مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2021.125015
جلد ۲۸ شماره ۳، صفحه ۵۶۳-۵۵۱، (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350875.1400.28.3.10.8

بررسی رویشگاه و الگوی پاسخ گونه مرتعی *Kraschenninnikovia ceratoides* (L.) Guldenst به عوامل محیطی در استان اصفهان

زهرا جابرالانصار[1*]، بابک بحرینی‌نژاد[2]، مسعود برهانی[2] و حمیدرضا میرداوودی[3]

۱*- نویسنده مسئول، محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست‌الکترونیک: zaryansary@gmail.com

۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵

چکیده

شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های گیاهی و چگونگی پاسخ آنها به عوامل محیطی، اطلاعات لازم را برای مدیریت پوشش گیاهی و احیای اکوسیستم‌های مرتعی فراهم می‌نماید. هدف از این پژوهش، تعیین عوامل محیطی تأثیرگذار بر رویشگاه گونه برگ نقره‌ای (*Kraschenninnikovia ceratoides*) و پاسخ آن به تغییرات عوامل اکولوژیکی در مراتع استان اصفهان است. بر این اساس درصد پوشش تاجی و تراکم گیاه مورد مطالعه و گونه‌های همراه در ۱۹ سایت مطالعاتی به روش تصادفی- سیستماتیک اندازه‌گیری شد. در هر سایت مرتعی عوامل اقلیمی، فیزیوگرافی و خاک بررسی شد. از روش آنالیز تطبیقی‌متعارفی (CCA؛ Canonical Correspondence Analysis) و مدل افزایشی تعمیم‌یافته (GAM؛ Generalized Additive Models) برای بررسی ارتباط پوشش گیاهی با عوامل محیطی استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوی پاسخ گونه *K.ceratoides* در امتداد گرادیان میزان پتاسیم قابل جذب، از مدل افزایشی، پیروی می‌کند. بعکس، پاسخ این گونه در امتداد گرادیان عوامل درصد شن، میانگین دمای سالانه و درصد سنگ و سنگریزه از مدل کاهشی پیروی کرده و با افزایش این عوامل، درصد پوشش تاجی کاهش یافته‌است. الگوی پاسخ گونه *K.ceratoides* در امتداد تغییرات میزان فسفر قابل جذب، درصد گچ و ارتفاع از سطح دریا، از مدل زنگوله‌ای (Unimodal) پیروی کرده و حد بهینه رشد آن برای این عوامل به‌ترتیب ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۶/۴ درصد و ۲۲۵۰ متر بود. بررسی پاسخ گونه *K.ceratoides* در امتداد گرادیان عوامل توپوگرافی، خاک و اقلیم، اطلاعات ارزشمندی را برای تعیین نیازهای اکولوژیکی این گونه ارائه داد که می‌تواند در مدیریت پوشش‌گیاهی و عملیات اصلاح مراتع در مناطق مشابه، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گیاه برگ نقره‌ای، رسته‌بندی، مدل افزایشی تعمیم‌یافته، عوامل اکولوژیک، منحنی پاسخ.

مقدمه

امروزه مدیران منابع‌طبیعی نیاز به درک پایه‌ای از ویژگی های اکولوژیکی گونه‌های‌گیاهی بومی و چگونگی واکنش آنها به عوامل محیطی و نوع مدیریت دارند. این شناخت ضمن تعیین قابلیت گونه‌های مورد نظر در شرایط مختلف اکولوژیکی، اطلاعات ارزشمندی را برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های گیاهی، ارائه دانش پایه برای معرفی گونه های مناسب اصلاح مراتع، تولید علوفه، مدیریت پوشش‌گیاهی و همچنین اعمال رویکرد حفاظتی از مراتع را در مناطق مشابه ارائه می‌دهد. عوامل محیطی (اقلیم،

توپوگرافی و خاک) نقش بارزی در تعیین خصوصیات رویشگاهی دارند و ویژگی‌های پوشش گیاهی مانند درصد پوشش، حضور، فراوانی، الگوی پراکنش، استقرار و تولید گونه‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ardakani, 2005). بررسی روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی با استفاده از تحلیل‌های آماری و ریاضی (Gauch & Wentworth, 1976; Lesvic, 1993) به شناخت فاکتورهای مؤثر بر رشد و استقرار گونه‌های گیاهی و همچنین شناسایی رویشگاه‌ها کمک می‌کند. امروزه در جامعه‌شناسی گیاهی و بررسی روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از آنالیز گرادیان استفاده می‌شود (Fischer & Bemmerlein, 1989; Kent & Ballard, 1988). در آنالیز گرادیان مستقیم گونه‌ها به‌طور مستقیم با عوامل محیطی مرتبط می‌شوند (Ter Braak & Smilauer, 2002). استفاده توأم از آنالیز گرادیان و طبقه‌بندی پوشش گیاهی، تصویر آشکاری از روابط بین گروه‌های اکولوژیک و مکان آنها در سیمای سرزمین فراهم می‌کند (Enright *et al.*, 2005). آگاهی از نیازهای بوم‌شناختی گونه‌های مختلف گیاهی و آستانه‌های محیطی مورد نیاز برای هر گونه با استفاده از روشهای رسته‌بندی می‌تواند با تفسیر روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی، مدیریت صحیح مراتع را امکانپذیر نماید (Kiasi *et al.*, 2020). مطالعات گسترده‌ای در قالب طرح ملی بوم‌شناسی فردی مهمترین گونه‌های مرتعی ایران توسط مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شده است، اما پاسخ کمی گونه‌های مورد مطالعه به تغییرات عوامل محیطی، کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌است. Feizi و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی آت‌اکولوژی گونه *Eurotia ceratoides* (*K.ceratoides*) در استان اصفهان نشان دادند که رویشگاه‌های این گونه، بیشتر در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۳۴۰۰ متری از سطح دریا با بارندگی بین ۱۴۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتیگراد و در شیب‌ها و جهات جغرافیایی مختلف حضور داشته ولی در اراضی کم‌شیب و شیب‌های شمالی، به‌ویژه در مناطق استپی از تراکم و شادابی بالاتری برخوردار است. این گیاه در مراتع استپی ندوشن یزد در مناطقی با متوسط بارندگی سالانه ۹۸/۳ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۴/۴ درجه سانتیگراد، اسیدیته ۸- ۷/۸، هدایت الکتریکی ۰/۲- ۰/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و در ارتفاع ۲۵۰۰- ۱۵۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد (Goldansaz *et al.*, 2009). در مورد بیان واکنش گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی با استفاده از مدل‌های ریاضی مطالعات معدودی انجام شده است. Khalasi Ahvazi و همکاران (۲۰۱۲) با کاربرد روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در مراتع شمال‌شرق سمنان، گزارش نمودند که گیاه *K.ceratoides* در مناطقی با اسیدیته ۸- ۷/۸، هدایت‌الکتریکی ۰/۲۶ -۰/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر، بافت خاک لومی- شنی و در ارتفاع ۲۲۰۰ -۱۶۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد. Shahsavarzadeh و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از مدل ژنتیک الگوریتم، دو فاکتور میزان سیلت و ارتفاع را به‌عنوان مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه کما (*Ferula ovina* Boiss) تعیین نمودند. Abbasi و Zare Chahouki (۲۰۱۸) در مراتع طالقان میانی با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی نشان دادند که مطلوبیت رویشگاه *Agropyron intermedium* در مناطقی با ارتفاع حدود ۲۵۵۰ متر، شیب حدود ۴۵ درصد، ماده آلی حدود ۲ تا ۳ درصد، آهک حدود ۵ درصد و بافت خاک سنگین بیشتر است. Salehi Ardali و همکاران (۲۰۱۷)، عوامل محیطی تأثیرگذار بر پراکنش کنگر صحرایی (*Gundelia tournefortii* L.) در استان اصفهان را با استفاده از آنالیز رج‌بندی بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد که بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر، ارتفاع ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، شیب حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد و متوسط دمای سالانه حدود ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتیگراد برای حضور این گونه مطلوب است. Ghazimoradi و Ebrahimi (۲۰۲۰) با بررسی منحنی‌های پاسخ گیاه کما (*F.ovina*) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم‌یافته در غرب استان اصفهان، نشان دادند که گونه یادشده در میانگین درجه حرارت سالانه ۱۱ -۹ درجه سانتی‌گراد، درصد شیب ۵۰-۲۵

