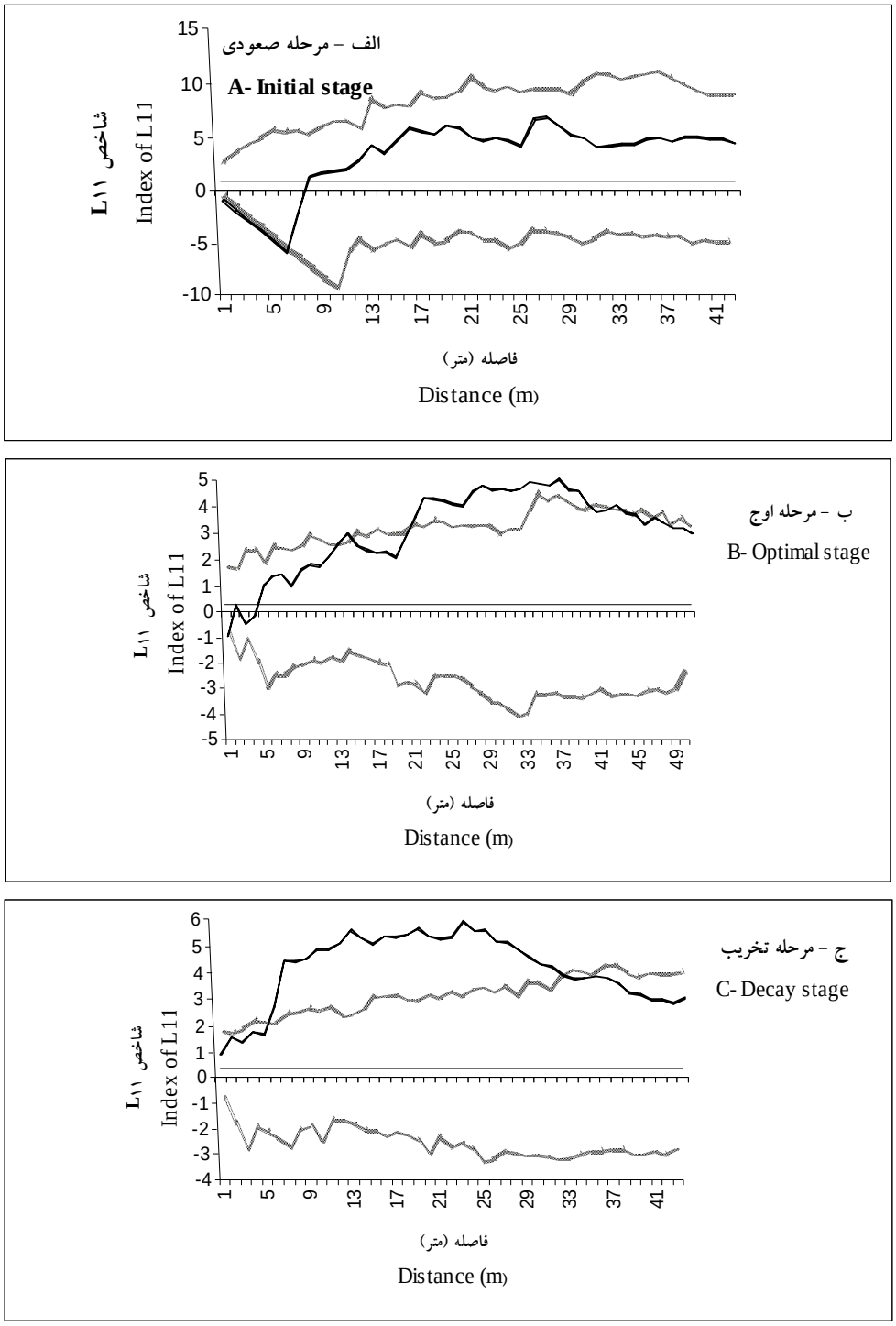
شکل ۱ نتایج آماره تک متغیره کای راپیلی در رابطه با الگوی پراکنش درختان سفیدپلت را در هر یک از مراحل تحولی نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش درختان گونه مذکور در مرحله صعودی تقریباً در فواصل ١٤- ۹ متر به‌صورت کپه‌ای و در بقیه موارد تا فاصله ۵۰ متری به‌صورت تصادفی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که در مرحله اوج الگوی پراکنش درختان سفیدپلت تا فاصله ۷ متری به‌صورت تصادفی بوده و در بقیه فواصل مدنظر دارای پراکنش کپه‌ای می‌باشد (شکل ۱). در مرحله تخریب درختان سفیدپلت در فواصل ۳۵- ۸ متر دارای الگوی پراکنش کپه‌ای و در بقیه فواصل دارای پراکنش تصادفی هستند (شکل ۱).

