نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص۱۹۴ -۱۷۹

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 179-194

مقاله علمی- پژوهشی

پاسخ گونه مرتعی اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرادیان‌های محیطی در رویشگاه‌های طبیعی استان خراسان رضوی

مجید دشتی[1*]، حمید رضا میر داودی[2]، سید فاضل فاضلی کاخکی[1] و نرجس عزیزی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

دشتی، م.، میر داودی، ح.، فاضلی کاخکی، س.ف.، عزیزی، ن.، ۱۴۰۰. پاسخ گونه مرتعی اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرادیان‌های محیطی در رویشگاه‌های طبیعی استان خراسان رضوی. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۱۹۴-۱۷۹.

چکیده

معرفی گونه‌های گیاهی مناسب و مطالعه رفتار آن‌ها نسبت به عوامل اکولوژیکی، راهنمای مؤثری در برنامه‌های مدیریتی در اراضی دیم با هدف تولید علوفه و پایداری تولید غلات و همچنین اصلاح و احیای مراتع تخریب شده است. با توجه به تولید علوفه مناسب و اندمیک بودن گونه اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi Boriss.*)، پاسخ این گونه به برخی از متغیرهای خاک و توپوگرافی، در رویشگاه‌های غالب گیاه در ارتفاعات شمالی رشته کوه‌های بینالود (کلاته آهن) و هزار مسجد (مریچگان) استان خراسان رضوی با استفاده از مدل‌جمعی تعمیم‌یافته (Generalized Additive Models؛ GAM) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که الگوی پاسخ این گونه در امتداد شیب درصد لاشبرگ سطح خاک و آهک خاک، از مدل افزایشی (Monotonic increase)، پیروی کرده، لذا با افزایش مقادیر این عوامل، فراوانی و درصد پوشش گیاهی آن نیز بیشتر می‌شود. برعکس، پاسخ این گونه در امتداد شیب درصد سنگ و سنگریزه سطح خاک، از مدل کاهشی (Monotonic decrease) و در امتداد شیب درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک، از مدل زنگوله‌ای (Unimodal) و در پاسخ به درصد سیلت و کربن آلی خاک از مدل دو نمایی (Bimodal) پیروی کرد. نتایج همچنین نشان دادند که میانگین تولید علوفه خشک این گونه در رویشگاه‌های مورد مطالعه برابر ۳۸/۵ گرم در بوته بود. این گونه عمدتاً در خاک‌های لومی شنی تا لومی سیلتی پراکنش دارد. حد بهینه رشد آن برای درصد شن، درصد عصاره اشباع به‌ترتیب ۵۰، ۳۵ و برای اسیدیته خاک، ۷/۸ است. رابطه بین تراکم گونه با ارتفاع از سطح دریا تا حدی افزایشی است، امّا پس از آن با افزایش ارتفاع به بیش از ۱۷۰۰ متر روند نزولی دنبال می‌کند. با توجه به نتایج فوق، کشت این گیاه به‌عنوان یک علوفه خوش‌خوراک در دیم‌زارهای کم‌بازده با میزان بارندگی بالاتر از ۲۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، رسته‌بندی، مدل‌جمعی تعمیم‌یافته، منحنی پاسخ گونه

مقدمه

سطح زیر کشت اراضی دیم کشور ۵،۱۸۴،۰۱۷ هکتار می‌باشد که تقریباً ۴۷ درصد از مجموع سطح زیر کشت محصولات زراعی را تشکیل می‌دهد. استان خراسان رضوی با ۸۳۲۵۰ هکتار، سهمی معادل ۶/۱ درصد از اراضی دیم محصولات زراعی کشور را به خود اختصاص می‌دهد (Ahmadi et al., 2019). متأسفانه سطح قابل توجهی از مراتع کشور در اثر عوامل مختلف از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، تغییرات اقلیمی و دیگر عوامل، تخریب یافته و برخی از این اراضی به کشت غلات دیم تغییر کاربری یافته، امّا به‌دلیل اقتصادی نبودن تولید این محصولات، در نهایت رها شده‌اند. در چنین شرایطی

۱- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

(*- نویسنده مسئول: (Email: m.dashti@areeo.ac.ir
DOI: 10.22067/agry.2021.20315.0

با توجه به نیاز کشور به پروتئین، لزوم توجه به کشت و معرفی گیاهان علوفه‌ای مناسب (به‌خصوص تیره بقولات) و نیز نقش تناوب آن‌ها در زراعت دیم بیش از بیش آشکار می‌شود. چرای بی‌رویه و خارج از فصل در مناطق مختلف و عدم تناسب تعداد دام با ظرفیت تولید علوفه در مراتع کشور موجب تقلیل جامعه‌ی گیاهان خوش‌خوراک یک منطقه وکاهش قدرت تأمین غذای دام‌های کشور شده است (Heidari Sharifabad & Torknejad, 2010; Dashti et al., 2020). در مناطق خشک و نیمه‌خشک عوامل محیطی نقش قابل ملاحظه‌ای در پراکنش گیاهان دارند (Gholinejad et al., 2020)، امّا از آن‌جا که همه گونه‌ها از درجه یکسانی از تحمل در برابر تغییرات عوامل محیطی برخوردار نیستند (Odum, 1971)، ضروری است برای معرفی گونه‌های مناسب جهت کاشت در برنامه‌های مدیریتی، به بررسی عکس‌العمل گونه‌ها در برابر عوامل محیطی پرداخته شود.

روش‌های مختلفی برای بررسی ارتباط بین پراکندگی گونه-های‌گیاهی در سطح فرد، با عوامل محیطی و پایداری در رقابت با سایر گونه‌های دیگر در یک رویشگاه معرفی شده‌اند (Bakkenes, 2002; Marvi Mohajer & Sefidi, 2012; Guisan et al., 1999). از تکنیک‌های مهم در این خصوص، می‌توان به مدل‌های GLM[1]، و GAM[2] برای احتمال حضور گونه و CCA[3]، ANNs[4]، ENFA[5] و PCA[6] برای بررسی عوامل مؤثر در پراکنش گونه و پیش‌بینی مکانی رویشگاه مناسب برای استقرار گونه‌های هدف اشاره نمود (Robertson et al., 2003; Berg et al., 2004; Moisen, 2002). مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) از جمله کاربردی‌ترین روش‌ها جهت تجزیه و تحلیل عکس‌العمل گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی است (Austin et al., 2006 ; Kleyer et al., 2012). میرداودی (Mirdavoudi, 2013) پاسخ گونه‌های‌گیاهی شاخص به عوامل محیطی در بلوطستان‌های غرب را با استفاده از GAM مطالعه نمود و نشان داد که عکس‌العمل گونه‌های مهاجم، به‌شدت چرای دام و عوامل متأثر از آن، مثل وزن مخصوص خاک، یک پاسخ افزایشی است. بررسی گونه‌های *Bromus tomentellus* Boiss. و *Achillea millefolium* L. به تغییرات محیطی، با استفاده از GAM نیز نشان داد که میزان شن خاک، تأثیر مثبتی در توزیع گونه *B. tomentellus* داشته، درحالی‌که این متغیر بر حضور گونه *A. millefolium* L. اثر معکوس داشت (Heydari et al., 2017). در مطالعه دیگر با استفاده از مدل فوق، پاسخ گونه‌های‌گیاهی شاخص به عوامل محیطی، در رویشگاه‌های درمنه دشتی در استان مرکزی، بررسی و رشد مطلوب این گونه در ارتباط با عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، مشخص شد (Faraji, 2014).

گیاه اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) از گونه‌های مهم مرتعی است که در اکوسیستم‌های مرتعی استان‌های خراسان شمالی، رضوی و گلستان رویش دارند. از جمله گونه‌های علفی چند ساله مرغوب مرتعی است که عمدتاً به‌صورت گونه همراه در ترکیب با تیپ‌های مراتع ییلاقی در شمال شرقی کشور دیده می‌شود. علوفه این گیاه با کیفیت و خوش‌خوراک بوده و در تمام مراحل رویشی و زایشی مورد چرا قرار می‌گیرد (Rechinger, 1984). نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی این گیاه نشان داد که میزان پروتئین خام در مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدن بذر به‌ترتیب برابر با ۲۷/۷، ۲۰/۶۷ و ۱۳/۰۶ درصد و ارزش رجحانی آن برای گوسفند و بز حدود ۷۵ ٪ بوده که برای تغذیه دام قابل ملاحظه می‌باشد (Abarsaji et al., 2007).

