فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۶ شماره ۲، صفحه ۱۸۸-۱۷۸، (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10022092/ijfpr.2018.116747

تحلیل ساختار مکانی اجتماعات گونه‌ای در توده‌های آمیخته کیکم (*Acer monspessulanum* L.) درخت‌زارهای زاگرس (مطالعه موردی: فیروزآباد، استان فارس)

آزیتا علیپور [۱]، سیدیوسف عرفانی‌فرد [۲*]، حسین صادقی [۳] و سیدرشید فلاح‌شمسی [۳]

۱- کارشناس ارشد، بخش منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، بخش منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. پست الکترونیک: erfanifard@shirazu.ac.ir
۳- دانشیار، بخش منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۹

چکیده

برهم‌کنش بین گونه‌ای درختان یکی از فرآیندهای مهم در ایجاد ساختار مکانی اجتماعات گیاهی در بوم‌سازگان‌های با تنوع زیستی اندک است. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی برهم‌کنش بین گونه‌ای کیکم (*Acer monspessulanum* L.) با دو گونه همراه آن (بادام کوهی و گون) در رویشگاه کیکم در نزدیکی شهر فیروزآباد استان فارس انجام شد. قطعه‌نمونه‌ای با ابعاد ۲۰۰ × ۲۰۰ متر در بخشی از این رویشگاه انتخاب شد. موقعیت مکانی ۶۲۹ پایه از سه گونه به‌همراه ارتفاع و مساحت تاج هر کدام از گیاهان اندازه‌گیری شد. علاوه‌بر تابع g دومتغیره، دو تابع M و P نیز برای کشف جزئیات بیشتر از برهم‌کنش بین گونه‌ای این گونه‌ها استفاده شدند. نتایج نشان داد که کیکم دارای بیشترین تراکم، میانگین ارتفاع و میانگین مساحت تاج نسبت به دو گونه دیگر بود. نتایج بیانگر وجود برهم‌کنش منفی بین سه گونه بود که با افزایش فاصله، این برهم‌کنش منفی کاهش می‌یافت. برهم‌کنش منفی بین کیکم با بادام کوهی و کیکم با گون به‌ترتیب تا مقیاس فاصله‌ای سه و ۱۰ متر مشاهده شد. همچنین، کیکم و دو گونه دیگر تا فاصله هفت متر کنش متقابل دفع از خود نشان دادند. به‌طور کلی، نتیجه‌گیری شد که کیکم با دو گونه بادام کوهی و گون در منطقه مورد مطالعه برهم‌کنش منفی داشتند که ممکن است این برهم‌کنش به‌دلیل ناهمگنی محیطی و محدودیت در منابع باشد. علاوه‌براین، دو تابع M و P جزئیات بیشتری از نوع و مقیاس مکانی برهم‌کنش بین‌گونه‌ای منفی کیکم با دو گونه دیگر را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بادام کوهی، برهم‌کنش بین‌گونه‌ای، بوم‌شناسی مکانی، گون.

مقدمه

یکی از اهداف مهم بوم‌شناسی مکانی (Spatial ecology)، دستیابی به فرآیندها و راهبردهایی است که پراکنش مکانی و همزیستی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر اساس مبانی بوم‌شناسی کلاسیک، دو گونه که بر سر یک منبع یا منابع محیطی با یکدیگر رقابت می‌کنند، نمی‌توانند در درازمدت در همسایگی یکدیگر زندگی کنند، در صورتی‌که اگر گونه‌ها نیازهای محیطی مشترک داشته و یا برای استقرار و رشد نیاز به حمایت درختان مادری داشته باشند، می‌توانند در همسایگی یکدیگر زندگی کنند. با توجه

Archive of SID
www.SID.ir

به هدف بوم‌شناسی مکانی در یافتن شواهد مناسب برای نظریه‌های بوم‌شناسی کلاسیک، شناسایی پراکنش و الگوی مکانی گیاهان در بوم‌سازگان‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای در مطالعه بوم‌شناسی گیاهان پیدا کرده است (Sidor *et al*., 2013; Petritan *et al*., 2015; Le *et al*., 2016; Nguyen *et al*., 2016). اجتماع گونه‌ای به مجموعه‌ای از گیاهان با گونه‌های مختلف اشاره دارد که این مجموعه، بیش از حد انتظار در یک بوم‌سازگان مشاهده می‌شود. در اجتماعات گونه‌ای، گیاهان از گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر یا دور از هم حضور دارند که تنوع پراکنش مکانی آن‌ها می‌تواند به‌دلیل نیازهای مشابه یا متنوع بوم‌شناختی و یا توانایی رقابت در آن‌ها باشد. یکی دیگر از دلایل تشکیل اجتماع گونه‌های خاص، تسهیل شرایط محیطی توسط یک گونه برای حضور و استقرار گونه‌های دیگر است (Dale, 2000; Fortin & Dale, 2005; Jia *et al*., 2016).

اگرچه در بوم‌سازگان‌های با تنوع گونه‌ای اندک، امکان شناسایی اجتماعات گونه‌ای با ترکیب دو یا چند گونه خاص تا حد زیادی امکان‌پذیر است، اما تحلیل این اجتماعات به‌دلیل ناهمگنی شدید محیطی دشوار و پیچیده است (Getzin *et al*., 2008; Perry *et al*., 2009; Nguyen *et al*., 2016). یکی از راهکارهای مناسب در مطالعه برهم‌کنش گیاهان در اجتماعات گونه‌ای موجود در بوم‌سازگان‌های با تنوع گونه‌ای اندک (مانند ناحیه رویشی زاگرس)، تحلیل الگوی نقطه‌ای است که به‌تازگی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران داخل (Safari *et al*., 2010; Sohrabi, 2014; Biabani *et al*., 2016) و خارج (Sher *et al*., 2010; Schleicher *et al*., 2011; Cheng *et al*., 2014; Jia *et al*., 2016) قرار گرفته است. ارزیابی مکانی یک اجتماع گونه‌ای، امکان تشخیص نوع برهم‌کنش بین‌گونه‌ای درختان و درختچه‌های موجود در آن اجتماع را فراهم می‌کند، بنابراین مطالعه برهم‌کنش گونه‌های موجود در اجتماعات گونه‌ای با استفاده از تحلیل‌های مکانی اطلاعات ارزشمندی را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد تا به شناخت عمیق‌تری از بوم‌سازگان‌های جنگلی دست یابند.

