



تعیین جوامع و تنوع کارکرد گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی مراتع خشک بندگودر، استان کرمان

زینب جعفریان^{۱*}، مؤده دهقان^۲، منصوره کارگر^۳

۱. استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

* نویسنده مسئول: z.jafarian@sanru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۴

چکیده

صفت‌های کارکردی در یک گونه، نشان‌دهنده ویژگی‌های بوم‌شناختی، راهبرد زندگی و توانایی آن برای زندگی در محیط و به‌ویژه تأثیر گونه بر فرآیندهای بوم‌نظام است. برای تعیین ویژگی‌های کارکردی گیاهان مرتعی، هفت نقطه با اختلاف ارتفاع ۵۰ متر و فاصله‌های ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. در هر نقطه، در راستای نوار (ترانسکت) عمود بر جهت شیب، ۱۰ قطعه نمونه‌برداری مستقر شد. شش صفت کارکردی برای بررسی تنوع کارکرد گونه‌های گیاهی در جامعه، شامل ارتفاع گیاه، شکل رویشی، روش تکثیر، طول عمر، شکل زندگی و نوع تثبیت نیتروژن اندازه‌گیری و ثبت شد. گروه گونه‌های کارکردی و پنج شاخص تنوع کارکردی محاسبه شد. برای بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتفاع بر شاخص‌های راثو و واگرایی کارکرد اثر معنی‌داری دارد و بر سه شاخص دیگر تأثیری ندارد. دو گروه کارکردی در منطقه شناسایی شد. مقایسه میانگین فراوانی و ارتفاع گونه‌های دو گروه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین فراوانی و ارتفاع گونه‌های دو گروه است. نتایج حاکی از آن است که ویژگی‌های کارکردی ابزار مناسبی برای مطالعه و درک تغییرات محیطی فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: صفت کارکردی؛ واگرایی کارکردی؛ ارتفاع گیاه؛ شاخص راثو

■ مقدمه

در دهه‌های اخیر شاخص‌های مرسوم اندازه‌گیری تنوع زیستی همچون غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای با شاخص‌های تنوع کارکردی تکمیل یا جایگزین شده‌اند. هر جامعه‌ای در برگیرنده مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی با سرشت و نیاز بوم‌شناختی مشابه است که متأثر از شرایط پیچیده محیطی، رویشگاه خاصی را برای خود انتخاب می‌نمایند. به عبارت دیگر همبستگی زیاد بین عناصر رویشی و شرایط محیطی وجود دارد (۱). آگاهی از وضعیت جوامع گیاهی و ویژگی‌های خاک یک بوم‌نظام کمک شایانی در برآورد پویایی آن می‌کند. شدت ناهماهنگی منابع محیطی از قبیل نور، رطوبت، مواد غذایی خاک و غیره در هر عرصه به همراه نیازهای بوم‌شناختی گیاهان موجب می‌شود که هر گیاه با توجه به محدودیت‌ها و فرصت‌های محیطی بهترین مکان را برای استقرار انتخاب نماید (۱۰). ارتباط بین تنوع گیاهان و عوامل محیطی زنده و غیرزنده و شناخت عوامل تأثیرگذار بر تنوع جوامع گیاهی همواره یکی از جنبه‌های مهم علم بوم‌شناسی بوده است (۱۱). تنوع زیستی در زیستگاه‌های مختلف با مقیاس ناحیه‌ای و جهانی به سرعت رو به کاهش است که علت اصلی آن بروز انواع آشفستگی و افزایش روز افزون شدت آشفستگی‌های وارد بر بوم‌نظام‌ها است. از دست رفتن تنوع زیستی، پایداری فرآیندهای بوم‌شناختی را به خطر انداخته و خدمات بوم‌نظام را محدود می‌سازد. لذا نیاز مبرم به اندازه‌گیری و پیش‌بینی اثرات آشفستگی و محیط بر الگوهای تنوع زیستی به منظور کاربرد در حفاظت و مدیریت منابع اکولوژیک بیش از پیش احساس می‌شود (۲۲). تنوع زیستی نمایانگر سلامت بوم‌نظام است و به طور کاربردی دو پیام دارد هرچه تنوع بیشتر باشد آن توده پایدارتر و سالم‌تر است. در مناطق رویشی خارج از شمال تنوع بستگی به عوامل محیطی مثل بارندگی، خاک و ارتفاع از سطح دریا دارد (۲۵). با شناسایی پوشش گیاهی و بررسی فرم زیستی و جغرافیایی گیاهی منطقه، ضمن اینکه اساس بررسی‌ها و پژوهش‌های بوم‌شناختی در منطقه بوده و راهکاری مناسب برای تعیین ظرفیت بوم‌شناختی منطقه از جنبه‌های مختلف است، در عین حال، عامل موثری در سنجش و ارزیابی وضعیت کنونی و پیش‌بینی وضعیت آینده منطقه به‌شمار