درجه، ارتفاع ۳۰۰۰ -۱۹۵۰ متر، کربنات کلسیم ۳۰-۱۰ درصد، ماده آلی ۶-۴ درصد، سیلت ۳۰-۱۰ درصد، رس ۶۰-۴۵ درصد و درصد اشباع ۶۰-۴۵ درصد بیشترین احتمال حضور را دارد. *K.ceratoidos* گیاهی بوته‌ای، مقاوم به خشکی با درصد پروتئین بالاست (Valizadeh *et al.*, 2012). این گیاه در بسیاری از مناطق استپی و نیمه‌استپی استانهای تهران، خراسان، چهارمحال و بختیاری، سمنان، سیستان و بلوچستان، گلستان، کرمان، فارس، لرستان، مرکزی، مازندران، مرکزی، یزد، همدان، زنجان و اصفهان پراکنش و بر روی انواع واحدهای اراضی ازجمله کوه‌ها، تپه ها، تراسهای فوقانی، دشت‌های دامنه‌ای و رودخانه‌ای و سیلابی رویش دارد (Ghahreman, 1993; Feizi *et al.*, 2003). این گیاه می‌تواند به‌عنوان گونه‌ای مناسب در احیای مراتع استپی و نیمه‌استپی و نیز در جلوگیری از فرسایش خاک و به‌عنوان منبع علوفه‌ای مناسب برای تغذیه نشخوارکنندگان چراکننده کوچک مورد استفاده قرار گیرد (Filehkesh, 2012; Valizadeh *et al.*, 2006). این گیاه به‌دلیل تولید علوفه مناسب (۳۹۰- ۳۲ کیلوگرم در هکتار) (فیضی و همکاران، ۱۳۸۲) و کیفیت تغذیه‌ای مناسب می‌تواند در شرایط کم بارش بسیاری از نقاط ایران، بخش عمده‌ای از جیره غذایی دام‌ها را به‌ویژه در فصل زمستان تشکیل داده و به حفظ وزن دام‌های چراکننده در زمستان کمک کند (Valizadeh *et al.*, 2012). اگرچه مطالعات اندکی در رابطه با گونه *K.ceratoides* در ایران انجام شده است ولی بیشتر مطالعات به صورت توصیفی شرایط محیطی گونه مذکور را در یک رویشگاه اصلی معرفی نموده‌اند. این در حالی است که در این پژوهش، برای نخستین بار با استفاده از داده‌های حضور و عدم حضور رابطه بین درصد پوشش گونه یادشده با عوامل محیطی (اقلیم، خاک و توپوگرافی) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم‌یافته در قالب آنالیز رجبندی در استان اصفهان بررسی شده و ضمن شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر درصد پوشش گونه یادشده، منحنی‌های واکنش این گونه در گرادیان‌های مختلف محیطی ترسیم و همچنین ارتباط درصد پوشش سایر گونه‌های گیاهی همراه آن نیز با عوامل محیطی بررسی شده‌است. بنابراین هدف از این پژوهش، شناخت نیازهای اکولوژیک گونه *K.ceratoides* و بررسی پاسخ آن به تغییرات عوامل محیطی در استان اصفهان با استفاده از آنالیز رجبندی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با مساحت ۱۰۶۱۷۹ کیلومتر مربع، بین ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه پراکنش گیاه *K.ceratoides* نیمه غربی استان اصفهان می‌باشد که دارای بیشترین و کمترین میزان بارندگی به‌ترتیب برابر با ۴۲۳/۴ و ۱۶۳ میلیمتر است. در این محدوده بیشترین و کمترین ارتفاع به‌ترتیب برابر با ۳۲۶۱ و ۱۵۶۶ متر بود. همچنین بیشترین و کمترین میزان دمای متوسط سالانه به ترتیب برابر با ۱۶ و ۹/۴ درجه سانتیگراد بود. به لحاظ سیمای ظاهری، رویشگاه گونه مورد مطالعه، کوهستانی، تپه ای و دشتی با جهت‌های مختلف شیب است.

روش تحقیق

به‌منظور بررسی ارتباط عوامل مختلف محیطی با پوشش گیاه *K.ceratoides*، برداشت اطلاعات در ۱۹ سایت مطالعاتی در نیمه غربی استان (۱۱ سایت حضور و ۸ سایت غیبت گونه مورد مطالعه) و در محدوده تیپ‌های مختلف پوشش‌گیاهی و شرایط متفاوت اقلیمی، توپوگرافی و خاک انجام شد. برخی از خصوصیات رویشگاه‌های محل حضوروغیاب گونه مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. در هر سایت، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی- سیستماتیک، در داخل ۳۰ پلات ۲ مترمربعی در امتداد ۳ ترانسکت ۲۰۰ متری انجام شد. اندازه نمونه، بر اساس فرمول کوکران (Arzani & Abedi, 2015) و اندازه پلات بر اساس سطحی بزرگ‌تر از دو برابر مساحت تاج

پوشش بزرگ‌ترین گیاه موجود (Arzani & Shahriari, 2010) تعیین و مبنای اندازه‌گیری در سایت‌ها قرار گرفت. در هر پلات، درصد پوشش‌گیاهی و تراکم گونه‌ها به روش تخمین نظری اندازه‌گیری شد. پارامترهای اقلیمی شامل میانگین بارندگی سالانه و میانگین دمای سالانه با استفاده از آمار و اطلاعات اقلیمی ۳۰ ساله (۲۰۱۷-۱۹۸۷) ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی موجود در منطقه و اطراف آن محاسبه و پس از تولید نقشه‌های پراکنش مکانی آنها در محیط ArcGIS ۱۰/۱ با استفاده از روش‌های زمین آمار، مقادیر مربوطه برای سایت‌های اکولوژیک مورد مطالعه استخراج شد. عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، درصد شیب و جهت جغرافیایی برای مناطق مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰/۱ استخراج گردید.

