



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره یازدهم، شماره بیست و دوم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

بررسی ویژگیهای رویشگاهی و واکنش گونه مرتعی جعفری فرنگی کوهستانی (*Chaerophyllum macropodum* Boiss.) به عوامل محیطی با استفاده از روش آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) و مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) در مراتع استان مازندران

حسن قلیچ نیا^{۱*}، حمیدرضا میرداودی^۲، علی چراتی آرای^۳

^۱ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

^۲ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

^۳ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۱

چکیده

شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های گیاهی و چگونگی واکنش آنها به عوامل محیطی، اطلاعات لازم را برای مدیریت پوشش گیاهی و اصلاح مراتع، فراهم می‌آورد. گونه جعفری فرنگی کوهستانی (*Chaerophyllum macropodum* Boiss.) از گونه‌هایی است که از لحاظ ارزشهای دارویی و علوفه‌ای دارای اهمیت است. از این رو، نیازهای اکولوژیک این گونه با تأکید بر تعیین عوامل اکولوژیک مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی و بررسی واکنش این گونه به تغییرات عوامل اکولوژیکی، با استفاده از روش CCA (آنالیز تطبیقی متعارفی) و GAM (مدل جمعی تعمیم یافته) و داده‌های ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی خاک و پوشش گیاهی در مناطق رینه لاریجان، لاوش در ارتفاعات شهرستان نور و تنگه گلو در ارتفاعات کلاردشت در استان مازندران در سالهای ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰، انجام گردید. نتایج حاصل از آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که عوامل ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، فسفر، کربن آلی، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع خاک و آهک، به ترتیب با بیان ۵/۹، ۵/۶، ۲، ۲، ۱/۸، ۱/۷، ۱/۷، ۱/۶ و ۱/۳ درصد از واریانس موجود در ترکیب گیاهی، نقش مهمی در تغییرات پوشش گیاهی در رویشگاه‌های مورد مطالعه داشتند. نتایج نشان داد که منحنی واکنش گونه به میزان فسفر و پتاسیم، کاهشی بوده و با افزایش این عناصر از درصد پوشش گونه کاسته می‌شود. الگوی واکنش این گونه به درصد سیلت، درصد شن، درصد ماده آلی، درصد کربن آلی، درصد ازت، آهک و جهت شیب از منحنی زنگوله‌ای پیروی کرده و حد بهینه رشد آن برای هر یک از این عوامل به ترتیب ۲۰ درصد، ۵۵ درصد، ۵ درصد، ۳ درصد، ۰/۴ درصد، ۵ درصد و جهت‌های شمال و شمال غرب است. مطالعه واکنش گیاه جعفری فرنگی در امتداد شیب عوامل توپوگرافی و خاک، اطلاعاتی در مورد ویژگیهای اکولوژیک و رویشگاهی و واکنش گونه به این عوامل محیطی، ارائه داد که می‌تواند در عملیات اصلاح مراتع در مناطق مشابه، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: رسته‌بندی، عوامل اکولوژیک، مدل جمعی تعمیم یافته، ویژگی‌های خاک

*نویسنده مسئول: H.ghelichnia @areeo.ac.ir

مقدمه

پیش‌بینی شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های گیاهی و چگونگی واکنش آنها به عوامل محیطی، اطلاعات ارزشمندی برای معرفی گونه‌های مناسب جهت اصلاح مراتع، تولید علوفه، مدیریت پوشش گیاهی و همچنین اعمال رویکرد حفاظتی از مراتع را در مناطق مشابه، فراهم می‌نماید (جابر الانصار و همکاران، ۱۴۰۰). امروزه استفاده از مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، نقش برجسته‌ای در نظارت، ارزیابی، احیا، حفاظت و توسعه اکوسیستم‌های مرتعی، ایفا می‌کنند و از ابزارهای بالقوه برای کسب اطلاعات درباره علل پراکنش گونه‌ها و تناسب رویشگاه برای گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند (Austin, 2002). در این مدل‌ها، احتمال رخداد گونه‌های گیاهی از پراکنش مکانی متغیرهای محیطی، قابل پیش‌بینی است. در دهه‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای تعیین ارتباط بین عملکرد گونه‌ها با فاکتورهای محیطی صورت گرفته است. آنالیز رگرسیون، متداول‌ترین روشی است که عمدتاً برای تعیین عوامل موثر بر واکنش گونه‌ها و تعیین مقدار بهینه و دامنه اکولوژیک آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Jongman et al., 1995). واکنش گونه‌های گیاهی در امتداد گرادیان تغییرات محیطی، به‌صورت منحنی عملکرد گونه تعریف می‌شود که ممکن است متقارن و تک‌نمایی (Gauch et al., 1981; Ter Braak, 1985; Oskanen and Minchin, 2002; Dashti et al, 2021) یا کاهشی (Kent, 2011; Dashti et al, 2021) باشد (Jalilian et al, 2022, Jongman et al., 1995). از مهمترین روش‌هایی که برای تجزیه و تحلیل واکنش گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی، کاربرد بیشتری دارند، می‌توان به آنالیز تطبیقی-متعارفی (CCA) و مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) اشاره کرد (Austin et al., 2006; Kleyer et al., 2012; Samadi Khangah et al., 2021). نتایج تحقیقات تراور و همکاران (2012)، نشان داد که مدل جمعی تعمیم‌یافته، برای مطالعه واکنش گونه‌های گیاهی به عوامل محیطی، مناسب است. مدل جمعی تعمیم‌یافته، ضمن کاهش میانگین مربعات خطا، با ارائه اطلاعات بیشتری از روابط بین متغیرها، کیفیت پیش‌بینی واکنش را به حداکثر می‌رساند و با توجه به مزایای مدل جمعی تعمیم یافته نسبت به سایر مدل‌های بررسی

واکنش گونه‌ها به عوامل محیطی، استفاده از این مدل، روز به روز در حال توسعه است (Vazirinasab et al., 2012).

جنس جعفری فرنگی (*Chaerophyllum*) یکی از جنسهای خانواده Apiaceae است که دارای ۴۷ گونه در جهان و ۸ گونه در ایران است که به‌طور عمده در مناطق مرتفع و کوهستانی رویش دارند (IPNI., 2017). مظفریان (۱۳۸۶) بیان داشت که بیشترین پراکنش این جنس در ایران در مناطق شمال، شمال غرب، غرب، جنوب غرب و مرکز بوده و در مراتع کوهستانی، دامنه‌ها و رویشگاه‌های صخره‌ای در ارتفاع ۳۵۰۰-۱۲۰۰ متری از سطح دریا استقرار دارد. نتایج تحقیقات ربیعی و همکاران (۱۳۹۸) در مناطق کوهستانی استانهای تهران و البرز نشان داده است که گونه *Chaerophyllum macropodum* بیشترین پراکنش را به ترتیب در دامنه‌های ارتفاعی ۲۴۰۰ - ۲۲۰۰ متر و ۲۲۰۰ - ۲۰۰۰ متر از سطح دریا دارد. همچنین یافته‌های آنها نشان داد در رویشگاه مبارک آباد تهران در ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا، تعداد بوته، آهک، رس و اسیدیت، در رویشگاه چنار شرق تهران در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، ماده آلی و رطوبت اشباع، در رویشگاه گاجره در استان البرز در ارتفاع ۲۲۵۰ متری از سطح دریا، حداکثر مطلق دما و شن، دررویشگاه سیجان در استان البرز در ارتفاع ۱۹۰۰ متری از سطح دریا، حداقل مطلق دما، دمای سالانه و میانگین حداقل دمای سردترین ماه سال از عوامل تمایز رویشگاههای این بودند. گونه *Chaerophyllum macropodum* علاوه بر ارزش علوفه‌ای (ارزانی و همکاران، ۱۳۹۵)، یکی از گیاهان مهم دارویی ایران بوده و به عنوان ادویه در محصولات شیری مورد استفاده قرار گرفته و دارای اثر ضد میکروبی است. (Zolfaghari and Ansari., 2020).

بر اساس مطالعات انجام شده بر روی این گونه، مشخص گردید که دارای اثرات ضد قارچی، ضد برخی از سرطانات و آنتی اکسیدانی است (Celikezen et al., 2002). فهمی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) هم در مطالعه خود در مراتع طالقان میانی به این نتیجه رسیدند که بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی رابطه وجود دارد و از بین عوامل مورد بررسی، شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، عمق خاک،

فلات تبت، توجیه می‌کنند. با توجه به کمبود اطلاعات در مورد این گونه در نواحی کوهستانی و همچنین اهمیت این گونه از نظر سطح مناطق پراکنش، تولید، نقش آن در تولید علوفه و ارزش دارویی، در مراتع تابستانه، در این تحقیق، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره، ضمن تعیین عوامل اکولوژیک مؤثر بر تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه‌های آن، به بررسی واکنش گونه به تغییرات عوامل محیطی و تعیین پتانسیل گونه مورد نظر در شرایط مختلف اکولوژیکی، پرداخته شد تا بدینوسیله ضمن شناخت بهتر آشیان اکولوژیکی این گیاه، بتوان توصیه‌های لازم برای استفاده در برنامه‌های مدیریت و اصلاح مراتع استان مازندران و در رویشگاههای مشابه آن انجام داد. رویشگاه این گونه به عنوان مراتع تابستانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو و با توجه به ارزشهای چند جانبه این گونه، آگاهی از ویژگیهای اکولوژیک و رویشگاهی این گونه می‌تواند در احیای رویشگاههای مشابه در این مناطق برای استفاده از این گونه، مفید و مؤثر باشد.

