

بررسی رویشگاه‌ها و الگوی پاسخ گونه مرتعی شور البرزی (*Salsola kernerii* (Wol) Botsch.) به عوامل محیطی در مراتع استان مازندران

حسن قلیچ‌نیا^{۱*}، حمیدرضا میرداودی^۲ و علی چراتی آرای^۳

۱- نویسنده مسئول، 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. پست الکترونیک: H.ghelichnia@areeo.ac.ir
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: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰

چکیده

شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های گیاهی و چگونگی واکنش آنها به عوامل محیطی، اطلاعات لازم را برای مدیریت پوشش گیاهی و اصلاح مراتع فراهم می‌کند. به دلیل اهمیت گونه شور البرزی (*Salsola kernerii* (Wol) Botsch.) در حفاظت خاک و تولید علوفه، در این مقاله به مطالعه نیازهای اکولوژیکی آن با تأکید بر تعیین عوامل اکولوژیکی مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی و بررسی پاسخ این گونه به تغییرات عوامل اکولوژیکی، با استفاده از روش آنالیز تطبیقی متعارفی (Canonical Correspondence Analysis, CCA) و مدل جمعی تعمیم‌یافته (Generalized Additive Models, GAM) در استان مازندران پرداخته شده است. نتایج حاصل از آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که عوامل محیطی مانند درصد رس، شن خاک، جهت جغرافیایی، اسیدیته، درصد رطوبت اشیاع، درصد ماده آلی، درصد آهک خاک و متوسط درجه حرارت سالیانه در رویشگاه‌های مورد مطالعه سالیانه، به ترتیب با بیان $۱۰/۳$ ، $۲/۸$ ، $۴/۱$ ، $۳/۳$ ، $۱/۶$ ، $۱/۴$ ، $۱/۳$ و $۱/۴$ درصد از واریانس موجود در ترکیب گیاهی، نقش مهمی در تغییرات پوشش گیاهی در رویشگاه‌های مورد مطالعه داشتند. نتایج نشان داد که پاسخ گونه *S. kernerii* به درصد ماده آلی، درصد کربن آلی، درصد ازت خاک و درصد لاشبرگ سطح خاک از مدل کاهشی (Monotonic decrease) پیروی می‌کند. الگوی پاسخ این گونه به درصد رس، وزن مخصوص ظاهری خاک، ارتفاع از سطح دریا، میانگین دمای سالانه و میزان پتاسیم و فسفر خاک از مدل زنگوله‌ای (Unimodal) پیروی کرده و حد بهینه رشد آن برای هر یک از این عوامل به ترتیب ۱۱ درصد، $۱/۱$ گرم بر سانتیمتر مکعب، ۱۷۰۰ متر، $۱۲/۵$ درجه سانتیگراد، ۷۰۰ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. واکنش گونه به جهت جغرافیایی، به گونه‌ای است که در شیب‌های شرقی بیشترین درصد پوشش گیاهی و در شیب‌های شمال شرقی کمترین حضور را دارد. در اراضی با شیب زیاد تا نسبتاً زیاد پراکنش داشته ولی در شیب‌های ۵۰ - ۴۰ درصد دارای عملکرد بهتری بود، هر چند که پاسخ گونه به این عامل معنی‌دار نبود. پاسخ گونه به درصد شن و سیلت خاک و همچنین درصد سنگ و سنگریزه از مدل دو نمایی (Bimodal) پیروی کرد. مطالعه واکنش گیاه شور البرزی در امتداد شیب عوامل توپوگرافی و خاک، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی این گونه ارائه داد که می‌تواند در عملیات اصلاح مراتع در مناطق مشابه، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: رسته‌بندی، شور البرزی، عوامل اکولوژیکی، مدل جمعی تعمیم‌یافته، منحنی پاسخ گونه.

مقدمه

شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های گیاهی و چگونگی پاسخ آنها به عوامل محیطی، اطلاعات ارزشمندی برای معرفی گونه‌های مناسب برای اصلاح مراتع، تولید علوفه، مدیریت پوشش گیاهی و همچنین اعمال رویکرد حفاظتی از مراتع را در مناطق مشابه فراهم می‌کند (Jaberalansar *et al.*, 2021). 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). مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی براساس ارتباط بین داده‌های حضور یک گونه و متغیرهای محیطی تعریف می‌شود (Shahsavarzadeh *et al.*, 2016). 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 انجام شده است. آنالیز رگرسیون، متداول‌ترین روشی است که عمدتاً برای تعیین عوامل مؤثر در پاسخ گونه‌ها و تعیین مقدار بهینه و دامنه اکولوژیک آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Jongman *et al.*, 1995). پاسخ گونه‌های گیاهی در امتداد شیب تغییرات محیطی، به صورت منحنی عملکرد گونه تعریف می‌شود که ممکن است متقارن و تک‌نمایی (Gauch *et al.*, 1981; Ter Braak, 1985; Oksanen & Minchin, 2002)، دو نمایی (Kent, 2011)، افزایشی یا کاهش‌ی باشد (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 مدل‌جمعی تعمیم یافته (GAM) اشاره کرد.

(Austin *et al.*, 2006 ; Kleyer *et al.*, 2012).

تحقیقات Traoré و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داد که مدل‌جمعی تعمیم‌یافته، برای مطالعه پاسخ گونه‌های گیاهی به

عوامل محیطی مناسب است. مدل‌جمعی تعمیم‌یافته، ضمن کاهش میانگین مربعات خطا، با ارائه اطلاعات بیشتری از روابط بین متغیرها، کیفیت پیش‌بینی پاسخ را به حد اکثر می‌رساند و با توجه به مزایای مدل‌جمعی تعمیم‌یافته نسبت به سایر مدل‌های بررسی پاسخ گونه‌ها به عوامل محیطی، استفاده از این مدل، روز به روز در حال توسعه است (Vazirinasab *et al.*, 2012). جنس *Salsola* یکی از جنس‌های بزرگ خانواده *Amaranthaceae* است که نقش مهمی در اصلاح و احیا مراتع مناطق استپی و نیمه استپی و اراضی شور ایفا می‌کند. علاوه بر آن، جزو گیاهان علوفه‌ای بوده و قدرت تولید بذر آن خوب و میزان تولید علوفه بالایی دارد (Saeed Abadi *et al.*, 2015). وجود سیستم ریشه‌ای عمیق، فشار اسمزی بالا، کارایی بالا در استفاده آب و شکل‌های زیستی مختلف، تعرق کم، قدرت زیاد نفوذ ریشه، دیرزیستی، مقاومت به چرا و مقدار تولید علوفه زیاد از مزایای گونه‌های جنس *Salsola* است (Bakhshi Khaniki & Mohammadi, 2009). Ghaderi و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که مهمترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تفکیک اجتماعات گیاهی *Hypocylix kernerii* در منطقه سرخ‌ده دامغان، هدایت الکتریکی، پتاسیم، آهک و بافت خاک بوده است. نتایج تحقیقات بر روی گونه *Salsola imbricata* در طبرستان نشان داد که این گونه در خاک‌های لومی-شنی و دارای گچ و آهک نسبتاً زیاد، اسیدیته ۸-۷/۸ و دارای مواد آلی کم مشاهده می‌شود. متوسط بارندگی سالانه رویشگاه‌های این گونه، ۸۴/۷ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس این تحقیق، این گونه برای اصلاح خاک‌های شور پیشنهاد شده است (Mosleh Arai & Azimzadeh, 2016). نتایج تحقیقات Zarekia و همکاران (۲۰۲۱) بر روی ویژگی‌های رویشگاهی گونه *S. kernerii* در استان یزد نشان داد که این گونه در مناطق با اقلیم خشک سرد با متوسط بارندگی ۱۲۰ میلی‌متر و در ارتفاعات ۲۴۰۰-۱۷۵۰ متری از سطح دریا و در خاک‌های با بافت لوم رسی - شنی رویش دارد. نتایج تحقیق Saiedfar و همکاران

(۲۰۰۶) در تحقیقی مشاهده کردند که ماده آلی، اسیدیته و مقدار رطوبت خاک عواملی هستند که پراکنش گونه‌ها را در اشکوب‌های مختلف در حوضه آبخیز رودخانه مینچیانگ در فلات تبت توجیه می‌کنند.