جدول ۱- خصوصیات رویشگاهی گیاه *K.ceratoides* در رویشگاه‌های مورد مطالعه

مکان/ رویشگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	دمای سالانه	بارندگی سالیانه	هدایت الکتریکی ($mmoh/cm^2$)	ماده آلی (درصد)	پتاسیم قابل جذب	درصد آهک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
۱	۱۹۴۷	۱۶	۱۶۳	۱/۱	۰/۱۳	۲۳۹/۲	۳۸/۹	۲۰/۲	۲۹/۱	۵۰/۷
۲	۲۳۳۵	۹/۷	۴۰۱/۵	۰/۵	۱/۱	۵۰۴/۱	۳۴/۹	۳۲/۷	۴۷/۹	۱۹/۴
۳	۲۴۳۹	۱۳/۴	۱۷۰/۵	۲/۲	۰/۱۷	۲۸۳/۱	۲۷/۳	۲۳/۳	۲۲/۴	۵۴/۳
۴	۲۰۲۴	۱۳/۶	۱۷۰/۴	۱/۸	۰/۱۶	۲۵۶/۲	۲۷/۹	۱۹/۲	۱۹/۷	۶۱/۱
۵	۱۹۰۱	۱۴/۶	۱۶۸/۳	۲/۸	۰/۱۵	۳۴۹/۳	۳۲/۴	۲۱/۸	۱۸	۶۰/۲
۶	۱۷۸۵	۱۴/۵	۱۶۹	۱/۲	۰/۱۵	۲۹۱/۹	۲۹/۷	۲۱/۳	۱۷/۵	۶۱/۲
۷	۱۹۹۰	۱۵	۱۶۷/۲	۲/۱	۰/۱۵	۲۹۷/۱	۳۴/۲	۲۰/۵	۱۴/۳	۶۵/۲
۸	۲۲۳۱	۱۱/۹	۲۸۷/۴	۱	۰/۴۴	۲۷۴/۸	۲۰/۱	۲۶/۹	۳۲/۲	۴۰/۹
۹	۱۹۲۹	۱۳/۲	۲۸۱/۸	۱/۱	۰/۲۶	۲۷۲/۴	۲۵/۷	۳۱/۹	۲۸/۳	۳۹/۸
۱۰	۱۹۶۹	۱۴/۵	۲۳۲	۲/۴	۰/۲۲	۱۸۴/۲	۵۰/۵	۲۵/۷	۳۳/۹	۴۰/۴
۱۱	۲۲۸۶	۹/۴	۴۱۰/۱	۰/۵	۰/۸۳	۵۴۱/۹	۳۶/۸	۳۴/۲	۴۷/۲	۱۸/۶
۱۲	۱۶۵۷	۱۶/۱	۱۷۴/۶	۳/۳	۰/۱۶	۲۴۷/۷	۳۵/۹	۲۳/۱	۲۷/۹	۴۹
۱۳	۱۸۶۱	۱۴/۳	۲۴۴/۸	۳/۴	۰/۳۶	۲۱۸/۶	۴۲/۸	۲۷/۹	۳۷/۸	۳۴/۳
۱۴	۲۷۹۸	۱۰/۷	۵۱۳/۷	۰/۹	۰/۴۴	۳۵۷/۸	۲۵/۱	۲۴/۶	۳۹/۴	۳۶
۱۵	۲۸۰۸	۱۰/۸	۳۹۷/۳	۰/۵	۰/۵۹	۳۶۵/۴	۱۶/۲	۲۹/۳	۳۸	۳۲/۷
۱۶	۲۷۶۹	۱۳/۱	۳۹۴/۱	۰/۵	۰/۷۵	۳۶۹	۲۹/۱	۴۳/۶	۳۸	۱۸/۴
۱۷	۲۴۷۸	۱۲/۸	۳۴۳/۱	۰/۷	۰/۶۶	۴۰۱/۷	۳۷/۳	۳۳	۴۱/۷	۲۵/۳
۱۸	۲۰۸۹	۱۰/۵	۳۸۲/۸	۰/۵	۰/۶۱	۳۵۸/۶	۲۵/۴	۳۰/۵	۴۹/۳	۲۰/۲
۱۹	۱۹۲۸	۱۳/۱	۱۷۷/۵	۱/۴	۰/۱۵	۲۶۳/۷	۳۰/۶	۲۲/۸	۲۲/۲	۵۵

ردیف‌های شماره ۱ تا ۱۱ مکانهای حضور و ردیف‌های شماره ۱۲ تا ۱۹ مکانهای غیبت گونه *K.ceratoides* می‌باشند.

نمونه‌های خاک حاصل از پروفیل‌های معرف سایت‌های اکولوژیک در عمق ۳۰-۰ سانتیمتر برداشت گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها شامل بافت خاک (روش هیدرومتری)، اسیدیته (گل اشباع با استفاده از pH متر)، درصد آهک (با استفاده از روش تیتراسیون)، فسفر قابل‌جذب (با استفاده از روش السون)، پتاسیم قابل‌جذب (با استفاده از روش استات‌آمونیوم)، کربن‌آلی (با استفاده از روش والکی- بلاک)، درصد سنگ و سنگریزه و درصد گچ (با استفاده از روش استون) اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی عوامل محیطی مؤثر بر درصد پوشش گونه‌های گیاهی از آنالیز رج‌بندی استفاده گردید. برای انتخاب روش مناسب برای رج‌بندی، ابتدا آنالیز به روش تجزیه‌وتحلیل تطبیقی نااریب (DCA) انجام شد و اندازه طول گرادیان محاسبه گردید (جدول ۳). با توجه به طول گرادیان محور اول (که بزرگ‌تر از چهار بود)، از روش آنالیز تطبیقی متعارفی به عنوان روش غیرخطی استفاده شد (Ter Braak & Smilauer, 2002). در مرحله بعد دیاگرام عوامل محیطی- پوشش گونه‌های گیاهی به‌دست آمد. برای پیش‌بینی پاسخ گونه *K.ceratoides* به تغییرات عوامل محیطی از مدل افزایشی تعمیم‌یافته استفاده شد (Traoré *et al*., 2012). آنالیز رج‌بندی و بررسی منحنی‌های پاسخ گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار CANOCO 4.5 انجام شد.