پژوهش‌های پیشین در ناحیه رویشی زاگرس نشان داد که در کنار دو جنس مهم بلوط و بنه که سهم عمده‌ای در اجتماعات گیاهی این ناحیه رویشی دارند، کیکم (*Acer monspessulanum* L.) نیز به‌همراه برخی تاکسون‌ها (مانند جنس بادام) اجتماعات گونه‌ای تشکیل می‌دهد (Pourbabaei *et al*., 2014; Sohrabi, 2014). با وجود پراکنش گسترده کیکم در نقاط مختلف زاگرس مانند استان‌های اصفهان (Tashakori zadeh & Matinkhah, 2009)، فارس (Pourbabaei *et al*., 2014)، لرستان (Pilehvar *et al*., 2015)، چهارمحال و بختیاری (Sohrabi, 2014) و خوزستان (Dinarvand *et al*., 2016)، تاکنون پژوهش‌های اندکی به تحلیل مکانی اجتماعات کیکم با گونه‌های همراه آن پرداخته‌اند. بنابراین، تحلیل کمی روابط متقابل بین گونه کیکم و گونه‌های همراه آن با استفاده از روش‌های نوین تحلیل الگوی مکانی نقطه‌ای ضروری است، زیرا این روش‌ها می‌توانند جنبه‌های متفاوتی از اجتماعات گیاهی ناحیه رویشی زاگرس را آشکار کنند.

پژوهش پیش‌رو به بررسی این فرضیه می‌پردازد که آیا بین کیکم و گونه‌های همراه آن، برهم‌کنش مثبت قوی وجود داشته و حضور آن‌ها به‌همراه یکدیگر در اجتماعات گونه‌ای در بخش‌های مختلف زاگرس بیانگر همزیستی آن‌ها با یکدیگر است. برای آزمون این فرضیه علاوه‌بر آماره‌های اختصاری دومتغیره متداول (تابع همبستگی جفتی)، آماره‌های اختصاری جدیدی نیز ارائه شدند که اطلاعات بیشتری نسبت به روش‌های پیشین در اختیار قرار می‌دهد. بنابراین، تحلیل کمی روابط متقابل کیکم و گونه‌های همراه آن در اجتماعات گونه‌ای جنوب زاگرس در استان فارس، هدف پژوهش پیش‌رو بود. همچنین، بهره‌گیری از آماره‌های اختصاری مناسب برای این موضوع در کنار روش‌های متداول به‌منظور شناخت دقیق‌تر روابط متقابل، از اهداف دیگر این پژوهش بود. ارزیابی کمی برهم‌کنش بین‌گونه‌ای اجتماعات کیکم با استفاده از روش‌های نوین از نوآوری‌های پژوهش پیش‌رو محسوب می‌شود که می‌تواند در ادامه پژوهش‌های پیشین، به پژوهشگران در مطالعه بوم‌شناسی اجتماعی (Synecology) کیکم کمک کند.

Archive of SID

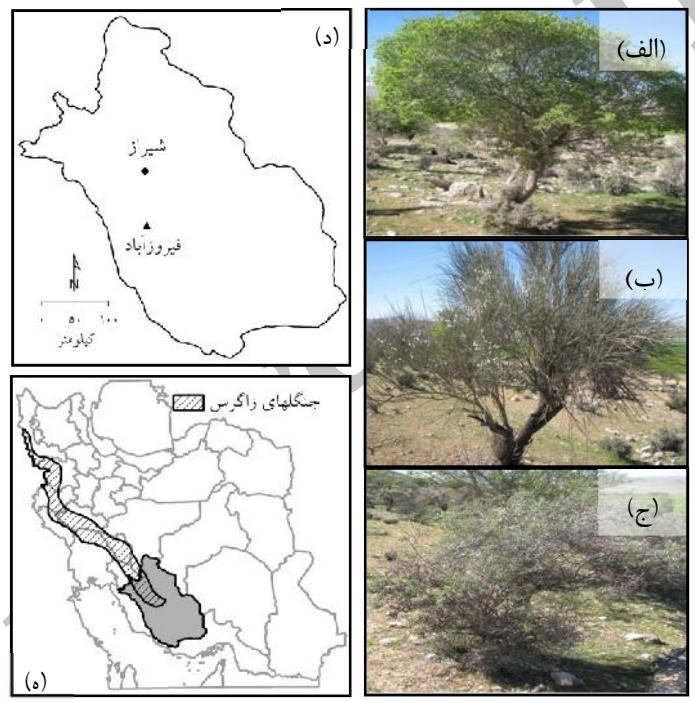
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش پیش‌رو، بخشی از رویشگاه کیکم در نزدیکی شهرستان فیروزآباد در جنوب غربی استان فارس و در فاصله ۶۵ کیلومتری جنوب شیراز انتخاب شد. این منطقه از نظر جغرافیایی در عرض ´۵۸ °۲۸ شمالی و طول ´۳۴ °۵۲ شرقی با ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. با توجه به آمار ایستگاه سینوپتیک فیروزآباد (از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴)، متوسط دمای سالانه این منطقه ۱۹ درجه سانتیگراد و متوسط بارش سالانه ۵۲۵ میلی‌متر بوده و با استفاده از روش آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است.

پس از بازدید اولیه، قطعه‌نمونه‌ای با ابعاد ۲۰۰ × ۲۰۰ متر (مساحت چهار هکتار) انتخاب شد که تا حد امکان، معرف اجتماع کیکم از نظر گونه‌های همراه باشد. این قطعه‌نمونه پوشیده از درختان کیکم بود که در کنار آن، دو گونه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) و گون (*Astragalus gossypinus*) نیز حضور داشتند (شکل ۱).