می‌رود که در اعمال مدیریت صحیح نقش بسزایی دارد (۱۸). شاخص‌های تنوع کارکردی اجزایی از تنوع زیستی را اندازه‌گیری می‌کنند که بر چگونگی کارکرد بوم‌نظام تأثیر دارد. تنوع کارکردی عبارت است از تغییرات مربوط به کارکرد گروه‌های گیاهی که منعکس‌کننده صفات کارکردی و تغییر در این صفات طی دوره زندگی یک گونه خاص می‌باشد (۱۵). اجماع عمومی بین اکولوژیست‌ها وجود دارد مبنی بر اینکه تنوع کارکردی یا مقدار و دامنه تغییر ویژگی‌های گونه‌ها نسبت به تعداد و فراوانی گونه‌ها در تعیین کارکرد بوم‌نظام‌ها کارایی بهتر و قوی‌تری دارد (۷). تنوع کارکردی به عنوان یکی از مهمترین اشکال اجتماع بیولوژیک، پیش‌بینی سرعت و پایداری فرآیندهای بوم‌نظام را امکان‌پذیر می‌سازد (۱۷). تنوع زیستی و بوم‌شناختی موجود در بوم‌نظام مرتع به طور مستقیم تحت تأثیر ویژگی‌های رویشی و تنوع گونه‌های گیاهی آن قرار دارد که علاوه بر زنجیره غذایی اصلی و سپر حفاظتی، همواره پایداری این بوم‌نظام را تضمین می‌کند. حفاظت همه جانبه از بوم‌نظام‌های مرتعی، در گرو مدیریت بر اساس توسعه کمی و نگهداری بیشترین تعداد گونه‌های بومی در این اجتماع است. بنابراین یکی از راه‌های شناخت و ارزیابی مراتع، شناخت تنوع گونه‌ای، اندازه‌گیری و برآورد آن است. هر چه بوم‌نظام‌های مرتعی تخریب نشده‌تر باشند، طبیعی است که در بر گیرنده منابع عظیمی از ذخایر ژنتیکی و تنوعی از گونه‌های گیاهی باشند که همواره این گوناگونی زیستی، متضمن پایداری مرتع در مقابل عوامل متغیر محیطی و زیستی است (۲۸). تنوع کارکردی به طور قابل توجهی با ارتفاع، شیب، جهت، ضخامت لاشبرگ و اختلال در ارتباط بوده و همچنین به طور قابل توجهی با تنوع گونه و غنای گونه‌ای مرتبط است (۲۴). فاکتورهای فیزیوگرافی شامل جهت، شیب، ارتفاع از سطح دریا با تأثیری که روی میزان رطوبت خاک، شیمی خاک و سایر عوامل دارند، نقش مهمی بر حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی می‌گذارند (۸). ارتفاع با تأثیری که بر روی بارش و دما دارد می‌تواند تنوع کارکردی را به طور غیر مستقیم تحت تأثیر قرار دهد، زیرا دما و بارش با تأثیر بر روی غنای گونه گیاهی، کارکرد فیزیولوژیکی و ویژگی‌های خاک بر تنوع کارکردی تأثیر می‌گذارند (۷). با توجه به این که بیشتر کارهای پژوهشی

انجام شده در کشور مربوط به بررسی جوامع گیاهی، غنا و تنوع گونه‌ای بوده و تا کنون مطالعه در زمینه تعیین گروه گونه‌های کارکردی و تنوع کارکردی گیاهان بررسی قابل درخور انجام نشده است (۱۲، ۱۳)، لذا هدف بررسی حاضر تعیین جوامع گیاهی کارکردی و تنوع کارکرد گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی است. همچنین برای بررسی ارتباط بین کارکرد سامانه‌های بوم‌شناختی و تنوع، استفاده از ویژگی‌های گیاهی و دخیل کردن آن‌ها در شاخص‌های تنوع ضروری است.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده بندگودر مرتع بیلاقی است در استان کرمان و شهرستان بردسیر است. مساحت محدوده $7745/1 \text{ Km}^2$ و در جنوب شرق بردسیر و در جنوب شرق بهرام‌جرد قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی محدوده مورد نظر در بین طول‌های جغرافیایی $57^\circ 5' 0''$ تا $57^\circ 12' 0''$ و عرض‌های جغرافیایی $29^\circ 44' 30''$ تا $29^\circ 50' 30''$ فاصله این محدوده از مرکز استان 60 km است (شکل ۱). بیشینه و کمینه ارتفاع منطقه به ترتیب 2520 و 2190 متر از سطح دریا است. اقلیم منطقه با توجه به ضریب خشکی دومارتن، خشک تعیین شد و بر پایه روش آمبرژه، منطقه خشک سرد است. بیشتر بارندگی در زمستان و بهار که بیشتر به صورت باران و کمتر برف و تگرگ است و میانگین بارندگی سالانه محدوده $134/1$ میلی‌متر می‌باشد. میانگین بیشینه دما در تیرماه $39/3^\circ \text{C}$ و کمینه آن در دی‌ماه $11/1^\circ \text{C}$ است. میانگین دمای هوا سالانه $15/8^\circ \text{C}$ است (۶).

روش نمونه برداری

نمونه‌برداری در فصل رویشی اواخر اردیبهشت و خرداد در گرادیان ارتفاعی از 2190 تا 2520 متر از سطح دریا انجام شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در هفت نقطه ارتفاعی و با فاصله 50 متر اختلاف از هم اجرا شد.

منطقه دارای شیب ملایمی می‌باشد که دامنه آن از 1500 تا 2000 متر افقی است. در هر نقطه ارتفاعی در امتداد نوار