بهره‌برداری غیر اصولی و مفرط از این گونه مرتعی موجب کاهش تراکم این گونه در عرصه‌های غیر حفاظتی گردیده و جزء گونه‌های در معرض خطر قرار گرفته است. با توجه به سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی در توسعه علوفه دیم، کشت گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات در تناوب زراعت دیم غلات، و اهمیت این گونه در تولید علوفه دیم، ضرورت شناخت ویژگی‌های آن با هدف بالا بردن ضریب موفقیت استفاده از این گونه در شرایط اکولوژیک مشابه از اهمیت خا صی برخوردار است. لذا این تحقیق با هدف بررسی پاسخ این گونه به تغییرات عوامل محیطی در رویشگاه‌های طبیعی این گونه در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برخی از نیازهای اکولوژیک گونه اسپرس کپه داغی، پاسخ گونه به شیب تغییرات محیطی در رویشگاه طبیعی آن در ارتفاعات شمالی بینالود مشرف به روستای کلاته آهن و ارتفاعات هزار مسجد مشرف به روستای مریچگان به‌سمت گرو به‌ترتیب در فواصل

1- Generalized Linear Model
2- Generalized Additive Model
3- Canonical Correspondence Analysis
4- Artificial Neural Networks
5- Ecological Niche Factor Analysis
6- Principal Components Analysis

۱۴ کیلومتری غرب و ۸۰ کیلومتری شمال غرب م شهد مورد مطالعه قرارگرفت (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱- مشخصات محل پراکنش گونه *H. kopetdaghi* Boriss. در رویشگاه‌های معرف استان خراسان رضوی

Table 1- Specifications of *H. kopetdaghi*s Boriss. distribution in the representative habitats of Khorasan Razavi province

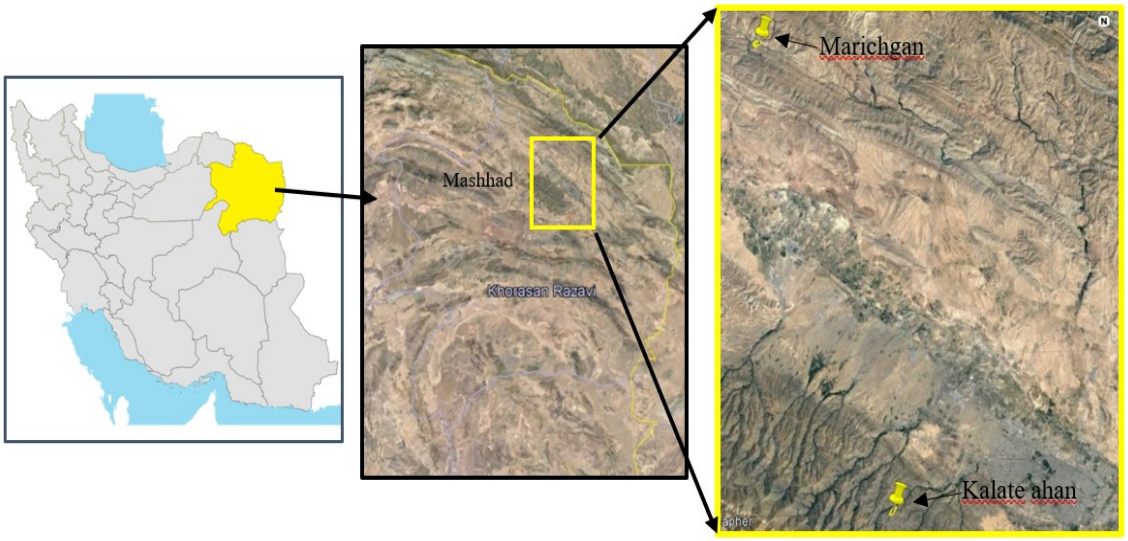
خصوصیات رویشگاه Habitat characteristics	کلاته آهن طرقبه (Torghabeh- Kalate Ahan)	ارتفاعات مریچگان Marichgan
عرض جغرافیایی Latitude	36° 16′ 43″ to 36° 17′ 12″	36° 55′ 33″ to 36° 56′ 00″
طول جغرافیایی Longitude	59° 16′ 46″ to 59° 17′ 20″	59° 03′ 48″ to 59° 04′ 38″
ناحیه‌رویشی Chorotype	ایرانی- تورانی Irano-Tourani	ایرانی- تورانی Irano-Tourani
اقلیم رویشی Ecological zone type	استپی و نیمه‌استپی Steppe and semi-steppe	استپی و نیمه‌استپی Steppe and semi-steppe
متوسط بارش سالانه Mean annual precipitation (mm)	253	235
متوسط دمای‌سالانه (درجه سانتی‌گراد) Mean annual temperature °C	15.7	16.3
اقلیم Climate	نیمه‌خشک سرد Cold semi-dry	نیمه‌خشک سرد Cold semi-dry
دامنه ارتفاعی (متر) Altitude range (meters)	1670 - 1820	1560 - 1780
متوسط شیب غالب (درصد) Mean slope (%)	26	20
جهت جغرافیایی غالب Geographical aspects	شمال و شمال شرق North and Northeast	شمال و شمال شرق North and Northeast
تیپ اراضی و واحد اراضی Land type and land unit	کوهستان، تپه Mountain, Hill	کوهستان، تپه Mountain, Hill
بافت خاک Soil texture	لومی شنی- لومی سیلتی Sandy loam- Ssilty loam	لومی شنی Sandy loam
تیپ سازند و لیتولوژی Lithology	آهکی Calcareous	آهکی Calcareous

انتخاب محدوده مورد مطالعه، به‌نحوی در نظر گرفته شد که دامنه وسیعی از پراکنش و حضور گونه مورد پژوهش را در بر داشته باشد. حداقل و حداکثر دمای مطلق ایستگاه به‌ترتیب ۲۱/۰- و ۴۳/۸ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر بارندگی به‌ترتیب ۲۲۵ تا ۲۷۰ میلی متر و اقلیم مناطق مورد مطالعه نیمه‌خشک سرد بود. به‌لحاظ سیمای ظاهری، رویشگاه‌های گونه مورد مطالعه عمدتاً کوهستانی بوده و حداقل و حداکثر ارتفاع به‌ترتیب برابر با ۱۵۶۰ تا ۱۸۲۰ متر از سطح دریا است. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به‌روش سیستماتیک- تصادفی (Arzani & Abedi, 2015) انجام شد. برای این منظور، بسته به شیب تغییرات محیطی، پنج ترانسکت با فاصله یکسان نسبت به هم درنظر گرفته شدند و روی هر یک از آن‌ها، شش پلات با فواصل یکسان مستقر و موقعیت جغرافیایی هر یک از پلات‌ها ثبت شد.

به‌منظور رعایت اصل تصادفی بودن پراکنش پلات‌ها، نقطه شروع هر یک از ترانسکت‌ها، با توجه به خط پایه، یکسان در نظر گرفته نشد. طول ترانسکت‌ها به‌طور مساوی تقریباً یک کیلومتر و فاصله آن‌ها ۲۰۰ متر درنظر گرفته شد.

پس از استقرار شبکه نمونه‌برداری در هر یک از واحدهای اکولوژیکی، تعداد پایه‌ها و درصد پوشش‌تاجی هر یک از گونه‌های گیاهی داخل پلات‌ها و رشد سال جاری اسپرس کپه داغی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلیه پارامترها در مرحله گل‌دهی صورت گرفت. تعداد

پایه‌ها از طریق شمارش و پوشش‌تاجی آن‌ها از طریق برآورد نظری، تخمین زده شد.



