

اثر عوامل خاکی در پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی (مطالعه موردی: ذخیره‌گاه جنگلی شمشاد سی سنگان)

زینب رودی^۱، حمید جلیوند^{۱*} و امید اسماعیل‌زاده^۲

^۱ گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران

^۲ گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

هدف از این تحقیق، طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی و تحلیل گرادیان آنها بر اساس ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک در ذخیره‌گاه جنگلی شمشاد سی سنگان است. برای این منظور، ۴۶ قطعه نمونه به صورت سیستماتیک-انتخابی با ابعاد شبکه ۲۰۰ متری به مساحت ۴۰۰ متر مربع، در سطح منطقه پیاده شد. در هر قطعه نمونه، ابتدا مقادیر درصد تاج پوشش گونه‌ها بر اساس ضرایب فراوانی-غلبه براون-بلانکه ثبت و سپس نمونه‌برداری خاک در دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر به منظور اندازه‌گیری خصوصیات نظیر کربن آلی (OC)، نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، آهک (Lime)، بافت و درصد رطوبت انجام شد. با استفاده از تحلیل TWINSpan و بر مبنای درصد تاج پوشش گونه‌ها، تعداد سه گروه بوم‌شناختی در منطقه تعیین و با استفاده از دو روش تحلیل تطبیقی قوس‌گیری شده (DCA) و تحلیل تطبیق متعارفی (CCA)، روابط بین گروه‌های بوم‌شناختی با خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک تبیین شد. نتایج نشان داد که در شکل‌گیری گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی منطقه، عوامل خاکی شامل درصد ذرات سیلت و رس، کربن آلی، نیتروژن و C/N در عمق اول، درصد رطوبت و مقدار فسفر قابل جذب در تپ فاقد شمشاد و درصد شن، اسیدیته، هدایت الکتریکی، آهک، پتاسیم قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل و C/N در عمق دوم در تپ شمشادی مؤثر بوده است. نتایج طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی در دو پلاتی گونه-محیط و قطعه نمونه-محیط تحلیل CCA نشان داد که قطعات نمونه و گونه‌های شاخص هر یک از واحدها در دی‌گرام رسته‌بندی نیز از یکدیگر متمایز هستند.

واژه‌های کلیدی: رسته‌بندی، سی سنگان، شمشاد، عوامل خاکی، گروه‌های بوم‌شناختی، TWINSpan

مقدمه

جوامع طبیعی گیاهی روی زمین بر حسب اتفاق و تصادف به وجود نیامده‌اند، بلکه بین آنها و شرایط بوم‌شناختی حاکم بر محیط‌هایشان ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (Barnes, 1998). در حال حاضر، نگهداری و حفظ تنوع زیستی به عنوان معیار سنجش پایداری جنگل و محیط، یکی از اهداف اصلی در جنگل‌داری به شمار می‌رود (Hagan and Whitman, 2006; Vackar et al., 2011). گروه گونه‌های بوم‌شناختی شامل مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی با نیازهای بوم‌شناختی و بردباری مشابهی هستند که معمولاً به طور مکرر با یکدیگر در نواحی ویژه‌ای با ترکیب‌های یکنواختی از عوامل محیطی (از نظر رطوبت، نور، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک و ...) حضور می‌یابند (Grabher et al., 2003). اگر چه بین دو گونه گیاهی اشتراک بوم‌شناختی محضی وجود ندارد، ولی می‌توان آنها را بر مبنای توزیع مشابهی که نسبت به عوامل محیطی دارند، در قالب یک گروه در نظر گرفته، آنها را بر مبنای عکس‌العمل‌هایشان نسبت به عوامل محیطی توصیف کرد (Barnes, 1998). با مطالعه گروه گونه‌های بوم‌شناختی، اجتماعات گیاهی که در شرایط محیطی مشابهی حضور می‌یابند، تفکیک و عوامل محیطی مؤثر در پراکنش گونه‌های گیاهی شناسایی می‌شوند (Bergeron and Bochar, 1983). هر یک از گروه‌های بوم‌شناختی، حاوی اطلاعات بوم‌شناختی محل انتشار خود بوده، می‌توانند به راحتی اطلاعات با ارزشی از خصوصیات خاک و دیگر متغیرهایی که اندازه‌گیری آنها نسبتاً مشکل است، فراهم آورند (Pregitzer et al., 1983). این گروه‌گونه‌ها برای شناسایی انواع بوم‌نظام‌ها در جنگل‌های بلوط

جنوب میشیگان (Archambault et al., 1990)، ویسکانسین (Hix, 1988)، رویشگاه‌های جنگلی کاج زرد (*Pinus ponderosa*) در ایالت آریزونا (Abella and Covington, 2006a, 2006b) و طبقه‌بندی جوامع جنگلی یونان (Bergmeier and Dimopoulos, 2008) به کار رفته است. با توجه به اینکه پوشش گیاهی استقرار یافته بر روی خاک در هر منطقه نشان دهنده پایداری خصوصیات مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز مساعد بودن شرایط اقلیمی است (شهنوازی، ۱۳۸۰؛ Greig-Smith, 1983)، لذا، مطالعه شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آنها با ویژگی‌های گروه‌های بوم‌شناختی لازم به نظر می‌رسد.

Zahedi Amiri (۱۹۹۸) ارتباط پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک در توده راش-بلوط و زبان‌گنجشک را در کشور بلژیک بررسی کرد و به این نتیجه رسید که ترکیب روش فلوربستیگ و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک می‌تواند پیش‌بینی قابل قبولی از ویژگی‌های خاک را با جوامع گیاهی نشان دهد. محمودی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در طبقه‌بندی جنگل بر مبنای گروه گونه‌های بوم‌شناختی و بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و زیستی خاک دریافتند که خصوصیات خاک به ویژه ویژگی‌های فیزیکی آن نقش مؤثری در جدایی گروه‌های بوم‌شناختی و گسترش جوامع گیاهی دارد. در مطالعه جامعه‌شناسی توده‌های شمشاد خزری در جنگل‌های شمال، جوامع راش-شمشاد (*Fageto-Buxetum*) (حمزه، ۱۳۷۳) و ون-شمشاد (*Fraxino-Buxetum*) (طبری، ۱۳۸۰) معرفی شدند. با وجود کاهش چشمگیر رویشگاه‌های شمشاد به عنوان یکی از جوامع جلگه‌ای، هنوز اطلاعات کاملی از اجتماعات و جوامع جنگلی

اقلیم‌نمای آمبرژه جزو مناطق خیلی مرطوب با زمستان‌های معتدل محسوب می‌شود.

جمع‌آوری داده‌ها

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی با استفاده از روش سیستماتیک-انتخابی انجام شد (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ Barbur et al., 1999؛ Krebs, 1999). برای این منظور، نخست ترانسکت‌هایی با فواصل مشخص، در جهت گرادیان ارتفاع (عمود بر خطوط میزان منحنی) در نظر گرفته شد، سپس تعداد ۴۶ قطعه نمونه به صورت انتخابی با ابعاد شبکه ۲۰۰ × ۲۰۰ متری در امتداد ترانسکت‌ها پیاده شد. مساحت قطعات نمونه مطابق اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع (۲۰ × ۲۰ متر) در نظر گرفته شد (Kent and Coker, 1992). در هر قطعه نمونه، فهرست همه گونه‌های گیاهی به همراه میزان وفور یا درصد تاج پوشش آنها ثبت شد. اندازه‌گیری وفور گونه‌های درختی و درختچه‌ای به صورت عینی و وفور گونه‌های علفی به صورت تخمینی (به درصد نسبت به مساحت پلات) بر اساس مقیاس فراوانی-غلبه براون-بلانکه (Braun-Blanquet, 1932) انجام شد. نمونه‌های خاک در مرکز هر پلات و در زیر لایه لاش‌برگ با استفاده از مته (اوگر) به قطر ۸ سانتی‌متر در دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و اندازه‌گیری درصد رطوبت آنها، در معرض هوا خشک شده و پس از جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها ابتدا تمامی نمونه‌ها کوبیده شده و از الک با قطر ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. ویژگی‌های خاک شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل و سپس محاسبه