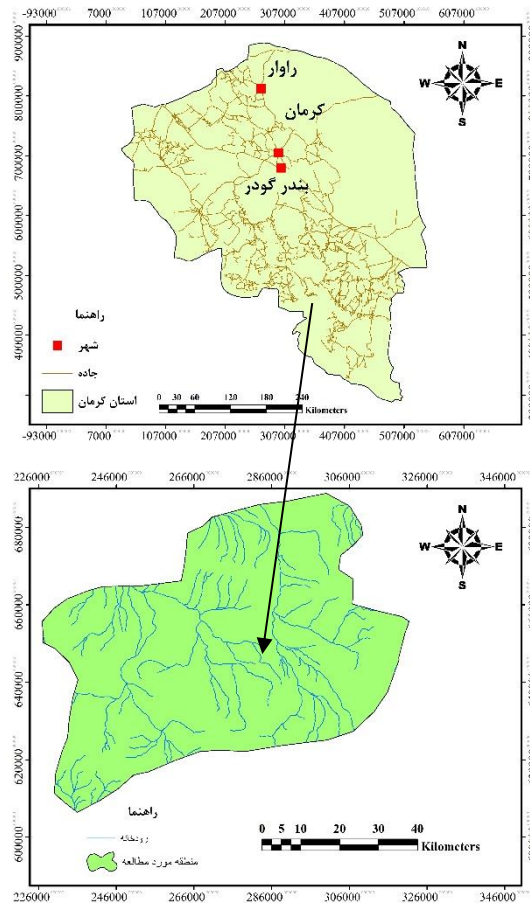
عمود بر جهت شیب، 10 قطعه (پلات) مستقر شد. اندازه قطعه‌ها برای گیاهان علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای به ترتیب یک، چهار و 25 مترمربع نظر گرفته شد. در هر قطعه نام گونه‌ها (۹)، تعداد گونه‌ها، درصد پوشش، همه گونه‌ها اندازه‌گیری شد. ارتفاع هر گونه علفی و بوته‌ای موجود با استفاده از خط کش و درختان با استفاده از متر اندازه‌گیری شد (۲۵). گروه‌بندی گونه‌ها بر مبنای طبقه‌بندی زیستی رانکایر (۱۸) شامل همی کریپتوفیت‌ها، ژئوفیت‌ها، فانروفیت‌ها، تروفیت‌ها و کامفیت‌ها انجام شد. برای برآورد، تنوع کارکردی گونه‌های گیاهی، یک صفت کارکردی کمی شامل ارتفاع گیاه در قطعه اندازه‌گیری و ثبت شد و 5 صفت کارکردی کیفی دیگر شامل فرم رویشی، تکثیر گونه، طول عمر، فرم زیستی و نوع تثبیت نیتروژن گردآوری شد (۱۹). گونه‌هایی که توانایی تثبیت نیتروژن را داشتند کد 1 و گونه‌هایی که این قابلیت را نداشتند کد صفر به آنها تعلق گرفت. سپس با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم افزار FDiversity که لینک با نرم‌افزار R است، شاخص‌های تنوع کارکردی محاسبه و گروه گونه‌های کارکردی استخراج شد (۳). برای گروه‌بندی از روش وارد^۱ بر اساس فاصله اقلیدسی استفاده شد (۳).

شاخص رائو^۲ (Rao)

در زمانی که داده‌های حاصل از اندازه‌گیری تفاوت‌های جفتی بین گونه‌ها و فراوانی نسبی در دسترس هستند، تنوع کارکردی ممکن است به عنوان میانگین تفاوت گونه‌ها بیان شود.

² Rao index

¹ Ward



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمان

که در آن V واریانس وزن داده شده صفت X برای یک صفت است (۱۶).

غناي کارکرد^۲ (FRic)

غناي کارکرد نشان دهنده فضای پر شده توسط جامعه در فضای صفت است (رابطه ۳). در مورد یک صفت آن توسط دامنه (بیشینه - کمینه) نشان داده می شود اما در بیشتر از یک صفت، آن با حجم اشغال شده توسط جامعه در فضای صفت نشان داده می شود (۱۶).

یکنواختی کارکرد^۳ (FEve)

FEve با این شاخص، نظم فاصله بین گونه ها در فضای صفت و هم چنین یکنواختی توزیع فراوانی گونه ها با رابطه (۳) اندازه گیری شد (۱۵).

شاخص پیشنهاد شده از نظریه آنتروپی به دست می آید و به شکل درجه دو، با استفاده از ماتریس فواصل بین گونه ها و بردار فراوانی نسبی بین گونه ها، بیان می شود (رابطه ۱).

$$Rao = \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j>1}^s d_{ij} w_i w_j = \frac{1}{2} \hat{w} DW \quad (1)$$

که در آن d_{ij} فاصله بین گونه های i و j است. در نمایش ماتریس، D ماتریس فاصله با عناصر d_{ij} است و w یک بردار ستونی با فراوانی های نسبی است.

واگرایی کارکرد^۱ (FDvar)

این شاخص با رابطه ۲ برآورد شد.

$$FDvar = \frac{2}{\pi} \arctan(5V) \quad (2)$$

³ Functional evenness

¹ Functional divergence

² Functional richness

یکنواختی (E)

حداکثر شاخص شانون زمانی که همه گونه‌ها دارای فراوانی نسبی یکسان باشند، حاصل می‌شود (۱۷). بر اساس این حداکثر یک شاخص یکنواختی قابل استخراج است، که به صورت نسبت بوده و E شاخص یکنواختی است (رابطه ۶).

$$E = \frac{H}{H_{max}} \quad (6)$$

شاخص سیمپسون (D)

شاخص تنوع زیستی سیمپسون برابر است با احتمال برداشتن غیر تکراری دو گونه‌ی متفاوت از یک مجموعه که با بیش از یک فرمول بیان می‌شود، فرمولی که به طور گسترده استفاده می‌شود شاخص معیاری از بیان غالبیت در نظر گرفته می‌شود (رابطه ۷).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S w_i^2 \quad (7)$$

که در آن w_i^2 مربع سهم گونه i ام است.

نتایج

شش صفت کارکردی برای بررسی تنوع کارکرد گونه‌های گیاهی در جامعه، شامل ارتفاع گیاه، فرم رویشی، نوع تکثیر، طول عمر، فرم زندگی و نوع تثبیت نیتروژن در مطالعه حاضر بررسی شد (جدول ۱). منطقه مورد مطالعه دارای دو جامعه کارکردی گیاهی است. این نتیجه با واقعیت مشاهده شده در طبیعت همخوانی دارد چراکه بیشتر گونه‌های جامعه اول اکثراً پهن‌پرگ، علفی، یکساله و تروفیت هستند، جامعه دوم بیشتر شامل گونه‌های چندساله، درختچه‌ای و بوته‌ای است که این تفاوت‌های گونه‌ای سبب تفاوت در کارکرد آنها می‌گردد. در مجموع در طول گرادیان مطالعه شده، ۱۹ گونه گیاهی که بیشتر مربوط به خانواده‌های *Fabaceae* و *Chenopodiaceae*

$$EW_b = \frac{d_{ij}}{w_i + w_j} \quad (3)$$

در این رابطه هر طول شاخه دندورگرام (b) تقسیم بر مجموع فراوانی‌های گونه‌های مرتبط، می‌شود. هم‌چنین در این رابطه EW_b یکنواختی وزنی، d_{ij} فاصله اقلیدسی بین گونه‌های i و j در طول شاخه دندورگرام (b)، و w_i و w_j فراوانی نسبی این گونه‌ها هستند.