شکل ۱- موقعیت رویشگاه‌های مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی
Fig. 1- Location of the studied habitats in the Iran and Khorasan Razavi province

مقدار تولید سال جاری گیاه از طریق قطع و توزین اندازه‌گیری گردید. علاوه براین در هر پلات، درصد پوشش‌تاجی کل، درصد سنگ و سنگریزه، درصد خاک لخت و درصد لاشبرگ نیز محاسبه گردید. به‌منظور بررسی اثر عوامل محیطی بر پراکنش گونه مورد پژوهش، از هر یک از پلات‌ها، یک نمونه مرکب خاک تا عمق ریشه‌دهی گیاه برداشت گردید و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها شامل بافت خاک، اسیدیته، درصد آهک، کربن آلی و درصد رطوبت اشباع خاک اندازه‌گیری شد (Aliyahiaei & Behbahanizad, 1993). به‌منظور بررسی فعالیت‌های حیاتی گیاه (فنولوژی)، تقویم رشد گیاه در مراحل مختلف رویشی، گل‌دهی، رسیدگی و ریزش بذر، خشک شدن گیاه و مرحله رکود و خواب زمستانه ثبت گردید و دیاگرام فنولوژیکی گیاه در انطباق با منحنی آمبروترمیک، ترسیم شد. برای پیش‌بینی پاسخ گونه-های‌گیاهی به تغییرات عوامل محیطی از مدل افزایشی‌تعمیم‌یافته (GAM) استفاده شد (Traore et al., 2012; Godefroid & Koedam, 2004). آنالیز تابع اتصال لگاریتمی[1] و توزیع خطا پوآسون[2] برای برازش مدل افزایشی تعمیم‌یافته مورد استفاده قرار گرفت. توابع تبدیل هموار توسط هموارسازی به‌روش اسپلین درجه سوم[3] با درجه آزادی سه یا کمتر از سه برازش شد (Leps & Smilauer, 2003; Traore et al., 2012). به‌منظور رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه‌ها، معیار اطلاعاتی آکائیک[4]، به‌کار گرفته 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 می‌کند (Akaike, 1974). هرچه مقدار AIC کوچک‌تر باشد، در نتیجه، متغیر مورد نظر دارای اثرگذاری بیشتر بر عملکرد گونه (درصد پوشش‌تاجی، تولید، ارتفاع) دارد یا اینکه مدل ارائه شده، مناسب‌ترین مدل در برازش منحنی عکس‌العمل گونه می‌باشد. معیار درصد پوشش گیاهی، برای بررسی روابط گونه و محیط، مورد استفاده قرار گرفت و دامنه بوم‌شناختی در تابع پاسخ گوسی از "مقدار بهینه ± بردباری"، محاسبه گردید (Ardakani, 2009). جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Canoco نسخه ۴/۵ (Ter Braak & Smilauer, 2002) استفاده شد.

1- Log link function
2- Poisson error distribution
3- Cubic spline smoother
4- Akaike Information Criterion; AIC

نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که که این گونه در رویشگاه‌های مورد مطالعه تشکیل تیپ غالب نداده و به‌عنوان گونه همراه مشاهده می‌گردد. گونه‌های *Poa bulbosa* L.، *Artemisia sieberi* Bess.، *Serratula latifolia* Bioss. و *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljak. به‌عنوان تیپ‌های گیاهی مهم در رویشگاه‌های این گونه حضور داشتند. در تأیید نتیجه فوق ابرسجی و همکاران (Abarsaji et al., 2007) نیز گزارش کردند گونه فوق در مراتع استان گلستان به‌علت شرایط توپوگرافی و اقلیمی خاص، تشکیل تیپ نداده و به‌صورت لکه ای ظاهر می‌شود. میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک و همچنین برخی از خصوصیات گونه *H. kopetdaghi* Boriss. در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری زیست‌توده گیاه با میانگین ۳۸/۵ گرم در بوته و حدود ۴/۴ گرم ماده خشک در مترمربع بیانگر پایین بودن تراکم گیاه در رویشگاه‌های مورد مطالعه می باشد (جدول ۲). به نظر می‌رسد علت پراکنده بودن آن در رویشگاه‌ها و عدم انتشار یکنواخت این گونه، ورود غیر اصولی دام به رویشگاه‌های آن در گذشته بوده که در اثر خوش‌خوراکی زیاد و چرای سنگین از بین رفته و تنها در نقاطی که شرایط مناسب بوده و یا از دسترس دام دور مانده است به‌صورت لکه‌ای بقای خود را حفظ نموده است. نتایج حاصل از بازدیدهای صحرایی نیز نشان داد که این گونه در معرض چرای سنگین می‌باشد که این امر ممکن است سبب آسیب رساندن به گیاه و در معرض خطر قرار گرفتن آن شود (Abarsaji et al., 2007). متوسط درصد پوشش گیاهی برخی از گونه‌های مهم (غالب) در رویشگاه‌های مورد مطالعه، در شکل ۲ ارائه شده است.

خصوصیات رویشگاهی مناطق مورد مطالعه

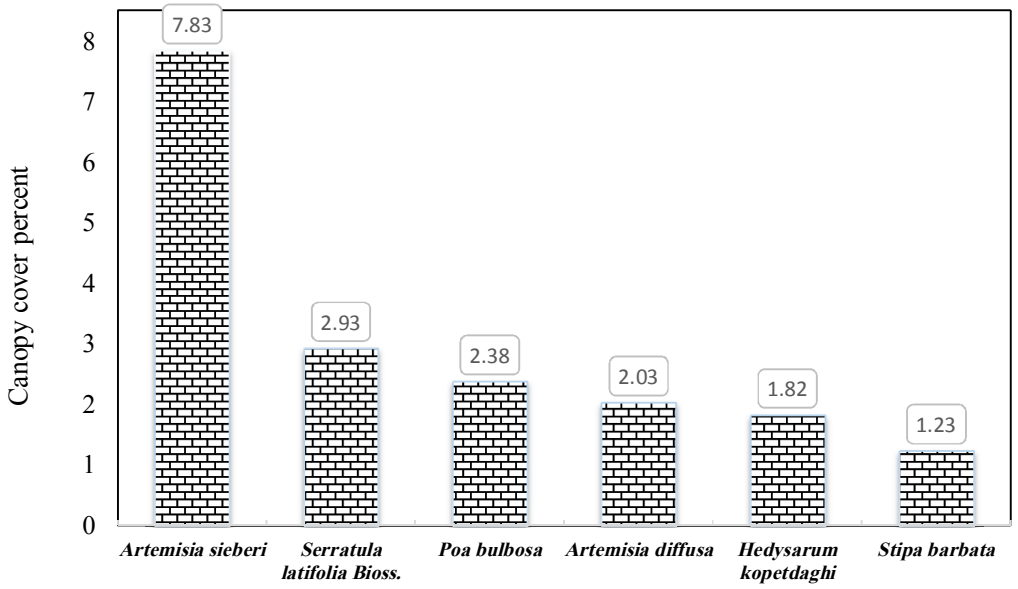
رویشگاه گونه مورد مطالعه در شیب‌های شمالی و شمال شرقی رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد با ارتفاع متوسط ۱۷۰۰ متر از سطح دریا ا ست. مناطق فوق عمدتاً کوه ستانی بوده و از سازندهای آهکی (بعضاً مارنی) با خاک نسبتاً کم عمق و بیرون زدگی سنگی بالا و مجموعه سنگ‌های آذرین و دگرگونی تشکیل شده‌اند. اقلیم منطقه در روش آمبروژه و دومارتن، نیمه‌خشک سرد، متوسط بارندگی سالانه ۲۴۵ میلی متر و دارای حداقل دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج حاصل از میانگین عوامل محیطی مورد برر سی و نیز تعیین حدود خ صو صیات اکولوژیکی مورد مطالعه (پایین‌ترین و بالاترین مقدار عامل اکولوژیک) در رویشگاه‌های *H. kopetdaghi* در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس مقادیر متغیرهای ا سیدیته خاک معادل ۷/۷ تا ۸/۰، آهک ۱/۴-۴۸/۸ در صد، کربن‌آلی خاک ۰/۴-۱/۰ درصد، رطوبت اشباع خاک ۱۲/۹- ۳۵/۱ درصد می‌باشد. بافت خاک لومی شنی تا لومی سیلتی و درصد بیرون‌زدگی سنگی ۲۵- ۰ درصد است.