شکل ۱– سه گونه کیکم (الف)، بادام کوهی (ب) و گون (ج) در قطعه‌نمونه مورد مطالعه در نزدیکی شهر فیروزآباد استان فارس (د) در جنوب جنگل‌های زاگرس (ه)

روش پژوهش

در داخل قطعه‌نمونه، موقعیت مکانی همه درختان و درختچه‌های با ارتفاع بیش از ۵۰ سانتی‌متر با استفاده از دوربین نقشه‌برداری Leica مدل TS06 Plus با دقت کمتر از یک سانتی‌متر ثبت شد. علاوه‌بر این، ارتفاع و دو قطر عمود بر هم تاج هر یک از پایه‌ها نیز اندازه‌گیری شد.

بررسی همگنی پراکنش مکانی

نخستین گام در هر نوع تحلیل الگوی مکانی در یک محدوده، بررسی همگنی پراکنش گیاهان مورد مطالعه در محدوده مورد نظر است. برای این منظور در پژوهش پیش‌رو، ابتدا توزیع آماری پوآسون همگن بر توزیع مکانی همه درختان و درختچه‌های قطعه‌نمونه برازش داده شد.

www.SID.ir

سپس، با استفاده از آزمون نیکویی برازش کولموگروف–سمیرنوف، معنی‌داری اختلاف این دو توزیع در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد (Illian *et al.*, 2008).

روش‌های تحلیل الگوی مکانی

تابع g یکی از پرکاربردترین آماره‌های اختصاری مورد استفاده در تحلیل الگوی نقطه‌ای است. این تابع یکی از مشتقات تابع K رایپلی محسوب می‌شود. علاوه‌بر کاربرد شکل تک‌متغیره این تابع، از شکل دومتغیره آن نیز استفاده شد که در شکل دومتغیره، تابع g_{12} بیانگر تراکم پایه‌های گونه دوم (در اینجا بادام کوهی، گون و یا هر دو گونه) است که در فاصله r از هر پایه از گونه اول (در اینجا کیکم) در یک الگوی مورد نظر نسبت به یک الگوی تصادفی مشاهده می‌شوند. مقدار تابع g_{12} از رابطه ۱ به‌دست می‌آید.

رابطه (۱)
$$g_{12}(r) = \frac{\mathrm{d}K_{12}(r)}{\mathrm{d}r}$$

در رابطه فوق: $\mathrm{d}K_{12}(r)$ و $\mathrm{d}r$ مشتق تابع K_{12} (رابطه ۲) و r هستند. مقدار این تابع برای برهم‌کنش مثبت بین دو گونه بیشتر از یک و برای برهم‌کنش منفی بین دو گونه کمتر از یک است. در صورتی‌که مقدار به‌دست‌آمده معنی‌دار نشود و یا برابر یک باشد، نشان‌دهنده نبود ارتباط متقابل بین دو گونه است.

رابطه (۲)
$$K_{12} = (\lambda_i \lambda_j a)^{-1} \sum_i \sum_{j \neq i} I(d_{ij}) w(i,j)$$

در رابطه فوق: λ تراکم دو گونه i و j، a مساحت محدوده، $I(d_{ij})$ تابع فاصله بین هر پایه از گونه i تا گونه j و $w(i,j)$ روش تصحیح اثر حاشیه‌ای است. همچنین، از شکل خطی تابع K رایپلی نیز در مطالعه الگوهای مکانی استفاده می‌شود (رابطه ۳). در صورتی‌که مقدار تابع L بیشتر از صفر باشد، بیانگر برهم‌کنش مثبت بین گونه‌ها و اگر کمتر از صفر باشد، نشان‌دهنده برهم‌کنش منفی بین آن‌ها است. همچنین، مقادیر برابر صفر یا غیرمعنی‌دار، نبود وجود ارتباط متقابل بین دو گونه را نشان می‌دهد.

رابطه (۳)
$$L(r) = \sqrt{\frac{K(r)}{\pi}} - r$$

علاوه‌بر این، می‌توان از تابع K_{12} لگاریتم گرفت و تفاضل لگاریتم تابع K_{12} الگوی مکانی مورد مطالعه و لگاریتم K_{12} الگوی مکانی مورد انتظار را به‌عنوان تابع M استفاده کرد. همچنین، در مورد تابع توزیع نزدیک‌ترین همسایه (رابطه ۴)، از تفاضل تابع D_{12} مشاهده‌شده و تابع D_{12} الگوی مکانی مورد انتظار، تابع P به‌دست می‌آید.

رابطه (۴)
$$D_{12}(r) = 1 - \exp(-\lambda_2 \pi r^2)$$

در صورتی‌که مقدار دو تابع M و P کمتر از صفر باشد، دو گونه مورد مطالعه یکدیگر را دفع می‌کنند. اگر تابع P کمتر و تابع M بیشتر از صفر باشد، دو گونه برهم‌کنش نسبی دارند. همچنین، در صورت بیشتر بودن هر دو تابع از مقدار صفر، دو گونه دارای برهم‌کنش مثبت هستند. در نهایت، اگر تابع P بیشتر و تابع M کمتر از صفر باشد، نشان‌دهنده برهم‌کنش مثبت قوی بین دو گونه است (Illian *et al.*, 2008; Wiegand & Moloney, 2013).

آزمون آماری نتایج

به‌منظور آزمون معنی‌داری نتایج به‌دست‌آمده از آماره‌های اختصاری اشاره‌شده، یک بازه شبیه‌سازی با استفاده از آزمون مونت‌کارلو با ۱۹۹ بار تکرار برای توزیع تصادفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد ساخته شد. سپس، نتایج به‌دست‌آمده با این بازه شبیه‌سازی مقایسه شدند. برای محاسبه آماره‌های اختصاری از نرم‌افزار MATLAB نسخه 10 استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