نتایج

تأثیر عوامل محیطی بر تغییرات پوشش گیاهی

بررسی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی بر تغییرات پوشش‌گیاهی در جوامع، با استفاده از روش انتخاب رو به جلو در رسته‌بندی کانونیک، منجر به انتخاب شش متغیر از بین ۱۵ متغیر اولیه شد. متغیرهای انتخاب شده از گروه خاک: درصد شن، درصد آهک و درصد ماده آلی، از گروه توپوگرافی: درصد شیب و ارتفاع و از گروه اقلیم: میانگین دمای سالانه بود (جدول ۲).

جدول ۲- متغیرهای مهم و اثرگذار بر تغییرات پوشش‌گیاهی در رویشگاه گونه *K.ceratoides*

متغیرهای انتخاب شده	درصد واریانس بیان شده	F*	*P**
درصد شن	۱/۵۳	۲/۳۳	۰/۰۲
درصد آهک	۱/۴۰	۲/۳۵	۰/۰۲
میانگین دمای سالانه	۱/۱۲	۱/۸۴	۰/۰۵
درصد شیب	۰/۸۴	۲/۲۳	۰/۰۰۸
درصد ماده آلی	۰/۶۵	۲/۲۵	۰/۰۲
ارتفاع	۰/۴۵	۴/۶۸	۰/۰۰۲

F آماره آزمون محاسبه‌شده برای معنی‌داری محورهای کانونی، P مقدار سطح احتمال بدست آمده از آزمون جایگشت مونت‌کارلو (با ۹۹۹ جایگشت تصادف)

آنالیز رج‌بندی

نتایج حاصل از رج‌بندی عوامل محیطی (توپوگرافی، اقلیم، خاک) و درصد پوشش گونه‌های گیاهی حکایت از آن داشت که بیشترین مقادیر ویژه متعلق به دو محور اول رج‌بندی بود که روی‌هم‌رفته ۴۷/۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند (جدول ۳).

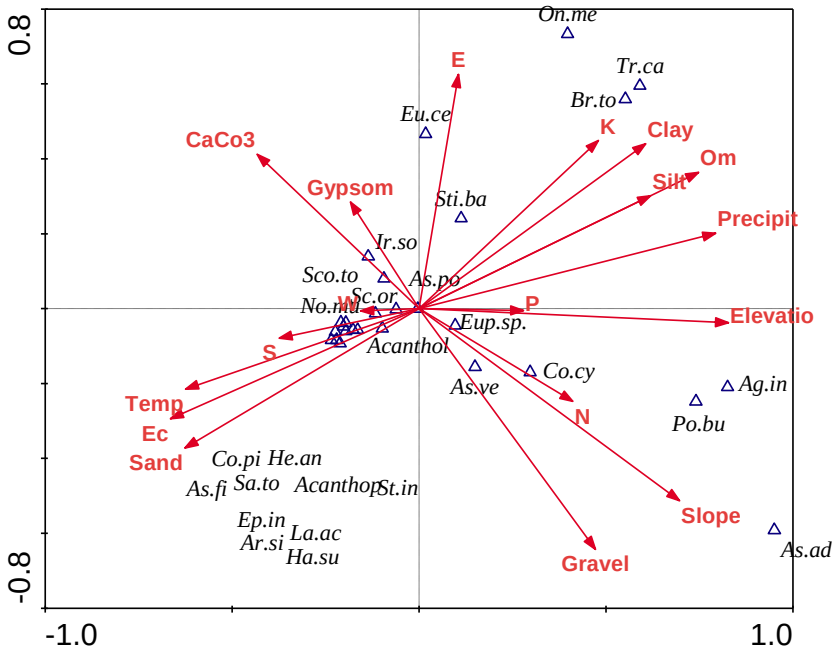
جدول ۳- نتایج حاصل از رج‌بندی DCA و CCA (عوامل محیطی و درصد پوشش گونه‌های گیاهی)

محور	۱	۲	۳	۴	جمع جبری
مقادیر ویژه	۰/۶۲۰	۰/۳۳۰	۰/۲۴۲	۰/۲۰۴	۲/۰۸۳
طول گرادیان	۳/۵۳۶	۱/۷۷۵	۱/۵۰۱	۱/۹۱۲	
واریانس توجیه شده (٪)	۳۱/۱	۱۶/۴	۱۲/۰	۱۰/۵	۷۰

در دیاگرام دو پلاتی حاصل از تجزیه CCA، متغیرهای محیطی توسط بردار نشان داده شده است (شکل ۱). نوک بردار برای حداکثر تغییرات و طول آن بیان‌کننده میزان تغییرات است. آن دسته از متغیرهای محیطی که دارای بردار بزرگ‌تری هستند در رج‌بندی در مقایسه با بردارهای کوتاه همبستگی بیشتری با عوامل گیاهی دارند و تأثیر بیشتری بر تغییرات آنها می‌گذارند (Jangman *et al*., 1987). دیاگرام حاصل از رج‌بندی عوامل خاک، توپوگرافی، اقلیم و درصد پوشش گونه‌های گیاهی نشان داد که در پوشش‌گیاهی سایت‌های اکولوژیک با غالب بودن گونه‌های *Kraschenninnikovia ceratoides*، *Stipa arabica*، *Bromus tomentellus* و *Onobrychis melanotricha* عوامل درصد ماده آلی، درصد رس، پتاسیم قابل جذب، بارندگی سالانه و جهت جغرافیایی تأثیرگذارترین عوامل معرفی شدند. در مکانهای مرتعی که گونه‌های *Astragalus podolobus*، *Noaea mucronata* ، *Scariola orientalis* و *Scorzonera tortuosissima* غالب هستند عوامل درصد آهک و درصد گچ به‌عنوان تأثیرگذارترین عوامل مطرح می‌باشند. در مکانهای مرتعی که گونه‌های *Artemisia sieberi*، *Stachys inflata*، *Acantholimon scorpius*، *Acanthophyllum bracteatum*، *Hertia angostifolia*، *Cousinia piptocephala* و *Astragalus fisherii* غالب هستند عوامل درصد شن، هدایت الکتریکی و میانگین دمای سالانه از اهمیت بیشتری در پوشش‌گیاهی برخوردارند. ارتفاع، درصد شیب و درصد سنگ و سنگریزه از مهمترین عوامل مؤثر بر درصد پوشش گونه‌های *Agropyron intermedium*، *Astragalus adscendens*، *Astragalus verus* و *Poa bulbosa* بودند. همبستگی بین عوامل محیطی با سه محور اول CCA (جدول ۴) نشان داد که محور یک CCA با عوامل ارتفاع، بارندگی سالانه، درصد ماده آلی و درصد شیب همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. این در حالی است که با عوامل هدایت الکتریکی، درصد شن و میانگین دمای سالانه همبستگی منفی معنی‌دار دارد. درصد سنگ و سنگریزه با محور دوم و درصد گچ با محور سوم CCA بیشترین همبستگی را دارد.