فسفر و ازت خاک، بیشترین تأثیر را بر پراکنش گونه‌ها دارند. نتایج تحقیق (مختاری اصل و همکاران، ۱۳۹۱) که از روش آنالیز تطبیقی متعارفی استفاده کردند، نشان داد که از بین عوامل خاکی مورد بررسی، میزان یون سدیم، درصد املاح محلول و هدایت الکتریکی خاک، مهمترین عوامل در پراکنش و استقرار گونه‌های گیاهی شاخص در مراتع قرخلار مرند، هستند. نتایج مطالعات وگیاتزاکیس و همکاران (Vogiatzakis et al., 2003) در مورد روابط بین عوامل محیطی و پراکنش جوامع گیاهی در مناطق مدیترانه‌ای یونان، نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، اسیدیته، ماده آلی، شیب و درصد پوشش سنگی، کنترل کننده الگوی پراکنش گیاهان در شیب‌های تند است.

بررسی‌های لی و همکاران (Li et al., 2008) نشان داد که اسیدیته، درصد رطوبت اشباع خاک و نیتروژن از مهمترین فاکتورهای مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی در شمال چین، بوده‌اند. در تحقیق لیو و همکاران (Lu et al., 2006) مشخص شد که ماده آلی، اسیدیته و مقدار رطوبت خاک از عواملی هستند که پراکنش گونه‌ها را در اشکوبهای مختلف در حوضه آبخیز رودخانه مینچیانگ در



شکل ۱- نمایی از گونه *Chaerophyllum macropodum*

مواد و روش‌ها

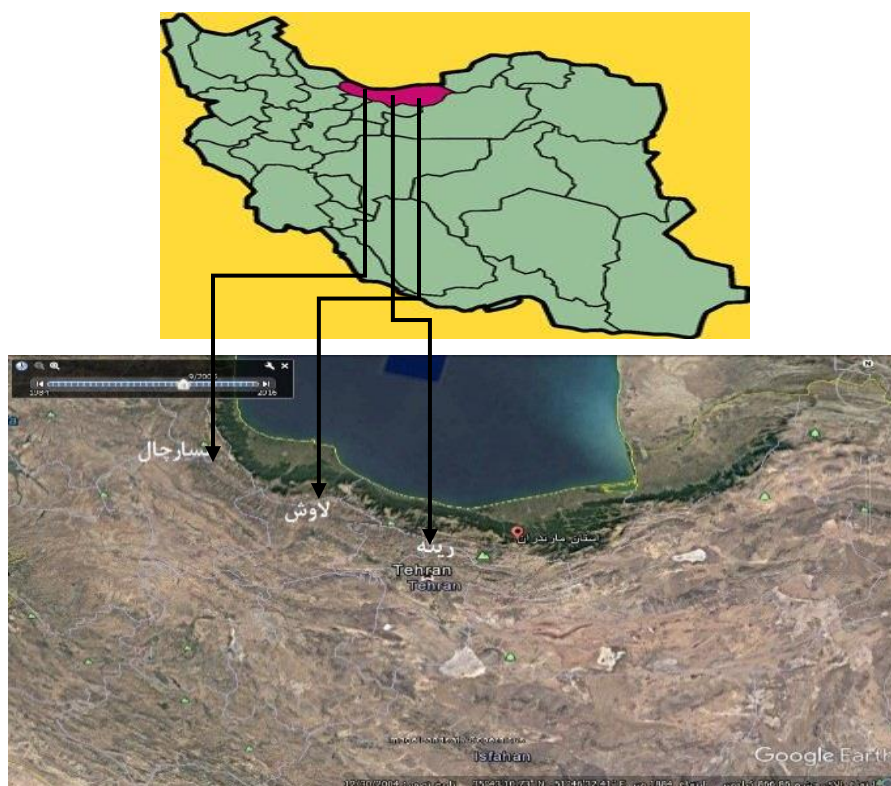
منطقه مورد مطالعه

انتخاب محدوده مورد مطالعه در هر یک از مکان‌های معرف، به‌نحوی در نظر گرفته شد که دامنه وسیعی از پراکنش و حضور گونه مورد پژوهش را در بر داشته باشد. برای این منظور تعداد سه رویشگاه به شرح ذیل در مراتع کوهستانی استان مازندران انتخاب گردید (شکل ۱).

۱- منطقه رینه در ارتفاعات شهرستان آمل با مختصات جغرافیایی ۵۲°، ۳۵° عرض شمالی و ۵۲°، ۵۲° طول شرقی در ارتفاع ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۵۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۹/۵ درجه سانتی‌گراد، اقلیم نیمه مرطوب سرد (طبقه‌بندی دمارتن) و تیپ مرتعی شامل *Onobrychis cornuta-Festuca ovina - Bromus tomentellus* است.

۲- منطقه لاوش در ارتفاعات شهرستان آمل در مختصات جغرافیایی ۱۳°، ۳۶° عرض شمالی و ۵۱°، ۲۵° طول شرقی در ارتفاع ۲۸۰۰-۲۳۰۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۶۰۰ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۹ درجه سانتی‌گراد و اقلیم نیمه مرطوب سرد (طبقه‌بندی دمارتن) و تیپ مرتعی شامل *Astragalus gossypinus- Bromus tomentosus* است.

۳- منطقه تنگه گلو در ارتفاعات کلاردشت در مختصات جغرافیایی ۲۱°، ۳۶° عرض شمالی و ۵۱°، ۱° طول شرقی در ارتفاع ۳۴۰۰-۲۹۰۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۶۵۰ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۷/۶ درجه سانتی‌گراد، اقلیم نیمه مرطوب فرا سرد (طبقه‌بندی دمارتن) و تیپ مرتعی شامل *Astragalus jodotropis- Bromus tomentosus - Alopecurus rextilis* است.



شکل ۲- موقعیت سایتهای مورد مطالعه در استان مازندران

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی - سیستماتیک (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۳)، طی سالهای ۱۳۹۸-۱۳۹۶ انجام

شد. مطالعات پوشش گیاهی شامل درصد تاج پوشش گونه‌ها در داخل پلات‌ها انجام شد. همچنین در هر پلات،

$$A' = 1 + \cos(45 - A)$$

که در آن A، مقدار آزمون جهت و A' مقدار تبدیل‌شده جهت است (Beers et al., 1996). زوایای جهت‌های جغرافیایی بر حسب درجه حدوداً بدین شرح است: شمال (۰)، شمال شرق (۴۵ درجه)، شرق (۹۰)، جنوب شرق (۱۳۵)، جنوب (۱۸۰)، جنوب غرب (۲۲۵)، غرب (۲۷۰)، شمال غرب (۳۱۵). عوامل اقلیمی مثل میانگین بارندگی سالیانه، متوسط دمای سالانه، با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک به مناطق مورد مطالعه و با استفاده از مطالعات هواشناسی موجود در استان، نظیر خطوط هم‌بارش و دما، نیز در هر رویشگاه مورد مطالعه، مورد نظر قرار گرفت. مختصات جغرافیایی محل هر یک از پلات‌ها نیز با استفاده از دستگاه موقعیت یاب مشخص گردید. برای بررسی ارتباط متغیرهای محیطی اثرگذار و معنی‌دار با پوشش گیاهی و انتخاب روش مناسب خطی و غیرخطی، آنالیز تطبیقی قوس‌گیری شده بر روی داده‌های پوشش گیاهی (داده‌های واکنش)، انجام و طول گرادیان مشخص گردید. با توجه به طول گرادیان محور اول (که بزرگتر از ۴ بود)، از روش آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) به‌عنوان روش غیرخطی استفاده شد. در تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از این روش، شیب تغییرات گونه‌ها از طریق شبیه‌سازی داده‌ها، با شرایط مختلف فاکتورهای محیطی، بررسی و معنی‌داری رابطه بین ترکیب گونه‌ای و محورهای به‌دست آمده از متغیرهای محیطی، با استفاده از آزمون جایگشت مونت کارلو بررسی گردید. برای پیش‌بینی واکنش گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی از مدل افزایشی تعمیم‌یافته استفاده شد (Traore et al., 2002; Bakkenes et al., 2002; Mackenzie et al., 1993; Paler., 2002) (آنالیز تابع اتصال لگاریتمی Log link function) (به دلیل اینکه منحنی واکنش به شکل گوسن برای آن برازش شود) و توزیع خطا پواسون (Poisson error distribution) برای برازش مدل افزایشی تعمیم‌یافته مورد استفاده قرار گرفت (به‌منظور اجتناب از بیش برازش متغیرهای پیشگو، به‌صورت انفرادی وارد مدل شدند). به‌منظور رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه‌ها، معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، به‌کار گرفته شد. AIC معیاری برای سنجش نیکویی برازش است. این معیار، با برقرار کردن تعادل میان دقت مدل و پیچیدگی آن، به