با توجه به پراکنش طبیعی درختان سفیدپلت با دیگر گونه آندمیک (انجیلی) در جنگل مورد مطالعه، در شکل ۲ نتایج آماره K راپیلی تک متغیره در رابطه با الگوی پراکنش درختان انجیلی در هریک از مراحل تحولی نشان داده شده است. نتایج نشان داد که پراکنش درختان انجیلی در مرحله صعودی در تمام فواصل به‌صورت تصادفی است. در مرحله اوج در فواصل ۳۹- ۲۰ الگوی پراکنش درختان گونه مذکور کپه‌ای و در بقیه فواصل به‌طور مختلط تصادفی یا کپه‌ای می‌باشد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که در مرحله تخریب درختان انجیلی در فواصل ۳۲- ٦ متری به‌طور کامل دارای پراکنش کپه‌ای هستند.



شکل ۱- وضعیت پراکنش و الگوی مکانی درختان سفیدپلت در مراحل مختلف تحولی جنگل.

Figure 1. The distribution and spatial pattern of Caspian poplar in the different development stages.



شکل ۲- وضعیت پراکنش و الگوی مکانی درختان انجیلی در مراحل مختلف تحولی جنگل.

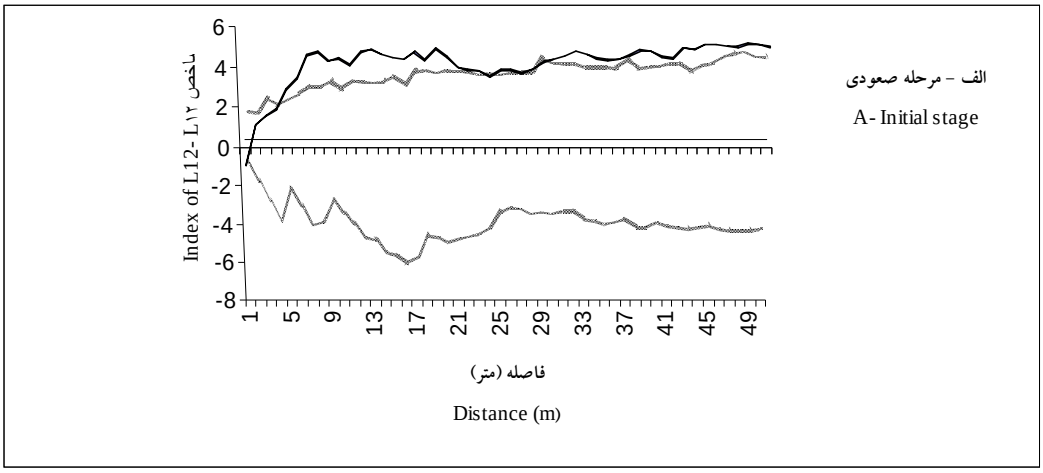
Figure 2. The distribution and spatial pattern of Ironwood in the different development stages.