گیاه شور البرزی (*Salsola kernerii* (Wol) Botsch.) یکی از گونه‌های مهم در حفاظت خاک و تولید علوفه در مراتع استان مازندران است. با توجه به کمبود اطلاعات در مورد این گونه در نواحی نیمه‌استپی، در این تحقیق، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره، ضمن تعیین عوامل اکولوژیک مؤثر بر تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه‌های آن، به بررسی پاسخ گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی و تعیین قابلیت گونه‌های مورد نظر در شرایط مختلف اکولوژیکی پرداخته شد؛ تا ضمن شناخت بهتر آشیان اکولوژیکی این گیاه، بتوان توصیه‌های لازم را برای استفاده در برنامه‌های مدیریت و اصلاح مراتع نیمه استپی استان مازندران در رویشگاه‌های مشابه آن انجام داد.

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 دربر داشته باشد. برای این منظور تعداد سه رویشگاه به شرح ذیل در مراتع کوهستانی استان مازندران انتخاب شد (شکل ۱).

- منطقه رزن در ارتفاعات شهرستان نور در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه ۹ دقیقه طول شرقی و ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۸۰۰-۱۵۰۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰-۳۰۰ میلی‌متر و اقلیم نیمه‌خشک سرد و تیپ گیاهی شامل *Salsola kernerii* است.

- منطقه آهنسر در ارتفاعات شهرستان آمل در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه ۴ دقیقه طول شرقی و ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۸۰۰-۱۵۵۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۳۵۰-۳۰۰ میلی‌متر و اقلیم

(۲۰۰۲) بر روی آتاکولوژی گونه *Salsola orientalis* در مراتع استپی استان اصفهان نشان داد که این گونه در ارتفاع ۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا و بارندگی ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، در واحدهای اراضی تراس‌های آبرفتی، تپه‌ماهورها و دشت‌های دامنه‌ای و در خاک‌های با بافت سبک تا متوسط رشد می‌کند. نتایج تحقیقات Ejtehadi و همکاران (۲۰۱۷) بر روی گونه *Salsola richteri* در استان خراسان جنوبی نشان داد که این گونه در دامنه ارتفاعی ۸۳۰ تا ۱۰۵۰ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی ۱۱۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد رویش دارد. بافت خاک رویشگاه گیاه، شنی با pH برابر با ۸/۹۴ و هدایت الکتریکی ۰/۵۴ تا ۲/۰۲ دسی‌زیمنس بر متر است. Molaie Shamasbi و همکاران (۲۰۱۷) نیز ارتفاع و جهت را از مهمترین عوامل تأثیرگذار در پراکنش جوامع گیاهی جنوب‌شرق سبلان دانسته‌اند. Fahimipour و همکاران (۲۰۱۰) 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، فسفر و ازت خاک، بیشترین تأثیر را بر پراکنش گونه‌ها دارند. نتایج تحقیق Mokhtari Asl و همکاران (۲۰۰۸) 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. Vogiatzakis و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی روابط بین عامل‌های محیطی پراکنش جوامع گیاهی را در مناطق مدیترانه‌ای یونان بررسی کردند. نتایج تجزیه چند متغیره نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، pH، ماده آلی، شیب و درصد پوشش سنگی لخت، کنترل کننده الگوی پراکنش گیاهان در شیب‌های تند است. Li و همکاران (۲۰۰۸)، اسیدیته، درصد رطوبت اشباع خاک و نیتروژن را مهمترین فاکتورهای مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی در شمال چین معرفی کردند. Lu و همکاران

دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۶۰۰-۱۱۰۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰-۳۰۰ میلی‌متر و اقلیم نیمه‌خشک تا مرطوب فراسرد و تیپ گیاهی شامل *Stasola kernerii-Salsola dendroides* است.

Stasola kernerii- شامل تیپ گیاهی سرد و نیمه‌خشک می‌باشد.

منطقه سرخ‌آباد در ارتفاعات سوادکوه در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۵۳ درجه و ۱



شکل ۱- موقعیت سایت‌های مورد مطالعه در استان مازندران

Figure 1- Location of the studied sites in Mazandaran province

اکولوژیکی، ۳۰ پلات بکار برده شد. طول ترانسکت‌ها، متناسب با طول رویشگاه و فاصله آنها نسبت به هم، متناسب با عرض رویشگاه در نظر گرفته شد. برای 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 با استفاده از pH متر)، درصد مواد خنثی‌شونده یا درصد آهک (با استفاده از روش تیتراسیون)، فسفر قابل‌جذب (با استفاده از روش السون)، پتاسیم قابل‌جذب (با استفاده از روش استات‌آمونیم)، کربن‌آلی (با استفاده از روش والکی-

روش تحقیق

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش سیستماتیک- تصادفی (Arzani & Abedi, 2014)، طی سالهای ۱۳۹۸-۱۳۹۶ انجام شد. مطالعات پوشش گیاهی شامل درصد تاج پوشش گونه‌ها (روش تخمین نظری) و تراکم گونه‌ها (شمارش تعداد پایه گیاهی) در داخل پلات‌ها انجام شد. همچنین در هر پلات، درصد لاشبرگ، خاک لخت و سنگ و سنگریزه نیز تعیین گردید. برای این منظور، با توجه به شیب تغییرات محیطی در هر واحد اکولوژیکی (محل پراکنش)، پنج ترانسکت با فاصله یکسان نسبت به هم بکار برده شد. سپس بر روی هر یک از آنها، شش پلات (به ابعاد ۲ در ۲ متر) با فواصل یکسان مستقر گردید. در مجموع در هر واحد

محیطی از مدل افزایشی تعمیم یافته (Generalized Additive Models) استفاده شد (Palmer, 1993; Mackensis *et al.*, 2002; Traoré *et al.*, 2012; Bakkenes *et al.*, 1992). آنالیز تابع اتصال لگاریتمی (Log link) (Guisan *et al.*, 2002). (به دلیل اینکه منحنی پاسخ به شکل گوسن برای آن برازش شود) و توزیع خطا پواسون (Poisson error distribution) برای برازش مدل افزایشی تعمیم یافته مورد استفاده قرار گرفت (به منظور اجتناب از بیش برازش متغیرهای پیشگو، به صورت انفرادی وارد مدل شدند). برای رتبه بندی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه ها، از معیار اطلاعاتی آکائیک (Akaike Information Criterion; AIC) استفاده شد. AIC معیاری برای سنجش نیکویی برازش است. این معیار، با برقرار کردن تعادل میان دقت مدل و پیچیدگی آن، به انتخاب بهترین مدل آماری و معرفی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه کمک می کند (Akaike, 1974). البته هرچه مقدار AIC کوچک تر باشد، در نتیجه متغیر مورد نظر دارای اثرگذاری بیشتر بر عملکرد گونه (درصد پوشش تاجی / تولید / ارتفاع) می باشد، یا اینکه مدل ارائه شده، مناسب ترین مدل در برازش منحنی واکنش گونه است (Dawson *et al.*, 2007). برای تجزیه و تحلیل داده ها در این بخش، از نرم افزار Canoco نسخه 4.5 استفاده شد.