نتایج بررسی همبستگی بین درصد پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi* و عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، نشان داد که پراکنش این گونه با عواملی مانند درصد آهک و درصد لاشبرگ سطح خاک، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با درصد رس خاک و درصد سنگ و سنگریزه سطح خاک همبستگی منفی دارد (جدول ۴). نتایج فوق با یافته‌های دشتی و همکاران (Dashti et al., 2021) در گیاه *Onobrychis chorassanica* Bunge. موافقت دارد.

جدول ۲- میانگین ± خطای استاندارد ویژگی‌های گونه *H. kopetdaghi* Boriss. و پوشش سطح خاک در رویشگاه‌های مورد مطالعه

Table 2- Mean and SE of soil surface properties and *H. kopetdaghi* Boriss. characteristics of studied habitats

رویشگاه Habitats	پوشش‌تاجی کل Total canopy cover (%)	درصد لاشبرگ Litter (%)	خاک لخت Bare soil %	سنگ و سنگریزه Rock and gravel (%)	*H. kopetdaghi* پوشش تاجی Canopy cover (%)	*H. kopetdaghi* تعداد پایه‌ها No. stands. m^{-2}	*H. kopetdaghi* زیست‌توده خشک Biomass ($g.m^{-2}$)
کلاته آهن Kalate Ahan	28.2 ± 12.9	41.9 ± 8.2	13.8 ± 6.4	16.2 ± 12.0	1.82 ± 1.5	0.21 ± 0.02	6.64 ± 6.3
مریچگان Marichgan	34.7 ± 18.0	38.3 ± 3.0	16.8 ± 6.4	10.2 ± 6.0	0.5 ± 0.2	0.05 ± 0.01	2.14 ± 1.1



شکل ۲- درصد پوشش گیاهی گونه‌های مهم در رویشگاه‌های مورد مطالعه
Fig. 2- Mean canopy cover percentage for major species in habitats

جدول ۳- حداقل، حداکثر و میانگین(± خطای استاندارد) مقادیر عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه *H. kopetdaghi* Boriss.
Table 3- Minimum, maximum and mean (±SE) amounts of environmental factors affecting the *H. kopetdaghi* distribution

عوامل محیطی Environment factors	بالاترین Max.	پایین‌ترین Min.	میانگین± خطای استاندارد Mean±SE	عوامل محیطی Environment factors	بالاترین Max.	پایین‌ترین Min.	میانگین± انحراف استاندارد Mean±SE
درصد کربن‌آلی خاک Soil O.C. %	1.0	0.4	0.66 ± 0.19	درصد شن (Sand %)	62	38	51.5 ± 7.4
ارتفاع از سطح دریا Altitude (m. ASL)	1820	1560	1757 ± 15	درصد سیلت (Silt %)	42	26	33.3 ± 5.1
درصد شیب زمین (Slope %)	35	14	26 ± 6	درصد رس (Clay %)	26	8	15.2 ± 4.7
درصد خاک لخت (Bare soil %)	50	0	10 ± 7	اسیدیته خاک (pH)	8.0	7.7	7.9 ± 0.1
درصد سنگ و سنگریزه (Rock and gravel %)	41	1	16 ± 8	درصد آهک (TNV %)	48.8	1.4	16.5 ± 15.1
درصد لاشبرگ (Litter %)	68	10	42 ± 13	درصد رطوبت اشباع خاک (SP %)	35.1	12.9	26.1 ± 8.5
بارندگی سالیانه Annual precipitation (mm)	270	225	250 ± 20	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	0.4	0.8	0.6 ± 0.2

جدول ٤- همبستگی معنی‌دار بین خصوصیات فیزیکی خاک با درصد پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi*

Table 4- Correlation coefficient between soil physical characteristics and canopy cover percent of *H. kopetdaghi* Boriss.

عوامل محیطی (درصد) Environment factors (%)	سطح معنی‌داری Significant area	ضریب همبستگی Correlation coefficient
آهک TNV	0.000	0.866
لاشبرگ Litter	0.000	0.845
رس Clay	0.032	-0.618
سنگ و سنگریزه Rock and gravel	0.031	-0.621

منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به عوامل محیطی

نتایج به‌کارگیری مدل‌جمعی تعمیم‌یافته با توزیع خطای پوآسون، نشان داد ند که از ۱۳ متغیر محیطی مورد مطالعه، نه متغیر بر درصد پوشش *H. kopetdaghi* معنی‌دار بودند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج برازش مدل‌جمعی تعمیم‌یافته هر یک از متغیرهای معنی‌دار بر درصد پوشش

متغیر محیطی Environment variables	P	F	معیار اطلاعاتی آکائیک Akaike information criterion
درصد شن Sand	0.00004**	14.1	156.4
درصد سیلت Silt %	0.00001**	16.5	144.7
اسیدیته pH	0.00528**	5.7	255.4
درصد آهک TNV %	0.00001**	55.2	57.8
درصد کربن‌آلی خاک Soil O.C. %	0.0039**	6.1	247.3
درصد عصاره اشباع خاک SP %	0.00001**	46.4	59.9
درصد شیب Slop %	0.00421**	6.1	246.5
درصد لاشبرگ Litter %	0.00001**	23.0	122.3
درصد سنگ و سنگریزه Rock and gravel %	0.00288**	6.6	242.4

F آماره آزمون محاسبه شده برای معنی‌داری برازش مدل، P مقدار سطح احتمال به‌دست آمده از آزمون برازش مدل

F Test calculated for model fit significance; P Value level of probability obtained from model fit test

** معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۱ ** is significant in 1% probability level

Table 5- The results of fitting GAM of each of the significant variables to *H. kopetdaghi* Boriss.

نتایج همچنین نشان داد که اسپرس کپه داغی، بیشتر روی خاک‌های لومی شنی تا لومی سیلتی پراکنش دارد. به‌طوری‌که در مقادیر متوسط شن (حدود ۵۰ درصد) و سیلت خاک (حدود ۳۵ درصد)، بالاترین عملکرد را دارد. ابرسجی و همکاران (Abarsaji et al., 2007) نیز حضور این گونه را در خاک‌های لیتوسل آهکی مراتع استان گلستان گزارش نموده‌اند. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد رویشگاه‌های

اسپرس کپه داغی روی خاک‌های با بافت سیلتی لوم بدون شوری ظاهر می‌شود. به‌نظر 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 فیضی و همکاران (Feizi et al., 2003)، خلاصی اهوازای و همکاران (Khalasi Ahvazai et al., 2011) و دشتی و همکاران (Dashti et al., 2021) همسو می‌باشد. به‌طورکلی، بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تأثیر قرار داده و عامل مهمی در دسترس بودن مواد غذایی و یک عامل در پتانسیل فرسایشی خاک می‌باشد (Esfanjani et al., 2017; Alavi et al., 2017).