همان‌طور که در نتایج تحلیلی آماره تک متغیره رایپلی مشاهده می‌شود درختان سفیدپلت و انجیلی در جنگل مورد مطالعه در هر یک از مراحل تحولی مدنظر در هیچ یک از فواصل و محدوده‌های تعریف شده دارای الگوی منظم نبودند و در این خصوص پراکنش آنها فقط از الگوهای تصادفی و کپه‌ای تابعیت

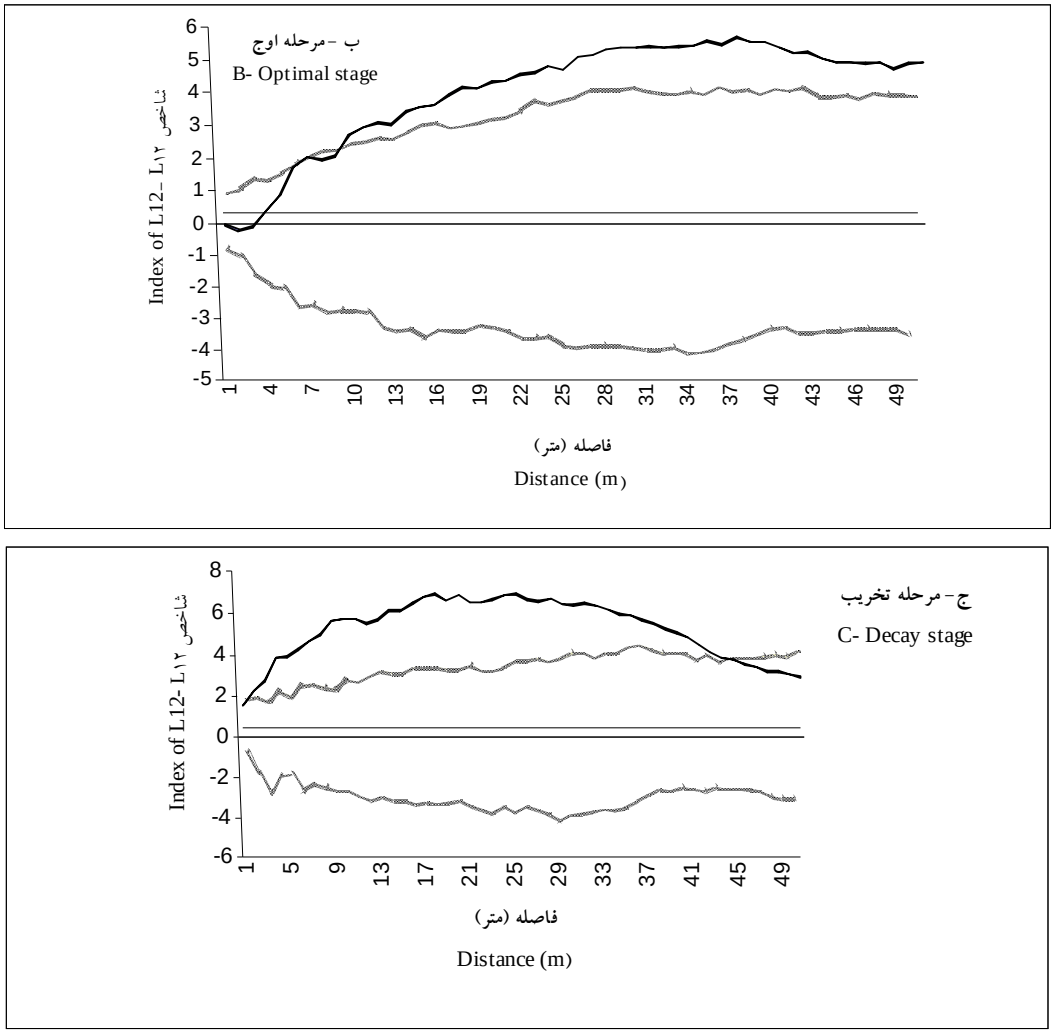
داشته است. البته مطالعات مختلفی اذعان کردند که الگوی پراکنش درختان در هر مرحله می‌تواند منشأ تغییرات اساسی در نحوه پراکنش همان درختان در دیگر مراحل تحولی محسوب شود (۱۲، ۱ و ۱۷). البته ناگفته نماند که هر یک از رویدادهای طبیعی از جمله رژیم‌های آشفتگی در مقیاس‌های مختلف در هر یک از مراحل تحولی جنگل می‌تواند بر روی پراکنش درختان تأثیرات بارزی داشته باشد. در این مورد می‌توان ایجاد حفره‌های گسترده بر اساس روند طبیعی در مرحله تخریب (۳) و یا رخداد رژیم‌های آشفتگی از جمله باد، طوفان و ایجاد حفره در مرحله اوج را به‌عنوان مثال بارزی نام برد که منجر به تغییرات اساسی در الگوی آتی پراکنش درختان در کلیه مراحل تحولی می‌شود.