نتایج

مطالعه رستنی های موجود در منطقه، وجود ۹۸ گونه گیاه آوندی متعلق به ۶۷ جنس و ۳۲ تیره گیاهی را نشان داد. در بین گیاهان این مناطق، فراوانی ناحیه رویشی ایران تورانی، ۳۷/۷ درصد، ایران تورانی - مدیترانه ای، ۲۸/۶ درصد، ایران تورانی - اروپا - سیبری، ۷/۱ درصد، ایران تورانی - مدیترانه ای، اروپا - سیبری، ۹/۱ درصد و چند ناحیه ای، ۱۷/۵ درصد می باشد. فراوانی تیپ رویشی همی کریپتوفایت، ۵۰ درصد، کامافایت، ۱۵/۳ درصد، تروفایت، ۱۸/۴ درصد، ژئوفایت، ۱۰/۲ درصد و فانروفایت، ۶/۱ درصد است.

بلاک)، ازت کل (با استفاده از روش کجدال) و وزن مخصوص ظاهری خاک (با روش کلوخه) اندازه گیری شد (Ali Ehiaini and Behbahanzadeh, 2003). عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین و جهات جغرافیایی هر پلات ثبت گردید. متغیر جهت جغرافیایی بر اساس چهار جهت اصلی (۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰، ۳۶۰ درجه) برداشت و پس از تبدیل داده ها طبق رابطه ۱ وارد آنالیز شد (Beers *et al.*, 1966).

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

که در آن A؛ مقدار آزیموت جهت و A'؛ مقدار تبدیل شده جهت می باشد.

عوامل اقلیمی مانند میانگین بارندگی سالیانه و متوسط دمای سالانه، با استفاده از داده های ایستگاه های هواشناسی نزدیک به مناطق مورد مطالعه با استفاده از مطالعات هواشناسی موجود در استان، مانند خطوط هم بارش و دما نیز در هر واحد اکولوژیکی مورد مطالعه مد نظر قرار گرفت. مختصات جغرافیایی محل هر یک از پلات ها نیز با استفاده از دستگاه موقعیت یاب (GPS) مشخص شد.

برای بررسی ارتباط متغیرهای محیطی اثرگذار و معنی دار با پوشش گیاهی و انتخاب روش مناسب خطی و غیرخطی، آنالیز تطبیقی قوس گیری شده (Detrended Correspondence Analysis; DCA) بر روی داده های پوشش گیاهی (داده های پاسخ)، انجام و طول گرادیان مشخص گردید. با توجه به طول گرادیان محور اول (که بزرگتر از ۴ بود)، از روش آنالیز تطبیقی متعارفی (Canonical Correspondence Analysis; CCA) به عنوان روش غیرخطی استفاده شد. در تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از این روش، شیب تغییرات گونه ها از طریق شبیه سازی داده ها، تحت شرایط مختلف فاکتورهای محیطی بررسی و معنی داری رابطه بین ترکیب گونه ای و محورهای به دست آمده از متغیرهای محیطی، با استفاده از آزمون جایگشت (Permutation) مونت کارلو (Monte Carlo) بررسی گردید (Ter Braak, 1985).

برای پیش بینی پاسخ گونه های گیاهی به تغییرات عوامل

جدول ۱- فهرست گونه‌های ثبت شده در پلات‌های اندازه‌گیری

Table 1- The list of recorded species in measurement plots

نام علمی گونه Scientific name	نام اختصاری Nick name	فرم رویشی Life form	طول عمر Life history
<i>Agropyron pectiniforme</i> Roemer & Schultes.	Ag.pe	Grass	Perennial
<i>Alyssum minus</i> (L.) Rothm.	Al.mi	Forb	Annual
<i>Artemisia fragrans</i> Willd.	Ar.fr	Shrub	Perennial
<i>Astragalus gossypinus</i> Fisch.	As.go	Shrub	Perennial
<i>Bromus briziformis</i> Fisch. & C.A.Mey.	Br.br	Grass	Annual
<i>Bromus stenostachyus</i> Boiss.	Br.st	Grass	Perennial
<i>Bromus tectorum</i> L.	Br.te	Grass	Annual
<i>Campanula rapunculus</i> L.	Ca.ra	Forb	Perennial
<i>Carex strigosa</i> Huds.	Ca.st	Grass like	Perennial
<i>Centaurea virgata</i> Lam.	Ce.vi	Forb	Perennial
<i>Coronopus didymus</i> (L.) Sm.	Co.dy	Forb	Annual
<i>Cousinia commutate</i> Bunge.	Co.co	Forb	Perennial
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Da.gl	Grass	Perennial
<i>Eremopyrum distans</i> (C.Koch) Nevski.	Er.di	Forb	Perennial
<i>Eremostachys macrophylla</i> Montbr. & Auch.	Er.ma	Forb	Perennial
<i>Festuca ovina</i> L.	Fe.ov	Grass	Perennial
<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr	He.al	Forb	Perennial
<i>Kochia prostrate</i> (L.) Schard.	Ko.pr	Forb	Perennial
<i>Nepeta saccharata</i> Bunge.	Ne.sa	Forb	Perennial
<i>Noaea mucronata</i> (Forsk.) Aschers.	No.mu	Forb	Perennial
<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	On.co	Shrub	Perennial
<i>Phlomis olivieri</i> Benth.	Ph.ol	Forb	Perennial
<i>Pimpinella affinis</i> Ledeb.	Pi.af	Forb	Perennial
<i>Poa bulbosa</i> L.	Po.bu	Grass	Perennial
<i>Salsola dendroides</i> Pall.	Sa.de	Shrub	Perennial
<i>Salsola kernerii</i> (Wol.) Botsch.	Sa.ke	Shrub	Perennial
<i>Stachys inflata</i> Benth.	St.in	Forb	Perennial
<i>Stipa hohenackeriana</i> Trin. & Rupr.	St.ho	Grass	Perennial
<i>Thymus fedtschenkoi</i> Ronniger.	Th.fe	Shrub	Perennial
<i>Verbascum agrimoniifolium</i> (C.Koch) Hub.Mor.	Ve.ag	Forb	Perennial
<i>Ziziphora tenuis</i> L.	Zi.te	Forb	Annual

جدول ۲، میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک،

درصد پوشش تاجی، تعداد پایه در هکتار و تولید گونه *S.kernerii* را در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲- میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک و گونه *S.kernerii* در مناطق مورد مطالعه در استان مازندرانTable 2- Mean characteristics of soil surface cover and *S. kernerii* species in the studied areas in Mazandaran province

مکان / رویشگاه Site	پوشش تاجی کل Total Canopy Cover (%)	درصد لاشبرگ Litter (%)	درصد خاک بدون پوشش Bare soil (%)	درصد سنگ و سنگریزه Stone (%)	درصد پوشش <i>S.kernerii</i> تاجی Species cover (%)	تعداد پایه در هکتار <i>S.kernerii</i> Density (per ha)	تولید علوفه (کیلوگرم در هکتار) <i>S.kernerii</i> Forrage Production (kg/ha)
سرخ‌آباد Sorkhabd	40.16	8.7	25.54	25.6	12.4	830	1090
رزن Razen	32.43	8.6	22.57	36.4	13.06	1630	980۹
آهنسر Ahansar	35.73	5.03	15.14	44.1	24.13	900	1050

پوشش گیاهی که با استفاده از رسته‌بندی کانونیک بیان شده است برابر $۶/۰۴۵$ می‌باشد. با در نظر گرفتن تمامی متغیرهای انتخاب شده به‌عنوان متغیر محدود کننده (Constraining Variable) و در نظر گرفتن همبستگی مکانی به‌عنوان متغیر همراه (Covariates) و حذف تأثیر این متغیر بر تغییرات پوشش گیاهی، مدل ذکر شده $۲۳/۵$ درصد از کل این واریانس را بیان می‌کند. از بین این عوامل، متغیرهای ارائه شده در جدول ۴، از تأثیر بالاتری در تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مورد مطالعه برخوردار بوده و معنی‌دار شده‌اند. متغیرهای انتخاب شده شامل درصد شن، درصد رس، جهت جغرافیایی، درصد لاشبرگ، درصد سنگ و سنگریزه، آهک، اسیدیتته، ماده آلی، آهک، میانگین درجه حرارت و رطوبت اشباع خاک بوده است.