با توجه به عکس‌العمل معنی‌دار گونه *H. kopetdaghi* Boriss در رابطه با عوامل فوق الذکر در مناطق مورد مطالعه، منحنی پاسخ این گونه نسبت به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، مورد بررسی قرارگرفت (شکل ۳). پاسخ گونه مورد مطالعه در ارتباط با متغیر درصد سنگ و سنگریزه در سطح خاک از مدل کاهشی (Monotonic decrease) پیروی کرده و با افزایش مقدار این عامل، حضور و درصد پوشش گیاهی آن کاهش می‌یابد (شکل A ۳). برعکس، پاسخ این گونه به درصد لاشبرگ و آهک به‌صورت افزایشی (Monotonic increase) بوده و با افزایش مقادیر این عوامل، فراوانی و درصد پوشش گیاهی آن نیز بیشتر می‌شود (شکل B,C ۳). به نظر می‌رسد افزایش درصد لاشبرگ منجر به افزایش فراوانی و درصد پوشش گیاه به‌دلیل ایجاد بستر مناسب برای بذر و همچنین فراهم نمودن رطوبت لازم برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار آن شده است. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های کارسی هینز و دیاز آگویلار (Diaz & Carcey Hincz Aguilar (2011)، ویسی و همکاران (Wassie et al., 2009) و لاریس و واردل(Laris & Wardell, 2006) مطابقت دارد. در تأیید نتایج فوق پاسخ گونه اسپرس خراسانی نیز به شیب درصد آهک افزایشی می‌باشد (Dashti et al., 2021)

بررسی درصد پوشش گیاهی مورد مطالعه در ارتباط با متغیرهای درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به‌صورت زنگوله‌ای یا تک‌نمایی (Unimodal) است. بدین ترتیب که با افزایش درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک، به‌ترتیب تا۵۰، ۳۵ و ۷/۸ درصد، فراوانی گونه *H. kopetdaghi*، افزایش و پس از آن و در محدوده مورد مطالعه، با افزایش مقادیر این عوامل، روند کاهشی نشان داده است. در مورد عامل محیطی درصد شن، حضور این گونه از مقدار ۳۵ درصد آغاز و تا ۶۵ درصد ادامه داشته و در خارج از این محدوده، حضور نداشته است (شکل D ۳). در ارتباط با عامل درصد عصاره اشباع خاک نیز حضور این گونه از مقدار ۲۵ درصد آغاز و تا ۴۵ درصد ادامه داشته و در خارج از این محدوده، پراکنش گونه ملاحظه نگردید (شکل E ۳). دامنه تغییرات اسیدیته خاک در منطقه پراکنش گونه نیز محدود بوده و در دامنه ۷/۷ تا ۸ قراردارد (شکل F ۳). در تأیید نتایج فوق ابرسجی و همکاران (Abarsaji et al., 2007) نیز دامنه تغییرات اسیدیته خاک رویشگاه‌های اسپرس کپه داغی را بین ۷/۵ تا ۷/۹ گزارش نموده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر رحیمی (Rahimi, 1999) نتیجه گرفتند تراکم اسپرس خراسانی در محدوده pH بین ۷ تا ۷/۲ کم است، امّا با افزایش اسیدیته تا ۷/۶، تراکم گیاه افزایش می‌یابد.

نتایج نشان دادند عکس‌العمل گونه *H. kopetdaghi* به درصد سیلت بافت خاک، درصد کربن آلی خاک و درصد شیب زمین در رویشگاه‌های مورد مطالعه از مدل دومد یا دو نمایی (Bimodal) پیروی می‌کند، این مدل، نشان‌دهنده وجود یک محدودیت رقابتی در طول شیب محیطی است. بدین ترتیب که حضور گونه در امتداد شیب عوامل فوق دارای دو نقطه رشدی بهینه است. بدین ترتیب که درصد فراوانی و پوشش گیاهی گونه مورد مطالعه با افزایش درصد سیلت خاک تا ۳۵ درصد، افزایشی بوده و از آن به بعد با افزایش میزان سیلت خاک تا ۴۰ درصد حضور گونه کاهش یافته و مجدداً با افزایش درصد سیلت خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه افزایش می‌یابد (شکل G ۳). به طور مشابه پاسخ گونه فوق با افزایش درصد کربن آلی خاک تا ۰/۶۵ در صد افزایشی بوده و از آن به بعد با افزایش در صد کربن آلی خاک تا ۰/۹ درصد حضور گونه کاهش یافته و مجدداً با افزایش کربن آلی خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه افزایش می‌یابد (شکل H ۳). دشتی و همکاران (Dashti et al., 2021) گزارش کردند عکس‌العمل گونه اسپرس خراسانی به درصد کربن آلی از مدل زنگوله‌ای تبعیت می‌کند. نتایج همچنین نشان دادند در صد فراوانی و پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi* با افزایش درصد شیب زمین تا ۲۰ در صد کاهشی بوده و سپس با افزایش در صد شیب زمین تا ۳۰ درصد حضور گونه افزایش یافته و مجدداً با افزایش درصد شیب خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه کاهش یافته است (شکل I ۳). به‌نظر می‌رسد در اراضی با شیب بالا، نزولات جوی به‌صورت رواناب حرکت کرده و فرصت کمتری جهت نفوذ در خاک داشته و لذا شرایط برای استقرار این گونه فراهم نمی‌باشد. برخی از محققین نیز به اثر شیب بر

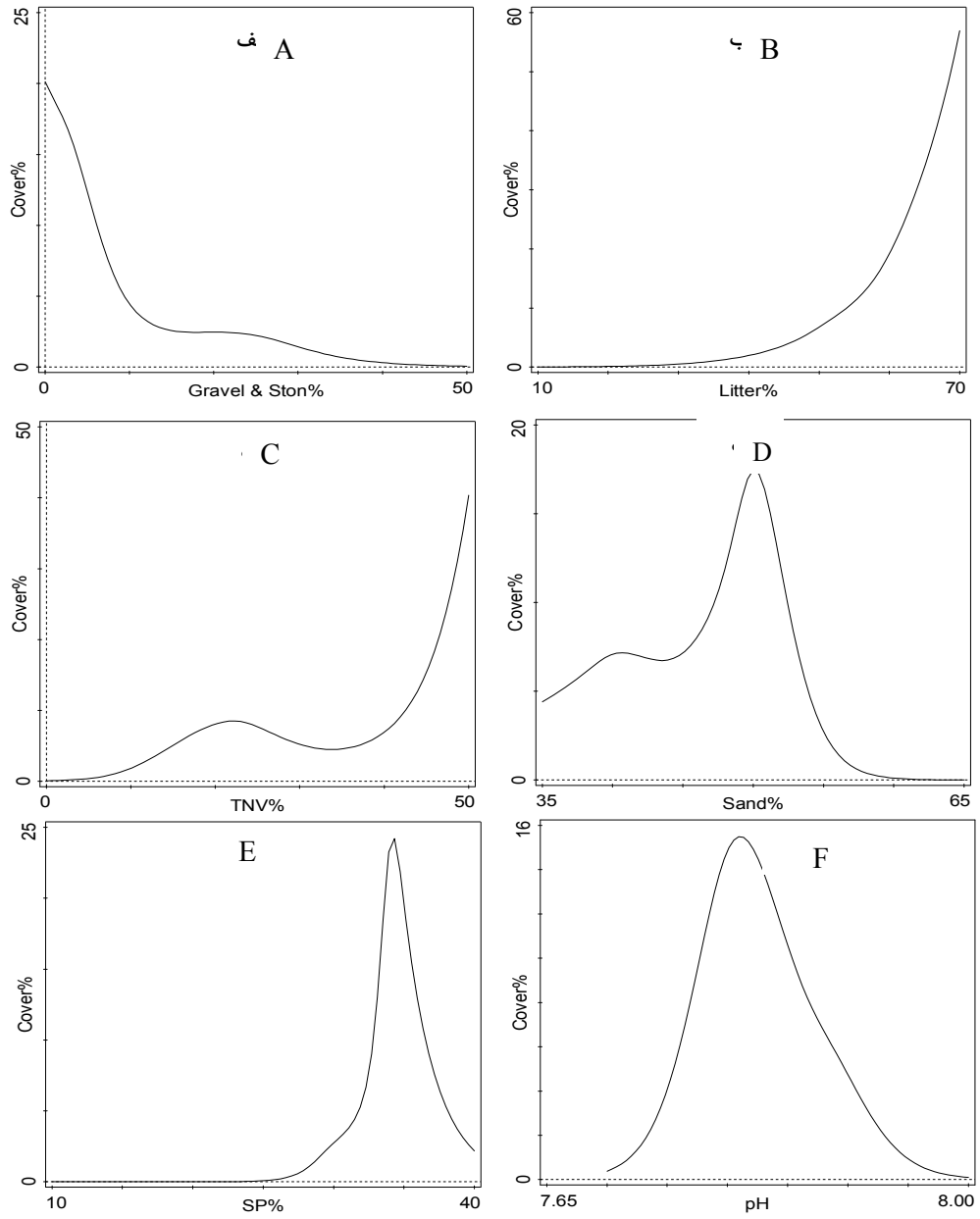
عملکرد برخی از گونه‌ها، اشـــاره کرده‌اند (Alavai et al., 2013). حضور گونه فوق در رویشگاه‌ها عمدتاً در شیب‌های شمال و شمال شرق بوده و حضور کمتری در شیب‌های جنوب و غرب دارد. به نظر می‌رسد کاهش حضور این گونه در شیب‌های جنوبی و غربی می‌تواند تا حدودی به‌دلیل محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر کاهش رطوبت خاک، افزایش دماو توان تولید پائین اکوســیســتم در این شــیب‌های جغرافیایی باشد. در تأیید این نتایج گزارش شده است که حضور گونه *Bromus tomentellus* در مناطق گرم به‌ویژه جهات جغرافیایی جنوب و جنوب غرب کـاهش می‌یـابـد (Kolahi et al., 2014). شــیب‌های شــمالی به‌دلیل کاهش شــدت تابش و دماو نیز افزایش رطوبت خاک شرایط مناسب‌تری برای حضور گیاه فراهم می‌سازند. از طرفی، به‌دلیل خواب فیزیکی ناشی از پوسته سخت بذر می‌توان اظهار نمود در شیب‌های شمالی که رطوبت بیشتر است، شستشوی مواد بازدارنده موجود در غلاف بذر می‌تواند منجر به شکستن خواب بذر و افزایش درصد جوانه‌زنی شود (Dashti et al., 2021). حسین جعفری و همکاران (Hossein Jafari et al., 2019) نیز با مطالعه تأثیر توپوگرافی و خاک نشــان دادند رطوبت بالای خاک و درصــد ســیلت منجر به افزایش پارامتر های رویشـــی *Ferula pseudalliacea* می‌شوند.