این گونه با ارزش در دسترس نیست، بنابراین تحقیق حاضر سعی دارد تا با استفاده از تجزیه دو طرفه گونه‌های شاخص و تحلیل‌های DCA و CCA که به ترتیب به عنوان مهم‌ترین تجزیه‌کننده‌های غیرمستقیم و مستقیم رج‌بندی محسوب می‌شوند (کنت و کاکر، ۱۳۸۰)، طبقه‌بندی بوم‌شناختی و تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر (عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک) را به منظور شناسایی الگوی پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی ذخیره گاه جنگلی شمشاد سی سنگان بررسی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده پارک جنگلی سی‌سنگان در بخش جلگه‌ای حاشیه جنوبی دریای خزر واقع شده است. از نظر رویشگاه جنگلی، به ویژه با اختلاط گونه شاخصی مانند شمشاد، این پارک یکی از نادرترین و منحصر به فردترین رویشگاه‌ها محسوب می‌شود. این رویشگاه در حد فاصل شهرهای رویان و نوشهر و در عرض جغرافیایی "۳۰'۳۳" تا "۳۰'۳۵" و طول جغرافیایی "۰'۴۷" تا "۳۰'۴۹" قرار گرفته است. سطح پارک ۵۹۱/۶۵ هکتار است. از این میزان، ۵۴۳/۵۹۴ هکتار آن متعلق به بخش حفاظت شده شمشادی است. شیب کلی عرصه در کلاسه ۰-۵ درصد و بسیار ملایم بوده و از ارتفاع ۲۶- متر در بخش ساحلی شروع و تا ارتفاع ۱۲۵ متر از سطح دریا به طرف جنگل‌های کوهستانی ادامه می‌یابد (بی‌نام، ۱۳۸۲). با استفاده از آمار و اطلاعات نقشه‌ها و سال‌نامه‌های اقلیم‌شناسی ایستگاه هواشناسی نوشهر متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۲۷۴ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۸ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه بر اساس

تحلیل گونه‌های شاخص (Indicator Species Analysis)

پس از طبقه‌بندی رویشگاه و تعیین گروه‌های بوم‌شناختی، محاسبه ارزش شاخص (IV, Indicator Value) گونه‌ها برای معرفی گونه‌های شاخص هر گروه با استفاده از تحلیل ارزش شاخص یا روش IV انجام شد (McCune and Mefford, 1999). ارزیابی معنی‌دار بودن مقادیر ارزش شاخص نیز با استفاده از آزمون مونت کارلو (Monte Carlo) انجام شد (McCune and Mefford, 1999). بر این اساس گونه‌ای که دارای بیشترین ارزش شاخص در یک گروه باشد (با تفاوت معنی‌دار آماری) به عنوان گونه شاخص آن گروه یا اجتماع گیاهی معرفی شد (کنت و کاکر، ۱۳۸۰). محاسبه ارزش شاخص و معنی‌داری آن طبق رابطه ۱، با استفاده از نرم‌افزار PC-Ord for Win. نسخه ۴/۱۷ انجام شد.

$$100 \times RF_{JK} \times IV_{JK} = RA_{JK} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، IV_{JK} : ارزش شاخص گونه J در گروه k؛ RA_{JK} : وفور نسبی گونه J در گروه k و RF_{JK} : فراوانی نسبی گونه J در گروه k است.

تحلیل گرادیان

به منظور بررسی الگوی پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی و نیز تعیین روابط آنها با ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، روش‌های تحلیل گرادیان مستقیم CCA و غیر مستقیم DCA به کار برده شد. البته در تحلیل‌های رسته‌بندی فقط از داده‌های پوشش گیاهی گونه‌های معرف استفاده شد (Muller-

نسبت کربن به نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب، آهک و بافت خاک در آزمایشگاه با روش‌های رایج، اندازه‌گیری شد.

طبقه‌بندی

برای تسهیل درک مفهوم تغییرات تدریجی ترکیب پوشش گیاهی و کمک به فهم بهتر ارتباط بین گونه‌ها و عوامل محیطی، قطعات نمونه از نظر ترکیب گونه‌ای مشابه به گروه‌هایی طبقه‌بندی می‌شوند. تعیین گروه گونه‌های بوم‌شناختی با استفاده از تحلیل گونه‌های شاخص دو طرفه (Two Way (TWINSpan) (Indicator Analysis) بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش گونه‌ها و سطوح قطع ۰، ۱، ۲/۵، ۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ انجام شد. طبقه‌بندی TWINSpan با استفاده از نرم‌افزار PC-Ord for Win. نسخه ۴/۱۷ (McCune and Mefford, 1999) انجام شد. ارزیابی صحت طبقه‌بندی جوامع گیاهی حاصل از فرآیند طبقه‌بندی اکولوژیک با بهره‌گیری از تحلیل تشخیص و بر مبنای عوامل خاک قطعات نمونه توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۲ تعیین شد. توابع تشخیص، نه تنها مهمترین متغیرهای محیطی مستقل مؤثر بر الگوی پراکنش جوامع گیاهی را انتخاب می‌کنند، بلکه احتمال اختصاص هر قطعه نمونه به هر یک از گروه‌های گیاهی را نشان داده، بر این اساس درصد طبقه‌بندی صحیح گروه‌ها تعیین می‌شود. در این تحقیق، از آماره لامبدا ویلکس (Wilks lambda) و آماره کاپا (Kappa) به ترتیب برای ارزیابی سطح معنی‌دار بودن و ارزیابی آماری صحت پیش‌بینی توابع تشخیص استفاده شد (Legendre and Legendre, 1998).

Parrotia persica, *Hedera pastochowii* و *Acer cappadocicum* به ترتیب با مقادیر شاخص اهمیت ۶۸/۱، ۴۴/۷ و ۴۴/۴ به عنوان گونه‌های شاخص این گروه شناسایی شدند.

گروه دوم: این گروه ۱۳ قطعه نمونه را که اکثراً در توده شمشاد خالص قرار داشتند، شامل شد. گونه‌های *Ficus carica* و *Celtis australis*، *Buxus hyrcana* به ترتیب با مقادیر شاخص ۵۱/۶، ۳۱/۳ و ۲۲/۳ گونه‌های شاخص این گروه شناخته شدند.

گروه سوم: این گروه ۱۵ قطعه نمونه را که در توده فاقد شمشاد قرار داشتند، شامل شد. گونه‌های شاخص این گروه و دو گروه اول و دوم در جدول ۲ نشان داده شده است.

تحلیل چند متغیره تشخیص عوامل خاکی در گروه‌های بوم‌شناختی

بررسی تحلیل تشخیص برای تعیین معنی‌داری متغیرهای خاک در بین گروه‌های بوم‌شناختی و نیز بررسی صحت طبقه‌بندی گروه‌ها به کار گرفته شد. نتایج این تحلیل نشان داد که تعداد ۷ متغیر شامل هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، نسبت کربن به نیتروژن، اسیدیته، رطوبت و درصد کربن آلی به ترتیب اهمیت در طی ۷ مرحله در توابع دو گانه ارزیابی شدند که هر کدام در سطح خطای ۱ درصد نیز معنی‌دار بودند (جدول ۳).

این تحلیل نشان داد که با استفاده از متغیرهای یاد شده، تعداد دو تابع تشخیص تشکیل می‌شود. میزان اهمیت توابع دو گانه بر مبنای سهم تبیین واریانس آنها از تابع اول (۹۰/۵ درصد) به تابع دوم (۹/۵ درصد) به شدت کاهش می‌یابد (جدول‌های ۴ و ۵). در نهایت، جدول توافقی تحلیل تشخیص، صحت طبقه‌بندی

McNab et al., Dombos and Ellenberg, 1974 (1999).