به لحاظ سیمای ظاهری، رویشگاه گونه مورد مطالعه، تپه ماهوری با خاک نسبتاً کم عمق و بیرون‌زدگی سنگی نسبتاً بالا بوده و عمدتاً از سازندهای آهکی تشکیل شده است. دامنه ارتفاع رویشگاه این گیاه $۱۸۰۰ - ۱۰۰۰$ متر از سطح دریاست. مقادیر متغیرهای هدایت الکتریکی خاک بین $۶/۸۴$ تا $۰/۳۴$ دسی زیمنس بر متر، اسیدیتته خاک برابر $۷/۵۲$ تا $۹/۱$ ، آهک خاک $۱-۱۷/۵$ درصد، کربن آلی خاک $۰/۰۱-۱/۴۷$ درصد، ازت $۰/۱۲ - ۰/۰۱$ درصد و بافت خاک شنی بوده است. جدول ۳ نشان‌دهنده میانگین عوامل محیطی مورد بررسی در رویشگاه گیاه مورد نظر است.

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 ۱۰ متغیر از بین ۲۲ متغیر اولیه شد. مقدار کل واریانس موجود در

جدول ۳- میانگین خصوصیات رویشگاهی گونه *S.kernerii*Table 3-. Mean habitat characteristics of *S. kernerii* species

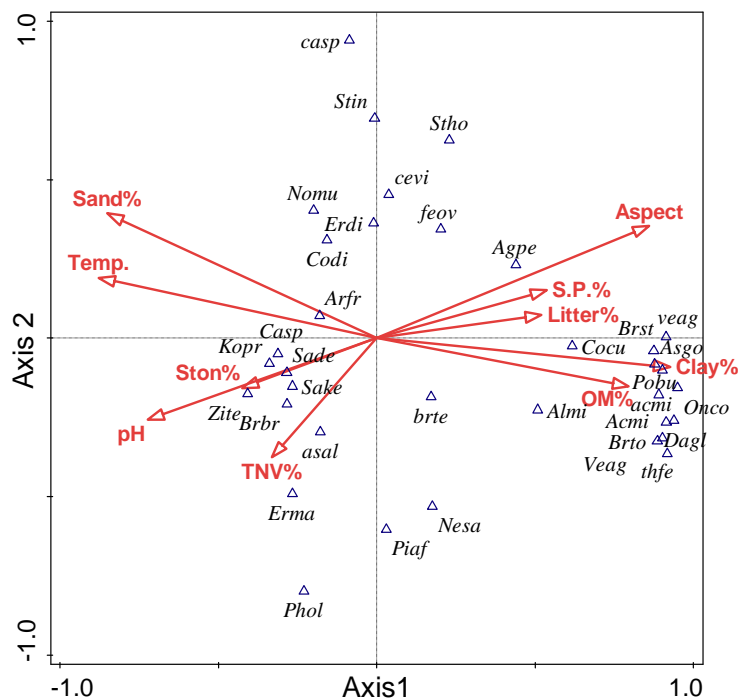
خصوصیات رویشگاهی Habitat Characteristics	آهنسر Ahansar	رزن Razen	سرخ‌آباد Sorkhabad
شن (درصد) Sand (%)	6.5 ±66.5	1.02±68.1	5.3±75.1
سیلت (درصد) Silt (%)	6.9 ±24.6	1.4±25.5	5.6±16.5
رس (درصد) Clay (%)	1.01 ±8.9	0.9±6.4	0.84 ±8.4
اسیدیته pH	0.7 ±8.7	0.31 ±8.3	0.46±8.4
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec(ds/m)	2 ±2.47	0.95 ±2.1	0.71±1.3
آهک (درصد) Lime (%)	4.2 ±4.8	3.2 ±5.4	1 ±2.3
کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	0.34 ±0.52	0.3 ±0.8	0.2 ±0.42
ازت (درصد) Nitrogen (%)	0.02 ±0.04	0.02 ±0.06	0.025 ±0.02
درصد رطوبت اشباع Saturation (%)	0.7 ±39.2	0.45 ±39.4	0.51±39.3
وزن مخصوص ظاهری Bulk density	0.02 ±1.33	0.03 ±1.27	0.04±1.3
جهت شیب (آزیموت تبدیل شده) Aspect	0.1 ±1.74	0.17 ±1.72	0.4±0.7
شیب (درصد) Slope (%)	17.6 ±56.4	16.6 ±39.6	15.3±42.1
ارتفاع (متر) Elevatiom (m)	124 ±1575	63 ±1128	61.4±1316
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	0.6 ±1.07	0.57 ±1.37	0.32±0.64
پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر) Potassium (mg l ⁻¹)	279 ±376.6	131 ±289.3	187.4±323.2
فسفر (میلی‌گرم بر لیتر) Phosphorus (mg l ⁻¹)	1.5 ±3.2	1.9 ±4.3	1.2±2.08
متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) Mean annual precipitation (mg l ⁻¹)	42 ±302	4.7 ±292	49.9±298.2
دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Mean annual temperature (c)	0.4 ±12	0.4±14.5	0.31±13.1

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

Table 4- Important and affecting variables in plant cover changes in *S.kernerii* habitat

متغیرهای انتخاب شده Selected variables	P*	F*	درصد واریانس بیان شده Explained variance percentage
شن (درصد) Sand (%)	0.002**	3.3	2.8
رس (درصد) Clay (%)	0.002**	11.1	10.3
جهت جغرافیایی Aspect	0.002**	4.5	4.1
آهک (درصد) Lime (%)	0.04*	1.6	3.2
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	0.04*	1.8	1.8
اسیدیته pH	0.03*	1.7	1.7
لاشیرگ (درصد) Litter (%)	0.01**	1.7	1.4
رطوبت اشباع (درصد) (%) Saturation	0.006**	1.7	1.6
میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) (c) Mean annual temperature	0.01**	1.4	3.6

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



شکل ۲- توزیع گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل اکولوژیک (علامت اختصاری گونه‌ها در جدول ۱ آمده است)

Figure 2- Distribution of plant species in relation to ecological factors (the abbreviation of the species is given in Table 1)

پوشش گیاهی را توجیه می‌کنند. بکارگیری مدل جمعی تعمیم یافته با توزیع خطا پواسون، برای هر یک از متغیرهای محیطی، نشان داد که بیشتر متغیرهای مورد مطالعه در سطح ۰/۰۱ بر عملکرد *S.kernerii* تأثیر معنی داری داشته‌اند (جدول ۵).