درصد لاشبرگ، خاک لخت و سنگ و سنگریزه نیز اندازه‌گیری گردید. برای این منظور، بسته به شیب تغییرات محیطی در هر رویشگاه (محل پراکنش)، پنج ترانسکت در جهت شیب با فاصله یکسان نسبت به هم به‌کار برده شد. سپس بر روی هر یک از آنها، شش پلات به ابعاد ۲ در ۲ متر (بر اساس روش حداقل سطح) با فواصل یکسان، مستقر گردید. در مجموع در هر رویشگاه، ۳۰ و در مجموع ۹۰ پلات در کل منطقه، به‌کار برده شد. طول ترانسکت‌ها، متناسب با طول رویشگاه و فاصله آنها نسبت به هم، متناسب با عرض رویشگاه در نظر گرفته شد. در رویشگاه رینه طول ترانسکت ۱۰۰۰ متر و فاصله آنها از هم ۲۰۰ متر، در رویشگاه لاوش طول ترانسکت ۱۲۰۰ متر و فاصله آنها از هم ۲۴۰ متر و در رویشگاه تنگه گلو طول ترانسکت ۱۰۰۰ متر و فاصله آنها از هم ۴۰۰ متر بوده است. به‌منظور بررسی اثر عوامل محیطی بر پراکنش گونه مورد پژوهش، از هر یک از پلات‌ها، یک نمونه خاک با سه تکرار (نمونه مرکب) از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت گردید و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد. بافت خاک (روش هیدرومتری)، اسیدیته (گل اشباع و با استفاده از pH متر)، درصد مواد خنثی‌شونده یا درصد آهک (با استفاده از روش تیتراسیون)، فسفر قابل جذب (با استفاده از روش السون)، پتاسیم قابل جذب (با استفاده از روش استات آمونیوم)، کربن آلی و ماده آلی (با استفاده از روش والکی-بلاک)، ازت کل (با استفاده از روش کج‌دال)، درصد رطوبت اشباع خاک (به روش وزنی) و وزن مخصوص ظاهری خاک (با روش کلوخه) اندازه‌گیری شدند (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۸۳). عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین و جهت‌های جغرافیایی هر پلات ثبت گردید. در مورد جهت جغرافیایی در مناطق کوهستانی، با توجه به زاویه‌ای که در هنگام نمونه‌برداری در منطقه برای هر پلات نسبت به شمال قرائت شده بود (آزمون جهت) را در فرمول زیر قرار داده و عدد به دست آمده از آن برای هر پلات ثبت گردید. پس از تبدیل، داده‌ها طبق رابطه ۱، وارد آنالیز شد.

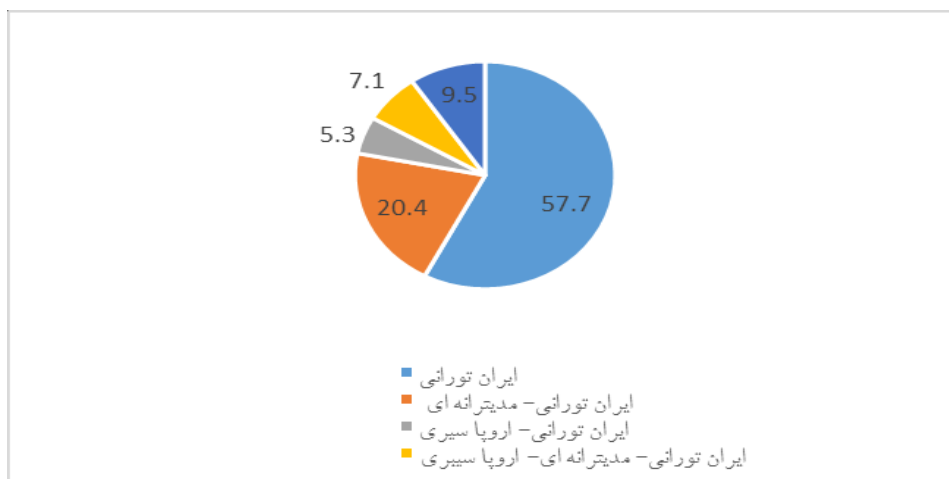
رابطه ۱

متغیرهای هدایت الکتریکی خاک بین ۲/۵۷-۰/۰۴ دسی
 زمینس بر متر، اسیدیته خاک معادل ۷/۵ تا ۸/۲، آهک
 خاک ۴۴-۱۴/۵ درصد، کربن آلی خاک ۱/۵۴-۰/۱۳ درصد،
 ۰/۳-۰/۰۱ درصد و و بافت خاک، لومی رسی- شنی و درصد
 بیرون زدگی سنگی ۴۵-۰ درصد بوده است (جدول ۳).

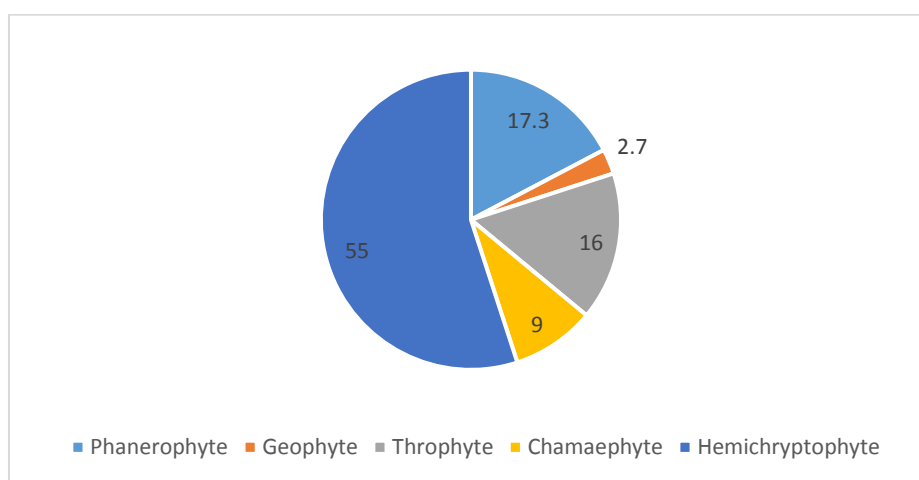
انتخاب بهترین مدل آماری و معرفی متغیرهای اثرگذار بر
 عملکرد گونه، کمک می کند. هرچه مقدار AIC کوچکتر
 باشد، در نتیجه متغیر مورد نظر، دارای اثرگذاری بیشتر بر
 عملکرد گونه (درصد پوشش تاجی/ تولید/ ارتفاع) است یا
 اینکه مدل ارائه شده، مناسب ترین مدل در برازش منحنی
 عکس العمل گونه است (Stewart et al., 2022). برای
 تجزیه و تحلیل داده ها، از نرم افزار Canoco نسخه 4.5
 استفاده شد.

نتایج

مطالعه رستنی های موجود در منطقه، وجود ۲۲۵ گونه گیاه
 آوندی متعلق به ۱۷۵ جنس و ۴۰ تیره گیاهی را نشان داد.
 تعداد ۵۶ گونه گیاهی در پلات های مورد مطالعه، مشاهده
 شد (جدول ۱). در بین گیاهان این مناطق، فراوانی ناحیه
 رویشی ایران تورانی، ۵۷/۷ درصد، ایران تورانی - مدیترانه
 ای، ۲۰/۴ درصد، ایران تورانی - اروپا- سبیری، ۵/۳ درصد،
 ایران تورانی - مدیترانه ای، اروپا- سبیری، ۷/۱ درصد و چند
 ناحیه ای، ۹/۵ درصد است. فراوانی تیپ رویشی همی
 کریپتوفایت، ۵۴/۷ درصد، کامافایت، ۹/۳ درصد، تروفایت،
 ۱۶ درصد، ژئوفایت، ۱۷/۳ درصد و فانروفایت، ۲/۷ درصد
 است. جدول ۲، میانگین ویژگی های پوشش سطح خاک و
 درصد پوشش تاجی گونه *C. macropodium* را در مناطق
 مورد مطالعه نشان می دهد. در منطقه رینه، پوشش تاجی
 جعفری فرنگی ۸/۹ درصد، سنگ و سنگریزه، ۴/۲۶ درصد،
 لاشبرگ، ۲/۴۳ درصد، خاک لخت، ۱۰/۰۳ و پوشش تاجی
 کل، ۸۳/۴۵ درصد است. در منطقه لاوش، پوشش تاجی
 جعفری فرنگی ۴/۲۶ درصد، سنگ و سنگریزه، ۶/۰۳ درصد،
 لاشبرگ، ۵/۱۶ درصد، خاک لخت، ۱۱/۰۸ درصد و پوشش
 تاجی کل، ۷۷/۷۳ درصد است. در منطقه تنکه گلو، پوشش
 تاجی جعفری فرنگی ۸/۲ درصد، سنگ و سنگریزه، ۱۶
 درصد، لاشبرگ، ۹/۷۳ درصد، خاک لخت، ۸/۵۷ درصد و
 پوشش تاجی کل، ۶۵/۷ درصد است. به لحاظ سیمای
 ظاهری، رویشگاه گونه مورد مطالعه، تپه ماهوری با خاک
 نسبتاً کم عمق و بیرون زدگی سنگی نسبتاً بالا بوده و عمدتاً
 از سازندهای آهکی تشکیل شده است. دامنه ارتفاع رویشگاه
 این گیاه ۳۴۰۰ - ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است. مقادیر