مراحل رشد گونه *H. kopetdaghi* در استان خراسان رضوی

نتایج دو ساله حاصل از مطالعات فنولوژی گونه *H. kopetdaghi*، نشــان داد که با گرم شــدن تدریجی هوا از اواســط فروردین، لپه‌ها بالای ســطح خاک آمده و ســبز شــدن گیاهچه‌ها با ظهور دو برگ کوچک لپه‌ای آغاز می‌شـود. رشـد گیاهان در سـال اول کند بوده و با افزایش رشــد ریشــه‌ها، اســتقرار خود را کامل می کنند، لذا به‌منظور اســتقرار گیاهان کشــت شــده، برداشــت گیاهان در این ســال توصــیه نمی شود. گیاهان از سال دوم رشد به بعد از ریشه‌های عمیق و قوی برخوردار بوده و برای دسترسی به آب و تحمل خشکی تا عمق زیادی (بیش از دو متر) درخاک نفوذ می‌نماید. رشد مجدد گیاهان از اواسط اســفند از محل طوقه آغاز شــده و با افزایش دمای هوا و شــدت نور، رشد رویشی برگ‌ها و ساقه‌ها تا نیمه دوم فروردین ماه به‌سرعت انجام می‌گردد. از اوایل اردیبهشــت به‌تدریج غنچه‌ها ظاهر شــده و با ظهور گل‌ها مرحله گل‌دهی تا اواخر اردیبهشــت و اوایل خرداد ادامه می‌یابد، لذا درصورتی‌که هدف از کشت گیاه جمع آوری علوفه است، این دامنه زمانی مناسب‌ترین زمان می‌باشد. با پایان گل‌دهی به‌تدریج غلاف‌ها از اوایل تا اواسط خرداد ماه تشکیل شده و بذور به‌تدریج از اواسط خرداد تا اواسط تیر وارد مرحله رسیدگی شده و در اثر وزش باد و خشکی هوا تا اوایل ماه مرداد کاملاً ریزش می‌کنند، بنابراین به‌منظور ممانعت از ریزش بذور و کشت آن در سال‌های آینده، بهتر است جمع‌آوری بذور تا هفته اول مرداد انجام گیرد (Abarsaji et al., 2007). همزمان با شروع تشکیل بذر، برگ‌ها به‌تدریج از پایین بوته شروع به زرد شدن نموده و همزمان با ریزش بذور، برگ ها به تدریج ریزش نموده و اندام‌های هوایی گیاه از اواخر مرداد تا اوایل شهریور خشک شده و به خواب می‌رود. دیاگرام رشــد گیاه در انطباق با منحنی آمبروترمیک، در شکل ۵ ارائه داده شده است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده اکولوژیکی نیازمند روش‌های تحلیلی انعطاف‌پذیر و قوی اســت که بتواند روابط غیرخطی، اثرات متقابل و داده‌های از دســت رفته را کنترل کند. اگرچه رگرســیون‌های چند متغیره نظیر مدل افزایشـــی تعمیم‌یافته می‌توانند در بیان آشــیان اکولوژیک یک گونه خاص نقش داشــته باشــند و این دامنه اکولوژیک می‌تواند شــامل تأثیرات متقابل عوامل غیرزنده و زنده باشــد، ولی نقش نســبی فاکتورهای زنده نظیر رقابت گونه‌ها در مقایسه با عوامل غیرزنده مشخص نیست و این از جمله مســائلی اســت که نیاز به تحقیقات بیشــتری دارد. در مجموع، نتایج اولیه این پژوهش، نشـــان داد که گونه اســپرس کپه داغی به تغییرات عواملی مثل بافت خاک، در صد رطوبت اشباع، در صد آهک، درصد کربن آلی، اسیدیته، درصد شیب زمین و درصد لاشبرگ سطح خاک عکس‌العمل معنی‌داری نشـــان داده که از بین این عوامل؛ بافت خاک، درصــد آهک و درصــد رطوبت اشــباع خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حضور و عملکرد این گونه می باشند

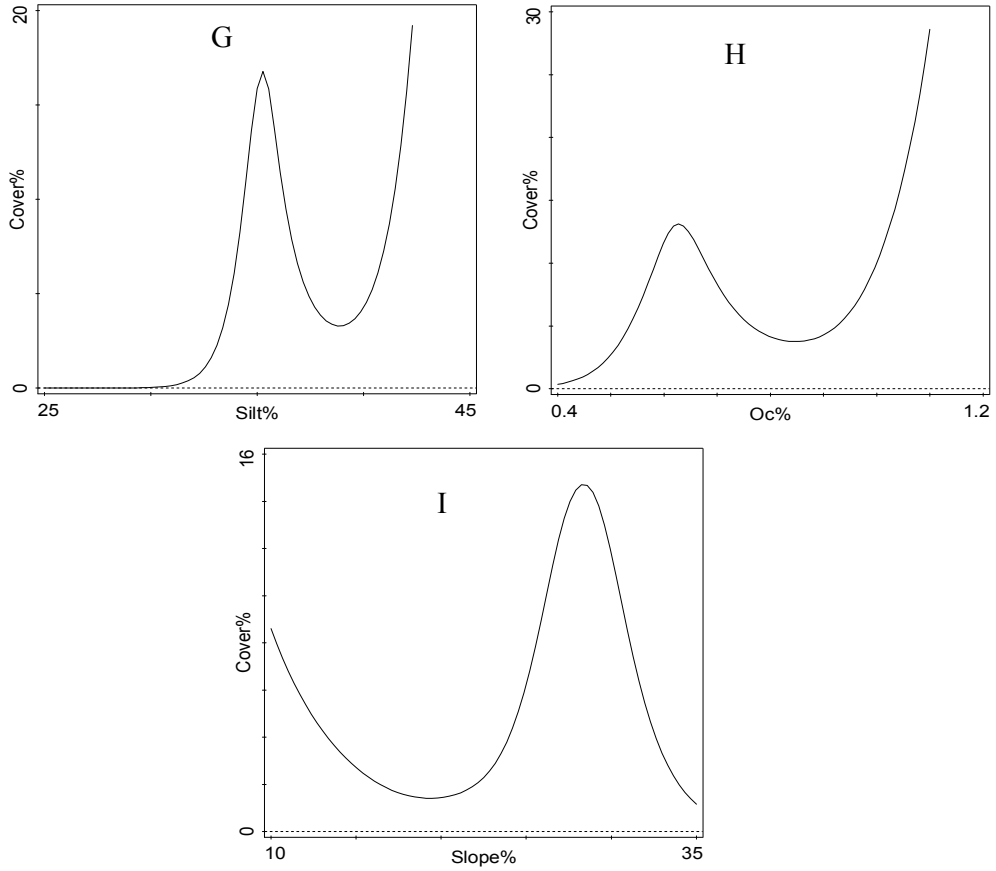


شکل ۳- منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به متغیرهای تبیینی معنی‌دار