در شکل ۳ نتایج حاصل از آماره K رایپلی دو متغیره در رابطه با نحوه اجتماع‌پذیری بین گونه‌ای نشان داد که در مرحله صعودی در فواصل ابتدایی تا ٤ متری الگوی پراکنش درختان انجیلی مستقل از پراکنش درختان سفیدپلت بوده ولی در بقیه فواصل (۵۰- ٤ متری) بین درختان گونه‌های مذکور الگوی جذب وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که در مرحله اوج بین پراکنش درختان سفیدپلت و انجیلی نیز از فاصله ۱۰ تا ۵۰ متری الگوی جذب وجود دارد (شکل ۳). هچنین جالب توجه است که در مرحله تخریب اجتماع‌پذیری بین درختان دو گونه مذکور در فواصل ٤٤- ۲ متری دارای الگوی جذب بوده و در بقیه فواصل (فاصله‌های بسیار نزدیک یا دور) دارای الگوی مستقل از هستند (شکل ۳). نتایج به‌دست آمده در واقع نشان می‌دهد که در اکثر فواصل حیطه مدنظر در هر یک از مراحل تحولی بین درختان سفیدپلت و انجیلی روند جذب وجود دارد که حاکی از آن‌است که پراکنش درختان انجیلی به‌عنوان درختان زیراشکوب در سایه درختان غالب سفیدپلت دارای تراکم قابل ملاحظه‌ای هستند. در مرحله اوج همان طور که مشاهده شد پراکنش درختان انجیلی در فواصل خیلی نزدیک به درختان سفیدپلت (تا فواصل ۱۰ متری) مستقل از پراکنش و تراکم درختان سفیدپلت هستند ولی در فواصل دورتر، انبوهی پراکنش درختان انجیلی مرتبط با تراکم هر چه بیشتر درختان سفیدپلت هستند. البته در رابطه با تحلیل اجتماع‌پذیری و الگوی مکانی درختان در شرایط طبیعی و دست‌نخورده جنگل مباحث مختلفی عنوان شده که در برخی موارد نحوه زادآوری، کانون پراکندگی زادآوری و سبک یا سنگین بودن بذور درختان گونه‌های مختلف مدنظر قرار گرفته است (۱۵ و ۱٦) که می‌توانند استدلال مناسبی در زمینه نحوه رقابت درختان در شرایط طبیعی بوم‌سازگان‌های طبیعی جنگل مطرح شوند. نکته قابل ملاحظه در رابطه با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر در خصوص نحوه اجتماع‌پذیری درختان گونه‌های مورد مطالعه حاکی از آن بود که بین درختان گونه‌های مذکور در هر یک از مراحل تحولی مذکور روند دفع وجود نداشت که نشان‌دهنده قابلیت اجتماع‌پذیری درختان سفیدپلت و انجیلی در شرایط طبیعی جنگل جلگه‌ای مورد مطالعه است. با توجه به اهمیت تحلیل اجتماع‌پذیری بین درختان گونه‌های آندمیک مورد مطالعه در جنگل مورد مطالعه با توجه با حاکم بودن شرایط طبیعی در منطقه، باید متذکر شد که در این رابطه کلیه عوامل بیوتیکی و غیربیوتیکی نیز در رابطه با نحوه اجتماع‌پذیری درختان مذکور باید مورد احتساب قرار گیرد تا در این زمینه نتایج جامع با حداقل عدم قطعیت حاصل شود (۱٤ و ۱۵). برخی از مطالعات نیز اذعان دارند اگر چه درختان درون‌گونه‌ای یا بین‌گونه‌ای در قالب اجتماع گیاهی دارای تأثیرات مختلف بر یکدیگر هستند ولی برآیند اجتماع‌پذیری درختان در توده‌های طبیعی با ترکیب گونه‌ای