شکل ۳- درصد فراوانی گونه‌های گیاهی ناحیه‌های مختلف رویشی در مناطق مورد مطالعه



شکل ۴- درصد فراوانی تیپ‌های مختلف رویشی گونه‌های گیاهی مناطق مورد مطالعه

جدول ۱- فهرست گونه‌های ثبت شده در پلات‌های اندازه‌گیری

نام علمی گونه	نام اختصاری	فرم رویشی	طول عمر
<i>Achillea millefolium</i> L.	Ac.mi	Forb	Perennial
<i>Agropyron leptorum</i> (Nevski) Grossh.	Ag.le	Grass	Perennial
<i>Agropyron pectiniforme</i> Roemer & Schultes.	Ag.pe	Grass	Perennial
<i>Alopecurus textilis</i> Boiss.	Al.mi	Forb	Annual
<i>Alyssum mimus</i> (L.) Rothm.	Al.mo	Forb	Annual
<i>Alyssum montanum</i> L.	Al.mi	Forb	Annual
<i>Alyssopsis molisx</i> (Jaoq.)O.E.Schultz.	Al.mo	Forb	Perennial
<i>Arenaria gypsophiloides</i> L.	Ar.gy	Forb	Perennial
<i>Asperula odorata</i> L.	As.od	Forb	Perennial
<i>Asperula orientalis</i> Boiss & Hohen.	As.or	Forb	Perennial

ادامه جدول (۱)

طول عمر	فرم رویشی	نام اختصاری	نام علمی گونه
Perennial	Forb	<i>As.ae</i>	<i>Astragalus aegobromus</i> Boiss. & Hohen.
Perennial	Forb	<i>As.c</i>	<i>Astragalus chrysanthus</i> Boiss. & Hohen.
Perennial	Forb	<i>As.jo</i>	<i>Astragalus jodotropis</i> Boiss.
Perennial	Forb	<i>As.po</i>	<i>Astragalus podolobus</i> Boiss. & Hohen.
Perennial	Forb	<i>As.re</i>	<i>Astragalus retamocarpus</i> Boiss. & Hohen.
Perennial	Forb	<i>Bu.ro</i>	<i>Bupleurum rotundifolium</i> L.
Perennial	Grass	<i>Br.to</i>	<i>Bromus tomentellus</i> Boiss.
Annual	Forb	<i>Ca.bu</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.
Perennial	Forb	<i>Ce.ar</i>	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.
Perennial	Forb	<i>Ch.ma</i>	<i>Chaerophyllum macropodom</i> Boiss.
Perennial	Forb	<i>Ci.vu</i>	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi.) Ten.
Perennial	Forb	<i>Co.co</i>	<i>Cousinia commutate</i> Bunge.
Perennial	Forb	<i>Co.mu</i>	<i>Cousinia multiloba</i> D.C.
Perennial	Grass	<i>Da.gl</i>	<i>Dactylis glomerata</i> L.
Perennial	Forb	<i>De.so</i>	<i>Descurainia Sophia</i> (L.) Wehbet Berth.
Perennial	Forb	<i>Di.or</i>	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.
Perennial	Grass	<i>El.hi</i>	<i>Elymus hispidus</i> (Opiz) Meldaris.
Biennial	Forb	<i>Fa.vu</i>	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.
Perennial	Forb	<i>Fe.gu</i>	<i>Ferula gummosa</i> Boiss.
Perennial	Grass	<i>Fe.ov</i>	<i>Festuca ovina</i> L.
Perennial	Forb	<i>Ga.ve</i>	<i>Gallium verum</i> L.
Perennial	Forb	<i>Ix.ta</i>	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.
Perennial	Forb	<i>Me.sa</i>	<i>Medicago sativa</i> L.
Perennial	Forb	<i>Mi.mo</i>	<i>Minuratia lineata</i> Bornm.
Perennial	Forb	<i>Mu.ne</i>	<i>Muscari negelectum</i> Guss.
Perennial	Forb	<i>My.ol</i>	<i>Myosotis olympica</i> Boiss.
Perennial	Forb	<i>My.li</i>	<i>Myosotis lithospermifolia</i> (Willd.) Hohen.
Perennial	Forb	<i>Ne.cr</i>	<i>Nepeta crassifolia</i> Boiss.
Perennial	Forb	<i>No.lu</i>	<i>Nonnea lutea</i> (Desr.) Reichenb.
Perennial	Shrub	<i>On.co</i>	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.
Perennial	Forb	<i>Ox.di</i>	<i>Oxyria digyna</i> L.
Perennial	Forb	<i>Pa.br</i>	<i>Papaver bracteatum</i> Lindl.
Perennial	Grass	<i>Po.bu</i>	<i>Poa bulbosa</i> L.
Perennial	Forb	<i>Pl.at</i>	<i>Plantago atrata</i> Hoppe.

ادامه جدول (۱)

طول عمر	فرم رویشی	نام اختصاری	نام علمی گونه
Perrenial	Forb	<i>Ra.st</i>	<i>Ranunculus trausii</i> Bornm.
Perrenial	Forb	<i>Ru.ac</i>	<i>Rumex acetosella</i> L.
Perrenial	Forb	<i>Sa.ve</i>	<i>Salvia verticillata</i> L.
Perrenial	Forb	<i>Sa.vi</i>	<i>Salvia virgate</i> Jasq.
Perrenial	Forb	<i>So.st</i>	<i>Solenenthus stamineus</i> (Desf.) Wettst.
Perrenial	Forb	<i>Ta.mo</i>	<i>Taraxacum montanum</i> (C.A.Mey.).
Perrenial	Forb	<i>Tr.gri</i>	<i>Tragopon graminifolius</i> D.C.
Perrenial	Grass	<i>Tr.ri</i>	<i>Trisetum rigidum</i> (M.Bieb.) Roem.
Perrenial	Shrub	<i>Th.fa</i>	<i>Thymus fallax</i> Fisch. & C.A. Mey.
Perrenial	Shrub	<i>Th.pu</i>	<i>Thymus pubescens</i> Boiss. & Kotschy ex Celak
Perrenial	Forb	<i>Ve.th</i>	<i>Verbascum thapsus</i> L.
Perrenial	Forb	<i>Vi.pe</i>	<i>Vicia persica</i> Boiss.

جدول ۲- میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک و گونه *C.macropodum* در مناطق مورد مطالعه در استان مازندران

مکان / رویشگاه	درصد پوشش تاجی جعفری فرنگی	درصد سنگ و سنگریزه	درصد خاک بدون پوشش	درصد لاشیرگ	درصد پوشش تاجی کل
رینه	۸/۹	۴/۲۶	۱۰/۰۳	۲/۴۳	۸۳/۴۵
لاوش	۴/۲۶	۶/۰۳	۱۱/۰۸	۵/۱۶	۷۷/۷۳
تنگه گلو	۸/۲	۱۶	۸/۵۷	۹/۷۳	۶۵/۷