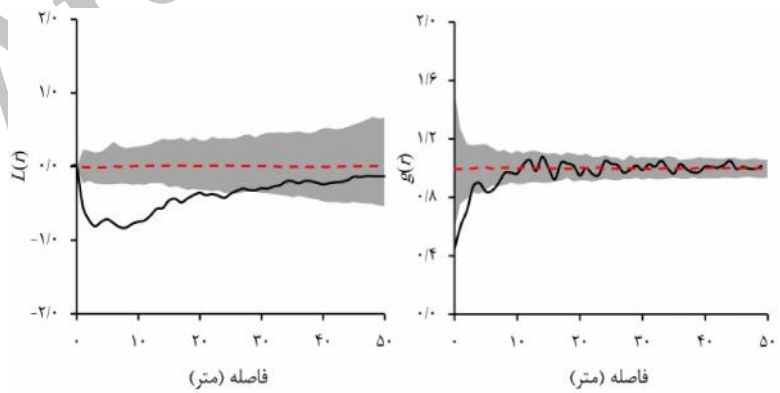
نتایج

از مجموع ۶۲۹ درخت و درختچه ثبت‌شده در قطعه‌نمونه مورد مطالعه، ۳۱۷ پایه کیکم (تراکم ۷۹/۲ پایه در هکتار)، ۲۲۳ پایه بادام کوهی (تراکم ۵۵/۷ پایه در هکتار) و ۸۹ بوته گون (تراکم ۲۲/۲ پایه در هکتار) مشاهده شد. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های زیست‌سنجی نشان داد که کیکم بیشترین تراکم و میانگین ویژگی‌های زیست‌سنجی را داشت (جدول ۱).

نتایج آزمون نیکویی برازش کولموگروف- سمیرنوف بیانگر تفاوت معنی‌دار توزیع درختان و درختچه‌ها در قطعه‌نمونه با توزیع پوآسون همگن ($p < ۰/۰۰۱$) بود (رد فرض صفر)، بنابراین برای انجام تحلیل‌های مکانی، شکل ناهمگن تابع‌های توصیف‌شده در روش پژوهش استفاده شد. نتایج شکل تک‌متغیره تابع L نشان داد که گیاهان در قطعه‌نمونه مورد مطالعه در تمام مقیاس‌ها (صفر تا ۵۰ متر) دارای برهم‌کنش منفی بودند که این ارتباط متقابل تا فاصله ۲۶ متر معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). همچنین، تابع g تک‌متغیره نشان داد که گیاهان تا فاصله ۱۱ متر دارای روابط متقابل منفی بوده و این برهم‌کنش تنها تا فاصله چهار متر در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۲).

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های زیست‌سنجی سه گونه کیکم، بادام کوهی و گون در قطعه‌نمونه مورد مطالعه

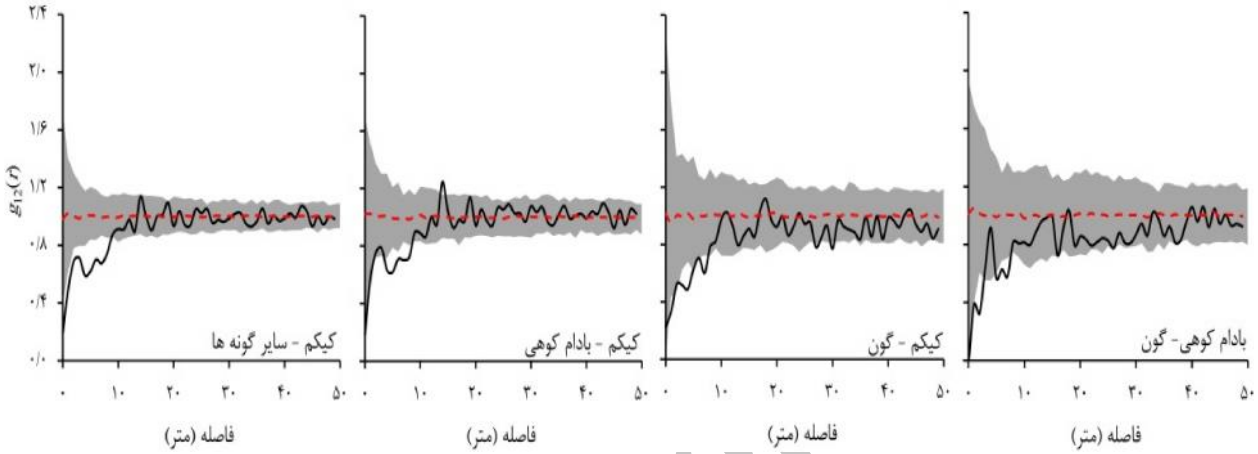
	ویژگی	کمینه	بیشینه	میانگین	خطای استاندارد	ضریب تغییرات (درصد)
کیکم	ارتفاع (متر)	۱/۱	۶/۹	۳/۲	۰/۱	۲۸/۹
	میانگین قطر تاج (متر)	۰/۸	۶/۱	۲/۸	۰/۱	۳۸/۹
	مساحت تاج (متر مربع)	۰/۵	۲۸/۷	۷/۲	۰/۳	۷۳/۹
بادام کوهی	ارتفاع (متر)	۱/۱	۴/۴	۲/۶	۰/۱	۲۳/۶
	میانگین قطر تاج (متر)	۰/۷	۵/۴	۲/۸	۰/۱	۳۱/۵
	مساحت تاج (متر مربع)	۰/۴	۲۳/۳	۶/۹	۰/۳	۵۹/۱
گون	ارتفاع (متر)	۰/۸	۲/۱	۱/۵	۰/۱	۳۱/۹
	میانگین قطر تاج (متر)	۰/۶	۲	۱/۴	۰/۱	۲۸/۲
	مساحت تاج (متر مربع)	۰/۳	۳/۱	۲/۳	۰/۲	۶۳/۸



شکل ۲- الگوی مکانی کل درختان و درختچه‌ها در قطعه‌نمونه مورد مطالعه با استفاده از تابع L و g (خط مشکی بیانگر تغییرات مشاهده‌شده، محدوده خاکستری بازه شبیه‌سازی با ۱۹۹ بار تکرار و خط‌چین قرمز نشان‌دهنده پیش‌فرض است.)

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج تابع g_{12} نشان داد که کیکم و سایر گونه‌ها (بادام کوهی و گون) تا فاصله ۱۴ متر یکدیگر را دفع کرده و با هم رقابت داشتند که این ارتباط تا فاصله ۱۰ متر معنی‌دار بود. کیکم با بادام کوهی از فاصله پنج تا ۱۰ متر و کیکم با گون نیز از فاصله سه تا نه متر برهم‌کنش منفی معنی‌دار داشتند. در نهایت، بادام کوهی و گون تا فاصله چهار متر ارتباط متقابل منفی نشان دادند که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. در سایر مقیاس‌ها تا ۵۰ متر با توجه به قرارگیری خط تابع g_{12} در بازه شبیه‌سازی و یا انطباق با مقدار پیش‌فرض یک، روابط متقابل معنی‌دار نبودند (شکل ۳).