مشخص و غالب قابلیت کاربرد در رویشگاه‌های مشابه با ترکیب گونه‌ای شبیه به هم را دارد (۱۲ و ۱۵). باید متذکر شد که تحلیل الگوی مکانی و روند اجتماع‌پذیری درختان یکی از روش‌های مؤثر و کارساز برای آشکار ساختن فرآیندهای اساسی موجود در بوم‌سازگان‌های طبیعی جنگل است. البته در این رابطه باید کلیه متغیرهای عامل در رابطه با نحوه پراکنش و اجتماع‌پذیری درختان مشخص شود چرا که فرآیندهای متفاوتی در بوم‌سازگان‌های پیچیده‌ای همچون جنگل‌ها وجود دارند که ممکن هستند عامل اصلی برای الگوی مکانی مشابه (در هر یک از مراحل تحولی) در شرایط رویشگاهی مختلف جنگل‌ها محسوب شوند (۱۵). در این خصوص کلیه عوامل بیوتیکی و غیربیوتیکی، ناهمگنی رویشگاه، خرداقلیم (میکروکلیما)، توزیع عناصر غذایی خاک و کلیه فرآیندهای اکولوژیکی را می‌توان نام برد که می‌توانند به عنوان متغیرهای عامل در ارتباط با الگوی مکانی پراکنش و روند پویایی درختان در بوم‌سازگان‌های جنگلی نقش بسزایی داشته باشند. گنت و همکاران (۲۰۱٤) در مطالعات خود گزارش دادند که انواع اجتماع‌پذیری اعم از رقابت حاشیه‌ای[1] و رقابت عرضی[2] ناشی از نحوه دسترسی درختان به منابع غذایی، آب، نیازهای اکولوژیکی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و در نهایت شرایط رویشگاهی می‌تواند در نحوه اجتماع پذیری بین درختان درون‌گونه‌ای و یا برون گونه‌ای تأثیرات بارزی داشته باشد (٦).



1- Marginal competitive
2- Cross competitive



شکل ۳- وضعیت اجتماع‌پذیری درختان بین‌گونه‌ای (سفیدپلت و انجیلی) در مراحل مختلف تحولی جنگل.

Figure 3. Associations of interspecies trees (Caspian poplar and Ironwood) in the different development stages.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر اگر چه نحوه پراکنش و روند اجتماع‌پذیری درختان سفیدپلت و انجیلی در پارک جنگلی نور بر مبنای تحلیل آماری شاخص رایپلی تشریح شد ولی نشان داه نشد که در واقع چه عوامل اصلی در نحوه پراکنش و رقابت‌پذیری درختان تأثیرگذار هستند. با شناسایی عوامل تأثیرگذار در الگوی پراکنش و روند فعلی پویایی درختان سفیدپلت و انجیلی در عرصه مورد مطالعه و با استفاده از ارزیابی وضعیت پایداری موجود در رویشگاه مذکور می‌توان یک شبیه‌سازی اصولی و پایدار را با قاطعیت بیشتری در یک رویشگاهی مجزا با داشتن خصوصیاتی مشابه اجرایی کرد. نکته حائز اهمیت به‌عنوان پیش‌زمینه اصلی مطالعات بلندمدت و پایش بهینه روند پویایی و تغییرات الگوی مکانی درختان گونه‌های مورد مطالعه در هر یک از مراحل تحولی است که به‌تبع هر یک از همین مراحل نیز در چرخه طبیعی بر اساس بسیاری از پارامترهای محیطی و رویشگاهی دستخوش تغییرات عدیده‌ای می‌شوند. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند قابل توجه در راستای توسعه مدیریت سبز[1] درختان مادری همچون درختان سفیدپلت که در شرایط بحرانی و انقراض قرار دارند