شاخص حجم چند وجهی محدب^۱ (CHull): یک نمایش خام چندمتغیره از تنوع کارکرد در جامعه با نمایش پراکندگی گونه‌ها در فضای صفت است (۱۶). ابعاد چند وجهی به تعداد صفات مورد مطالعه بستگی دارد. اگر دو گونه از یک جامعه در نظر گرفته شود، هر گونه‌ی سوم که مقدار صفات آن درون دامنه صفات باشد درون حجم چند وجهی محدب قرار می‌گیرد.

غنای گونه‌ای (S)

غنا، به عنوان تعداد کل گونه‌ها در جامعه، ساده‌ترین شاخص تنوع زیستی است که هیچ ویژگی از گونه‌ها و فراوانی نسبی آنها را محاسبه نمی‌کند. در این رابطه n تعداد کل گونه و N تعداد کل افراد گونه‌های موجود در یک نمونه می‌باشد (رابطه ۴).

$$S = \frac{n}{N} \quad (4)$$

شاخص شانون (H)

در این شاخص فرض می‌شود که تنوع به دو چیز یعنی تعداد گونه‌ها در جامعه و فراوانی نسبی آنها بستگی دارد. از نظر مفهومی معیاری از درجه عدم قطعیت است که در ارتباط با انتخاب تصادفی افراد در جامعه است. این شاخص از طریق (رابطه ۵) محاسبه شد (۱۶):

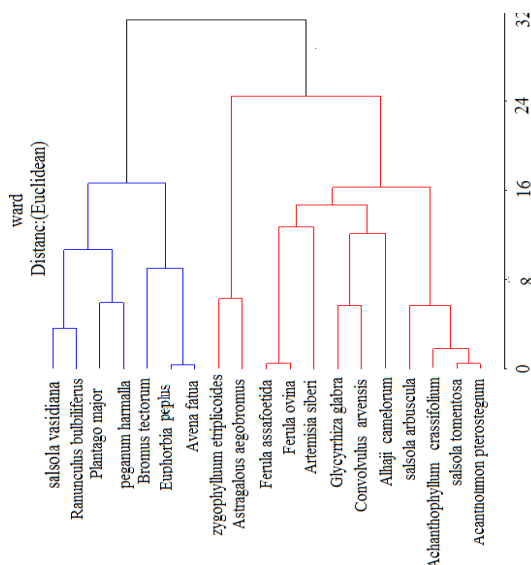
$$H = - \sum_{i=1}^S w_i \ln(w_i) \quad (5)$$

$H_{max} = \ln(S)$ که w_i سهم هر گونه i ام است.

¹ Convex Hull

می‌شود (شکل ۲). دندروگرام گونه‌ها را در دو گروه طبقه‌بندی کرد که ۷ گونه گیاهی در گروه اول و ۱۲ گونه در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۲). نتایج آزمون t مستقل نیز نشان داد که دو گروه از نظر دو صفت کمی فراوانی و ارتفاع گونه‌ها در سطح ۹۹٪ با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

بوده، شناسایی شدند. با توجه به دندروگرام حاصل منطقه مورد بررسی دارای دو گروه گونه کارکرد گیاهی است. هر چه گونه‌های یک منطقه از لحاظ ویژگی‌ها متفاوت‌تر باشند در گروه‌های متفاوتی از لحاظ کارکرد قرار می‌گیرند و فاصله آن‌ها در فضای خوشه‌بندی در دندروگرام‌ها زیاده‌تر



شکل ۲. دندروگرام جوامع کارکردی گیاهی در منطقه مطالعه شده. جامعه اول با خطوط آبی و جامعه دوم با خطوط قرمز نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. ویژگی‌های کارکردی گونه‌های گیاهی در منطقه مورد بررسی

نام علمی گونه‌ها	ارتفاع (متر)	نوع تکثیر	فرم زیستی	طول عمر	فرم رویشی	نوع تثبیت نیتروژن
<i>Salsola vasdiana</i> L.	۰/۳۲	بذر	تروفیت	یک ساله	فورب	•
<i>Ranunculus bulbiferus</i> L.	۰/۴	بذر	تروفیت	یک ساله	فورب	•
<i>Plantago major</i> L.	۰/۲	بذر	همی کریپتوفیت	یک ساله	فورب	•
<i>Peganum harmala</i> L.	۰/۳	بذر	کریپتوفیت	چندساله	فورب	•
<i>Bromus tectorum</i> L.	۰/۴۵	بذر	تروفیت	یک ساله	گراس	•
<i>Euphorbia peplus</i> L.	۰/۱۸	بذر	تروفیت	یک ساله	گراس	•
<i>Avena fatua</i> L.	۰/۱۲	بذر	تروفیت	یک ساله	گراس	•
<i>Zygophyllum atriplicoides</i> Fisch. & C.A. Mey.	۰/۹	بذر	فانروفیت	چندساله	درختچه	•
<i>Astragalus aegobromus</i> Boiss. & Hohen.	۰/۶۵	بذر	فانروفیت	چندساله	درختچه	۱
<i>Ferula assafoetida</i> Boiss.	۰/۴۵	بذر	همی کریپتوفیت	بوته	بوته	•
<i>Ferula ovina</i> Boiss.	۰/۴	بذر	همی کریپتوفیت	چندساله	بوته	•
<i>Artemisia siberi</i> Besser	۰/۴۵	بذر	کریپتوفیت	چندساله	بوته	•
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	۰/۳	بذر	ژئوفیت	چندساله	فورب	•
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	۰/۴	بذر	ژئوفیت	چند ساله	بوته	•
<i>Alhagi camelorum</i> Medik.	۰/۵	بذر	کریپتوفیت	چندساله	فورب	۱
<i>Salsola arbuscula</i> pall.	۰/۴	بذر	کریپتوفیت	چندساله	بوته	•
<i>Acanthophyllum crassifolium</i> Boiss.	۰/۳	بذر	کریپتوفیت	چندساله	بوته	•
<i>Acantholimon pterostegium</i> Bunge	۰/۴	بذر	کریپتوفیت	چندساله	بوته	•
<i>Salsola tomentosa</i> Moq.	۰/۵	بذر	کریپتوفیت	چندساله	بوته	•