جدول ۳- میانگین خصوصیات رویشگاهی گونه *C.macropodum*

خصوصیات رویشگاهی	تنگه گلو	لاوش	رینه
شن (درصد)	۶۰/۶ ± ۱/۶۸	۵۸/۲ ± ۶	۵۸/۲ ± ۹/۲
سیلت (درصد)	۲۶/۸ ± ۱/۸	۲۸/۳ ± ۷/۳	۲۷/۲ ± ۵
رس (درصد)	۱۲/۶ ± ۰/۸	۱۳/۵ ± ۴/۲	۱۴/۵ ± ۶/۴
اسیدیته	۷/۹ ± ۰/۴۶	۷/۷ ± ۰/۲۸	۷/۲ ± ۰/۱۷
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۷۵ ± ۰/۱۶	۱/۱ ± ۰/۰۹	۱/۱ ± ۰/۰۹
آهک	۳ ± ۱/۷	۱/۹ ± ۰/۴۳	۱/۹ ± ۰/۴۳
کربن آلی (درصد)	۲/۲ ± ۰/۹۶	۳/۱ ± ۰/۹۶	۲/۷ ± ۰/۷۴
ازت (درصد)	۰/۱۸ ± ۰/۰۸	۰/۲۱ ± ۰/۰۸	۰/۰۲ ± ۰/۰۶
درصد رطوبت اشباع	۴۰/۸ ± ۱/۹	۴۰/۴ ± ۱/۲	۳۹/۴ ± ۱/۰۱
وزن مخصوص ظاهری	۱/۴ ± ۰/۰۷	۱/۳ ± ۰/۰۴	۱/۳ ± ۰/۰۶
جهت شیب (آزیموت)	۰/۴۸ ± ۰/۳۸	۱/۹ ± ۰/۴۲	۰/۹ ± ۰/۳۹
شیب (درصد)	۴۰/۸ ± ۱/۰	۳۱ ± ۱۴/۴	۱۹/۱ ± ۷/۵۰
ارتفاع (متر)	۳۲۴۶ ± ۹۶	۲۸۲۰ ± ۱۸۸	۲۵۶۳ ± ۱۷۲
ماده آلی (درصد)	۳/۷ ± ۱/۷	۵/۱ ± ۲/۴	۲/۷ ± ۰/۷
فسفر (ppm)	۵/۴ ± ۵/۲	۱۲/۵ ± ۴/۵	۹ ± ۳/۵
پتاسیم (ppm)	۳۳۴ ± ۱۲۴	۵۶۷ ± ۱۶۸	۴۸۹/۴ ± ۱۴۲
متوسط بارندگی سالانه (میلی متر)	۷۴۱ ± ۲۹	۶۴۸ ± ۵۱	۵۵۵ ± ۳۶
دمای متوسط سالانه (سانتی گراد)	۵/۸ ± ۰/۷۶	۷/۳ ± ۱/۲	۱۱/۴ ± ۷/۱۲

بررسی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی بر تغییرات پوشش گیاهی در جوامع، با استفاده از روش انتخاب رو به جلو در رسته‌بندی کانونیک، منجر به انتخاب ۹ متغیر از بین ۲۲ متغیر اولیه شد. کل عوامل محیطی مورد بررسی، ۲۳/۷ درصد از تغییرات در پوشش گیاهی را بیان می‌کنند. از بین این عوامل، متغیرهای ارائه شده در جدول ۴،

از تاثیر بالاتری در تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مورد مطالعه برخوردار بوده و معنی‌دار شده‌اند. متغیرهای انتخاب شده شامل ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، فسفر خاک، هدایت الکتریکی، آهک، اسیدیته، کربن آلی، ماده آلی و رطوبت اشباع خاک بوده است.

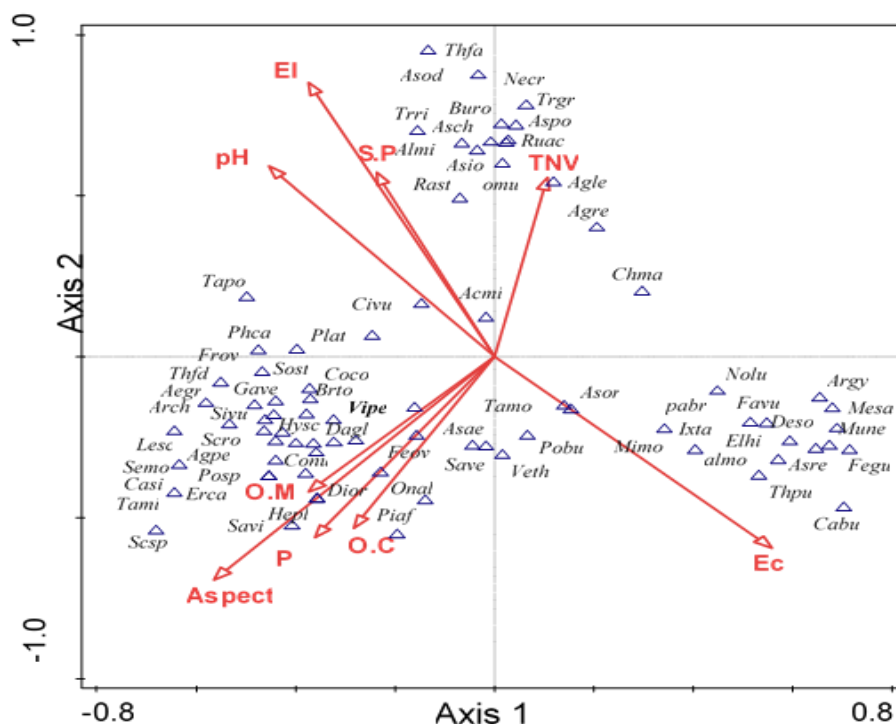
جدول ۴- متغیرهای مهم و اثرگذار بر تغییرات پوشش گیاهی در رویشگاه گونه *C. macropodium*

متغیرهای انتخاب شده	درصد واریانس بیان شده	F*	p*
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۵/۹	۵/۵	۰/۰۰۲**
جهت جغرافیایی	۵/۶	۵/۵	۰/۰۰۲**
فسفر خاک (ppm)	۲	۱/۸	۰/۰۰۲**
کربن آلی (درصد)	۲	۱/۷	۰/۰۰۲**
ماده آلی (درصد)	۱/۸	۱/۸	۰/۰۰۲**
اسیدیته	۱/۷	۱/۷	۰/۰۰۵**
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۱/۷	۱/۸	۰/۰۰۴**
رطوبت اشباع (درصد)	۱/۶	۱/۷	۰/۰۰۶**
آهک (درصد)	۱/۳	۱/۴	۰/۰۲۴*

***، معنی‌داری در سطح یک درصد، *، معنی‌داری در سطح پنج درصد

نتایج حاصل از رسته‌بندی تطبیقی متعارفی بر اساس محورهای اول و دوم و عوامل مهم مشخص شده در روش انتخاب رو به جلو، در شکل ۵ ارائه شده است. محور اول با مقدار ویژه ۰/۵۹۱، مقدار ۷/۰۸ درصد و محور دوم با مقدار ویژه ۰/۵۴۲، مقدار ۶/۵۸ درصد از کل تغییرات پوشش گیاهی را توجیه می‌کنند. بر اساس آنالیز CCA (شکل ۵)، گونه‌هایی که در سمت منفی محور اول واقع شده‌اند تحت تاثیر جهت جغرافیایی، درصد رطوبت اشباع

خاک، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، کربن آلی و قرار گرفته‌اند. گونه‌های که در سمت مثبت محور اول واقع شده‌اند، تحت تاثیر هدایت الکتریکی خاک و آهک قرار گرفته‌اند. به‌کارگیری مدل جمعی تعمیم‌یافته با توزیع خطا پواسون، برای هر یک از متغیرهای محیطی، نشان داد که اکثر متغیرهای مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد بر درصد پوشش گونه *C. macropodium* تأثیر معنی‌داری داشته‌اند (جدول ۵).



شکل ۵- توزیع گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل اکولوژیک (علامت اختصاری گونه‌ها در جدول ۱ آمده است)
Aspect (جهت جغرافیایی)، S.P (رطوبت اشباع خاک)، OC (کربن آلی)، EC (هدایت الکتریکی)، P (فسفر)، TNV (آهک)، S.P (رطوبت اشباع)، pH (اسیدیته خاک)، EI (ارتفاع از سطح دریا)، OM (ماده آلی)