محسوب شود. در واقع خروجی‌های حاصل از پژوهش حاضر و راهکارهای ارائه شده، قابلیت استفاده در برنامه‌ریزی‌های اجرایی برای افزایش سطح رویشگاه‌های درختان سفیدپلت در مناطق جلگه‌ای شمال کشور را دارد که البته کلیه شاخص‌های تأثیرگذار در این زمینه اعم از عوامل زیستی و غیرزیستی نیز باید مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای دکتر اسداله متاجی از دانشگاه علوم و تحقیقات تهران برای مطالعه و ارائه نقطه نظرات ارزنده در روند تدوین و تحلیل مقاله حاضر، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع

1-Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K.H., Zenner, E.K., and Safavimanesh, F. 2014. Spatial patterns in different forest development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. Eur J. Forest Res. 131: 1355–1366. (In Persian)

2-Akhavan, R., and Sagheb-Talebi, K.H. 2012. Application of bivariate Ripley's K- function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 4: 632-644. (In Persian)

3-Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K.H., Hassani, M., and Parhizkar, P. 2010. Spatial patterns in untouched beech (Fagus orientalis Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2: 322 – 336. (In Persian)

4-Alijani, V., Sagheb-Talebi, K.H., and Akhavan, R. 2014. Quantifying structure of intact beech (Fagus orientalis Lipsky) stands at different development stages (Case study: Kelardasht area, Mazandaran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 3: 396- 410. (In Persian)

5-Fatemi Talab, S.R., Mataji, A., and Babai Kafaki, S. 2012. Determination of stand dynamic and its relationship with understory biodiversity in managed and unmanaged stands of Beech forests (Case study: Safarud forest). Iranian Journal of Forest. 3: 277- 287. (In Persian)

6-Genet, A., Grabarnik, P., Sekretenko, O., and Pothier, D. 2014. Incorporating the mechanisms underlying inter-tree competition into a random point process model to improve spatial tree pattern analysis in forestry. Ecological Modelling. 288: 143–154.

7-Gray, L., and He, F. 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management. 259: 98–106.

8-Janík, D., Král, K., Adam, D., Hort, L., Samonil, P., Unar, P., and Vrska, T. 2016. Tree spatial patterns of Fagus sylvatica expansion over 37 years. Forest Ecology and Management. 375: 134–145.

9-Kneitel, J.M., and Chase, J.M. 2004. Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. Ecology Letters. 7: 69-80.

10-Kral, K., McMahon, S.M., Janík, D., Adam, D., and Vrška, T. 2014. Patch mosaic of developmental stages in central European natural forests along vegetation gradient. Forest Ecology and Management. 330: 17–28.

11-Ledo, A., Montes, F., and Condés, S. 2012. Different spatial organisation strategies of woody plant species in a montane cloud forest. Acta Oecologica. 38: 49-57.

12-Martinez, I., Wiegand, T., Gonzalez-Taboada, F., and Obeso, J.R. 2010. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in Northwestern Spain. For. Ecol. Manage. 260: 456–465.

1- Green- tree management

13-Mataji, A., and Sagheb–Talebi, K.H. 2007. Development stages and dynamic of two oriental beech (Fagus orientalis) communities at natural forests of Kheiroudkenar-Noshahr. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 4: 398- 416. (In Persian)

14-McIntire, E.J.B., and Fajardo, A. 2009. Beyond description: the active and effective way to infer processes from spatial patterns. Ecology. 90: 46–56.