منحنی پاسخ گونه *K. ceratoides* به عوامل محیطی

بکارگیری مدل افزایشی تعمیم‌یافته با توزیع خطا پوآسون، برای هر یک از متغیرهای محیطی، نشان داد که عوامل محیطی شامل ارتفاع، فسفر خاک، درصد شن در سطح احتمال ۵ درصد و متغیرهای محیطی شامل درصد سنگ و سنگریزه، درصد گچ، پتاسیم خاک و میانگین دمای سالانه در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد *K.ceratoides* معنی‌دار می‌باشند. با توجه به واکنش معنی‌دار گونه *K.ceratoides* در رابطه با عوامل یادشده در منطقه مورد مطالعه، منحنی پاسخ این گونه نسبت به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، در شکل ۲ نشان داده شده است.

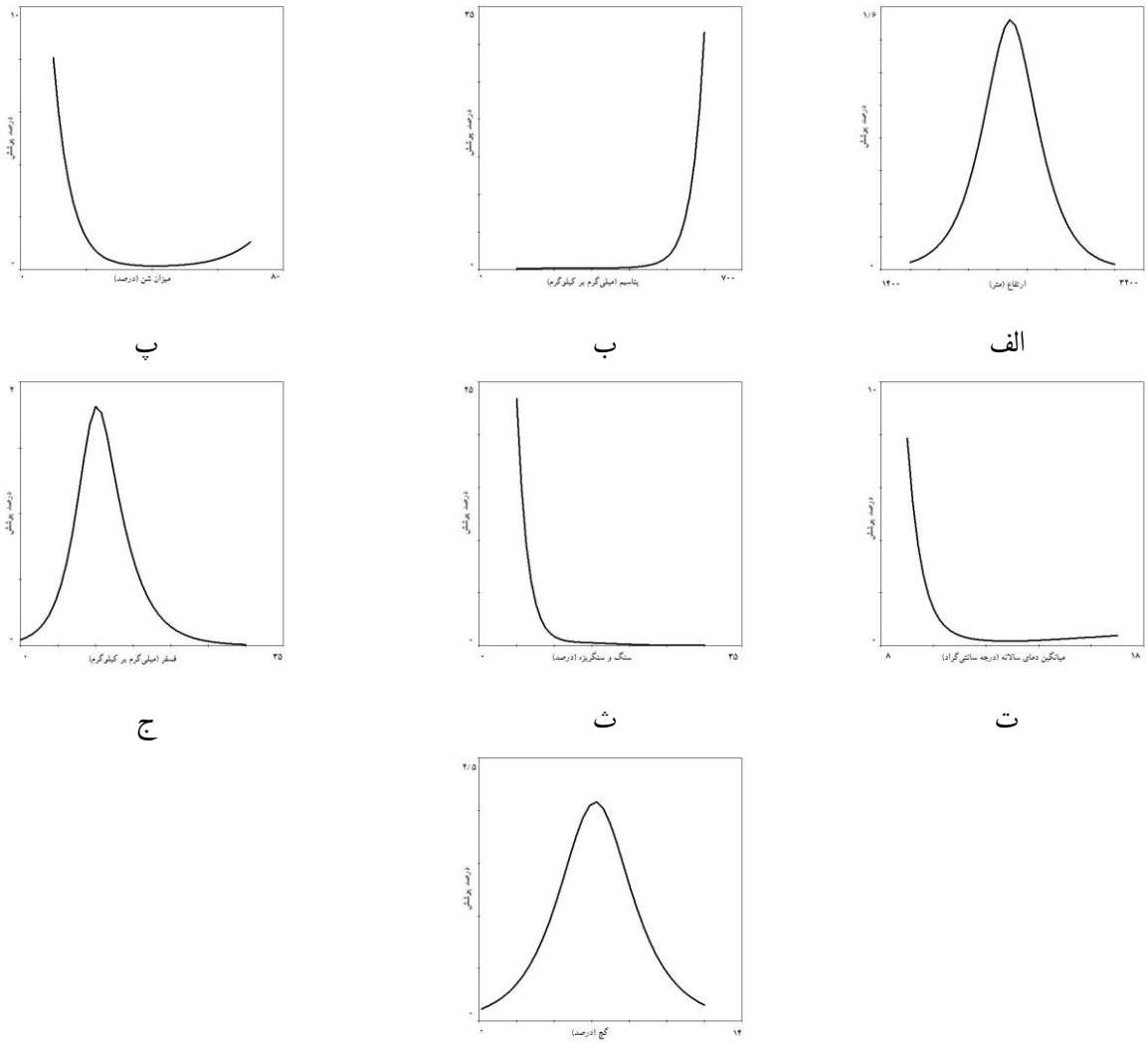


شکل ۱- توزیع گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل اکولوژیک (بردارهای قرمز رنگ معرف عوامل محیطی و شکل‌های مثلثی نشانگر گونه‌های گیاهی هستند)

Elevation: ارتفاع، P: فسفر قابل جذب، Precipitation: بارندگی سالانه، Silt: درصد سیلت، Om: درصد ماده آلی، Clay: درصد رس، K: پتاسیم قابل جذب، E: شیب شرقی، Gypsom: درصد گچ، CaCo3: درصد آهک خاک، W: شیب غربی، S: شیب جنوبی، Temp: میانگین دمای سالانه، EC : هدایت الکتریکی خاک، Sand: درصد شن خاک، Gravel: درصد سنگ و سنگریزه، Slope: درصد شیب، N: شیب شمالی

جدول ۴- همبستگی متغیرهای محیطی و محورهای رج‌بندی CCA

متغیرهای محیطی	محور اول	محور دوم	محور سوم
ارتفاع	۰/۸۲۷۴	-۰/۰۳۷۹	۰/۰۵۶۰
درصد شیب	۰/۶۹۶۴	-۰/۵۱۲۹	۰/۰۴۱۹
درصد سیلت	۰/۶۱۸۸	۰/۳۰۱۸	۰/۲۸۹۶
درصد شن	-۰/۶۲۶۷	-۰/۳۷۲۰	-۰/۱۸۰۰
درصد رس	۰/۶۰۵۸	۰/۴۴۰۶	-۰/۰۱۶۱
فسفر قابل جذب	۰/۲۷۹۳	-۰/۰۰۵۳	-۰/۰۱۹۳
درصد ماده آلی	۰/۷۴۷۷	۰/۳۶۳۹	۰/۲۸۱۲
پتاسیم قابل جذب	۰/۴۷۹۶	۰/۴۴۹۲	۰/۴۱۲۳
درصد گچ	-۰/۱۸۴۲	۰/۲۸۵۳	۰/۵۹۳۷
درصد سنگ و سنگریزه	۰/۴۷۱۶	-۰/۶۴۲۹	۰/۰۸۲۱
هدایت الکتریکی	-۰/۶۶۵۴	-۰/۲۹۴۲	-۰/۱۰۵۵
درصد آهک	-۰/۴۳۳۲	۰/۴۱۲۳	۰/۳۷۸۴
میانگین دمای سالانه	-۰/۶۲۵۱	-۰/۲۱۴۷	-۰/۲۲۴۴
بارندگی سالانه	۰/۷۹۳۳	۰/۲۰۱۱	۰/۱۳۷۲