نتایج حاصل از رسته‌بندی تطبیقی متعارفی (CCA) بر اساس محورهای اول و دوم و عوامل مهم مشخص شده در روش انتخاب رو به جلو، در شکل ۱ 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

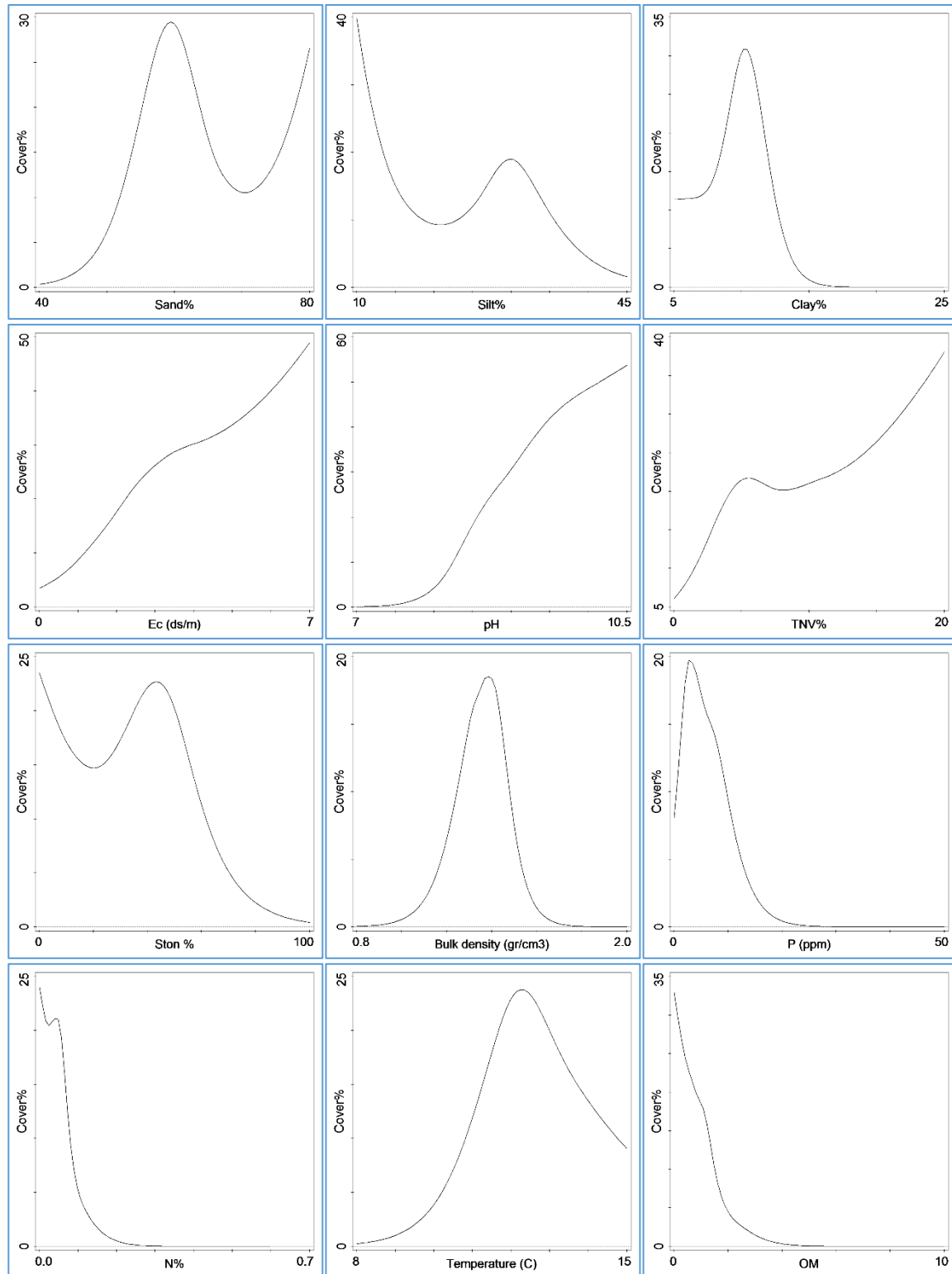
جدول ۵- نتایج برازش مدل جمعی تعمیم یافته نسبت به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی دار

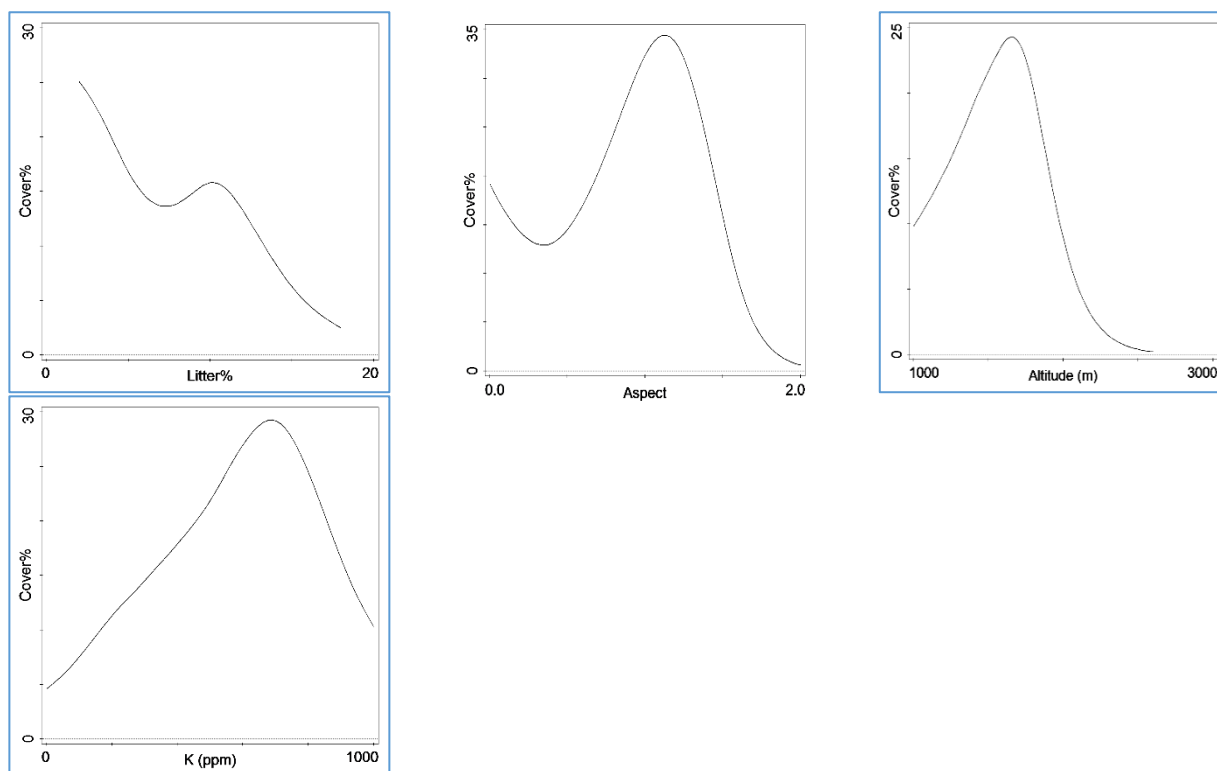
Table 5- The results of finess of Generalized additive model with respect to significant explanatory variables

متغیر محیطی	معیار اطلاعاتی آکائیک	P*	F*
درصد شن (Sand%)	1978	0.000001**	11.6
درصد سیلت (Silt%)	2147.8	0.0001**	8.1
درصد رس (Clay%)	1978.1	0.00001**	12
اسیدیته (pH)	1314.8	0.00001**	30.6
هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)	1966.8	0.00001**	10.8
Ec (ds/m)			
درصد آهک (Lime%)	2312.7	0.005**	4.6
درصد کربن آلی خاک (Organic carbon)	1985.8	0.00001**	11.4
درصد ازت کل (Nitrogen%)	1894.9	0.00001**	18.7
وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)	2376.8	0.019**	3.5۵
Bulk density			
جهت شیب (Aspect)	2295.1	0.004**	4.8
ارتفاع از سطح دریا (متر)	2179.7	0.0002**	1.7
Elevation (m)			
درصد لاشبرگ (Litter%)	2392.2	0.02*	3.2
درصد سنگ و سنگریزه (Stone%)	2209.8	0.0005**	6.6
درصد ماده آلی خاک (Oraganic matter%)	1895.8 ^۸	0.0000001**	14.5
پتاسیم خاک (میلی گرم بر لیتر)	2082.2	0.004**	5.2
Potassium (ppm)			
فسفر خاک (میلی گرم بر لیتر)	1985.8	0.0002**	9.1
Phosphorus (ppm)			
میانگین بارندگی سالانه (میلی متر)	2078.1	0.00001**	9.2
Mean annual precipitation (mm)			
میانگین درجه حرارت سالانه (سانتی گراد)	2110.8	0.00005**	8.7
Mean annual temperature (c)			

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی داری در سطح پنج درصد

با توجه به واکنش معنی‌دار گونه *S.kernerii* در رابطه با عوامل یادشده (جدول ۵) در منطقه مورد مطالعه، منحنی پاسخ این گونه نسبت به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، به شرح شکل ۳ است.