تحلیل‌های گرادیان با استفاده از نرم‌افزار CANOCO نسخه ۴/۵ (Ter Braak, 1998) انجام شد. در تحلیل‌های گرادیان، به منظور حذف اثر ارب در جهت گونه‌ها یا متغیرهایی که دارای بیشترین واریانس هستند، بر اساس مقادیر بیشینه نسبی (Maximum Relativization) ارزش گونه‌ها و متغیرهای محیطی، استاندارد کردن داده‌های پوشش گیاهی و خاکی به طور جداگانه انجام شد (McCune and Mefford, 1999). همچنین، در اجرای هر دو تحلیل برای کاهش خطا، گونه‌های نادر وزن کمتری گرفتند (Leps and Smilauer, 2003). در تحلیل CCA به منظور بررسی و تبیین روابط گونه-محیط از ضرایب همبستگی (همبستگی Intraset) متغیرهای محیطی با مقادیر نمرات قطعات نمونه بر روی محورها) استفاده شد. آزمون مونت کارلو برای تعیین سطح معنی‌داری ارزش ویژه (Eigen value) محورهای CCA استفاده شد (Jongman et al., 1987).

نتایج

تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی

با استفاده از تحلیل TWINSpan و بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش، تعداد ۵۲ گونه گیاهی مربوط به ۴۶ قطعه نمونه روی‌شگاه سی سنگان در سه گروه بوم‌شناختی در سطح دوم طبقه‌بندی، شناسایی و تفکیک شد (جدول ۱). تلفیق نتایج تجزیه و تحلیل TWINSpan و تحلیل گونه‌های شاخص به شرح زیر بود:

گروه اول: این گروه ۱۸ قطعه نمونه را که اکثراً در توده شمشاد آمیخته قرار داشتند، شامل شد. گونه‌های

علائم اختصاری گونه‌های شاخص که در تحلیل CCA استفاده شده است، در جدول ۹ آمده است. تجزیه و تحلیل داده‌های پوشش گیاهی و عوامل محیطی با استفاده از تحلیل CCA، بیانگر روابط میان تغییرات عوامل محیطی و تغییرات پوشش گیاهی است. با توجه به جدول ۱۰ مشاهده می‌شود که چهار محور اول تحلیل CCA با مقادیر ویژه ۰/۶۱۱، ۰/۳۰۵، ۰/۲۴۷ و ۰/۲۱۲ به ترتیب ۲۱/۳، ۱۰/۷، ۸/۶ و ۷/۴ درصد واریانس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی و خصوصیات محیطی منطقه را تبیین می‌نمایند. میزان همبستگی گونه-محیط محورهای اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب $r=0/937$ ، $r=0/918$ و $r=0/891$ محاسبه شد. این نتایج به پیوستگی و ارتباط قوی بین پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی وارد شده در نمودار دو پلاتی تحلیل CCA اشاره دارد. در واقع، مقادیر بالای همبستگی گونه-محیط محورهای رج‌بندی نشان می‌دهد که محورها به خوبی بیانگر متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده هستند. آزمون معنی‌داری مونت کارلو برای بررسی معنی‌داری مقادیر ویژه محورهای رج‌بندی نشان داد که مقدار ویژه محور اول در سطح ۹۹ درصد ($P<0.01$) و مقادیر ویژه محور دوم و سوم در سطح ۹۵ درصد ($P<0.05$) معنی‌دار است. این نکته بیانگر آن است که الگوی مشاهده شده در تحلیل CCA در اثر شانس و تصادف نبوده است. جدول ۱۰ حاکی از معنی‌دار بودن ($P<0.05$) تحلیل همبستگی انجام شده برای متغیرهایی مانند اسیدیته، هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم قابل جذب، مقدار نیتروژن کل در لایه اول، درصد کربن آلی و آهک در لایه دوم، نسبت کربن به نیتروژن کل، درصد رطوبت، درصد ذرات شن و رس و درصد ذرات سیلت در عمق دوم است. نمایش دو پلاتی توزیع

گروه‌های بوم‌شناختی منطقه بر مبنای ۲۴ متغیر محیطی اندازه‌گیری شده را ۹۱/۹۷ درصد نشان می‌دهد (جدول ۶). در واقع عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در دو سری از طبقات گروه‌ها یعنی TWINSpan و گروه‌های حاصل از طبقه‌بندی تحلیل تشخیص معادل ۹۱/۹۷ درصد است. در این ارتباط ضریب کاپا (Kappa) میزان تطبیق گروه‌های بوم‌شناختی با گروه‌های حاصل از تحلیل تشخیص را ۰/۹۰۱ ارزیابی نمود (جدول ۷)، به عبارت دیگر، بر مبنای معیار کاپا، صحت طبقه‌بندی گروه‌ها در تحلیل تشخیص ۹۰/۱ درصد برآورد گردید.

تحلیل گرادیان

تجزیه و تحلیل تطبیقی غیر جهت‌دار (DCA)

با استفاده از تحلیل DCA داده‌های پوشش ۳۸ گونه گیاهی معرف مربوط به ۴۶ قطعه نمونه، به منظور تعیین گرادیان اصلی پوشش گیاهی تجزیه و تحلیل شد. چهار محور اول تحلیل DCA با مقادیر ویژه ۰/۶۴، ۰/۲۷، ۰/۲۱ و ۰/۱۱ به ترتیب ۱۹، ۷/۵، ۶/۲ و ۳/۴ درصد از کل تغییرات در ترکیب فلورستیک گونه‌های شاخص سه گروه بوم‌شناختی را تبیین نمودند (جدول ۸). دیاگرام رج‌بندی DCA گونه‌های معرف و قطعات نمونه گروه‌های بوم‌شناختی نشان داد که قطعات نمونه گونه‌های شاخص هر یک از گروه‌ها از یکدیگر متمایز شده‌اند و نتایج طبقه‌بندی تحلیل TWINSpan و رج‌بندی DCA با یکدیگر انطباق داشتند (شکل ۱).

تحلیل تطبیقی متعارفی (CCA)

شکل ۲ نمایش توزیع قطعات نمونه و گونه‌های شاخص گروه‌های بوم‌شناختی را در امتداد دو محور اول و دوم تحلیل CCA که بیشترین سهم تغییرات تبیین شده را به خود اختصاص داده است، نشان می‌دهد.

گونه‌ای تقریباً مشابه، ولی از نظر معیار درجه تاج پوشش متفاوت است و این سبب شد تا نمایش گروه‌های تفکیک شده از تحلیل TWINSpan در دیاگرام رج‌بندی در کنار یکدیگر باشند، ولی همان گونه که نمودارهای رج‌بندی نشان می‌دهند، اگرچه دو گروه تا اندازه‌ایی در کنار یکدیگر قرار دارند، اما قطعات نمونه گروه‌ها کاملاً از یکدیگر مجزا است.

با توجه به نکاتی که اشاره شد، هدف اصلی این تحقیق شناسایی واحدهای بوم‌شناختی و تفسیر عوامل خاکی مؤثر در تفکیک آنها بود. واضح است که گام نخست این تحقیق، شناسایی واحدهای همگن بوم‌شناختی است. طبقه‌بندی بوم‌شناختی رویشگاه‌های جنگلی به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که بهترین روش آن استفاده از گروه گونه‌های اکولوژیک یا بوم‌شناختی است. گروه گونه‌های اکولوژیک شامل مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی با نیازهای بوم‌شناختی و بردباری مشابهی هستند که معمولاً به طور مکرر با یکدیگر در نواحی ویژه‌ای با ترکیب‌های مشابه‌ای از عوامل محیطی (از نظر رطوبت، نور، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک و ...) حضور می‌یابند (Grabher et al., 2003). در این تحقیق، ابتدا تلاش شد تا با استفاده از یک روش نمونه‌برداری مناسب همه ناهمگنی پوشش گیاهی (تغییرات سیمای ظاهری پوشش گیاهی) منطقه ثبت شده و سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های عددی طبقه‌بندی و رسته‌بندی، به ترتیب به منظور طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی و تفسیر آنها بر اساس عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک انجام شود. حتی در این ارتباط با استفاده از تحلیل عددی گونه‌های شاخص (معروف به روش IV) اقدام به معرفی گونه‌های معرف در هر گروه شد.