شکل ۲- منحنی پاسخ درصد پوشش گونه *K.ceratoides* به هر یک از متغیرهای محیطی معنی‌دار شامل ارتفاع (الف)، پتاسیم (ب)، میزان شن (پ)، میانگین دمای سالانه (ت)، سنگ و سنگریزه (ث)، فسفر (ج) و گچ (د)

بررسی عملکرد (درصد پوشش‌گیاهی) گونه مورد مطالعه در ارتباط با متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، فسفر قابل جذب و درصد گچ نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به صورت تک‌نمایی است. بدین ترتیب که با افزایش ارتفاع، درصد گچ و فسفر قابل جذب به‌ترتیب تا ۲۲۵۰ متر، ۶/۴ درصد و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم درصد پوشش گونه *K.ceratoides* افزایش و از آن به بعد با افزایش مقادیر این عوامل، روند کاهشی نشان داده است (شکل ۲ الف، ج، د). پاسخ گونه مورد مطالعه در ارتباط با تغییرات پتاسیم قابل جذب به‌صورت افزایشی بوده و با افزایش مقادیر این عامل تا ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، درصد پوشش‌گیاهی آن نیز بیشتر می‌شود (شکل ۲ ب). بعکس، پاسخ این گونه نسبت به عوامل درصد شن، میانگین دمای سالانه و درصد سنگ و سنگریزه از مدل کاهشی

پیروی کرده و با افزایش مقدار این عوامل، درصد پوشش گیاهی آن کاهش یافته است. بیشترین مقدار درصد پوشش (حدود ۸ درصد) متعلق به میانگین دمای سالانه حدود ۹ درجه سانتیگراد و میزان شن حدود ۱۰ درصد بود. همچنین بیشترین مقدار درصد پوشش (۲۴ درصد) به میزان سنگ و سنگریزه حدود ۵ درصد اختصاص یافت (شکل ۲ پ، ت، ث).

بحث

بررسی و تحقیق در زمینه پاسخ گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی، اطلاعات ارزشمندی را برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های گیاهی، معرفی گونه‌های مناسب برای احیای مراتع تخریب‌یافته، تولید علوفه و مدیریت پوشش‌گیاهی ارائه می‌دهد. ازاین‌رو با توجه به کمبود اطلاعات در این زمینه و همچنین اهمیت گونه *K.ceratoides* از نظر مناطق پراکنش گسترده در استان اصفهان، تولید بالای علوفه، خوشخوراکی مطلوب برای دام سبک و همچنین حفاظت خاک (Khalasi Ahvazi *et al*., 2012)، مطالعه نیازهای اکولوژیک این گونه و واکنش آن به تغییرات عوامل محیطی ضروری می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که درصد شن، درصد آهک، میانگین دمای سالانه، درصد شیب، درصد ماده آلی و ارتفاع به‌ترتیب نقش مهمی در تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه های گونه مورد مطالعه داشتند. در تأیید این نتیجه، Jaberalansar و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی عوامل مؤثر بر تولید گونه‌های گیاهی غرب استان اصفهان دریافتند که عوامل میانگین دمای سالانه، درصد کربنات کلسیم و شن در منطقه استپی بر تولید گونه‌های *A. intermedium*، *B. tomentellus*، *Galium verum* و *Polygonum dumosum* و عوامل بارندگی در مرطوب‌ترین ماه، بارندگی سالانه، ارتفاع، ماده آلی و پتاسیم در منطقه نیمه‌استپی بر تولید گونه‌های *A. sieberi*، *S. inflata*، *Convolvolus fruticosus* و *S. orientalis* تأثیرگذار بودند. Jafari و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که مهمترین خصوصیات خاک مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی مراتع پشتکوه استان یزد، هدایت الکتریکی، بافت، املاح پتاسیم، گچ و آهک است. درصد شن خاک به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده بافت خاک، به دلیل تأثیر در میزان آب و عناصر در دسترس گیاهان و نیز تهویه و عمق ریشه‌دوانی گیاه، در عملکرد گونه‌های گیاهی مؤثر است (Epstein *et al*., 1997). این مطالعه همچنین نشان داد که گونه *K.ceratoides* به همراه گونه *S. arabica* تشکیل تیپ گیاهی داده‌اند. در رویشگاه اصلی گونه *K.ceratoides* عوامل خاک شامل پتاسیم، ماده آلی، رس و بارندگی سالانه از اهمیت ویژه‌ای در جداسازی گروه‌های گونه‌های اکولوژیک برخوردار بودند (شکل ۱). مواد آلی باعث پایداری خاکدانه‌ها، چسبندگی، شکل‌پذیری و حاصلخیزی خاک و جذب رطوبت می‌گردد. حاصلخیزی خاک بر مقدار و دسترسی به رطوبت، عمق ریشه‌زنی، جذب و توزیع مواد غذایی و در نتیجه خصوصیات پوشش گیاهی مؤثر است (Jafari *et al*., 2006). Kazemi و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که در پراکنش گونه‌های *k. ceratoides*، *S. barbata*، *Achillea millefolium*، *P. bulbosa* و *B. tomentellus* درصد رس و عامل مدیریت قرق از تأثیرگذارترین عوامل محسوب می‌شوند. گونه *B. tomentellus* به‌عنوان یکی از گیاهان همراه گونه *K.ceratoides* ازجمله گیاهان شاخص خوشخوراک منطقه نیمه‌استپی است که همبستگی بالایی با میزان بارندگی و درصد ماده آلی دارد و با عامل دما رابطه معکوس دارد (Khajeddin & Yeganeh, 2010). Kia و همکاران (۲۰۱۲) پراکنش گونه گیاهی *B. tomentellus* را با ازت و پتاسیم خاک مرتبط دانستند و نتیجه گرفتند که این گونه برای استقرار نیاز به خاک‌های حاصلخیز دارد. Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۶) نیز پراکنش تیپ گیاهی *B. tomentellus- A. tenuifolia* را در مراتع قره‌باغ استان آذربایجان‌غربی تحت تأثیر میزان سیلت، آهک و نیتروژن بیان نمودند. گیاه *K.ceratoides* به‌عنوان گونه همراه در تیپ‌های گیاهی با غالب بودن گونه‌های *A. sieberi*، *C. cylindracea*، *Anabasis haussknechtii*، *A. scorpius*،