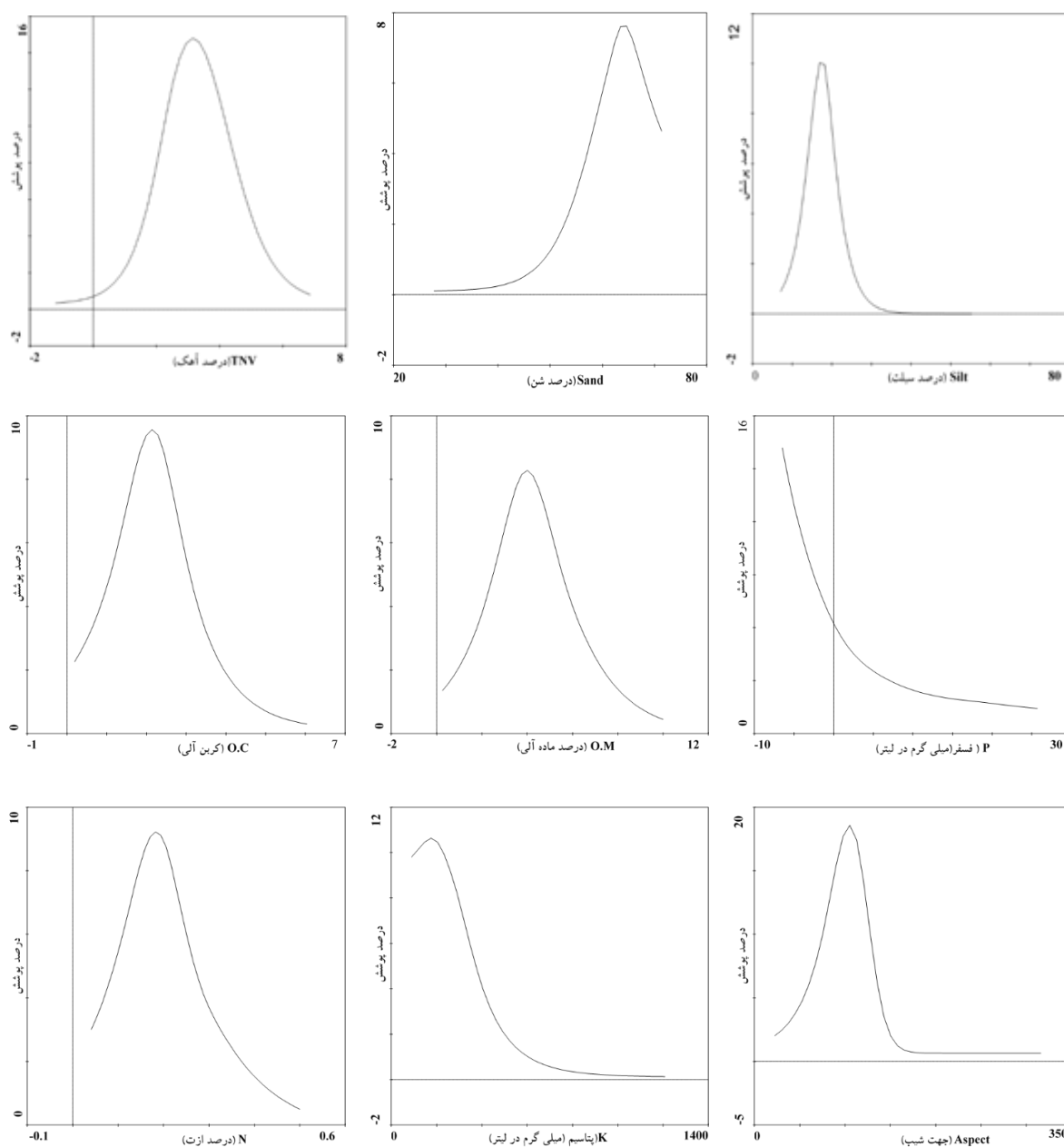
جدول ۵- نتایج برازش مدل جمعی تعمیم‌یافته نسبت به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی‌دار

متغیر محیطی	F*	P*	(AIC) معیار اطلاعاتی آکائیک
درصد سیلت	۶/۰۱	۰/۰۰۳**	۱۹۰۹
درصد شن	۲/۸۶	۰/۰۵*	۲۰۶۱
جهت جغرافیایی	۱۲/۱۱	۰/۰۰۵**	۱۸۲۲
درصد آهک	۸/۲۷	۰/۰۰۵**	۱۶۶۲
درصد کربن آلی خاک	۵/۶۳	۰/۰۰۵**	۱۹۲۴
درصد ازت کل	۳/۷۲	۰/۰۲*	۲۰۱۴
درصد ماده آلی خاک	۳/۴۵	۰/۰۳*	۲۰۳۰
فسفر خاک (ppm)	۳/۴۲	۰/۰۳*	۲۰۲۷
پتاسیم خاک (ppm)	۶/۵۲	۰/۰۰۲**	۱۸۷۹

*** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد

به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، به شرح شکل ۶ است.

با توجه به عکس‌العمل معنی‌دار درصد پوشش گونه *C. macropodum* در رابطه با عوامل یاد شده (جدول ۵) در منطقه مورد مطالعه و منحنی واکنش این گونه نسبت



شکل ۶- منحنی واکنش گونه *C. macropodium* به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی دار، فسفر، پتاسیم، جهت شیب، سیلت، شن، ازت، ماده آلی، کربن آلی و آهک

مقدار ۳ درصد و سپس کاهشی است. حد بهینه واکنش گونه به میزان ازت خاک ۰/۴ درصد و سپس کاهشی است. در مورد درصد شن حد بهینه برای گونه تا میزان ۵۵ درصد و سپس کاهشی است. حد بهینه واکنش گونه به درصد سیلت، ۲۰ درصد و سپس کاهشی است. واکنش گونه به میزان پتاسیم و فسفر خاک به صورت کاهشی بوده و با افزایش مقادیر پتاسیم و فسفر خاک، درصد پوشش گونه، کاهش می یابد.

بررسی عملکرد گونه (درصد پوشش گیاهی) مورد مطالعه در ارتباط با متغیرهای درصد آهک، درصد سیلت، درصد ماده آلی، درصد کربن آلی، درصد ازت و جهت شیب، نشان داد که واکنش این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به صورت تک‌نمایی است. حد بهینه واکنش گونه به درصد ماده آلی خاک، ۵ درصد و سپس کاهشی است. در مورد جهت شیب، واکنش گونه به شیب‌های شمالی و تا حدودی شمال غربی افزایشی (تا ۹ درصد) و در شیب‌های جنوبی و شرقی، کاهشی بوده است (تا ۲ درصد). واکنش گونه در مورد کربن آلی خاک، حد بهینه تا

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی و تحقیق در زمینه واکنش گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های گیاهی، معرفی گونه‌های مناسب برای احیای مراتع تخریب‌یافته، تولید علوفه، مدیریت پوشش گیاهی و سایر اهداف مدیریت مراتع، ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که درصد آهک، ماده آلی، جهت شیب، فسفر، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی خاک، درصد رطوبت اشباع خاک و ارتفاع از سطح دریا، نقش مهمی در تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه مورد مطالعه داشتند. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های محققانی مثل (مولایی و همکاران، ۱۳۹۹) در مورد تاثیر اسیدیته، جهت جغرافیایی و هدایت الکتریکی خاک در رویشگاه گونه *Artemisia aucheri* در کوه سبلان (فهیمی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹) در مورد اثرات درصد میزان فسفر بر تنوع و پراکنش گونه‌ها در طالقان میانی، (مختاری اصل و همکاران، ۱۳۹۱) در مورد تاثیر هدایت الکتریکی خاک در استقرار و پراکنش چهارگونه مرتعی شور پسند در مراتع قرخلار مرند در استان آذربایجان شرقی و گیاتزاکیس و همکاران (Vogiatzakis et al., 2003) در مورد تاثیر ارتفاع از سطح دریا و جهت شیب بر پراکنش مکانی جوامع گیاهی مدیترانه‌ای در یونان لی و همکاران (Li et al., 2008) در مورد تاثیر اسیدیته و درصد رطوبت اشباع خاک در پراکنش گیاهان شورروی در شمال چین لیو و همکاران (Lu et al., 2006) در مورد تاثیر ماده آلی و اسیدیته خاک در پراکنش گونه‌های گیاهی در حوضه آبخیز مینچیانگ در فلات تبت، یاری و همکاران (۱۳۹۲) در مورد تاثیر ماده آلی، بر تنوع گونه‌ای در مراتع سرچاه عماری بیرجند، (شفق کلوانق و عباسوند، ۱۳۹۳) در مورد بیشترین همبستگی بین نیتروژن با پوشش گیاهی در مراتع خلقت پوشان تبریز، مطابقت داشت.

در تحقیقات صمدی و همکاران (Samadi et al., 2021) از آنالیز CCA برای تعیین رابطه گونه شبدر قرمز (*Trifolium pretense*) استفاده شد و بر این اساس عواملی مانند جهت شیب، ماده آلی، منیزیم، پتاسیم، میانگین دمای سالانه، شن و رس در پراکنش این گونه در مراتع فندقلو استان اردبیل موثر بوده است که در این

میان جهت شیب و ماده آلی از عوامل مشترک تاثیرگذار در رویشگاه جعفری فرنگی در استان مازندران بوده است. نتایج تحقیقات ربیعی و همکاران (۱۳۹۸) در مناطق کوهستانی استانهای تهران و البرز نشان داده است که گونه *Chaerophyllum macropodium* بیشترین پراکنش را به ترتیب در دامنه‌های ارتفاعی ۲۴۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا دارد. یافته‌های ما نشان داده است که این گونه در مناطق مورد مطالعه در ارتفاعات بالای ۲۲۰۰ متر از سطح دریا رویش دارد و در دامنه ارتفاعات کمتر از ۲۲۰۰ متر رویش ندارد. بر اساس تحقیقات ربیعی و همکاران (۱۳۹۸) در رویشگاه مبارک‌آباد استان تهران، تعداد بوته، آهک، رس و اسیدیته، در رویشگاه چنار شرق استان تهران، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، ماده آلی و رطوبت اشباع، در رویشگاه گاجره استان البرز، حداکثر مطلق دما و شن، در رویشگاه سیجان، حداقل مطلق دما، دمای سالانه و میانگین حداقل دمای سردترین ماه سال از عوامل تمایز رویشگاههای این گونه بودند. از بین عوامل موثر بر پراکنش این گونه در مازندران، فقط میزان شن و ماده آلی خاک با تحقیقات یادشده در خصوص عوامل موثر بر پراکنش گونه جعفری فرنگی در استانهای البرز و تهران، مشترک بوده است.