قطعات نمونه گروه‌های بوم‌شناختی و عوامل محیطی نشان می‌دهد که همانند نتایج تحلیل DCA، گروه‌های اول و دوم (توده‌های شمشادی) توسط گرادیان‌های محیطی بافت، درصد رطوبت، آهک، هدایت الکتریکی و اسیدیته از گروه سوم (تیپ غیر شمشادی) متمایز شده‌اند. گروه سوم (تیپ غیر شمشادی) به علت همبستگی بالا با گرادیان‌های درصد ذرات رس و سیلت، درصد رطوبت، نسبت کربن به نیتروژن و مقدار مسفر قابل جذب از دو گروه دیگر متمایز است. در ارتباط با گروه‌های اول و دوم، نتایج دو پلاتی توزیع قطعه نمونه و عوامل محیطی تحلیل CCA تقریباً با نتایج توزیع گروه‌های بوم‌شناختی تحلیل DCA انطباق داشته، هم‌پوشانی بین دو گروه کاملاً مشهود است.

بحث

با استناد به نتایج حاصل از تحلیل طبقه‌بندی TWINSpan و تحلیل‌های رج‌بندی می‌توان اظهار داشت که روش گروه گونه‌های بوم‌شناختی، توصیف مناسبی را از وضعیت پوشش گیاهی منطقه ارائه می‌نماید که این تحلیل با نتایج به دست آمده از تحقیقات سایر پژوهشگران انطباق دارد (Phillips et al., 2002؛ Picard and France, 2003؛ White and Hood, 2004). البته گروه‌های اول و دوم به علت اینکه به توده‌های شمشادی منطقه مربوط است و در واقع به علت تأثیری که حضور شمشاد بر دیگر گونه‌های گیاهی منطقه دارد، لذا ترکیب گیاهی دو گروه تقریباً یکسان است، اما مقادیر غلبه گونه‌های دو گروه (درجه تاج پوشش گونه‌ها) تحت تأثیر درصد تاج پوشش درختان شمشاد، در دو گروه متفاوت است. در واقع، ترکیب گونه‌های گیاهی در دو گروه از نظر غنای

تفکیک سه گروه گیاهی مشخص در تحلیل TWINSpan که تمایز آنها در تحلیل‌های رج‌بندی DCA و CCA نیز به روشنی قابل مشاهده است و نیز بالا بودن مقادیر همبستگی ضرایب گونه-محیط در تحلیل CCA همگی مؤید تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک و به تبع آن تغییرات ترکیب گونه گیاهی در رویشگاه سی‌سنگان بوده است، لذا، تعداد سه گروه اکولوژیک متمایز در این رویشگاه را تأیید می‌کند. معرفی تعداد ۳۸ گونه معرف که در نتیجه تحلیل IV ارایه شد، دلیل دیگری بر اجتماع‌پذیری مشخص تعداد معینی از گونه‌های گیاهی در هر یک از گروه‌های سه‌گانه است. نتایج این تحقیق به روشنی نشان داد که رویشگاه سی‌سنگان رویشگاهی یکنواخت نیست. در واقع، تغییرات خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک و ارتباط آن با ترکیب گونه‌های گیاهی منطقه، تفکیک سه گروه مشخص و متمایز را دلالت می‌کند. در این ارتباط می‌توان به مقایسه واریانس تشریح شده به واریانس کل اشاره کرد که نتیجه نشان داد که ۸۴ درصد از تغییرات خاک توسط ترکیب پوشش گیاهی منطقه تبیین شده است.

با توجه به هموار و جلگه‌ای بودن منطقه می‌توان بیان داشت که تغییر مشخصات خاک با پوشش گیاهی در ارتباط مستقیم است (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴)، زیرا در این طبقه‌بندی هر گروه گیاهی نشان‌دهنده شرایط محیطی منحصر به فرد از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است. همچنین، برای تعیین ارتباط بین گروه گونه‌های بوم‌شناختی و تغییر

مشخصات خاک، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از تحلیل چند متغیره درک بهتری را برای تعیین ارتباط بین عوامل محیطی و پوشش‌های گیاهی کف جنگل متأثر از توده‌های متمایز شده فراهم می‌آورد که این نتیجه در پژوهش‌های Corny و همکاران (۲۰۰۶) نیز حاصل شد. با توجه به شباهت الگوی پراکنش گروه‌های گیاهی در نمایش دو پلاتی تحلیل‌های رج‌بندی غیر مستقیم DCA و مستقیم CCA و نیز بالا بودن مقادیر همبستگی گونه-محیط در چهار محور اول تحلیل CCA نسبت به تحلیل DCA می‌توان استنباط کرد که رابطه‌ای نسبتاً قوی بین پوشش گیاهی منطقه با متغیرهای محیطی وجود دارد (He et al., 2007). مقایسه مقادیر واریانس تشریح شده (Trace=2.863) توسط محورهای CCA نسبت به واریانس کل (total inertia=3.4) تشریح شده توسط تحلیل DCA نشان می‌دهد که سهم عمده‌ای (بیش از ۸۴ درصد) از میزان تغییرات در الگوی پراکنش ترکیب پوشش گیاهی منطقه توسط متغیرهای محیطی مورد مطالعه تبیین می‌شود. بیشتر بودن مقادیر ضرایب همبستگی گونه-محیط محورهای تحلیل CCA نسبت به محورهای DCA و همچنین، با توجه به اینکه در تحلیل CCA، مقادیر داده‌های محیطی به طور مستقیم در محاسبه نمرات محورهای رج‌بندی گونه‌ها و قطعات نمونه به کار می‌رود، سبب شد تا تحلیل CCA تشریح بهتری از الگوی پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی را به نمایش گذاشته، تفسیر مناسب‌تری از گرادیان‌های محیطی ارایه دهد.

جدول ۲- مقادیر بیشینه ارزش شاخص گونه‌های گیاهی در هر گروه بوم‌شناختی. ns، ** و * به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد؛ گروه بوم‌شناختی: اول (تیپ شمشاد آمیخته)، دوم (تیپ شمشاد خالص)، سوم (تیپ فاقد شمشاد).