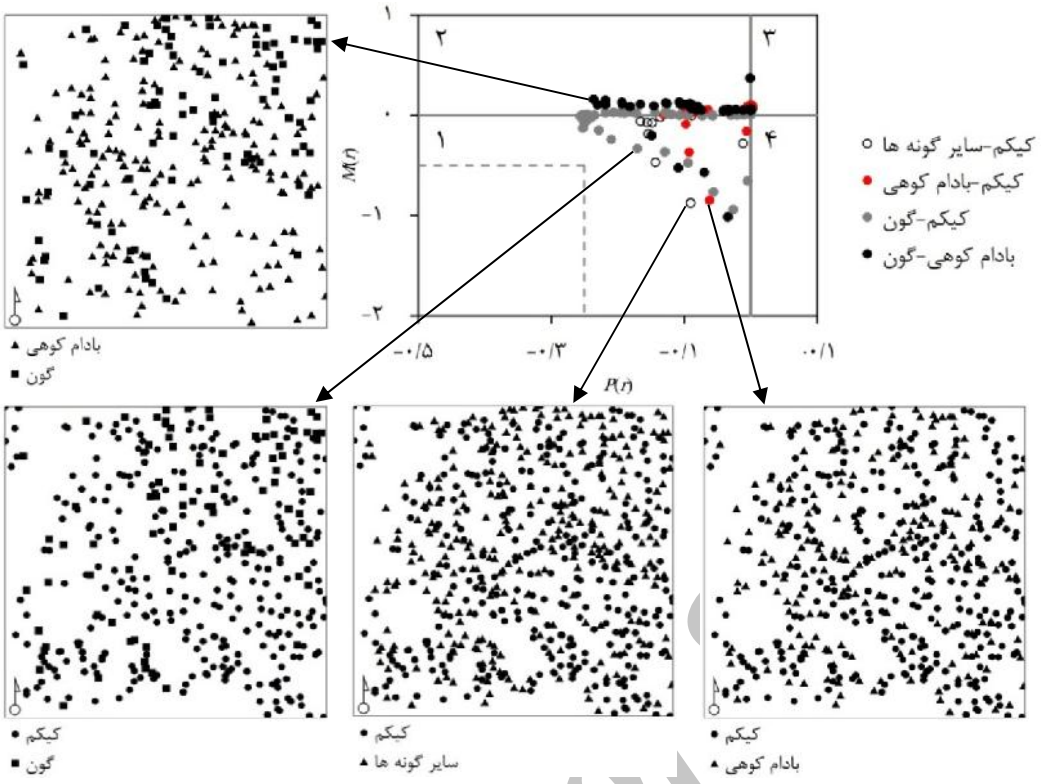
شکل ۳- برهم‌کنش بین‌گونه‌ای کیکم، بادام کوهی و گون در قطعه‌نمونه مورد مطالعه با استفاده از شکل دومتغیره تابع g

در شکل ۴ مشاهده می‌شود که به‌طور کلی گونه‌های مورد مطالعه با یکدیگر برهم‌کنش منفی داشتند. ارتباط متقابل کیکم و سایر گونه‌ها بیشتر از نوع برهم‌کنش منفی بود. همچنین، بخشی از این گیاهان نیز ارتباطی با یکدیگر نداشتند (محدوده یک)، درحالی‌که کیکم و بادام کوهی در قسمت‌هایی دارای برهم‌کنش منفی بوده (محدوده یک) و در قسمت‌های دیگر قطعه‌نمونه برهم‌کنش نسبی داشتند (محدوده دو). کیکم با گون نیز برهم‌کنش منفی داشت (محدوده یک) و بخشی از این گیاهان با یکدیگر ارتباط متقابلی نداشتند. اگرچه تعداد اندکی از پایه‌های بادام کوهی و گون یکدیگر را دفع کردند (محدوده یک)، اما بخش عمده این گیاهان با یکدیگر برهم‌کنش نسبی داشتند (محدوده دو).

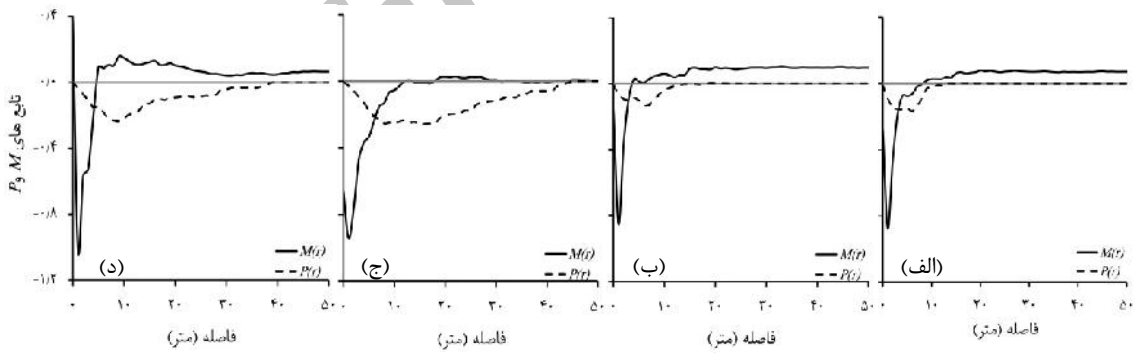
به‌منظور ارزیابی مقیاس مکانی برهم‌کنش سه گونه مورد مطالعه، دو تابع M و P نسبت به فاصله نیز محاسبه شدند (شکل ۵). نتایج نشان داد که کیکم و سایر گونه‌ها تا فاصله هفت متر دارای برهم‌کنش منفی بودند و از فاصله هفت تا ۱۲ متر دارای برهم‌کنش نسبی بوده و پس از آن اثری بر یکدیگر نداشتند. همچنین، کیکم و بادام کوهی تا فاصله سه متر یکدیگر را دفع کردند، اما از فاصله سه تا ۱۳ متر برهم‌کنش نسبی با یکدیگر داشتند. کیکم و گون نیز تا فاصله ۱۰ متر کنش متقابل منفی داشته و پس از آن اثری بر یکدیگر نشان ندادند. در نهایت، برهم‌کنش منفی بادام کوهی و گون تا فاصله پنج متر تأیید شد و پس از آن تا فاصله ۳۸ متر کنش متقابل نسبی با یکدیگر داشتند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- برهم‌کنش بین‌گونه‌ای سه گونه کیکم، بادام کوهی و گون در قطعه‌نمونه مورد مطالعه با استفاده از دو تابع M و P (عدد یک محدوده برهم‌کنش منفی، عدد دو محدوده برهم‌کنش نسبی، عدد سه محدوده برهم‌کنش مثبت و عدد چهار محدوده برهم‌کنش قوی مثبت را نشان می‌دهد. همچنین محدوده خط‌چین، برهم‌کنش منفی قوی را نشان می‌دهد).