Fig. 3- Response curve of *H. kopetdaghi* Boriss. species to significant variables

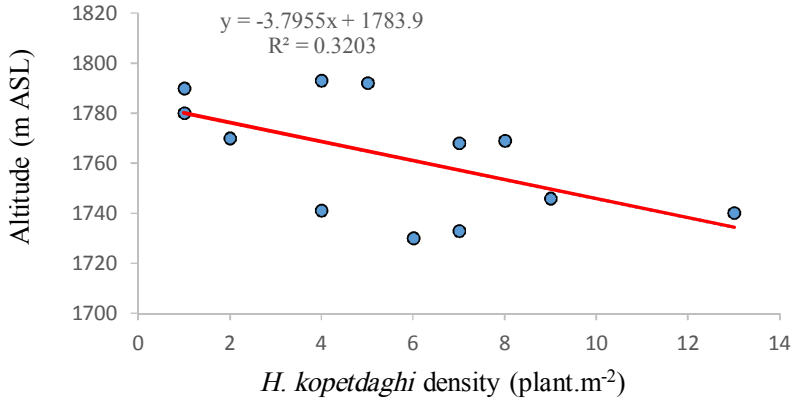
درصد سنگ و سنگریزه (A)، درصد لاشبرگ (B)، درصد آهک (C)، درصد شن (D)، درصد عصاره اشباع (E) و اسیدیته (F)

Stone and gravel % (A), Litter % (B), TNV % (C), Sand % (D), SP % (E) and pH (F)



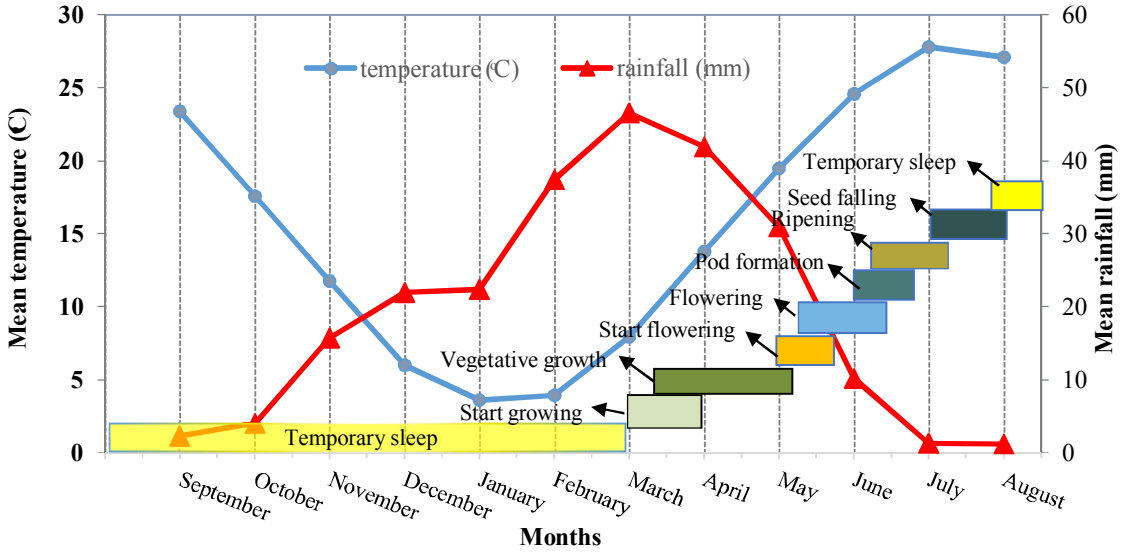
شکل ۳ (ادامه)- منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به متغیرهای تبیینی معنی‌دار تبیینی معنی‌دار
درصد سیلت (G)، درصد کربن آلی (H)، درصد شیب (I)

Fig. 3 (Continue)- Response curve of *H. kopetdaghi* Boriss.species to significant variables.
Silt % (G), OC % (H) and Slope % (I)



شکل ٤- منحنی پاسخ تراکم گونه *H. kopetdaghi* به ارتفاع از سطح دریا

Fig. 4- Response curve of *H. kopetdaghi* species density to altitude



شکل ۵- تطبیق منحنی آمبروترمیک با مراحل مختلف رشد گونه *H. kopetdaghi*

Fig. 5- Synchrony of Embrothermic curve with different growth stages of *H. kopetdaghi*

که می‌توانند اطلاعات ارزشمندی برای استفاده از این گونه در عملیات اصلاح مراتع تخریب یافته در مناطقی با خصوصیات اکولوژیکی مشابه در اختیار قرار دهد. با توجه به نتایج فوق کشت این گیاه به‌عنوان یک علوفه خوش‌خوراک به‌عنوان جایگزینی مناسب برای گیاهان زراعی با مصرف آب بالا و نیز در دیم‌زارهای کم‌بازده با میزان بارندگی بالاتر از ۲۵۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. قطعاً ادامه تحقیقات در ارتباط با کاشت این گونه در اراضی دیم و نقش آن در تولید علوفه و تولید پایدار غلات دیم ضروری است.

References

Abarsaji, G., Shahmoradi, A., and Zarekia, S., 2007. Autecology of *Hedysarum Kopetdaghi* in Golestan province. Iranian Journal of Range and Desert Research 4(3): 421-431. (In Persian with English Summary)

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H., and Kazemian, A., 2019. Agricultural statistics letter. Vol 1: Crops. The Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Economic Planning, Information and Communication Technology Center.

Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification, Automatic Control, IEEE Transactions 19(6): 716-723.

Alavi, S.J., Zahedi Amiri, G., Rahmani, R., Marvi Mohajer, M.R., Muys, B., and Nouri, Z., 2013. Investigation on the response of *Fagus orientalis* Lipsky to some environmental variables using beta function and its comparison with Gaussian function (Case study: Kheyrud forest research station). Iranian Journal of Forest 5(2): 161-171. (In Persian with English Summary)

Alavi, S.J., Nouri, Z., and Zahedi Amiri, G., 2017. The response curve of beech tree (*Fagus orientalis* Lipsky.) in relation to environmental variables using generalized additive model. Journal of Wood and Forest Science and Technology 24(1): 29-42. (In Persian with English Summary)

Aliyahiaei, M., and Behbahanizad, A.A., 1993. Description of methods of chemical decomposition of soil. Soil and Water Research Institute Publications, Iran. 129 p. (In Persian)

Ardakani, M.R., 2009. General Ecology. University of Tehran Press, Iran. 331 p. (In Persian)

Arzani, H., and Abedi, M., 2015. Rangeland Assessment, Vegetation Coverage Measurement. Volume 2, University of Tehran Press, Iran. 305 p. (In Persian)

Austin, M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: An interface between ecological theory and statistical modelling. Ecological Modelling 157: 101-118.

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. Global Change Biology 8: 390–407.

Berg, Å., Gärdenfors, U., and Von Proschwitz, T., 2004. Logistic regression models for predicting occurrence of terrestrial mollusks in southern Sweden – importance of environmental data quality and model complexity. Ecography 27: 83–93.

Carcey Hincz, P.A., and Diaz Aguilar, I., 2011. Impact of grazing on soil mesofauna diversity and community composition in deciduous forested rangelands of northwest Alberta. 23 p.

Dashti, M., Fayaz, M. and Hosseini Bamrood, G., 2020. Suitable season and rangeland planting method of *Onobrychis chorassanica* Bunge. in summer rangeland of Khorasan-e-Razavi. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 27(4): 891-903. (In Persian with English Summary)

Dashti, M., Mirdavoudi, H., Ghasemi Arian, A., and 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).