شکل ۳- منحنی پاسخ گونه *S. skneri* به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی‌دار، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، درصد اشباع خاک، ازت، کربن آلی، آهک، اسیدیته، پتاسیم، فسفر، هدایت الکتریکی خاک، میانگین دمای سالانه، میانگین بارندگی سالانه، جهت جغرافیایی، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه، شن، سیلت، رس و وزن مخصوص ظاهری خاک

Figure 3-Species response curve to significant explanatory variables Altitude, OM, Soil saturation percentage, N, OC, Lime, pH, K, P, EC, average annual temperature, Average annual Precipitation, geographical direction, Litter, Stone, Sand, Silt, clay and bulk density

شمالی، کاهش یافته و حد بهینه رشد آن در شیب‌های شرقی است. پاسخ گونه به عامل ارتفاع از سطح دریا از ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متری، افزایشی و بعد با افزایش ارتفاع، روند کاهش یافته است. پاسخ گونه به عامل میانگین دمای سالانه تا ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد افزایشی و بعد با افزایش درجه حرارت، روند کاهش یافته است. در مورد عامل فسفر خاک، تا میزان ۵ میلی‌گرم بر لیتر، پاسخ گونه افزایشی و بعد با افزایش مقدار آن، روند کاهش یافته است. در مورد عامل پتاسیم خاک، پاسخ گونه تا میزان ۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، پاسخ گونه افزایشی و بعد با افزایش مقدار آن، روند کاهش یافته است. بررسی پاسخ گونه مورد مطالعه در ارتباط با متغیرهای درصد ماده آلی، درصد کربن آلی، درصد ازت و

بررسی عملکرد گونه (درصد پوشش گیاهی) مورد مطالعه در ارتباط با متغیر درصد رس، وزن مخصوص ظاهری خاک، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، میانگین بارندگی سالانه، میانگین دمای سالانه، میزان فسفر خاک و میزان پتاسیم خاک نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به صورت تک‌نمایی (Unimodal) است. بدین ترتیب که با افزایش درصد رس تا ۱۱ درصد، پاسخ گونه افزایشی و از آن به بعد با افزایش مقادیر، روند کاهش یافته است. در مورد عامل وزن مخصوص ظاهری خاک، پاسخ گونه تا ۱/۱ افزایشی و بعد کاهش یافته است. در مورد جهت شیب، پاسخ گونه به شیب‌های شرقی و تا حدودی جنوبی افزایشی و در شیب‌های شمال‌شرق و

مورد مطالعه داشتند. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های محققانی مانند Molaie Shamasbi و همکاران (۲۰۱۷)، Fahimpour و همکاران (۲۰۱۰)، Mokhtari Asl و همکاران (۲۰۰۸)، Vogiatzakis و همکاران (۲۰۰۳)، Li و همکاران (۲۰۰۸)، Lu و همکاران (۲۰۰۶)، Yari و همکاران (۲۰۱۱)، Shafagh Kolvanagh و Abbasvand (۲۰۱۳) و Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت.

Yari و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که هدایت الکتریکی، مقدار گچ، ماده آلی، شیب و درصد شن بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای در مراتع سرچاه عماری بیرجند دارد. Shafagh Kolvanagh و Abbasvand (۲۰۱۳) در تحقیق خود در مراتع خلعت‌پوشان تبریز، دریافتند که بیشترین همبستگی بین نیتروژن و پتاسیم خاک با پوشش گیاهی وجود دارد. Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی خود در مراتع قره‌باغ آذربایجان غربی، بیان کردند که بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی رابطه وجود دارد و از بین عوامل مورد بررسی، بافت، آهک، نیتروژن و پتاسیم خاک بیشترین تأثیر را بر پراکنش پوشش گیاهی دارند. نتایج حاصل از برازش مدل افزایش تعمیم‌یافته بر روی گونه *S.keneri* برای بیان محدوده رویش آن تحت تأثیر متغیرهای مورد بررسی و تعیین شرایط بهینه رویش این گیاه، نشان داد که این گونه بیشتر بر روی خاک‌های شنی - لومی پراکنش دارد. بنابراین 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. با یافته‌های Khalsi Ahvazi و همکاران (۲۰۱۰) همسو است. به‌طور کلی، بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تأثیر قرار داده و عامل مهمی در دسترس بودن مواد غذایی و یک عامل در قابلیت فرسایشی خاک می‌باشد (Alavi et al., 2016).

در رویشگاه این گونه، درصد ازت، کربن آلی و ماده آلی بسیار کم می‌باشد و با افزایش این عوامل در رویشگاه از حضور این گونه کاسته می‌شود، به‌نحوی که در خارج از این محدوده نیز ترکیب گیاهی متفاوت می‌باشد. به لحاظ ترکیب گیاهی متفاوت و کاهش حضور گونه‌های پهن‌برگ علفی،

لاشبرگ، نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به‌صورت کاهشی (Monotonic decrease) بوده و با افزایش مقادیر این عوامل، فراوانی و درصد پوشش گیاهی گونه نیز کمتر می‌شود. پاسخ این گونه در امتداد اسیدیته خاک، آهک و هدایت الکتریکی خاک، از مدل افزایشی (Monotonic increase) پیروی کرده و با افزایش مقدار این عامل، حضور و درصد پوشش گیاهی آن در محدوده مورد مطالعه افزایش یافته است. همچنین واکنش گونه به درصد شن، سیلت و سنگ و سنگریزه از مدل دو نمایی (Bimodal) پیروی کرد، بدین ترتیب که در مورد عامل درصد شن، تا میزان ۶۰ درصد افزایشی، از ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهشی و بعد افزایشی بوده است. پاسخ گونه به درصد سیلت تا ۲۰ درصد کاهشی و از ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایشی و بعد کاهشی بوده است. پاسخ گونه به درصد سنگ و سنگریزه تا ۲۰ درصد کاهشی، در محدوده ۲۰-۴۰ درصد افزایشی و بعد بیش از این مقدار کاهشی بوده است.

بحث

بررسی و تحقیق در زمینه پاسخ گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های گیاهی، معرفی گونه‌های مناسب برای احیای مراتع تخریب‌یافته، تولید علفه، مدیریت پوشش گیاهی و سایر اهداف مدیریت مراتع ارائه می‌دهد. بنابراین با توجه به نبود اطلاعات در زمینه نیازهای اکولوژیک گونه *S.keneri* و همچنین اهمیت این گونه از نظر سطح مناطق پراکنش، تولید، نقش آن در حفاظت خاک و ارزش غذایی مطلوب برای دام‌های اهلی در مراتع زمستانه، در این پژوهش به مطالعه نیازهای اکولوژیک این گونه و واکنش آن به تغییرات عوامل محیطی پرداخته شد.