شکل ۵- مقیاس مکانی نوع برهم‌کنش بین گونه‌های کیکم و سایر گونه‌ها (الف)، کیکم و بادام کوهی (ب)، کیکم و گون (ج) و بادام کوهی و گون (د) با استفاده از دو تابع M و P (خط خاکستری حد نبود برهم‌کنش را نشان می‌دهد).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که سه گونه کیکم، بادام کوهی و گون در فاصله کم (تا حدود ۱۰ متر) با یکدیگر برهم‌کنش منفی داشتند و به‌دلیل وجود رقابت بین آن‌ها، دارای الگوی مکانی پراکنده در قطعه‌نمونه بودند که این پراکندگی از نظر آماری معنی‌دار بود. Pourbabaei و

www.SID.ir

همکاران (۲۰۱۴) تأیید کردند که رویشگاه کیکم در فیروزآباد استان فارس (مشابه منطقه مورد مطالعه پژوهش پیش‌رو) از شرایط نسبی مطلوبی از نظر بارندگی و خاک برخوردار است، بنابراین به‌دور از تأثیر ناهمگنی‌های محیطی، رقابت و درنتیجه برهم‌کنش منفی بین‌گونه‌ای باعث شد که الگوی مکانی درختان و درختچه‌های موجود در قطعه‌نمونه مورد مطالعه در این پژوهش به شکل پراکنده باشد. در راستای نتایج این پژوهش، Tashakori zadeh و Matinkhah (۲۰۰۹) نیز تأیید کردند که بین کیکم و گون، رقابت بین گونه‌ای وجود داشت و رویش پایه‌هایی از گون که در فاصله بیشتری از کیکم قرار داشتند، بیشتر بود. این در حالی است که الگوی مکانی کیکم در برخی نقاط زاگرس به صورت کپه‌ای گزارش شده و نشان داده شده که پایه‌های کیکم با یکدیگر برهم‌کنش مثبت درون‌گونه‌ای داشته‌اند (Hoseini, 2012; Sohrabi, 2014; Pilehvar *et al*., 2015). دستاوردهای ارزشمند پژوهش‌های ذکرشده در بوم‌شناسی فردی (Autecology) کیکم اهمیت زیادی دارد.

یکی از دلایل تجمع گونه‌ها کنار یکدیگر در زیستگاه‌های نامطلوب (مانند برخی قسمت‌های زاگرس)، وجود شرایط مساعد برای رشد گیاهان در بخش‌های مختلف (حمایت درختان مادری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک) است که گیاهان با قرار گرفتن در این بخش‌ها تشکیل الگوهای مکانی کپه‌ای را می‌دهند (Dale, 2000; Sher *et al*., 2010; Nguyen *et al*., 2016). نتایج پژوهش پیش‌رو که در بوم‌شناسی اجتماعی کیکم اهمیت زیادی دارد، بیانگر وجود رقابت معنی‌دار بین کیکم و دو گونه همراه مورد نظر در این پژوهش بود. یکی از دلایل وجود رقابت بین گونه‌ها ممکن است به نیازهای بوم‌شناختی مشابه گونه‌ها مربوط باشد که باعث شد در پژوهش پیش‌رو ، کیکم با بادام کوهی و گون برهم‌کنش منفی نشان دهد. گونه‌های همراه کیکم در سایر اجتماعات گیاهی (بلوط، زالزالک، زبان‌گنجشک، بنه و شن) در پژوهش‌های پیشین (Sohrabi, 2014; Pourbabaei *et al*., 2014; Pilehvar *et al*., 2015; Dinarvand *et al*., 2016) متفاوت از پژوهش پیش‌رو بود که در راستای مطالعه دقیق‌تر بوم‌شناسی اجتماعی کیکم، می‌توان در پژوهش‌های آینده، نوع برهم‌کنش این گونه را با آن‌ها مورد بررسی قرار داد.

در این پژوهش، الگوی مکانی کلی گونه‌های مورد بررسی در قطعه‌نمونه مورد مطالعه با استفاده از دو تابع L و g ارزیابی شد که هر دو تابع، پراکندگی معنی‌دار گونه‌ها به‌ترتیب تا فاصله ۲۶ و چهار متر در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید شد. علت این تفاوت در نتایج به ماهیت تجمعی تابع L و ساختار غیرتجمعی تابع g مربوط است. به‌عنوان مثال، مقدار تابع L در مقیاس فاصله‌ای ۱۱ متر در این پژوهش (شکل ۲)، الگوی مکانی پراکنده معنی‌دار و قوی گیاهان مورد مطالعه را نشان داد، درحالی‌که مقدار تابع g در فاصله ۱۱ متر، بیانگر الگوی مکانی پراکنده غیرمعنی‌دار این گیاهان بود. بروز این خطا به این علت بود که مقدار تابع L در فاصله ۱۱ متر، مجموع مقدارهای این تابع از فاصله صفر تا ۱۱ متر بود، درحالی‌که مقدار تابع g در این فاصله، تنها مقدار تابع در فاصله ۱۱ متر بود (Illian *et al*., 2008; Nguyen *et al*., 2016).