گونه	مقدار شاخص	گروه	گونه	مقدار شاخص	گروه
<i>Prunella vulgaris</i>	۸۴/۹ **	سوم	<i>Hedera pastuchovii</i>	۶۸/۱ **	اول
<i>Smilax exelsa</i>	۸۳/۹ **	سوم	<i>Parotia persica</i>	۴۴/۷ *	اول
<i>Lamium album</i>	۷۹/۷ **	سوم	<i>Acer cappadocicum</i>	۴۴/۴ **	اول
<i>Microstegium vimineum</i>	۷۹/۵ **	سوم	<i>Phyllitis scolopendrium</i>	۴۳/۵ ns	اول
<i>Carpesium abrotanoides</i>	۷۷/۸ **	سوم	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	۲۵/۱ ns	اول
<i>Bidens tripartite</i>	۶۲/۹ **	سوم	<i>Diospyrus lotus</i>	۱۶/۷ ns	اول
<i>Polypodium vulgare</i>	۶۲/۷ **	سوم	<i>Tilia platyphyllos</i>	۱۶/۷ ns	اول
<i>Cornus australis</i>	۶۱/۳ **	سوم	<i>Crataegus microphylla</i>	۱۲/۶ ns	اول
<i>Carex sylvatica</i>	۶۰ **	سوم	<i>Albizia julibrissin</i>	۱۰ ns	اول
<i>Potentilla reptans</i>	۶۰ **	سوم	<i>Cyclamen coum</i>	۹/۷ ns	اول
<i>Rumex acetosella</i>	۵۹/۸ **	سوم	<i>Buxus hyrcana</i>	۵۱/۶ **	دوم
<i>Jasminum officinale</i>	۵۹/۷ **	سوم	<i>Rubus hyrcanus</i>	۴۴/۵ ns	دوم
<i>Cardamine impatiens</i>	۵۳/۳ **	سوم	<i>Celtis australis</i>	۳۱/۳ **	دوم
<i>Geum urbanum</i>	۵۳/۳ **	سوم	<i>Zelkova carpinifolia</i>	۲۸/۴ *	دوم
<i>Conyza canadensis</i>	۵۰/۴ **	سوم	<i>Ficus carica</i>	۲۲/۳ *	دوم
<i>Carpinus betulus</i>	۴۸/۷ **	سوم	<i>Atropa belladonna</i>	۲۰/۹ ns	دوم
<i>Ajuga reptans</i>	۴۶/۷ **	سوم	<i>Geranium robertianum</i>	۱۳/۳ ns	دوم
<i>Poa trivialis</i>	۴۵/۹ **	سوم	<i>Solanum nigrum</i>	۱۳/۱ ns	دوم
<i>Tamus communis</i>	۴۲/۹ **	سوم	<i>Evonymus latifolia</i>	۹/۴ ns	دوم
<i>Quercus castaneifolia</i>	۳۷ *	سوم	<i>Acer velutinum</i>	۶/۸ ns	دوم
<i>Pteris cretica</i>	۳۴/۷ *	سوم	<i>Viola alba</i>	۹۹/۶ **	سوم
<i>Carex divulsa</i>	۳۳/۳ **	سوم	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	۹۹/۴ **	سوم
<i>Mentha aquatica</i>	۳۳/۳ **	سوم	<i>Carex remota</i>	۹۷/۸ **	سوم
<i>Ilex spinigera</i>	۲۶/۷ **	سوم	<i>Carex riparia</i>	۹۶/۸ **	سوم
<i>Stellaria media</i>	۲۶ *	سوم	<i>Oplismenus undolatifolius</i>	۹۳/۳ **	سوم
<i>Gleditschia caspica</i>	۱۵/۲ ns	سوم	<i>Ruscus hyrcanus</i>	۸۷/۳ **	سوم

جدول ۳- جدول شاخص‌های آماری متغیرهای وارد شده در توابع تشخیص

متغیرهای محیطی	آماره Wilks Lambda	مقدار P
K	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰
عمق ۰-۱۵	۰/۲۴۱	۰/۰۰۰
رطوبت	۰/۰۸۱	۰/۰۰۰
C/N	۰/۴۰۲	۰/۰۰۰
EC	۰/۲۴۷	۰/۰۰۰
pH	۰/۰۶۸	۰/۰۰۰
عمق ۱۵-۳۰	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰
رطوبت		
C		

جدول ۶- جدول عضویت‌پذیری قطعات نمونه و صحت طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی. میانگین درصد انطباق = ۹۱/۹۷ درصد

گروه‌های اکولوژیک	گروه‌های پیش‌بینی شده			تعداد قطعات نمونه	درصد انطباق
	توسط تحلیل تشخیص بر مبنای متغیرهای محیطی	گروه اول	گروه دوم		
اول	۱۸	۰	۰	۱۸	۱۰۰
دوم	۲	۱۱	۰	۱۳	۸۴/۶
سوم	۰	۰	۱۵	۱۵	۱۰۰

جدول ۴- جدول خلاصه آماره‌های توابع تشخیص کانونی

توابع	مقدار ویژه	تیبین واریانس	درصد	همبستگی کانونی	ضریب	Wilks Lambda	آماره	درجه آزادی	آسیب‌پذیری	کای	مقدار P
۱	۳۲۳	۹۰/۵	۹۳/۸	۰/۶۸	۱۴	۰/۴۸۱	۰/۰۰				
۲	۷۶۵	۹/۵	۶۵/۸	۵۶۷	۶	۰/۷۲۲	۰/۰۰				

جدول ۷- گزارش ضریب کاپا در تعیین دقت گروه‌های پیش‌بینی شده توسط تحلیل تشخیص

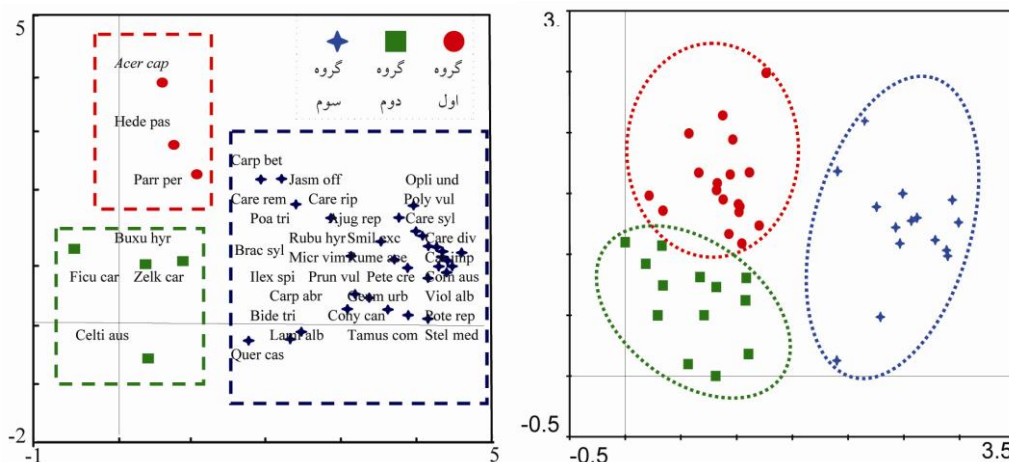
مقدار ضریب Kappa	اشتباه معیار	معنی‌داری
۰/۹۰۱	۰/۰۳۱	۰/۰۰۰

جدول ۸- همبستگی بین محورهای DCA و متغیرهای محیطی. واریانس کل (total inertia) = ۳/۴

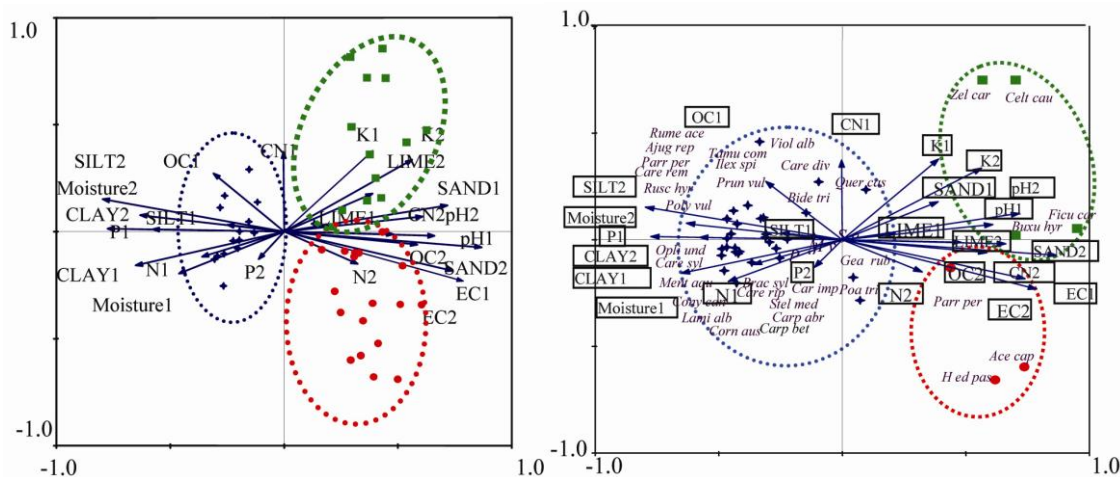
مقادیر ویژه	محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴
طول گرادیان محورها	۰/۶۴	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۱۱
درصد تبیین واریانس	۳/۵۲	۲/۴۵	۲/۴۱	۱/۴۸
درصد تجمعی تبیین واریانس	۱۹	۷/۵	۶/۲	۳/۴
	۱۹	۲۶/۹	۳۳/۱	۳۶/۵