15-Miao, N., Liu, L., Yu, H., Shi, Z., Moermond, T., and Liu, Y. 2014. Spatial analysis of remnant tree effects in a secondary Abies-Betula forest on the eastern edge of the Qinghai–Tibetan Plateau, China. Forest Ecology and Management. 313: 104–111.

16-Omidvar-Hosseini, F., Akhavan, R., Kia-Daliri, H., and Mataji, A. 2015. Spatial patterns and intra-specific competition of Chestnut-leaved oak (Quercus castaneifolia C.A. Mey.) using O- ring statistic (Case study: Neka Forest, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2: 294- 306. (In Persian)

17-Petritan, I.C., Commarmot, B., Hobi, M.L., Petritan, A.M., Bigler, C., Abrudan, I.V., and Rigling, A. 2015. Structural patterns of beech and silver fir suggest stability and resilience of the virgin forest Sinca in the Southern Carpathians, Romania. Forest Ecology and Management. 356: 184–195.

18-Rozas, V., Zas, R., and Solla, A. 2009. Spatial structure of deciduous forest stands with contrasting human influence in northwest Spain. Eur J Forest Res. 128: 273–285.

19-Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P., and Espinosa, A. 2006. Spatial patterns in an old growth Nothofagus oblique forest in south-central Chile. Forest Ecology and Management. 231: 38-46.

20-Vahedi, A.A., and Bijani-nejad, A. 2015. Variation within soil organic carbon pool in the forest-paddy field edges (Case study: Nour Forest Park). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 1: 104- 116 (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (1), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Analysis of spatial pattern and association for endemic tree species in the different developmental stages of Nour Forest Park natural stands through function of K-Ripley

***A.A. Vahedi[1], R. Akhavan[2] and A.R. Bijani-Nejad[3]**
[1]Ph.D., Graduated, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, [2]Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, [3]M.Sc. Forestry, Dept., of Natural Resources and Watershed Management, Mazandaran, Nowshahr, Iran
Received: 08/01/2016; Accepted: 05/16/2017

Abstract

Background and objectives: Analysis of spatial pattern and association of inter-tree species in the developmental stages in natural stands is a prominent prerequisite for simulating, founding and extending forest ecosystems. This study aimed to obtain appropriate information for extending sustainable development and simulation, and performing close-natural silviculture in a non-protective site using this technique for endemic species including Caspian poplar and Ironwood trees in Nour Forest Park forest.

Materials and methods: In the studied site, the developmental stages consisting of initial, optimal and decay stages were determined in each area of one hectare using the specified indices, and coordinates of target species were taken by GPS and trigonometric relationships. To map spatial patterns of each tree species and competition model for inter-tree species, univariate and bivariate function of K-Ripley were used in the study. As such, Monte Carlo simulation was used to test the null Hypothesis of a random distribution and interaction relationships.

Results: The findings of univariate function showed that Caspian polar trees were clustered in the distances of 9- 14 m, > 7 m and 8- 35 m in the initial, optimal and decay stages, respectively, and this species, however, was randomly distributed in other distances. The results for Ironwood trees showed the random pattern in the initial stage, cluster pattern in distance of 20-39 m and 6- 32 min the optimal and decay stages respectively, and either random or clustered patterns in the other distances. There were no regular patterns for these species in the different stages. Furthermore, the results of bivariate function indicated that there were attraction relationships between Caspian poplar and Ironwood trees in the majority of distances in developmental stages though there were also independent associations in some distances within the different developmental stages.

Conclusion: According to the findings, the specified spatial patterns of each tree species would be affected by natural events, and since there were found no inter-species repulsion relationships, high density of Ironwood trees could be in association with density of Caspian poplar trees in the studied forest.

Keywords: Ironwood, Nour Forest Park, Sustainable development, Competition, Caspian poplar

*Corresponding author: ali.vahedi60@gmail.com