برهم‌کنش بین گونه‌ای کیکم، بادام کوهی و گون در این پژوهش از دو جنبه متفاوت ارزیابی شد. اولین روش مورد استفاده برای این موضوع، شکل دومتغیره تابع g بود که کارایی آن در بررسی کنش‌های متقابل بین گیاهان در بوم‌سازگان‌های مختلف تأیید شده بود (Petritan *et al*., 2015; Svátek & Matula, 2015; Le *et al*., 2016). علاوه‌بر تابع g دومتغیره، از دو آماره اختصاری متفاوت استفاده شد که تا کنون کمتر مورد توجه قرار گرفته بود. استفاده از این آماره‌های اختصاری در کنار تابع g دومتغیره بر کارایی بیشتر این آماره‌ها در کشف روابط متقابل گیاهان در اجتماعات گونه‌ای تأکید داشت. این آماره‌های اختصاری در حالت‌های مختلف (کیکم- بادام کوهی، کیکم- گون، کیکم- سایر گونه‌ها، بادام کوهی- گون) نشان دادند که بین گونه‌های اشاره‌شده، برهم‌کنش منفی معنی‌دار وجود داشت و در هر مورد، مقیاس مکانی آن نیز بیان شد. یکی از مزایای

Archive of SID

www.SID.ir

مهم استفاده از تابع‌های M و P این است که بدون توجه به تعداد گونه، روابط متقابل همه گونه‌ها را می‌توان در یک نمودار نمایش داد (شکل ۴)، درحالی‌که برای استفاده از تابع g دومتغیره، باید به تعداد هر جفت گونه، نمودار رسم کرد (شکل ۳) که مقایسه آن‌ها در جوامع گیاهی با تنوع زیستی زیاد دشوار است. چنانچه نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد، بیشترین تأثیر منفی معنی‌دار مشاهده‌شده تا مقیاس فاصله‌ای ۱۰ متر بود و کمترین آن سه متر (بین کیکم و بادام کوهی) به‌دست آمد (شکل ۳). Nguyen و همکاران (۲۰۱۶) نیز بر این موضوع تأکید داشتند که ارتباط متقابل بین دو پایه از یک گونه یا دو گونه متفاوت حداکثر تا فاصله ۳۰ متر قابل مشاهده است و پس از این مقیاس، در طبیعت اثر متقابلی مشاهده نخواهد شد. یکی از دلایل استفاده از تابع g دومتغیره بجای تابع L دومتغیره در پژوهش پیش‌رو نیز به همین موضوع مربوط بود، زیرا ماهیت تجمعی تابع L باعث می‌شود که تا فاصله‌های طولانی (حتی بیش از ۱۰۰ متر) نیز روابط متقابل بین گونه‌ها تأیید شود که با اصول نظری بوم‌شناسی مطابقت ندارد. Cheng و همکاران (۲۰۱۴) نیز به این موضوع اشاره کردند که در صورت شناسایی الگوهای مکانی یا برهم‌کنش معنی‌دار در مقیاس بیشتر از ۱۰ متر، باید آن‌را به ناهمگنی محیطی مربوط دانست و نباید به‌عنوان نتیجه روابط متقابل گیاهان درنظر گرفته شود.

به‌طور کلی، نتایج پژوهش پیش‌رو فرضیه تحقیق مبنی بر وجود برهم‌کنش مثبت بین کیکم و دو گونه بادام کوهی و گون در یک اجتماع گونه‌ای در جنوب زاگرس را تأیید نکرد. نتایج نشان داد که بین سه گونه مذکور رقابت وجود داشت و این رقابت باعث پراکندگی موقعیت مکانی این گونه‌ها در قطعه‌نمونه مورد مطالعه شده بود. با توجه به تأیید شرایط مطلوب نسبی رویشگاه کیکم مورد بررسی در پژوهش Pourbabaei و همکاران (۲۰۱۴)، می‌توان رقابت بین‌گونه‌ای سه گونه اشاره‌شده را یکی از دلایل اصلی شکل‌گیری الگوی مکانی به‌دست‌آمده دانست. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کیکم با بادام کوهی تا فاصله سه متر، کیکم با گون تا فاصله ۱۰ متر و بادام کوهی با گون تا فاصله پنج متر برهم‌کنش منفی معنی‌دار داشتند. به‌هر حال، دستیابی به یک نتیجه قابل اطمینان در مورد اجتماعات کیکم در ناحیه رویشی زاگرس، نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر در مورد نوع و مقیاس برهم‌کنش بین کیکم با سایر گونه‌های همراه آن دارد.

این پژوهش، علاوه‌بر استفاده از تابع g دومتغیره به‌عنوان یکی از روش‌های پرکاربرد برای شناسایی نوع و مقیاس برهم‌کنش بین گیاهان، با بهره‌گیری از دو آماره اختصاری که تاکنون کمتر به‌کار رفته‌اند، جزئیات بیشتری از نوع و مقیاس برهم‌کنش منفی بین سه گونه مورد مطالعه را نشان داد. روش مورد استفاده در این پژوهش علاوه‌بر نمایش برهم‌کنش سه گونه در یک نمودار به‌طور هم‌زمان (شکل ۴)، امکان شناسایی هم‌زمان نوع برهم‌کنش گونه‌ها را فراهم کرد که این مزایا در جوامع گیاهی متنوع‌تر بیشتر خواهد شد. اگرچه نتایج این پژوهش، وجود رقابت بین‌گونه‌ای کیکم با گونه‌های همراه آن را در یکی از اجتماعات گیاهی زاگرس نشان داد، انجام پژوهش‌های مشابه در اجتماعات دیگر کیکم که در سایر مناطق این ناحیه رویشی شناسایی شده‌اند، پیشنهاد می‌شود تا امکان دستیابی به شناخت کاملی از بوم‌شناسی اجتماعی کیکم فراهم شود.