نتایج حاصل از آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که درصد رس، شن، آهک، ماده آلی، لاشبرگ، کربن آلی، سنگ و سنگریزه، رطوبت اشباع و میانگین دمای سالانه و جهت جغرافیایی، ازت، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته نقش مهمی در تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه

بوده است. ویژگی‌های خاک هم در این پراکنش تأثیرگذار بوده است که در منطقه پراکنش این گونه، دارای ویژگی‌های متفاوت‌تر از خارج رویشگاه می‌باشد. نتایج تحقیقات Zarekia و همکاران (۲۰۲۱) نشان می‌دهد که گونه *S. kernerii* در استان یزد نشان داده است که پاسخ گونه در ارتباط با هدایت الکتریکی به صورت کاهش یافته بوده که با یافته‌های این تحقیق مشابهت ندارد، به طوری که در شرایط رویشگاهی مازندران دارای تحمل به شوری بالاتری است. در هر دو رویشگاه این گونه در استان مازندران و یزد، در ارتباط با درصد رس و ارتفاع از سطح دریا، از مدل زنگوله‌ای پیروی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که این گونه در مقایسه با رویشگاه یزد، شرایط اسیدیته بالاتری را تحمل می‌کند. ضمن اینکه دامنه بهینه رشد در ارتباط با درصد شن در هر دو رویشگاه مشابه هم هستند. نتایج تحقیق Ghaderi و همکاران (۲۰۱۰)، بر روی گونه *Hypocyclix kernerii* در استان سمنان نیز دلالت بر تأثیرگذاری عوامل خاکی مانند هدایت الکتریکی، پتاسیم، آهک و بافت خاک دارد. در تحقیقی توسط Akhany and Ghorbanly (۱۹۹۳)، بر روی گونه *Salsola tomentosa* مشخص شد که این گونه در خاک‌های با بافت سبک با ماده آلی کم رویش دارد که با شرایط رویشگاه گونه *S. kernerii* مطابقت دارد. پاسخ گونه *S. kernerii* به عوامل آهک، اسیدیته و هدایت الکتریکی افزایشی بوده و از مدل افزایشی پیروی می‌کند. بنابراین با افزایش این عوامل در محدوده خاصی، درصد پوشش این گونه افزایش پیدا می‌کند. وجود املاح در سطح خاک سبب افزایش هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک شده است که این هم بر درصد پوشش این گونه و کاهش حضور گونه‌های دیگر، تأثیر گذاشته است. املاح محلول موجود در خاک به دلیل ایجاد محدودیت در استقرار، رشد و توسعه پوشش گیاهی، نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای بر روی درصد پوشش گیاهی دارد. نتایج تحقیقات Sanjerehei (۲۰۱۲) نشان داده است که بافت خاک، آهک و شوری در پراکنش گونه *Salsola arbuscula* در منطقه ندوشن یزد تأثیر داشتند. همچنین

درصد لاشبرگ در رویشگاه این گونه کم بوده، همچنین به علت فاصله بین گونه‌ها و تنک بودن پوشش گیاهی و شیب‌دار بودن رویشگاه، لاشبرگ با جریان‌ات سطحی خاک از رویشگاه خارج می‌شود. الگوی پاسخ گونه *S. kernerii* در طول گرادیان ارتفاعی، به گونه‌ای است که در ارتفاعات بیشتر از ۲۰۰۰ و کمتر از ۷۵۰ متر مشاهده نشده و بیشترین حضور آن در دامنه ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۰۰۰ متری از سطح دریا می‌باشد. 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. بر این اساس این گونه در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا و در اقلیم نیمه‌خشک سرد در دره‌های هراز و تالار دارای بیشترین حضور و فراوانی است. در این مناطق به دلیل شرایط فیزیوتوپوگرافی و اقلیمی رطوبت ناشی از توده‌های آب و هوایی به سمت ارتفاعات حرکت کرده و ریزش‌ها به طور عمده در ارتفاعات انجام می‌شود و شرایط نسبتاً خشک را در این مناطق که دارای سازندهای آهکی هستند، فراهم می‌کند، بر این اساس جوامع سالسولاها (شور بوته) و درمنه‌ها شکل گرفته است. کاهش حضور این گونه در ارتفاعات بیشتر از ۲۰۰۰ متر به دلیل محدودیت‌های اکولوژیکی و اقلیمی و ویژگی‌های خاک در این مناطق می‌باشد. نتایج تحقیقات Zarekia و همکاران (۲۰۲۱) نشان می‌دهد که گونه *S. kernerii* در استان یزد در ۱۷۵۰ تا ۲۴۰۰ متری از سطح دریا رویش دارد که با محدوده رویشی ارتفاعی آن در استان مازندران مشابهت ندارد. همچنین این گونه در استان یزد در اقلیم خشک سرد با متوسط بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی‌متر رشد می‌کند که با شرایط رویشگاهی اقلیم نیمه‌خشک سرد با متوسط بارندگی سالانه ۳۵۰ میلی‌متر در استان مازندران تفاوت دارد. نتایج این تحقیق نشان داده است که این گونه تحت تأثیر ویژگی‌های اقلیمی (بارندگی و درجه حرارت) شکل گرفته است. بیشترین فراوانی و حضور این گونه در میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۳۵۰ میلی‌متر

- Austin, M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Journal of Ecological Modelling*, 157(2-3): 101-118.
- Austin, M.P., Belbinb, J.A., Meyers, M.D., Dohertya, A. and Luotoc, M., 2006. Evaluation of statistical models used for predicting plant species distributions: Role of artificial data and theory. *Journal of Ecological Modelling*, 199(2):197-216.
- Bakhshi Khaniki, G. and Mohammadi, B., 2009. Ecological study of some species of *Salsola* in Golestan province. *Journal of New Cellular and Muleclolar Biotechnology*, 2(6):45-52 (In Persian).
- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R. and Latour, J.B., 2002. Assessing the effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Journal of Global Change Biology*, 8(4): 390-407.
- Berkett, L.P., 1991. Management guide for low-input sustainable apple production. Publication of the USDA northeast LISA Apple production Project.
- Ejtehadi, H., Bahadoran, M., Ghasemzadeh, F. and Abrishamchi, P., 2017. Aut ecology *Salsola richeri* in South Khorasan, *Journal of Plant Reseach*, 2(29): 286-299 (In Persian).
- Fahimipour, E., Zare Chahouki, M.A., Tavili, A. and jafari, M., 2010. Investigation of environmental factors affecting species diversity changes in the middle Taleghan rangelands. *Journal of Watershed Management Research*, 2(87): 41-47 (In Persian).
- Gauch, H.G., Whittaker, R.H. and Singer, S.B., 1981. A comparative study of nonmetric ordinations. *Journal of Ecology*, 69:135-152.
- Ghaderi, S.H., Ghorbani, J., Jafarian, Z. and Shokri, M., 2010. Identification of saline plant communities and their relationship with soil properties in Sorkhdeh of Damghan. *Journal of Arid Biome*, 1(1): 45-56 (In Persian).
- Guisan, A., Edwards, T.C. and Hastie, T., 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene, *Ecological Medelling*, 157(2-3): 89-100.
- Jaberalansar, Z., Borhani, M., Bahreinnejad, B. and Mirdavodi, H., 2021. Habitat study of *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Guldenst rangeland response pattern to environmental factors in Isfahan province. *Iranian journal of Rangeland and Desert Research*, 28(3): 551-563 (In Persian).
- Jongman, R.H.G., Terbraak. C.J.F. and Van Tongeren, F.R., 1995. *Data Analysis in ommunity and lndscape ecology*, Cambridge University Press, 299 pp.
- Kent, M., 2011. *Vegetation description and data analysis: a practical approach*. John Wiley and sons,

نتایج تحقیقات Berkett (۱۹۹۱)، نشان داده است که خاک‌های با هدایت الکتریکی بالا و دارای مقادیر کمی از ماده آلی، از مشخصه‌های رویشگاه گونه *Salsola arbuscula* می‌باشد. واکنش گونه *S.kernerii* به جهت جغرافیایی، به گونه‌ای است که عمدتاً در جهت‌های جنوب رویش دارد. کاهش حضور و عملکرد این گونه در شیب‌های شمالی می‌تواند تا حدودی به دلیل ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی مانند افزایش رطوبت خاک، کاهش درجه حرارت و توان تولید بالای اکوسیستم در این شیب‌های جغرافیایی باشد که به موجب آن ترکیب گیاهی متفاوت شکل گرفته است. در ارتباط با شیب زمین، با وجود اینکه پاسخ *S.kernerii* نسبت به این عامل معنی‌دار نشد ولی این گونه در اراضی با شیب نسبتاً زیاد تا زیاد پراکنش داشته ولی در شیب‌های ۴۰-۵۰ درصد دارای عملکرد بهتری بود. از این رو 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 نیمه استپی استان مازندران با استفاده از این گونه، به خصوصیات رویشگاهی و خواش‌های اکولوژیکی آن توجه شود. بنابراین 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 خواش‌های اکولوژیکی این گونه، اقدام مناسبی برای اصلاح و توسعه مراتع پاییزه خواهد بود.