جدول ۵- ماتریس ضرایب کانونی استاندارد شده متغیرهای محیطی و توابع تشخیص

متغیرهای محیطی	توابع تشخیص	
	تابع ۱	تابع ۲
رطوبت	۰/۹۵۴	-۰/۱۶۶
عمق ۰-۱۵	۰/۹۲۲	۰/۵۹۳
K	۰/۴۲۱	۰/۴۹۱
C/N	۰/۵۷۳	-۰/۷۴۰
EC	۰/۳۰۹	-۰/۵۵۵
رطوبت	۰/۹۹۷	۰/۴۴۸
عمق ۱۵-۳۰	۰/۶۹۵	۰/۳۵۴
pH		
C		



شکل ۱- رسته‌بندی DCA گونه‌های شاخص (سمت چپ) و قطعات نمونه (سمت راست) در گروه‌های بوم‌شناختی



شکل ۲- رسته‌بندی گونه‌های شاخص - محیط (سمت راست) و قطعه نمونه - محیط (سمت چپ) تحلیل CCA

(علامت اختصاری و گونه‌ها و گرادبان‌های محیطی به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ ذکر شده است)

جدول ۹- علائم اختصاری و اسامی گونه‌های شاخص (شکل ۲ سمت راست)

نام گونه	علامت	نام گونه	علامت
<i>Acer cappadocicum</i>	<i>Acer cap</i>	<i>Jasminum officinale</i>	<i>Jasm off</i>
<i>Ajuga reptans</i>	<i>Ajug rep</i>	<i>Lamium album</i>	<i>Lami alb</i>
<i>Bidens tripartita</i>	<i>Bide tri</i>	<i>Mentha aquatica</i>	<i>Ment aqu</i>
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Brac syl</i>	<i>Microstegium vimineum</i>	<i>Micr vim</i>
<i>Buxus hyrcana</i>	<i>Buxu hyr</i>	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	<i>Opli und</i>
<i>Cardamine impatiens</i>	<i>Card impa</i>	<i>Parrotia persica</i>	<i>Parr per</i>
<i>Carex divulsa</i>	<i>Care div</i>	<i>Peteris cretica</i>	<i>Pete cre</i>
<i>Carex remota</i>	<i>Care rem</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Poa triv</i>
<i>Carex riparia</i>	<i>Care rip</i>	<i>Polypodium vulgare</i>	<i>Poly vul</i>
<i>Carex sylvatica</i>	<i>Care syl</i>	<i>Potentilla reptans</i>	<i>Pote rep</i>
<i>Carpesium abrotanoides</i>	<i>Carp abr</i>	<i>Prunella vulgaris</i>	<i>Prun vul</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Carp bet</i>	<i>Quercus castaneifolia</i>	<i>Quer cas</i>
<i>Celtis australis</i>	<i>Celt aus</i>	<i>Rumex acetosella</i>	<i>Rume acs</i>
<i>Conyza canadensis</i>	<i>Cony can</i>	<i>Ruscus hyrcanus</i>	<i>Rusc hyr</i>
<i>Cornus australis</i>	<i>Corn aus</i>	<i>Smilax excelsa</i>	<i>Smil exc</i>
<i>Ficus carica</i>	<i>Ficu car</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Stell med</i>
<i>Geranium robertianum</i>	<i>Geum urb</i>	<i>Tamus communis</i>	<i>Tamu cum</i>
<i>Hedera pastochowii</i>	<i>Hede pas</i>	<i>Viola alba</i>	<i>Viol alb</i>
<i>Ilex spinigera</i>	<i>Ilex spi</i>	<i>Zelkova carpinifolia</i>	<i>Zelk car</i>

جدول ۱۰- همبستگی بین محورهای CCA و متغیرهای محیطی. ns، ** و * به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد.

محور ۴	محور ۳	محور ۲	محور ۱	علامت اختصاری	متغیرهای محیطی
۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	-۰/۰۲۶ ^{ns}	۰/۶۸ ^{**}	pH1	اسیدیته
-۰/۰۰۹ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۱۶۶ ^{ns}	۰/۷۹ ^{**}	EC1	هدایت الکتریکی
۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۴۲ ^{ns}	۰/۱۹۸ ^{ns}	LIME1	آهک
۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۲۳۶ ^{ns}	-۰/۰۱۶۵ ^{ns}	-۰/۰۳۴ ^{ns}	OC1	کربن آلی
-۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۲۰۹ ^{ns}	-۰/۰۳۴۵ [*]	N1	نیتروژن کل
۰/۰۰۷۳ ^{ns}	-۰/۰۲۶۳ ^{ns}	۰/۰۰۵۱ ^{ns}	-۰/۰۵۶ ^{**}	P1	فسفر قابل جذب
۰/۰۳۵ ^{ns}	-۰/۰۱۱۳ ^{ns}	-۰/۰۲۵ ^{ns}	۰/۳۶۲ [*]	K1	پتاسیم قابل جذب
۰/۰۳۷۶ [*]	۰/۰۲۷۷ ^{ns}	-۰/۰۳۵ ^{**}	-۰/۰۰۶۰ ^{ns}	CN1	نسبت کربن به نیتروژن
۰/۰۰۶۵ ^{ns}	۰/۰۰۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۵۰ ^{ns}	-۰/۰۰۶۰۴ ^{**}	moist1	رطوبت
۰/۰۱۶۱ ^{ns}	-۰/۰۰۶ ^{ns}	-۰/۰۰۴۸ ^{ns}	۰/۰۶۹۱ ^{**}	SAND1	درصد شن
۰/۰۱۸۵ ^{ns}	۰/۰۲۶۱ ^{ns}	-۰/۰۰۵۸ ^{ns}	-۰/۰۰۲۲۷ ^{ns}	SILT1	درصد سیلت
-۰/۰۰۳ ^{ns}	-۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۹۱ ^{ns}	-۰/۰۰۶۲۳ ^{**}	CLAY1	درصد رس
-۰/۰۰۰۴ ^{ns}	-۰/۰۰۱۳۷ ^{ns}	-۰/۰۰۱۵۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{**}	pH2	اسیدیته
-۰/۰۰۰۷ ^{ns}	-۰/۰۰۷۷ ^{ns}	۰/۰۰۱۴۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{**}	EC2	هدایت الکتریکی
۰/۰۰۶۱ ^{ns}	-۰/۰۰۶۰ ^{ns}	-۰/۰۰۲۵۳ ^{ns}	۰/۰۰۳۸۱ [*]	LIME2	آهک
۰/۰۰۱۶۲ ^{ns}	۰/۰۰۱۶۳ ^{ns}	۰/۰۰۱۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{**}	OC2	کربن آلی
-۰/۰۰۰۶۴ ^{ns}	-۰/۰۰۲۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۶ ^{ns}	N2	نیتروژن کل
۰/۰۰۱۳۸ ^{ns}	-۰/۰۰۰۳۱ ^{**}	۰/۰۰۱۸۳ ^{ns}	-۰/۰۰۰۱۰۵ ^{ns}	P2	فسفر قابل جذب
۰/۰۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۲ ^{ns}	-۰/۰۰۰۳۵۱ [*]	۰/۰۰۰۵۲۰ ^{**}	K2	پتاسیم قابل جذب
۰/۰۰۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	-۰/۰۰۰۰۹۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۵۰۱ ^{**}	CN2	نسبت کربن به نیتروژن
۰/۰۰۰۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۴۱ [*]	۰/۰۰۰۳۱۰ [*]	-۰/۰۰۰۰۴ [*]	moist2	رطوبت
۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	-۰/۰۰۰۰۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸۶ ^{**}	SAND2	درصد شن
۰/۰۰۰۰۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸۷ ^{ns}	-۰/۰۰۰۰۱۰۴ ^{ns}	-۰/۰۰۰۰۸۰۱ ^{**}	SILT2	درصد سیلت
-۰/۰۰۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱۶ ^{ns}	-۰/۰۰۰۰۰۷۴ ^{**}	CLAY2	درصد رس
۰/۰۰۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۰۲۴۷	۰/۰۰۰۰۳۰۵	۰/۰۰۰۰۶۱۱		مقادیر ویژه
۰/۰۰۰۰۸۹۱	۰/۰۰۰۰۹۱۸	۰/۰۰۰۰۹۳۷	۰/۰۰۰۰۹۸۱		همبستگی گونه-محیط
۷/۴	۸/۶	۱۰/۷	۲۱/۳		درصد تبیین واریانس
۴۸	۴۰/۶	۳۲	۲۱/۳		درصد تجمعی تبیین واریانس