References

- Biabani, K., Pilehvar, B. and Safari, A., 2016. Comparison of spatial patterns and interspecific association of Gall oak (*Quercus infectoria* Oliv.) and Lebanon oak (*Q. libani* Oliv.) in two less degraded and degraded oak stands in northern Zagros (Case study: Khedr Abad, Sardasht). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(1): 77-88 (In Persian).
- Cheng, X., Han, H., Kang, F., Song, Y. and Liu, K., 2014. Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China. Journal of Plant Interactions, 9(1): 233-240.
- Dale, M.R.T., 2000. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 338p.
- Dinarvand, M., Ejtehadi, H., Jangjo, M. and Andarzian, B., 2016. Biodiversity and recognition vegetation functional groups in wood pasture of

Archive of SID

www.SID.ir

Shimbar protected area in Khuzestan province. Iranian Journal of Applied Ecology, 15: 1-12 (In Persian).
- Fortin, M.J. and Dale, M.R.T., 2005. Spatial Analysis: a Guide for Ecologists. Cambridge University Press, Cambridge, 365p.
- Getzin, S., Wiegand, T., Wiegand, K. and He, F., 2008. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. Journal of Ecology, 96: 807-820.
- Hoseini, A., 2012. Spatial distribution of Montpellier maple and honeysuckle related to topography and stand form in Karezan forests, Ilam. Natural Ecosystems of Iran, 3(2): 27-37 (In Persian).
- Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H. and Stoyan, D., 2008. Statistical Analysis and Modeling of Spatial Point Patterns. John Wiley & Sons, London, 560p.
- Jia, G., Yu, X., Fan, D. and Jia, J., 2016. Mechanism underlying the spatial pattern formation of dominant tree species in a natural secondary forest. PLoS ONE, 11(3): 1-13.
- Le, D.T.N., Thinh, N.V,, Dung, N.T. and Mitlöhner, R., 2016. Effect of disturbance regimes on spatial patterns of tree species in three sites in a tropical evergreen forest in Vietnam. International Journal of Forestry Research, 490: 37-49.
- Nguyen, H.H., Uria-Diez, J. and Wiegand, K., 2016. Spatial distribution and association patterns in a tropical evergreen broad-leaved forest of north-central Vietnam. Journal of Vegetation Science, 27: 318-327.
- Perry, G.L.W., Enright, N.J., Miller B.P. and Lamont, B.B., 2009. Nearest-neighbor interactions in species-rich shrublands: The roles of abundance, spatial patterns and resources. Oikos, 118(2): 161-174.
- 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.
- Pilehvar, B., Mirazadi, Z., Alijani, V. and Jafari Sarabi, H., 2015. Investigation of hawthorn and maple's stands structures of Zagros forest using nearest neighbors indices. Journal of Zagros Forests Researches, 1(2): 1-14 (In Persian).
- Pourbabaei, H., Babaeian, M., Bonyad, A.E. and Adel, M.N., 2014. Autecology of Montpellier maple (*Acer monspessulanum* subsp. *cinerascens*) in forests of Fars Province. Journal of Plant Researches, 27(3): 376-385 (In Persian).
- Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, Y., Heidari, R.H. and Purreza, M., 2010. Investigation of spatial pattern of wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest, 2(2): 177-185 (In Persian).
- Schleicher, J., Wiegand, K. and Ward, D., 2011. Changes of woody plant interaction and spatial distribution between rocky and sandy soil areas in a semi-arid Savanna, South Africa. Journal of Arid Environments, 75: 270-278.
- Sher, A.A., Wiegand, K., and Ward, D., 2010. Do *Acacia* and *Tamarix* trees compete for water in the Negev desert?. Journal of Arid Environments, 74: 338-343.
- Sidor, C.G, Popa, I. and Vlad, R., 2013. Spatial structure of spruce-stone pine mixed forest from Calimani Mountains (Eastern Carpathians). Advances in Environmental Sciences, 5(3): 328-333.
- Sohrabi, H., 2014. Spatial pattern of woody species in Chartagh forest reserve, Ardal. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(1): 27-38 (In Persian).
- Svátek, M. and Matula, R., 2015. Fine-scale spatial patterns in oak sprouting and mortality in a newly restored coppice. Forest Ecology and Management, 348: 117-123.
- Tashakori zadeh, M. and Matinkhah, S.H., 2009. Investigation on the effects of crown canopy of trees on pasture yield and quality of understory vegetation in central Zagros. Iranian Journal of Forest, 1(4): 321-331 (In Persian).
- Wiegand, T. and Moloney, K.A, 2013. Handbook of Spatial Point-Pattern Analysis in Ecology. CRC Press, London, 538p.

Archive of SID

www.SID.ir

Spatial structural analysis of species associations in mixed Montpellier maple (*Acer monspessulanum* L.) stands of Zagros woodlands (Case study: Firooz Abad, Fars province)

A. Alipour [1], S.Y. Erfanifard [2*], H. Sadeghi [3] and S.R. Fallah Shamsi [3]

1- M.Sc., Department of Natural Resources and Environment, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Natural Resources and Environment, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: erfanifard@shirazu.ac.ir
3- Associate Prof., Department of Natural Resources and Environment, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 23.01.2017 Accepted: 27.02.2017

Abstract

Interspecific interaction of tree species is an important process in establishing spatial structure of species associations in ecosystems with low species diversity. This study was aimed to investigate the interspecific interactions of Montpellier maple (*Acer monspessulanum* L.) and two accompanying species (i.e., *Amygdalus scoparia* and *Astragalus gossypinus*) in a site close to Firooz Abad, Fars province. A 200 m × 200 m sample plot was selected in a part of the site. The spatial locations of 629 individuals were measured together with their tree species, height and crown area. In addition to bivariate $g(r)$, $M(r)$ and $P(r)$ were applied to explore more details about interspecific species interactions. The results showed that *A. monspessulanum* had the highest density, mean height and crown area compared to other species. The results indicated negative interspecific interactions of tree species, which was decreased with increasing distance. Negative interactions were observed between *A. monspessulanum* with *A. scoparia* and *A. monspessulanum* with *A. gossypinus* up to spatial scale of 3 m and 10 m, respectively. Moreover, *A. monspessulanum* and two other species showed repulsion up to 7 m distance. In general, it was concluded that *A. monspessulanum* showed negative interspecific interactions with *A. scoparia* and *A. gossypinus* in the study area. This might be caused by environmental heterogeneity and resource limitation. Furthermore, $M(r)$ and $P(r)$ explored more details about type and spatial scale of negative interspecific interactions of *A. monspessulanum* with two other species.

Keywords: *Amygdalus scoparia*, *Astragalus gossypinus*, interspecific interaction, spatial ecology.

Archive of SID

www.SID.ir