A. verus, *Ebenus stellata*, *N. mucronata*, *S. orientalis*, و *Halothamnus subaphyllus* وجود دارد. گونه *A. sieberi* یکی از گیاهان شاخص منطقه رویشی استپی است که گونه گیاهی *K.ceratoides* ازجمله گونه‌های همراه تیپ گیاهی آن محسوب می‌شود. Khajeddin و Yeganeh (۲۰۱۰) بیان کردند که گونه *A. sieberi* با عامل دما رابطه مستقیم و با عامل ارتفاع از سطح دریا رابطة غیرمستقیم دارد. گونه‌های *N. mucronata* و *S. orientalis* نیز در مناطق دشتی و تخریب‌یافته مناطق رویشی استپی مشاهده می‌شوند که عوامل درصد گچ و آهک بر روی پراکنش آنها تأثیرگذار می‌باشند و با عامل درجه شیب رابطه معکوس دارند (Khajeddin & Yeganeh, 2010). نتایج حاصل از برازش مدل افزایشی تعمیم‌یافته نشان داد که از ۱۵ متغیر محیطی مورد مطالعه، ۷ متغیر شامل درصد شن، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، درصد گچ، درصد سنگ و سنگریزه، ارتفاع و میانگین دمای سالانه بر عملکرد گونه *K.ceratoides* مؤثر بوده‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه *K.ceratoides* بیشتر بر روی خاک‌های لومی‌رسی پراکنش دارد. به‌طوری‌که در مقدار پایین شن (حدود ۱۶ درصد)، بالاترین عملکرد را دارد. Feizi و همکاران (۲۰۰۳) بافت خاک مناسب برای گیاه را لومی –رسی و همچنین Goldansaz و همکاران (۲۰۰۹)، بافت لومی– شنی– رسی را تأیید نمودند. به‌طورکلی بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تأثیر قرار داده و عامل مهمی برای قابلیت دسترسی مواد غذایی می‌باشد (Alavi *et al*., 2017). واکنش گونه *K.ceratoides* به میزان پتاسیم قابل جذب حکایت از وجود ارتباط مثبت بین عملکرد این گونه با عامل مزبور دارد. پتاسیم خاک، یکی از شاخص‌های مهم در حاصلخیزی است که موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، تسریع عمل تجزیه لاشبرگ و در نتیجه رشد گیاه می‌شود (Sarmadian & Jafari, 2001). میزان فسفر قابل جذب نیز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد گونه *K.ceratoides* نقش مهمی در تقسیم سلول‌ها و رشد بافت‌های مریستمی و تسریع در رشد ریشه و اندامهای هوایی دارد (Alavi *et al*., 2017). گونه *K.ceratoides* در طبقه ارتفاعی ۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰ متر به‌دلیل وجود ترکیبی از عوامل زیستی مناسب به ویژه بارندگی رویش بهینه دارد. این موضوع توسط سایر محققان نیز اشاره شده است (Wang *et al*., 2002;Balent & Stafford Smith, 1991). این گیاه در حد فاصل مراتع قشلاقی و ییلاقی تشکیل تیپ می‌دهد و در عین حال در کنار *A. sieberi* در مراتع قشلاقی و در کنار *B. tomentellus* در مراتع ییلاقی هم دیده می‌شود. اما محل اصلی پراکنش آن در حد فاصل قشلاق و ییلاق است، ازاین‌رو گونه شاخص مراتع میان‌بند است (Goldansaz *et al*., 2009; Khalasi Ahvazi *et al*., 2012). کاهش حضور و عملکرد گونه یادشده در خارج از این محدوده نیز می‌تواند تا حدودی به‌دلیل محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی مانند کاهش فصل رشد، کاهش ظرفیت نگهداشت آب، درجه حرارت کم و توان تولید پائین اکوسیستم در ارتفاعات بالاتر و همچنین کمبود بارندگی، افزایش درجه حرارت و تبخیر بالا در ارتفاعات پائین‌تر باشد (Korner, 2007). Ghafari و همکاران (۲۰۲۰) نیز با تأکید بر نقش ارتفاع در تفکیک گروه گونه‌های اکولوژیک در مراتع مغان–سبلان بیان نمودند که این عامل از طریق تأثیر بر اقلیم (میزان بارندگی، درجه حرارت، میزان تشعشع خورشیدی و میزان تبخیر و تعرق) و خصوصیات خاک، بر پراکنش پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد. محدوده ارتفاعی حضور این گونه در این مطالعه، از ۱۶۰۰ تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا متفاوت بود که با مطالعه Feizi و همکاران (۲۰۰۳) که حضور گیاه را در استان اصفهان بین ۳۴۰۰– ۱۱۰۰ متر بیان نموده‌اند همخوانی دارد. درمجموع نتایج این پژوهش نشان داد که با تعیین نیازهای اکولوژیک (خاک، اقلیم و توپوگرافی) گونه گیاهی *K.ceratoides* و بکارگیری مدلهای نوین آماری (مدل افزایشی تعمیم‌یافته) می‌توان در مناطق مشابه به‌منظور اصلاح مراتع نسبت به کپه‌کاری این گونه گیاهی به همراه سایر گونه‌های باارزش مرتعی اقدام نمود.

منابع مورد استفاده

-Abbasi, M. and Zare Chahouki, M.A., 2018. Habitat suitability modeling for Agropyron intermedium species using Ecological Niche Factor Analysis (case study: rangeland of Taleghan miany). Journal of Plant Research, 29(4): 819-832.

-Alavi, S.J., Nouri, Z. and Zahedi Amiri. G.H., 2017. The response curve of Beech tree (*Fagus Orientalis* Lipsky.) in relation to environmental variables using Generalized Additive Model in Khayroud Forest, Nowshahr. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 24(1): 29-42.

-Ardakani, M. R., 2005. Ecology. Teheran university publishers 6 the Edition. 340p.

-Arzani, H. and Shahriari, E., 2010. Monitoring for Conservation and Ecology. University of Tehran Press, Tehran, 353.

-Arzani, H. and Abedi, M., 2015. Rangeland Assessment: Survey and Monitoring. University of Tehran Press, Tehran, 217p.

-Balent, G. and Stafford Smith, D.M., 1991. Conceptual model for evaluating the consequences of management practices on the use of pastoral resources. In: Proceedings of the fourth International Rangeland Congress, Montpellier, France, pp: 1158–1164.

-Enright, N.J., Miller, B.P. and Akhter, R., 2005. Desert vegetation and vegetation-environment relationships in Kirthar National Park, Sindh, Pakistan. Journal of Arid Environments, 61(3): 397-418.

-Epstein, H.E., Lauenroth, W.K. and Burke, I.C., 1997. Effects of temperature and soil texture on ANPP in the US Great Plains. Journal of Ecology, 78: 2628–2631.

-Feizi, M.T., Khodagholi, M., Saidfar, M. and Shahmoradi, A.A., 2003. Investigation on autecology of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey in Isfahan Province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 10(4): 387-408.

-Filehkesh, E., Gazanchian, G.H.A., Aliabadi, A., Farzaneh, H. and Sadegh Zadeh, E., 2006. Investigation The best of time & method planting *Eurotia ceratoides* (L.) in region of Sabzevar. Iranian Journal of Range and Desert Research, 13(2): 109-115.