جدول ۲. برخی آماره‌های توصیفی و مقایسه میانگین دو صفت کمی فراوانی و ارتفاع گونه‌های گیاهی در دو جامعه کارکردی

ارتفاع		فراوانی گونه‌ها			جوامع کارکردی			
sig	واریانس	انحراف معیار	میانگین	sig	واریانس	انحراف معیار	میانگین	
	۰/۰۲۷	۰/۱۶۳	۰/۰۳۳ ± ۱۹/۴۶		۱۶/۳۴۱	۴/۰۴۲	۰/۸۲۵ ± ۵/۴۱	جامعه اول با ۷ گونه
							<i>Salsola vasdiana, Ranunculus muricatus, Plantago lanceolata, Peganum harmalla, Bromus tectorum, Euphorbia peplus, Avena fatua</i>	
۰/۰۰۰				۰/۰۰۰				جامعه دوم با ۱۲ گونه
	۰/۰۳۳	۰/۱۸۰	۰/۰۲۵ ± ۵۰/۳۱		۱/۶۲۲	۱/۲۷	۰/۱۸ ± ۲/۵۹	
							<i>Zygophyllum atriplicoides, Astragalus adscendens, Ferula assafoetida, Ferula ovina, Artemisia siberi, Glycyrrhiza glabra, Convolvulus arvensis, Alhagi camelorum, Salsola arbuscula, Acanthophyllum crassifolium, Salsola tomentosa, Acantholimon bracteatum</i>	

شاخص‌های تنوع کارکردی مورد مطالعه شامل ران و واگرایی کارکرد معنی‌دار شده است ولی ارتفاع تأثیری بر سه شاخص دیگر نداشت (جدول ۴ و ۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر ارتفاع از سطح دریا بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون - واینر و سیمپسون، غنا گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ای و همچنین بر برخی از

جدول ۳. نتایج آنالیز ANOVA شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی گیاهان در ارتفاع‌های مختلف.

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	Df	شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی
**۹/۸۱۴	۰/۸۳۰	۴/۹۷۸	۶	شاخص تنوع شانون - واینر (H)
* ۵/۳۸۷	۰/۰۲۶	۰/۱۵۳	۶	شاخص تنوع سیمپسون (D)
*۳/۹۷۴	۵/۱۱۴	۳۰/۶۸۴	۶	شاخص غنا گونه‌ای (S)
*۳/۴۷۳	۰/۲۷۸	۱/۶۶	۶	شاخص یکنواختی گونه‌ای (E)
*۳/۹۷۳	۱/۰۱۳	۶/۰۸۱	۶	شاخص رانو (Rao)
ns ۰/۷۷۶	۰/۹۱۲	۵/۴۷۴	۶	شاخص حجم چند وجهی محدب (CHull)
ns ۲/۴۰۶	۰/۶۹۴	۴/۱۶۵	۶	غنا عملکرد (FRic)
ns ۲/۷۲۱	۰/۲۴۳	۱/۴۶۰	۶	یکنواختی عملکرد (FEve)
**۶/۳۷۶	۰/۴۴۶	۲/۶۷۷	۶	واگرایی عملکرد (FDiv)

** بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

جدول ۴. نتایج همبستگی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی با ارتفاع در منطقه مورد بررسی.

FDiv	FEve	FRic	CHull	Rao	D	E	H	S	شاخص‌های تنوع گونه‌ای
۰/۱۷۸	۰/۲۵۳	-۰/۰۶۴	-۰/۴۲۴*	۰/۱۰۰	-۰/۳۱۲	-۰/۳۳۰	-۰/۲۹۴	۰/۲۴۸	ارتفاع از سطح دریا

غذایی هستند و در نتیجه رقابت کمتری شکل می‌گیرد. جوامع با این ویژگی‌ها، کارکرد بوم-نظامی را در نتیجه استفاده مناسب از منابع غذایی افزایش می‌دهند. با افزایش ارتفاع در منطقه واگرایی کارکرد زیاد شده است به استثنای نقاط ارتفاعی ۲۳۴۰ و ۲۳۹۰ متر، بنابراین رقابت درون گونه‌ای نیز با ارتفاع کمتر می‌شود. غنای کارکرد هرچه بیشتر باشد نشان از تفاوت بیشتر گونه‌ها از نظر کارکرد دارد. اگر غنای کارکرد کم باشد نشان می‌دهد که منابع غذایی بدون استفاده مانده در محیط کم هست که در نتیجه آن، کارکرد سامانه کم است. در شرایطی که غنای کارکردی افزایش یابد استفاده تکمیلی از منابع غذایی اتفاق افتاده و کارکرد افزایش می‌یابد (۲۹). اگرچه غنای کارکرد در منطقه تفاوت معنی‌داری را در ارتفاعات مختلف نشان نداد اما با افزایش ارتفاع روند کاهشی اندکی داشته است. یکنواختی کارکرد نشان می‌دهد که گونه‌ها در تأثیرشان بر کارکرد سامانه چقدر یکنواخت هستند (۱۹). شاخص‌های مبتنی بر فراوانی ویژگی‌ها مانند FEve همبستگی ضعیفی با ارتفاع دارد. این یافته‌ها با برخی محققان هم‌خوانی دارد که بیان داشتند واکنش سه ویژگی کارکردی و متغیرهای اقلیمی ارتباط ضعیفی باهم دارند مطابقت دارد (۲۶). یکنواختی کارکردی این پژوهش بیانگر این است که به دلیل واقع شدن پوشش گیاهی در زون انتقالی با شرایط نامساعد دمایی و رطوبتی است که در آن گیاهان فوقانی و تحتانی هم پوشانی ندارند. شاخص رانو به ازای افزایش غنای گونه‌ها امکان است کاهش یابد.

نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های معنی‌دار با ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهد (جدول ۵) که در حدود ارتفاع ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ متری کمترین مقدار تنوع گونه‌ای، غنا و یکنواختی گونه‌ای وجود داشت. شاخص‌های تنوع کارکردی نیز تقریباً همین روند را نشان دادند. شاخص رانو در نقطه ارتفاعی ۲۳۴۰ و ۲۳۹۰ متری کمترین و در نقطه ۲۱۹۰ متر مقدار بینابین و در بقیه نقاط بیشترین مقدار را دارا بود. شاخص واگرایی کارکرد در نقطه ارتفاعی ۲۳۴۰ کمترین و در نقاط ارتفاعی ۲۱۹۰ و ۲۳۹۰ متری بینابینی و در بقیه نقاط بیشترین مقدار است (جدول ۵).

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در نقطه‌های ارتفاعی ۲۳۴۰ و ۲۳۹۰ متر از سطح دریا، کمترین مقدار تنوع گونه‌ای وجود دارد که با توجه به غنا و یکنواختی گونه‌ای اندک در این ارتفاعات، چنین نتیجه‌ای طبیعی است چون غنا، ترکیبی از این دو مولفه است. به استثنای دو ارتفاع مذکور روند افزایشی در تنوع گونه‌ای دیده می‌شود. طی پژوهشی در ارزیابی تنوع و گروه‌های کارکردی در پاسخ‌گرایان ارتفاعی در مراتع چشمه سرخور کرمان نشان داد شاخص‌های یکنواختی کارکرد، غنای کارکردی و یکنواختی گونه-ای با ارتفاع رابطه معنی‌داری وجود نداشت (۱۳). اگر شاخص تنوع واگرایی کارکرد، زیاد باشد، نشان می‌دهد که گونه‌ها دارای اختلاف‌های آشیاانه‌ای زیادی بر روی منابع

جدول ۵. مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی در ارتفاع از سطح دریا

شاخص‌های تنوع کارکردی	طبقات ارتفاعی						
	۲۴۹۰	۲۴۴۰	۲۳۹۰	۲۳۴۰	۲۲۹۰	۲۲۴۰	۲۱۹۰
H	۱/۳۱ ± ۰/۲۱ a	۱/۴۰ ± ۰/۰۹ a	۰/۲۲ ± ۰/۰۲ b	۰/۱۹ ± ۰/۰۹ b	۱/۱۵ ± ۰/۱۵ a	۱/۳۱ ± ۰/۱۲۸ a	۱/۱۶ ± ۰/۱۰۸ a
D	۰/۷۵ ± ۰/۰۶۰ a	۰/۷۴ ± ۰/۰۲۳ a	۰/۴۸ ± ۰/۰۸ b	۰/۳۹ ± ۰/۰۱۰ b	۰/۶۴ ± ۰/۰۵۲ a	۰/۷۲ ± ۰/۰۳۲ a	۰/۶۵ ± ۰/۰۴۰ a
S	۳/۸۹ ± ۱/۲۴۸ a	۴/۳۳ ± ۰/۳۳۳ a	۱/۳۳ ± ۰/۳۳۳ b	۱/۳۳ ± ۰/۳۳۳ b	۳/۶۶ ± ۰/۶۶۶ a	۴/۰۰ ± ۰/۵۷۷ a	۴/۰۰ ± ۰/۵۷۷ a
E	۰/۸۹ ± ۰/۴۷۰ a	۰/۹۶ ± ۰/۱۳۳ a	۰/۳۲ ± ۰/۰۳ b	۰/۲۸ ± ۰/۰۱۰ b	۰/۹۱ ± ۰/۰۱۰ a	۰/۹۷ ± ۰/۱۲۰ a	۰/۸۶ ± ۰/۰۳۱ a
Rao	۱/۴۱ ± ۰/۳۳ a	۱/۴۱ ± ۰/۲۵ a	۰/۳۳ ± ۰/۰۳۳ b	۰/۰۶ ± ۰/۰۲ b	۱/۳۲ ± ۰/۴۸ a	۱/۵۱ ± ۰/۲۶ a	۰/۹۸ ± ۰/۰۴۶ ab
FDiv	۱/۱۲ ± ۰/۱۴ a	۱/۱۱ ± ۰/۰۸ a	۰/۳۹ ± ۰/۰۴ bc	۰ c	۱/۰۳ ± ۰/۲۱ a	۱/۱۷ ± ۰/۱۰ a	۰/۸۹ ± ۰/۰۴ ab

هستند، تأثیر می‌گذارند (۷). در بررسی و تفسیر نتایج چند مورد باید در نظر گرفته شود اول اینکه منطقه شیب ملایمی دارد و در اختلاف ارتفاع ۵۰ متر مسافت زیادی طی می‌شود، در واقع مساحت طبقات ارتفاعی زیاد است. همانطوریکه نتایج نیز نشان می‌دهد اختلاف ارتفاع ۵۰ متر به خوبی توانست اختلافات تنوع گونه‌ای و کارکردی را نشان دهد. البته خاطر نشان می‌شود که این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل تفاوت عوامل محیطی دیگر از جمله خاکشناسی و مدیریت چرای دام باشد.