نتایج حاصل از برازش مدل افزایشی تعمیم‌یافته بر روی گونه *C. macropodium*، برای بیان محدوده رویش آن تحت تاثیر متغیرهای مورد بررسی و تعیین شرایط بهینه رویش این گیاه، نشان داد که این گونه بیشتر بر روی خاک‌های سیلتی و شنی-سیلتی پراکنش دارد. به نظر می‌رسد که زهکشی مناسب در این خاک‌ها، از جمله دلایلی است که موجب رشد بیشتر این گونه در این نوع خاک‌ها شده است که با یافته‌های خلاصی و همکاران (۱۳۹۰) همسو است. به‌طور کلی، بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تاثیر قرار داده و عامل مهمی در دسترس بودن مواد غذایی و یک عامل در پتانسیل فرسایشی خاک است (علوی و همکاران، ۱۳۹۶). در ارتباط با شیب زمین، علی‌رغم اینکه واکنش گونه، نسبت به این عامل معنی‌دار نشد، ولی این گونه در اراضی با شیب نسبتاً زیاد پراکنش داشته است، ولی در شیب‌های ۴۰-۳۰ درصد دارای عملکرد بهتری است. در اراضی با شیب بسیار بالا، نزولات جوی به‌صورت رواناب حرکت کرده و فرصت کمتری برای نفوذ در خاک داشته و در درازمدت، تشکیل خاک هم

حرارت و توان تولید پایین اکوسیستم در این شیب‌های جغرافیایی باشد.

نتایج تحقیقات دشتی و همکاران (Dashti et al, 2021) بر روی گونه *Onobrychis chorasana* در ارتفاعات شهرستان مشهد نشان داده است که واکنش این گونه به کربن آلی، لاشبرگ و جهت شیب غربی و شمالی به صورت افزایشی بوده است که با واکنش گونه جعفری فرنگی در خصوص کربن آلی و جهت شیب شمالی مشابهت دارد. نتایج بررسی‌های جلالیان و همکاران (Jalilian et al, 2022) بر روی گونه *Vicia variabilis* با استفاده از روش GAM در استان کرمانشاه نشان داده است که واکنش گونه به عواملی مانند رس و سیلت به صورت افزایشی و واکنش گونه به هدایت الکتریکی خاک، فسفر، ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب به صورت تک‌نمایی بوده است که فقط در مورد عامل درصد سیلت، نتایج واکنش گونه جعفری فرنگی در استان مازندران با آن مشترک بوده است. با توجه به نتایج حاصل از مطالعات واکنش این گیاه به گرادیان عوامل محیطی، توصیه می‌شود در برنامه‌های اصلاحی مراتع از طریق بذرکاری و بوته‌کاری در مناطق نیمه‌استپی استان مازندران با استفاده از این گونه، به خصوصیات رویشگاهی و نیازهای اکولوژیکی آن توجه شود. بنابر این با عنایت به نقش مهم این گونه در تولید علوفه در نیمه دوم سال و همچنین حفاظت خاک، حفظ و توسعه رویشگاههای این گونه در مناطق مستعد با توجه به نیازهای اکولوژیک این گونه، اقدام مناسبی برای اصلاح و توسعه مراتع پاییزه خواهد بود.

منابع

ارزانی، ح.، عابدی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مرتع و اندازه‌گیری پوشش گیاهی. دانشگاه تهران. ۳۵۰ صفحه.
ارزانی، ح.، معتمدی، ج.، آقاجانلو، ف.، رشتوند، س. ۱۳۹۵. کیفیت علوفه گونه‌های مهم مرتعی در مراتع کوهستانی الموت قزوین و بادامستان زنجان، مرتع و آبخیزداری، ۶۹(۴): ۸۰۵-۸۱۸.
جابرالانصار، ز.، برهانی، م.، بحرینی نژاد، ب.، میرداودی، ح. ۱۴۰۰. بررسی رویشگاه و الگوی واکنش گونه مرتعی *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Guldenst به عوامل محیطی در استان اصفهان. تحقیقات مرتع و بیابان، ۲۸(۳): ۵۵۱-۵۶۳.

کندتر شده و لذا شرایط برای استقرار این گونه فراهم نیست. مطالعات فنولوژی این گونه در یک دوره سه ساله نشان می‌دهد که با توجه به پراکنش و حضور گونه *C. macropodium* در ارتفاعات مختلف، مراحل فنولوژی متفاوت است و یک فاصله حداقل ۱۵-۱۰ روزه در وقوع مراحل مختلف فنولوژی بین ارتفاع ۲۷۰۰ متر و ارتفاع ۳۴۰۰ متر وجود دارد. در رویشگاه این گونه، درصد ازت و کربن آلی و ماده آلی در حد متوسط است و گونه مورد نظر، در این محدوده دارای شرایط اپتیمم از لحاظ درصد پوشش است. با افزایش این عوامل در رویشگاه از حضور این گونه کاسته می‌شود؛ به نحوی که در خارج از این محدوده نیز ترکیب گیاهی متفاوت است. واکنش عملکرد گونه به درصد ماده آلی، درصد کربن آلی و درصد ازت و فسفر، مثبت و افزایشی است. افزایش ازت خاک، یکی از شاخص‌های مهم در حاصلخیزی است که موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده و عمل تجزیه لاشبرگ، سریع‌تر صورت گرفته و در نتیجه رشد گیاه افزایش می‌یابد. کربن آلی خاک تأثیر معنی‌دار و مهمی در نفوذ آب و پایداری خاکدانه‌ها (Khemiri and Chenini., 2009) دارد و شرایط را برای استقرار پوشش گیاهی فراهم می‌کند. الگوی واکنش گونه *C. maropodium* در طول گرادیان ارتفاعی، به گونه‌ای است که در ارتفاعات بیشتر از ۳۵۰۰ و کمتر از ۲۲۰۰ متر، مشاهده نشده و بیشترین حضور آن در ارتفاع ۲۶۰۰-۲۲۰۰ و ۳۴۰۰-۳۰۰۰ متری از سطح دریا است. حضور بیشتر این گونه در این دامنه ارتفاعی را می‌توان به دلیل وجود ترکیبی از عوامل زیستی مناسب در این محدوده ارتفاعی دانست که نشان‌دهنده حالت تعادلی جامعه با محیط خود است. کاهش حضور این گونه در ارتفاعات کمتر از ۲۲۰۰ متر و بیشتر از ۳۴۰۰ متر به سبب محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر کاهش فصل رشد، کاهش ظرفیت نگهداشت آب، درجه حرارت کم و توان تولید پایین اکوسیستم در ارتفاعات بالاتر و همچنین کمبود بارندگی، افزایش درجه حرارت و تبخیر بالا در ارتفاعات پایین‌تر است. واکنش گونه به جهت جغرافیایی، به گونه‌ای است که عمدتاً در جهت‌های شمال و شمال غرب رویش دارد. کاهش حضور و عملکرد این گونه در شیب‌های شرقی و جنوبی می‌تواند تا حدودی به دلیل محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر کاهش رطوبت خاک، افزایش درجه