نمایش دو پلاتی گونه-محیط و قطعه نمونه-محیط تحلیل CCA نشان می‌دهد که گونه‌های شاخص و قطعات نمونه هر گروه بوم‌شناختی در مجاورت یکدیگر و مستقل از گونه‌های شاخص و قطعات نمونه سایر

گروه‌ها در فضای دو محور اول و دوم حضور دارند. مقایسه مقادیر همبستگی متغیرها با محورهای تحلیل CCA و نیز بررسی طول بردار متغیرهای محیطی در نمایش دو پلاتی نشان می‌دهد که متغیرهای بافت،

حاصلخیزی خاک از جمله عوامل مؤثر در تمایز بین گروه‌های بوم‌شناختی است (زاهدی امیری و محمدی لیمایی، ۱۳۸۱). درصد رس خاک بیشترین همبستگی را با سمت منفی محور اول (گروه سوم) دارد که به تبع آن بیشترین مقدار رطوبت نیز در این گروه مشاهده شده است، بنابراین بافت خاک، اساسی‌ترین ویژگی فیزیکی خاک محسوب می‌شود که تأثیر بسیار زیادی در جداسازی گروه‌های بوم‌شناختی در یک بوم‌سازگان دارد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Schoenholtz *et al.*, 2000). بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در گروه اول (تیپ شمشاد آمیخته) و کمترین مقدار آن در گروه سوم (تیپ فاقد شمشاد) مشاهده شد و اختلاف بین گروه‌ها از لحاظ این عامل معنی‌دار بوده است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۱). درصد کربن آلی در عمق دوم و نسبت کربن به نیتروژن نیز در تفکیک گروه‌ها از یکدیگر مؤثر بوده‌اند که این موضوع با نتایج صالحی و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. نسبت کربن به نیتروژن نیز در عمق اول در گروه دوم (تیپ شمشاد خالص) بیشترین مقدار را دارا بوده است. نتایج این تحقیق مشابه نتایج McNab و همکاران (۱۹۹۹) است که نشان دادند پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی به طور عمده تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک قرار دارد. همچنین، Abella و Covington (۲۰۰۶ الف) نیز در مطالعه گروه گونه‌های بوم‌شناختی و تحلیل آنها با عوامل محیطی در جنگل‌های کاج زرد ایالت آریزونا نشان دادند که پراکنش گروه گونه‌های گیاهی به مقدار زیاد تحت تأثیر عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک بوده، متغیرهای فیزیوگرافی به علت پایین بودن ضرایب همبستگی آنها با ساختار پوشش گیاهی (محورهای رج‌بندی) نقش مؤثری ندارند.

هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی، مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب و در نهایت نسبت کربن به نیتروژن خاک به عنوان مؤثرترین گرادیان‌های محیطی در تفکیک و تمایز گروه گونه‌های بوم‌شناختی منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که اسیدیته خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تفکیک گروه‌های بوم‌شناختی منطقه است (محمدی لیمایی، ۱۳۸۰؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Zahedi & Amiri, 1998).

با توجه به اینکه گونه شمشاد به اسیدیته خاک حساسیتی ندارد و روی اغلب خاک‌ها حتی خاک‌های آهکی رشد می‌کند (مصدق، ۱۳۷۸) می‌توان علت بیشتر بودن درصد آهک و مقدار اسیدیته تیپ شمشادی را توجیه نمود. مقدار پتاسیم قابل جذب نیز در گروه دوم (تیپ شمشاد خالص) بیشترین و در گروه سوم (تیپ فاقد شمشاد) کمترین مقدار خود را داراست و تفاوت بین گروه‌ها از نظر این متغیر معنی‌دار بوده است (زارع، ۱۳۸۱) که این نتایج با یافته‌های حاصل از بررسی قلندر آیشی (۱۳۸۲) در جنگل شمشاد چشمه بلبل لیوان-بنفشه تپه مطابقت دارد. درصد شن نیز مؤید آن است که بافت خاک می‌تواند نقش قابل توجهی در رشد جوامع شمشاد داشته باشد (رستمی شاهراجی، ۱۳۶۹). در این تحقیق همچنین تأکید شده است که در خاک‌های مناطق رویش شمشاد به طور کلی هیچ گونه محدودیتی از نظر مواد غذایی و رطوبت وجود نداشته، جزو خاک‌های بسیار غنی و حاصلخیز هستند که این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد، زیرا ویژگی‌های حاصلخیزی خاک در سمت مثبت محور اول که توده‌های شمشادی در این سمت حضور دارند، قرار گرفته است؛ بنابراین، می‌توان بیان داشت که عامل

منابع

- اسماعیل زاده، ا.، حسینی، س. م.، طبری، م. و اسدی، ح. (۱۳۹۰) شناسایی واحدهای اکوسیستمی و بررسی قابلیت تفکیک آنها در طبقه‌بندی جنگل (مطالعه موردی: جنگل راش دارکلا). مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران ۳(۷): ۱۱-۲۸.
- بی‌نام، (۱۳۸۲) طرح جنگل‌داری پارک جنگلی سی سنگان. سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، اداره کل منابع طبیعی نوشهر، واحد جنگل‌کاری و پارک‌ها، ساری.
- جعفری، م.، زارع چاهوکی، م.، آذرنیوند، ح.، باغستانی میدی، ن. و زاهدی امیری، ق. (۱۳۸۱) بررسی روابط پوشش گیاهی مراتع پشتکوه یزد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره. مجله منابع طبیعی ایران ۵۵(۳): ۴۱۹-۴۳۳.
- حمزه، ب. (۱۳۷۳) بررسی و تشخیص جوامع گیاهی و عناصر تشکیل‌دهنده جنگل‌های لسا کوتی (سری دوم در جنوب شرقی تنکابن)، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- رستمی شاهراجی، ت. (۱۳۶۹) بررسی برخی از عوامل اکولوژیکی بر روی شمشادستان‌های شمال. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران.
- زارع، ح. (۱۳۸۱) بررسی اکولوژیکی رویشگاه‌های توس در سنگده و لار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
- زاهدی امیری، ق. و محمدی لیمایی، س. (۱۳۸۱) ارتباط بین گروه‌های اکولوژیکی گیاهی در اشکوب علفی با عوامل رویشگاهی (مطالعه موردی: جنگل‌های میان‌بند نکا). مجله منابع طبیعی ایران ۵۵(۳): ۳۴۱-۳۵۳.
- شهناوی، ه. (۱۳۸۰) ارزیابی کمی و کیفی حفره‌های زادآوری ایجاد شده در راشستانهای گل‌بند (سری چمن)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.
- صالحی، ع.، زرین کفش، م.، زاهدی امیری، ق. و مروی مهاجر، م. (۱۳۸۴) بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با گروه‌های اکولوژیکی درختی در سری نم‌خانه جنگل خیرودکنار. مجله منابع طبیعی ایران ۵۸(۳): ۵۶۷-۵۷۸.
- طبری، م. (۱۳۸۰) نحوه زیست، پرورش و مدیریت توده‌های طبیعی آمیخته زبان گنجشک در جنگل‌های خزری. همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران.
- قلندر آیشی، ش. (۱۳۸۲) بررسی تغییرات پوشش درختی و ارتباط آن با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شمشادستان چشمه بلبل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران.
- کنت، م. و کاکر، پ. (۱۳۸۰) توصیف و تحلیل پوشش گیاهی. ترجمه مصدقی، م. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
- محمدی لیمایی، س. (۱۳۸۰) طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیکی گیاهی و رابطه آنها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه بررسی دائمی جنگل‌های میان‌بند نکا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران.
- محمودی، ج.، زاهدی امیری، ق.، عادل، ا. و رحمانی، ر. (۱۳۸۴) شناسایی گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی و ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک در جنگل جلگه‌ای کلارآباد (چالوس). مجله منابع طبیعی ایران ۵۸(۲): ۳۵۱-۳۶۲.
- مصدق، ا. (۱۳۷۸) جغرافیای جنگل‌های جهان. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