-Fischer, H.S. and Bemmerlein, F.A., 1989. An outline for data analysis in phytosociology: Past and present. Journal of Vegetation, 81: 17-28.

-Gauch, J.R. and Wentworth, T.R., 1976. Canonical correlation analysis as an ordination technique. Journal of Vegetatio, 33: 17-22.

-Ghafari, S., Ghorbani, A., Moameri, M., Mostafazadeh, R., Bidarlord, M. and Kakemami, A., 2020. Study the effective environmental factors on distribution of ecological plant groups in altitude gradient of Moghan-Sabalan rangelands. Journal of Range and Watershed Management, 73(1): 149-166.

-Ghahreman, A., 1993. Flora of Iran, Vol. 12. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. 127p.

-Ghazimoradi, M. and Ebrahimi, A.A., 2020. Modeling the potential habitat of *Ferula ovina* now and in the coming years using a generalized incremental model (Case study: Fereydunshahr, Isfahan). Iranian Journal of Range and Desert Research, 27(2): 321-333.

-Goldansaz, M., Azarnivand, H., Jafari, M. and Zare Chahouki, M.A., 2009.Investigation on autecology of *Eurotia ceratoides* in Nodoushan steppe rangeland. Journal of Rangeland, 3(4): 571-578.

-Jaberalansar, Z., Tarkesh Esfahani, M., Basiri, M. and Pourmanafi, S., 2017. Effects of environmental factors on forage production of Steppe and semi Steppe rangelads in western part of Isfahan province. Journal of Rangeland, 10(3): 302-314.

-Jafari, M., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., Zahedi Amiri, G.H. and Baghestani Meibodi, N., 2002. Investigation on relashonship between vegetation and soil physical and chemical properties using Multivariate analysis methods in Poshtkooh Rangelands of Yazd Province. Iranian Journal of Natural Resources, 55(3): 419-434.

-Jafari, M., Zare Chahuki, M.A., Tavili, A. and Kohandel, A., 2006. Soil vegitation relationships in rangelands of Qom province. Journal of Pajouhesh &Sazandegi, 73:110-116.

-Jangman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. and Van Tangeren, O.F.R., 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc Wageningen, 300p.

-Kazemi, S.M., Karimzadeh, H.R., Tarkesh Esfahani, M. and Bashari, H., 2019. The effects of long-term grazing management on vegetation and some soil characteristics (A case study: Hamzavi Research Station in Hanna- Semirom, Isfahan). Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 22(4): 15-27.

-Kent, M. and Ballard, J., 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. Journal of Vegetatio, 78(3): 109-124.

-Khajeddin, S.J. and Yeganeh, H., 2010. Studying the rangeland species relations with topographic and climatic factors in Karkas hunting prohibited region, Isfahan. Journal of Rangeland, 4(3): 380-391.

-Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H. and Soltani Gerdefaramarzi, M., 2012. Habitat

-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 Medical and Aromatic Plants, 31(6): 977-987.

-Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P., 2002. Canoco, reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.

- 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.

-Valizadeh, R., Ghadami Kohestani, M. and Melati, F., 2012. Chemical Composition, in situ degradability and in vitro gas production of Winterfat Plant (*Eurotia ceratoides*). Iranian Journal of Animal Science Research, 3(2): 159-165.

-Wang, G., Zhou, G., Yang, L. and Li, Z., 2002. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. Journal of Plant Ecology, 165: 169–181.

-Zare Chahouki, M.A., Mashgholi, M. and Hossein Jafari, S., 2016. Classification of vegetation cover related to environmental factors (Case study: Gharabagh Rangelands of Azarbaijan Province). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28(5): 995-1005.

suitability modelling of *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M. in North East of Semnan, using Ecological Niche Factor Analysis. Journal of Rangeland, 5(4): 362-373.

-Kia, F., Tavili, A. and Javadi, S.A., 2012. Relationship between some rangeland species distribution and environmental factors in Chahar-Bagh region of Golestan province. Journal of Rangeland, 5(3): 292-301.

-Kiasi, Y., Foroozeh, M.R., Mirdeylami, S.Z. and Niknahad, H., 2020. Environmental factors and the presence of medicinal species in Khosh Yeylagh Rangelands in Golestan Province. Journal of Rangeland, 3(14): 462-478.

-Korner, C., 2007. The use of "altitude" in ecological research. Journal of Trends in Ecology & Evolution, 22: 569-574.

-Lesvic, M.H., 1993. Hay meadow communities in western Norwey and relations between vegetation and environmental factors. Journal of Nord Botany, 13: 195-206.

-Salehi Ardali, A., Vahabi, M.R., Tarkesh Isfahani, M., Pourmanafi, S., Ghehsareh Ardestani, E. and Farhang, H.R., 2017. Investigation of environmental factors influence on *Gundelia tournefortii* L. distribution in Isfahan province. Iranian Journal of Applied Ecology, 6(21): 29-40.

-Sarmadian, F. and Jafari, M., 2001. Survey of forest soils of the educational research station of the Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 111 p.

Survey of habitat and response pattern of *Kraschenninnikovia ceratoides* (L.) Guldenst to environmental factors in Isfahan province

Z. Jaberolansar[1*], B. Bahreininejad[2], M. Borhani[2], H. Mirdavoodi[3]

1*- Corresponding author, Research Expert, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran, Email: zaryansary@gmail.com
2- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran
3- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran

Received:11/04/2020 Accepted: 06/05/2021

Abstract

Understanding the ecological characteristics of plant species and how they respond to environmental factors provides the information needed to manage vegetation and restore rangeland ecosystems. This study aimed to determine environmental factors affecting the habitat of *Kraschenninnikovia ceratoides* (L.) species and its response to changes in ecological factors in the rangelands of Isfahan province. Accordingly, canopy cover and density of *K.ceratoides* and the associated species were measured in 19 ecological sites using a random systematic sampling method. In each site, climate, physiography, and soil factors were identified. Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Generalized Additive Models (GAM) using CANOC4.5 software were used to investigate the vegetation relationship with environmental factors. The results showed that the response pattern of *K. ceratoides* along the gradient of absorbable potassium follows the incremental model. Conversely, the response of this species along the gradient of sand percentage, average annual temperature, and rock and gravel percentage has followed a decreasing model, and with increasing these factors, the percentage of canopy cover has decreased. The response pattern of *K. ceratoides*, along with the changes of the amount of absorbed phosphorus, the percentage of gypsum, and the altitude of the sea follow the bell model (Unimodal), and its optimal growth limit for these factors is 10 mg kg-1, 6.4%, and 2250 meters. The study of *K. ceratoides* species response along the gradient of topographic, soil, and climate factors provided valuable information to determine the ecological needs of this species that can be considered in vegetation management and rangeland improvement operations in similar areas.

Keywords: *Kraschenninnikovia ceratoides*, ordination, Generalized Additive Models (GAM), ecological factors, response curve.