- species distributions: Role of artificial data and theory. *Ecological Modelling*, 199(2):197-216.
- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R., Latour, J.B. 2002. Assessing the effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global change biology*, 8(4): 390-407.
- Beers, T.W., Dress, P.E., Wensel, L.C. 1966. Notes and observations: aspect transformation in site productivity research. *Journal of Forestry*, 64(10), pp.691-692.
- Celikezen, F.C., Türkez, H., Firat, M., Arslan, M.E. Öner, S. 2022. In vitro Evaluation of Selective Cytotoxic Activity of *Chaerophyllum macropodium* Boiss. on Cultured Human SH-SY5Y Neuroblastoma Cells. *Neurotoxicity Research*, 40(5), pp.1360-1368.
- Chenini, I., Khemiri, S. 2009. Evaluation of ground water quality using multiple linear regression and structural equation modeling. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (3): 509-519.
- Dashti, M., Mirdavoudi, H., Ghasemi Arian, A., Azizi, N. 2021. Effects of Topography and Soil Variables on Abundance of *Onobrychis chorassanica* Bunge. in Kardeh and Kurtian Rangelands, Mashhad, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 11(3), pp.283-299.
- Gauch, H.G., Whittaker, R.H., Singer, S.B. 1981. A comparative study of nonmetric ordinations. *Journal of ecology*, 69:135-152.
- IPNI. 2017. The International Plant Names Index. Retrieved from <http://www.ipni.org>. On 17 March 2017.
- Jongman, R.H.G., Terbraak, C.J.F., Van Tongeren, F.R. 1995. *Data Analysis in community and landscape ecology*, Cambridge university press, 299 pp.
- Jalilian, N., Mirdavoudi, H., Paykani, M.N., Rahimi, H. 2022. Response of *Vicia variabilis* to Some Ecological Factors in the Zagros Forests of Iran. *Rangeland Ecology and Management*, 80, pp.39-47.
- Kent, M. 2011. *Vegetation description and data analysis: a practical approach*. John Wiley and sons, 414 pp.
- Kleyer, M., Dray, S., Bello, F., Leps, J., Pakeman, R.J., Strauss, B., Thuiller, W., Lavorel, S. 2012. Assessing species and community functional responses to environmental gradients: which multivariate methods. *Journal of vegetation science*, 23(5): pp.805-821.
- خلاصی اهوای، ل.، زارع چاهوکی، م.ر.، آذر نیوند، ح.، سلطانی نژاد، م. ۱۳۹۰. مدل سازی مطلوبیت رویشگاه *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M با کاربرد روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در مراتع شمال شرق سمنان. مرتع. ۴(۵):۳۶۲-۳۷۳.
- ربیعی، م.، قمی، ن.س.، عصری، ی.، خانیکی، ج. ب. ۳۹۸. صفات رویشی و ترکیب های اسانس *Chaerophyllum macropodium* Boiss. در رویشگاه های مختلف. زیست شماسی کاربردی، ۳۱ (۱): ۹۰-۱۰۸.
- شفق کلوانق، ج.، عباسوند، ع. ۱۳۹۳. تأثیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک بر پراکنش گونه های مرتعی، علف های هرز و پایداری گونه ها در مراتع خلعت پوشان- تبریز. علوم کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴(۲):۷۳-۸۳.
- علوی، ج.، نوری، ز.، زاهدی، ق. ۱۳۹۶. منحنی عکس العمل گونه راش نسبت به متغیرهای محیطی با استفاده از مدل جمعی تعمیم یافته در جنگل خیرود، نوشهر. پژوهش های علوم فناوری چوب و جنگل. ۱۱(۲۴):۲۹-۵۹.
- علی احیایی، م.، بهیمانی زاده، ا. ۱۳۸۳. روش های تشریح ویژگی های شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۲۹ صفحه.
- فهمی پور، ا.، زارع چاهوکی، م.ر.، طویلی، ا.، جعفری، م. ۱۳۸۹. بررسی عوامل محیطی موثر بر تغییرات تنوع گونه ای در مراتع طالقان میانی. پژوهش های آبخیزداری، ۲(۸۷):۴۱-۴۷.
- مختاری اصل، ا.، مصداقی، م.، صادقی منش، م. ۱۳۹۱. عوامل موثر در استقرار و پراکنش چهار گونه مرتعی شور پسند در مراتع قرخلار مرند در استان آذربایجان شرقی. مرتع، ۱ (۲): ۱۱۶-۱۲۸.
- مظفریان، و. ۱۳۸۶. فلور ایران، تیره چتریان (Umbeliferae)، شماره ۵۴، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۶۰۰ صفحه. مولایی، م.، قربانی، ا.، معماری، م.، حسین زاده، ا. ۱۳۹۹. مدل سازی پراکنش مکانی گونه های *Artemisia fragrans* Willd و *A. chamaemelifolia* Vill در گرادیان ارتفاعی قزل اوزن - آق داغ خلخال. مرتع و بیابان، ۲۷(۳):۵۴۵-۵۶۰.
- یاری، ر.، آذر نیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.ر.، فرزاد مهر، ج. ۱۳۹۲. بررسی رابطه بین تنوع گونه ای و عوامل محیطی در مراتع سرچاه عماری بیرجند. مرتع و بیابان، ۱۹(۱):۹۵-۱۰۷.
- Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*. 157(2-3): 101-118.
- Austin, M.P., Belbinb, J.A. Meyers, M.D., Dohertya. Luotoc, M., 2006. Evaluation of statistical models used for predicting plant

- Ter Braak, C.J.F. 1985. Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics*, 41(4): 859–873.
- Traore, S., Zerbo, L., Schmidt, M., Thiombiano, L. 2012. Acacia communities and species responses to soil and climate gradients in the Sudano-Sahelian zone of west Africa. *Journal of arid environments*, 87:144-152.
- Vazirinasab, H., Salehi, M., Khoshgam, M., Rafati, N. 2012. Application of the generalized additive model in determination of the retinopathy risk factors relation types for Tehran diabetic patients. *Razi Journal of medical sciences*, 19 (97): 1-9 (In Persian).
- Vogiatzakis, I.N., Griffiths, G.H., Mannion, A.M. 2003. Environmental factors and vegetation composition, Lefka Ori massife Crete, S. Aegean. *Global ecology and biogeography*, 12(2): 141-146.
- Zolfaghari, A., Ansari, S. 2020. Physicochemical and microbiological properties of *Chaerophyllum*, *Oliveria* and *Zataria* essential oils and their effects on the sensory properties of a fermented dairy drink, 'doogh'. *International Journal of Food Properties*, 23(1), pp.1540-1555.
- Li, W.Q., Xiao-Jing, L., Khan, M.A., Gul, B. 2008. Relationship between soil characteristics and halophytic vegetation in coastal region of North China. *Pakistan journal of botany*, 40(3): 081-90.
- Lu, T., Ma, K.M., Zhang, W.H., Fu, B.J. 2006. Differential responses of shrubs and herbs present at the upper Minjiang river basin (Tibetan plateau) to several soil variables. *Journal of arid environments*, (67): 373–390.
- Mackenzie, M.L., Donovan, C.R., McArdle, B.H. 2005. Regression spline mixed models: a forestry example. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 10(4): 394–410.
- Oksanen, J., Minchin, P.R. 2002. Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients? *Journal of Ecological Modelling*, 157(3):119-129.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74: 2215-2230.
- Samadi Khangah, S., Ghorbani, A., Moameri, M. 2021. Relationship between ecological species groups and environmental factors in Fandoghlu rangelands of Ardabil, Iran. *Ecopersia*, 9(2), pp.131-138.
- Stewart, P.S., Stephens, P.A. and Hill, R.A., Whittingham, M.J., Dawson, W. 2022. Model Selection in Occupancy Models: Inference versus Prediction. *bioRxiv*.

The study of habitats properties and response pattern of (*Chaerophyllum macropodium* Boiss.) to environmental factors by using Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Generalized Additive Model in rangelands of Mazandaran province

Hassan Ghelichnia¹, Hamidreza Mirdavoodi², Ali Cherati Araie³

¹² Corresponding author, Associate Professor, Forest and Rangeland Research Department. Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

² Associate Professor, Forest and Rangeland Research Department. Markazi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran

³ Assistant Professor, Soil and Water Research Department. Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 2022/11/28; Accepted: 2023/03/31

Abstract

Knowing the ecological characteristics of plant species and their response to environmental factors provides the necessary information for managing vegetation and improving of rangelands. *Chaerophyllum macropodium* Boiss. is one of the species that is important in terms of medicinal and forage values. Therefore, the ecological needs of this species were investigated with emphasis on determining the ecological factors affecting vegetation changes and the response of this species to changes in ecological factors using CCA (conventional comparative analysis) and GAM (generalized collective model) methods. In this research, the data of chemical and physical properties of soil and vegetation were investigated in the areas of Rineh Larijan, Lawash in the highlands of Noor city and Teneghalou in the highlands of Kelardasht in Mazandaran province in the years 2019 to 2021. The results of conventional comparative analysis showed that environmental factors such as altitude, aspect, phosphorous, organic carbon, organic material, pH, Ec, %sand, saturated moisture percentage and lime of soil, respectively with the expression of 5.9, 5.6, 2, 2, 1.8, 1.7, 1.7, 1.6 and 1.3 percent of the variance in plant composition had an important role in the changes of plant cover in the studied habitats. The response of the species to the amount of phosphorus and potassium follows the monotonic decrease model. The response of species to the percentage of silt, sand, organic material, organic carbon, nitrogen, lime and aspect follows the bell model (Unimodal) and the optimal growth limit. For each of these factors, it is 20%, 55%, 5%, 35, 0.45 and north and westnorth slopes. The study of the response of the species to environmental and soil factors provided valuable information to determine the ecological needs of this species, which can be taken into consideration in the operation of rangelands improvement in similar areas.

Keywords: Classification, Ecological factors, Generalized collective model, Soil properties

*Corresponding author: H.ghelichnia@areeo.ac.ir