با بررسی دقیق نتایج به نظر یک روند افزایشی در شاخص‌های تنوع گونه‌ای وجود داشت به استثنای ارتفاع ۲۳۹۰ تا ۲۳۴۰ که به نظر در این محدوده ارتفاعی در اثر عوامل محیطی دیگر، شرایط محیطی به سمتی رفته که دو گونه *Zygophyllum* و *Salsola vadsiana* L. به ترتیب در ۵۰ متر اول و ۵۰ متر دوم غالب شدند و غنای گونه‌ای در رویشگاه‌های آنها بسیار کاهش یافته، لذا طبیعی است که با تخصصی شدن رویشگاه‌ها برای این دو گونه، شاخص‌های تنوع گونه‌ای نیز در این محدوده کاهش یابد و به دنبال آن شاخص‌های تنوع کارکردی نیز تحت‌تاثیر قرار گیرند. در واقع در این ارتفاعات، گونه‌ها دارای اختلاف آشیانه‌ای کمی برای منابع غذایی هستند که سبب شده تا رقابت بیشتری در بین آنها بوجود بیاید در نتیجه با حذف گونه‌هایی، تعداد گونه‌ها، در نتیجه غنا و تنوع گونه‌ای کمتر شده و گونه‌های مذکور غالب شدند. ارتباط قابل توجه بین تنوع کارکردی با غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌ای در نتایج (۱۶) نیز تایید شده است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در پروژه‌های اجرایی از جمله مورد استفاده قرار بگیرد. بدین صورت که هرچه گوناگونی گیاهان و ویژگی‌های کارکردی آنها ایجاد گردد به دلیل استفاده از همه بخش‌های آشیان بوم‌شناختی، رقابت کمتری بین گیاهان برای دست‌یابی به منابع غذایی صورت گرفته است. بنابراین استفاده کامل‌تری از همه منابع بوم‌نظام صورت می‌گیرد که این امر به نوبه خود موجب بیشینه شدن کارکرد بوم‌نظام می‌شود. همچنین از ویژگی‌های کارکردی گیاهی می‌توان به عنوان ابزار مدیریتی برای ارزیابی اثرات تخریب بر بوم‌نظام‌های طبیعی استفاده کرد.

در بررسی تأثیر آب و هوا بر رشد و ویژگی‌های کارکردی گیاهان نشان دادند که اندازه گیاه با افزایش ارتفاع در مراتع روند کاهشی دارد و گیاهانی که تولید مثل رویشی دارند و گونه‌هایی که توسط حشرات گرده افشانی میکنند یا خودگشن هستند مقدار آن‌ها بیشتر به سمت ارتفاعات در حال افزایش است. در ارتفاعات بالاتر به دلیل سردی هوا منابع غذایی در دسترس کمیاب هستند و بیشتر گونه‌هایی که سطح مخصوص برگ آن‌ها کم می‌باشد قادر به حفظ منابع به جای بهره برداری از منابع در برگ‌های خود و تحمل آن شرایط هستند. شاخص رانو هرچه بیشتر باشد، آنتروپی بیشتر است (۲۶). با افزایش ارتفاع، شرایط محیطی سخت‌تر و فرم رویشی گیاهان از یکساله به چندساله و بالشتکی تغییر خواهد یافت که موجب افزایش مقدار محتوای خشک برگ (LDMC) خواهد شد؛ زیرا گیاهان یکساله در مقایسه با گیاهان چندساله مقدار محتوای خشک کمتری دارند (۲۹). از طرفی دیگر، نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع موجب کاهش خوشخوراکی گیاهان خواهد شد (۱۷) که این امر در ارتباط مستقیم با ویژگی‌های کارکردی از قبیل محتوای نیتروژن و فسفر و همچنین محتوای خشک برگ گیاهان است. شاخص چندوجهی محدب در نقاط ارتفاعی به استثنای ۲۳۴۰ m و ۲۳۹۰ m که مقدار کمتری دارد، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. هر چه گونه‌ها از لحاظ ویژگی‌های گیاهی شبیه‌تر باشند فاصله آن‌ها در فضای چند بعدی چندوجهی محدب کمتر است. هر چقدر این حجم بیشتر باشد نشان می‌دهد که تنوع کارکرد بیشتر است و برعکس. این شاخص نیز تفاوت معنی‌داری را در ارتفاعات مختلف از خود نشان نداد اگرچه یک روند کاهشی مختصری با افزایش ارتفاع دیده شد. شاخص غنای کارکردی و حجم چندوجهی محدب یک روند کاهشی را طی گرادیان ارتفاعی نشان دادند که با مطالعات (۲) همخوانی دارد. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع بر شاخص‌های تنوع کارکردی تأثیر دارد که با نتایج (۲۰۱۳) مطابقت دارد. در این تأثیر مسئله قابل توجه بارش و دما می‌باشد در واقع اگر چه بارش و دما تنوع کارکردی را به‌طورمستقیم تحت‌تأثیر قرار نمی‌دهد بلکه آن‌ها بر غنای گونه گیاهی و توابع فیزیولوژیکی که احتمالا واسطه تنوع کارکردی