منابع مورد استفاده

- Alavi, J., Noori, Z. and Zahedi, G.H., 2016. The reaction curve of *Fagus orientalis* to environmental variables using generalized collective model In Khairud forest, Nowshahr. *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research*, 24(1): 29-42 (In Persian).
- Ali Ehiaii, M. and Behbahanizadeh, A., 2003. Description of soil chemical methods. *Soil and Water Research Institute*. 129p (In Persian).
- Arzani, H. and Abedi, M., 2014. *Rangeland Assessment, Vegetation Measurement*. Tehran University, 305 P (In Persian).

- Sanjerehei, M.M., 2012. Soil-vegetation relationships in arid rangelands (case study: Nodushan rangelands of Yazd, Iran). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6(7): 999-1004 (In Persian).
- Shafagh Kolvanagh, J. and Abbasvand, E., 2013. Effects of soil nitrogen, phosphorus and potassium on distribution of rangeland species, Weeds and sustainability of species in Khalat Poshan rangelands of Tabriz County. *Agricultural science and Sustainable Production*, 24 (2): 73-83 (In Persian).
- Shahsavarzadeh, R., Tarkesh, M., Rahmati, Z. and Ghazizadeh, M., 2016. Potential habitat modelling *Ferula ovina* Boiss. using by genetic algorithms in Ferydoun shahr, Isfahan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6): 977-987 (In Persian).
- Ter Braak, C.J.F., 1985. Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Journal of Biometrics*, 41(4): 859-873.
- Traoré, S., Zerbo, L., Schmidt, M. and 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. and 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. and Mannion, A.M., 2003. Environmental factors and vegetation composition, Lefka Ori massife Crete, S. Aegean. *Global Ecology and Biogeography*, 12(2): 141-146.
- Yari, R., Azarnivand, H., Zare Chahouki, M.A. and Farzadmehr, J., 2011. Investigating the relationship between species diversity and environmental factors in Birjand Architectural Rangelands. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 19(1): 95-107 (In Persian).
- Zare Chahouki, M.A., Mashgholi, M. and Jafari, H., 2015. Classification of vegetation cover related to environmental factors (Case study: Gharabagh rangelands of (Azarbaijan province). *Journal of Plant Research*, 28(5): 995-1005 (In Persian).
- Zarekia, S., Mirdavoodi, H., Mir Hosseini, A., Mir Jalili, A. and Zare, M.T., 2021. Phenology study and response curve of *Salsola kernerii* (Wol.) Botsch. To the gradient of environmental factors in the steppe areas of Yazd province. *Plant Ecosystem Conservation*, 9(18): 389-409 (In Persian).
- 414 pp.
- Khalsi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H. and Soltanigard, M., 2010. Modeling *Eurothia ceratoides* habitat using the method of factor analysis of ecological nests in the northeastern rangelands of Semnan. *Journal of Rangeland*, 4(5): 362-373 (In Persian).
- Kleyer, M., Dray, S., Bello, F., Leps, J., Pakeman, R.J., Strauss, B., Thuiller, W. and Lavorel, S., 2012. Assessing species and community functional responses to environmental gradients: which multivariate methods. *Journal of Vegetation Science*, 23(5): pp.805-821.
- Li, W.Q., Xiao-Jing, L., Khan, M.A. and 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. and 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.
- Mokhtari Asl, M., Mesdaghi, M. and Sadeghimanesh, M., 2008. Effective factor in establishment and distribution of four saline rangeland species in Gharkhlar Marand rangelands in East Azarbaijan province. *Journal of Rangeland*, 1(2): 116-128 (In Persian).
- Molaie Shamasbi, M., Ghorbani, A., Sefidi, K., Bahrami, B. and Hashemi Majd, K., 2017. Ecological factors on *Artemisia Aucheri* distribution in the southeastern slope of Sabalan. *Journal of Rangeland*, 11(2):139-151 (In Persian).
- Mosleh Araii, A. and Azimzadeh, H., 2016. The study of Aut ecology *Salsola imbricate* in Tabas. *Journal of Desert ecosystem*, 5(7): 21-28 (In Persian).
- Oksanen, J. and Minchin, P.R., 2002. Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients? *Journal of Ecological Modelling*, 157 (2-3): 119-129.
- Palmer, M.W., 1993. Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Journal of Ecology*, 74: 2215- 2230.
- Saeed Abadi, S., Saeidi, H., Baghestani Meybodi, N. and Mirhosseini, A., 2015. The taxonomy of the genus *Salsola* (Chenopodiaceae) in Yazd province. *Taxonomy and Biosystematic*, 8(26): 51-60 (In Persian).
- Saiedfar, M., Feyzi, M. and Shahmoradi, A., 2002. Aut ecology *Salsola orientalis* in steppic rangelands of Semirom in Isfahan province. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 13(2): 116-126 (In Persian).

The study of habitats and response pattern of *Salsola kernerii* (Wol) Botsch. to environmental factors in rangelands of Mazandaran province

H. Ghelichnia^{1*}, H. R. Mirdavoudi² and A. Cherati A³

1** Corresponding author, Associate Professor, Forest and Rangeland Research Department. Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran, E mail: H.ghelichnia@areeo.ac.ir

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: 03/02/2022

Accepted: 06/20/2022

Abstract

Understanding the ecological characteristics of plant species and how they respond to environmental factors provides information necessary for vegetation and rangeland management. Due to the importance of *Salsola kernerii* (Wol) Botsch species in soil protection and forage production, in this article, its ecological needs are studied with an emphasis on determining ecological factors affecting vegetation changes and investigating the response of this species to changes using Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Generalized Additive Models (GAM) in Mazandaran province. The results of Canonical Correspondence Analysis (CCA) showed that environmental factors such as percentage of clay, soil sand, geographical direction, acidity, percentage of saturated moisture, percentage of organic matter, percentage of soil lime, and average annual temperature in the studied habitats, respectively, with the expression of 10.3, 2.8, 4.1, 3.3, 1.6, 1.4, 1.3 and 1.4% of the variance in the plant composition had an important role in the vegetation changes in the studied habitats. The results showed that the response of *S. kernerii* species to organic matter percentage, organic carbon percentage, soil nitrogen percentage, and soil litter percentage follows the monotonic decrease model. The response pattern of *S.kernerii* along the clay (%), soil specific gravity, altitude, mean annual temperature, potassium (ppm), and phosphorus (ppm) followed the unimodal model, and its optimum growth rate for these factors was 11%, 1.1 g/cm³, 13°C, 1700m, 12.5°C, 700 ppm, and 5 ppm respectively. The response of the species to the geographical direction is such that the eastern slopes have the highest percentage of vegetation and the northeastern slopes have the lowest percentage. It is distributed in lands with high to relatively high slopes, but it has better performance in slopes of 40-50%, although the response of the species to this factor was not significant. The species response to the percentage of soil sand and silt and stone and gravel followed the bimodal model. The study of the reaction of the species along the slope of the topographic and soil factors provided valuable information to determine the ecological needs of this species, which can be taken into consideration in the rangeland's improvement operations in similar areas.

Keywords: Ordination, *Salsola kernerii*, ecological factors, Generalized Additive Models (GAM), response curve.