- Abella, S. R. and Covington, W. W. (2006 a) Forest ecosystems of an Arizona *Pinus ponderosa* landscape: multifactor classification and implications for ecological restorations. *Journal of Biogeography* 33: 1368-1383.
- Abella, S. R. and Covington, W. W. (2006 b) Vegetation-environment relationships and ecological species groups of an Arizona *Pinus ponderosa* landscape, USA. *Plant Ecology* 185: 255-268.
- Archambault, L., Barnes, B. V. and Witter, J. A. (1990) Landscape ecosystems of disturbed oak forests of southeastern Michigan, U.S.A. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 1570-1582.
- Barbur, M. G., Burk, J. H., Pitts, W. D., Gilliam, F. S. and Schwartz, M. W. (1999) *Terrestrial plant ecology*. 3th Ed. The Benjamin/Commings Publishing Company, Inc., Menlo Park.
- Barnes, B. V. (1998) *Forest ecology*. John Wiley & Sons, Inc, Michigan.
- Bergeron, Y. and Bochar, A. (1983) Use of ecological groups in analysis and classification of plant communities in a section of Westren Quebec. *Vegetatio* 56: 45-63.
- Bergmeier, E. and Dimopoulos, O. (2008) Identifying plant communities of thermophilous deciduous forest in Greece: species composition, distribution, ecology and syntaxonomy. *Plant Biosystems* 142: 228-254.
- Braun-Blanquet, J. (1932) *Plant sociology, the study of plant communities*. Translation of *Pflanzensoziologie* by Fuller, G. D. and Conard, H. S. (1983) McGraw Hill Book Company, Inc. New York.
- Corny, F., Smart, S. M., Kibby, K. J., Buche, R. G. H. and Mars, R. H. (2006) Relationships between the species composition of forest field-layer vegetation and environmental drivers assessed using a national scale survey. *Journal of Ecology* 94: 388-401.
- Grabher, G., Reiter, K. and Willner, W. (2003) Towards objectivity in vegetation classification: the example of the Austrian forests. *Plant Ecology* 169: 21-34.
- Greig-Smith, P. (1983) *Quantitative plant ecology*. University of California Press. Berkeley.
- Hagan, J. M. and Whitman, A. A. (2006) Biodiversity indicators for sustainable forestry: simplifying complexity. *Journal of Forestry* 104: 203-210.
- He, M. Z., Zheng, J. G., Li, X. R. and Qian, Y. L. (2007) Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environments* 69: 473-489.
- Hix, D. M. (1988) Multifactor classification and analysis of upland hardwood forest ecosystems of the Kickapoo River watershed, Southwestern Wisconsin. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 1405-1415.
- Jongman, R. H. G., Ter Braak, C. J. G. and Van Tongeren, O. F. R. (1987) *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen.
- Krebs, C. J. (1999) *Ecological methodology*. 2nd ed, University of British Columbia, Vancouver, Benjamin Cummings, USA.
- Kent, M. and Coker, P. (1992) *Vegetation description and analysis: a practical approach*. Belhaven Press, London.
- Legendre, P. and Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. 2nd ed. Elsevier Science, Amsterdam.
- Leps, J. and Smilauer, P. (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge.
- McCune, B. and Mefford, M. J. (1999) *PC-ORD, multivariate analysis of ecological data, Version 4*, MjM Software Design, Oregon.
- McNab, W. H., Browing, S. A., Simon, S. A. and Fouts, P. E. (1999) An unconventional approach to ecosystem unit classification in western north Carolina, USA. *Forest Ecology and Management* 114: 405-420.
- Muller-Dombois, D. and Ellenberg, H. (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Phillips, P. D., Yasman, I., Brash, T. E. and vangardigen, P. R. (2002) Grouping tree species for analysis of forest data in

- Kalimantan (Indonesian Borneo). *Forest Ecology and Management* 157: 205-216.
- Picard, N. and France, A. (2003) Are ecological groups of species optimal for forest dynamic modeling. *Ecological Modeling* 163: 175-186.
- Pregitzer, K. S., Barnes, B. V. and Lemme, G. D. (1983) Relationship of topography to soils and vegetation in upper Michigan ecosystem. *Journal of Soil Science* 47: 117-123.
- Schoenholtz, S. H., Van Miegret, H. and Burger, J. A. (2000) A review of chemical and physical properties as indicators of soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 132: 335-356.
- Ter Braak, C. J. F. (1998) CANOCO, a FOFTRAN program for canonical community ordination by canonical correspondence analysis (version 4.0). Technical Report: LWA-88-02., Agricultural Mathematics Group, Wageningen, Netherlands.
- Vackar, D., Brink, B. T., Loh, J., Baillie, J. E. M. and Reyers, B. (2011) Review of multispecies indices for monitoring human impacts on biodiversity. *Ecological Indicators* 17: 58-67.
- White, D. A. and Hood, C. S. (2004) Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15: 151-160.
- Zahedi Amiri, Gh. (1998) Relation between ground vegetation and soil characteristics in a mixed hardwood stand. PhD Thesis, University of Ghent, Ghent, Belgium.

Edaphic effects on distribution of plant ecological groups (Case study: Sisangan Buxus (*Buxus hyrcana* Pojark.) forest reserve)

Zainab Roodi ¹, Hamid Jalilvand ^{1*} and Omid Esmailzadeh ²

¹ Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Mazandaran University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

² Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Abstract

The purpose of this study was to classify ecological groups and their gradient analysis according to soil physio-chemical properties in the forest reserve park of Sisangan under the *Buxus hyrcana* Pojark. For this purpose, 46 systematic sample plots of 400 m² (20×20 m) were selected. In each sample plot, canopy cover values by species abundance-dominance coefficients based on Brown-Blanquet's method were measured and then soil samples were taken in the both depth of 0-15 and 15-30 cm to analyze some properties such as OC, N, P, K, C/N, pH and EC, texture, lime and moisture content. Using TWINSpan analysis of species cover percentages, three ecological groups determined in the area and using methods of Detrended Correspondence Analysis (DCA) and Canonical Correspondence Analysis (CCA) were used to explain relationships between ecological groups and soil properties. The results showed that the shape of the ecological groups in the area and soil factors including: silt and clay, organic carbon, nitrogen and C/N in the first depth, moisture content and available phosphorus in non-Buxus type and percentage of sand, acidity, electrical conductivity, lime, available potassium, organic carbon, total nitrogen and C/N in second depth in Buxus type were relatively correlated to each other. The results of ecological groups' classification into species-environmental factors and releve-environmental CCA biplot showed that sample plots and indicator species of each unit from each other in ordination diagrams were separated.

Key words: Ordination, Sisangan, Buxus (*Buxus hyrcana* Pojark.), Soil factors, Ecological groups, TWINSpan

* Corresponding Author: h.jalilvand@umz.ac.ir