■ References

1. Babaei Kafaki, S., Khademi, A. & Mataji, A. (2009). Relationship between leaf area index and physiographical and edaphical condition in a *Quercus macranthera* stand (Case study: Andebil's forest, Khalkhal). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2), 280-289. (in Farsi)
2. Bu, W., Zang, R. & Ding, Y. (2014). Functional diversity increases with species diversity along successional gradient in a secondary tropical lowland rainforest. *Tropical Ecology*, 55(3), 393-401.
3. Casanoves, F., Pla, L., Di Rienzo, J.A. & Diaz, S. (2011) FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods Ecology Evoloution*, 2, 233-237.
4. Cornwell, W.K., Schwilk, D.W. & Ackerly, D.D. (2006). A trait-based test for habitat filtering: onvex hull volume. *Ecology*, 87,1465-1471.
5. De Bello, F., Lavergne, S., Meynard, C. N., Leps, J. & Thuiller, W. (2010). The partitioning of diversity: showing Theseus a way out of the labyrinth. *Vegetation Science*, 21, 992-1000.
6. Dehghan, M. (2016). Study of functional diversity of plants during altitude gradient in Ravar rangelands of Kerman province, M.Sc. Thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 102 p.
7. Díaz, S. & Cabido, M. (2001). Plant functional diversity matters to ecosystem processes. Trends in *Ecology and Evolution*, 16(11), 646-655.
8. Enright, N. J., Miller, B. P. & Akhtar, R. (2005). Desert vegetation and vegetation-enviroment relationships in Kirthar national park, Sindh, Pakistan. *Arid Enviroment*, 61, 397-418.
9. Ghahreman, A. (1978-2001). Colorful Flora of Iran, Publications of Forests and Rangelands Research Institute, Tehran, Iran.
10. Gray, A. N. & Spies, T. A. (1997). Microsite controls on tree seedling Establishment in conifer forest canopy gaps, *Ecology*, 78, 2458-2473.
11. Hegazy, A., Doust, J. L., Hammouda, O. & Gomaa, N. (2007). Vegetation distribution along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Community Ecology*, 8(2), 151-162.
12. Jafarian, Z., Dehghn, M., Barjaste, F. & Kargar, M. (2020). Determiation of effective environmental factors on plants functional diversity and species diversity in Ravar rangelands, *Plant ecosystem conservation*, 7(15), 1-22. (in Farsi)
13. Jafarian, Z., Dehghan, M., Barjasteh, F., & Kargar, M. (2019). Evaluation of diversity and functional group as one of the biodiversity indices in response to elevation gradients, *Environmental studies*, 45(2), 317-329. (in Farsi)
14. Karimzadeh, A., Jafarian, Z., Ghorbani, J. & Akbarzadeh, M. (2012). Analysis of the relationship between species diversity and environmental factors using multivariate analysis (case tudy: sorkhdeh rangelands of Semnan, iran). *Rangeland and watershed management*, 65(1), 131-143. (in Farsi)
15. Lewis, D. E., White, J. R., Wafula, D., Athar, R., Dickerson, T., Williams, H. N. & Chauhan, A. (2010). Soil Functional Diversity Analysis of a Bauxite-Mine Restoration Chronosequence. *Microbial Ecology*, 59, 710-723.
16. Mason, N.W.H., MacGillivray, K., Steel, J.B. & Wilson, J. B. (2003). An index of functional diversity. *Vegetation Science*, 14, 571-578.
17. Mason, N. W. H., Mouillot, D., Lee, W. G. & Wilson, J. B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111, 112-118.
18. Mesdaghi, M. (2008). Discription and analysis of vegetation, Mashhad Daneshgahi Jahad press. (in Farsi)

19. Mobyen, S. (1975-1996). Iranian Vegetables, Volumes 1-4, University of Tehran Press, Tehran. (in Farsi)
20. Mouchet, M. A., Vileger, S., Mason, N. W. H. & Mouillot, D. (2010). Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, 24, 867-876.
21. Mouillot, D., Nicholas, A. J. G., Villeger, S., Mason, N. W. H. & Bellwood, D. (2012). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology and Evolution*, 1621, 1-11.
22. Mouchet, M. A., Vileger, S., Mason, N. W. H. & Mouillot, D. (2010). Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, 24, 867-876.
23. Mozafarian, V., 1999. Dictionary of Iranian Plant Names, Contemporary Culture Publications, Tehran. (in Farsi)
24. Rahmani, G.H. (2000). Investigation and ecological study of vegetation in conserved rangelands of khabarbaft. MSc thesis in Mazandaran University. 96 p. (in Farsi)
25. Rao, C. R. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients: a united approach. *Theoretical Population Biology*, 21, 24-43.
26. Ruiz-Jaen, M. C. & Potvin, C. (2011). Can we predict carbon stocks in tropical ecosystems from tree diversity? Comparing species and functional diversity in a plantation and a natural forest. *New Phytologist*, 189, 978-987.
27. Salami, A., Zare, H. & Ejtehadi, H. (2008). Investigation and comparing plant species diversity in grazing and enclosure rangeland at Kohneh Lashak of Noshahr. *Watershed management research*, 75, 35-46. (in Farsi)
28. Vileger, S., Mason, N. W. H. & Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89, 2290-2301.
29. Zhang, J. T., Li, M. & Nie, E. (2014). Pattern of functional diversity along an altitudinal gradient in the Baihua Mountain Reserve of Beijing, China, *Brazilian Journal of Botany*, 37(1), 37-45.

Determining the Plant Functional Communities and Diversity Along an Altitudinal Gradient in Bandguder Arid Rangeland, Kerman Province

Z. Jafarian^{1*}, M. Dehghan², M. Kargar³

1. Professor, Department of Range Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2. Graduated MS.c degree in Rangeland Management, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran.
3. Graduated Ph. D degree in Rangeland Management, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran.

* Corresponding Author: z.jafarian@sanru.ac.ir

Received date: 26/08/2020

Accepted date: 25/08/2020

Abstract

Functional traits of plant species are displayed ecological properties, life strategy, and species ability for an encounter with a special environment. In this study, seven elevation points with 50 m interval with 1500 to 2002 m distance on the ground were selected and each point, 10 plots were established along a transect perpendicular on slope. To investigate the function of plant species groups, six functional traits including plant height, growth form, life form, reproduction type, life span, and type of nitrogen fixation were measured or collected. Functional plant species groups and five functional diversity indices were extracted using FDiversity software. The ANOVA test was done to investigate the effect of elevation on functional traits. Results show that elevation had significant effect on Rao index and functional divergence and there was no significant effect on other indices. Compare of means frequency and plant height was shown that there is significant difference between two functional groups. Results indicate that functional traits provide a suitable tool for studying and understanding environmental changes.

Keywords: Functional trait; Functional divergence; Vegetation; Rao index