Esfanjani, J., Zare Chahouki, M.A., Rouhani, H., Esmaeili, M.M. and Behmanesh, B., 2017. Suitability habitat modelling species using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran. Iranian Journal of Range and Desert Research 23(3): 516-526. (In Persian with English Summary)

Feizi, M.T., Khodagholi Morteza, M., Saeedfar, M., and Shahmoradi, A.A., 2003. Autecology study of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey in Isfahan province. Iranian Range and Desert Research 10(4): 387-408. (In Persian with English Summary)

Faraji, A., 2014. Reaction of *Artemisia deserti* communities to some environmental changes in Markazi province. Master Thesis in Range Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran. 102 p. (In Persian with English Summary)

Godefroid, S., and Koedam, N., 2004. Interspecific variation in Soil compaction sensitivity among forest floor species. Biological Conservation 119: 207-217.

Gholinejad, B., Jonaidi Jaffari, A., 2020. Effect of environmental traits and grazing intensities on plant community distribution (Case study: Saral rangelands, Iran). Journal of Rangeland Science 10(2): 162-172.

Guisan, A., Weiss, S.B., and Weiss, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. Plant Ecology 143: 107–122.

Heidari Sharifabad, H., and Torknejad, H., 2010. Annual Alfalfa. Publications of Forests and Rangelands Research Institute, Iran. 187 p. (In Persian)

Heydari, F., Dianti-Tilki, Gh., and Alavi, S.J., 2017. Comparison of response curves of *Bromus tomentellus* and *Achillea millefolium* species to environmental gradients using a generalized collective model. Plant Ecology Conservation 5(11): 34-17. (In Persian with English Summary)

Hossein Jafari, S., Sepehry, A., Soltanloo, H., and Karimian, A.A., 2019. Effect of topography and soil properties on distribution of *Ferula pseudalliacea* (Bitter Asafetida) in Yazd province. Iranian Journal of Rangeland Science 9(2): 184-195. (In Persian with English Summary)

Khalasi Ahvazai, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., and Soltani Gardfaramarzi, M., 2011. Modeling the suitability of *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M. Using the methodological factor analysis of ecological nests (ENFA) in the northeastern rangelands of Semnan. Range 5(4): 373-362. (In Persian with English Summary)

Kleyer, M., Dray, S., Bello, F.D., 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 Vegetative Scene 23: 805–821.

Kolahi, M., and Atri, M., 2014. The effect of ecological factors on vegetation in Hamedan Alvand region (Iran), International, Farming and Allied Sciences 3(5): 489-496.

Laris, P., and Wardell, D.A., 2006. Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial during experiment in savanna landscapes of West Africa. The Geographical Journal 172: 271-290.

Leps, J., and Smilauer, P., 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press. 269 pp.

Marvi Mohajer, M.R., and Sefidi, K., 2012. Forest Ecology (translation). University Jihad Publications, Iran. 397 p. (In Persian)

Moisen, G.G., and Frescino, T.S., 2002. Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. Ecological Modelling 157: 209–225.

Mirdavoudi, H., 2013. The effect of turbulence on plant diversity and invasive species in oak groves in western Iran (Case study: Dalab Ilam forest). Ph.D. Thesis, University of Tehran, Department of Forestry and Forest Economics, Iran. 128. (In Persian with English Summary)

Rahimi, A., 1999. Individual Ecology of Khorasan Onobrychis in Khorasan province. Master Thesis in Plant Science (Ecology-Systematic). Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Odum, E.P., 1971. Fundamentals of Ecology. 3rd ed. W.B. Saunders. Philadelphia. 574 pp.

Rechinger, K.H., 1984. Hedysarum In Rechinger, K. H.(Eds.), Flora Iranica 157 a: 366- 386. Akad. Druck- u Verlaags-Anst., Graz.

Robertson, M.P., 2003. Comparing models for predicting species' potential distributions: A case study using correlative and mechanistic predictive modeling techniques. Ecological Modelling 164: 153–167.

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.

Wassie, A., Sterck, F.J., Teketay, D. and Bongers, F., 2009. Effect of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. Forest Ecology and Management 257: 765-772.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 179-194

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۱۹۴ -۱۷۹

Kopetdaghi Sainfoin (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) as a Rangeland Plant Response to some Environmental Gradients in Nature Habitats of Khorasan Razavi Province

M. Dashti[1*], H. Mirdavoudi[2], S.F. Fazeli Kakhki[1] and N. Azizi[1]

Submitted: 18-09-2020
Accepted: 12-01-2021

Dashti, M., Mirdavoudi, H., Fazeli Kakhki, S.F., and Azizi, N., 2021. Kopetdaghi Sainfoin (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) as a rangeland plant response to some environmental gradients in nature habitats of Khorasan Razavi province. Journal of Agroecology 13(2):179-194.

Introduction

A significant area of the country's rangelands has been destroyed, or their population has been severely reduced due to various factors such as uncontrolled exploitation, climate change, and other factors. Irregular and out-of-season grazing in different regions and the mismatch of the number of livestock with forage production capacity in the country's rangelands has reduced the population of edible plants in a region and reduced livestock's power supply in the country. *Hedysarum kopetdaghi* plant is an important species that grows in the rangeland ecosystems of North Khorasan, Khorasan Razavi, and Golestan provinces. It is one of the high-quality perennial herbaceous species that is mainly seen as a companion species in combination with summer pasture types in the country's northeast. The forage of this plant is of good quality and is grazed in all vegetative and reproductive stages. Considering the importance of forage, determining ecological factors affecting vegetation changes and examining the response of this species to changes in ecological factors in different ecological conditions, and determining the different stages of growth of this species in Khorasan Razavi province was studied by generalized Additive Model (GAM).

Materials and Methods

Kopetdaghi sainfoin (*H. kopetdaghi*) responses to some environmental gradients were studied in its natural habitat in the northern heights of Binalood (Kalate Ahan) and the heights of Hezar Masjed (Marichgan), respectively. Vegetation sampling was done by the systematic-random method. The plant growth calendar (phenology) was recorded in different stages of vegetation, flowering, maturation, and seed fall, plant drying, and the phenological diagram of the plant were drawn in accordance with the Embrothermic curve. At the data preparation stage, initially the nominal and sequential variables such as soil texture and the relative data in the column related to each factor were identified. Generalized Additive Model (GAM) was used to investigate the response of this species

1- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.
2- Assistant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.
(* Corresponding author: m.dashti@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2021.20315.0

to soil and topographic factors. The percentage of canopy cover of *O. chorassanica* was used to explore the relationship between species and the environment, and the ecological range was calculated as a function of the Gaussian response.

Results and Discussion

The results indicated that *H. kopetdaghi* is more distributed on sandy loam to silty loam soils. It has the highest yield in moderate amounts of sand (about 50%) and silt (about 35%). The results also showed that the relationship between the density of *H. kopetdaghi* and altitude (m. ASL) increases but then decreases with increasing altitude more than 1700 meters. It seems that altitude is a limiting factor (e.g. decreasing temperature and increasing light intensity) that affects species distribution. The response pattern of *H. kopetdaghi* along the gradient of litter and lime percentage of the soil followed the monotonic increase model, but along the gradient of the soil stones and pebbles, percentage followed the monotonic decrease model. The results also showed that the range of *H. kopetdaghi* canopy cover was 0.5%-1.82%, the density was 0.05-0.21 plants m^{-2}, and dry biomass was 2.14-6.64 $g.m^{-2}$, and the mean of dry forage yield was 38.5 $g.plant^{-1}$.

Conclusion

Overall, this study indicated that *H. kopetdaghi* showed a significant response to changes in factors such as soil texture, saturation moisture content, lime percentage, organic carbon content, acidity, soil slope percentage, and litter percentage of soil surface. Among these factors, soil texture, lime content, and soil saturation moisture content are the most important factors affecting the presence and performance of this species, which can provide valuable information for the use of this species in degraded rangeland operations in areas with similar ecological characteristics. According to the above results, the cultivation of *H. kopetdaghi* is recommended as a palatable forage in low-yielding drylands with precipitation more than 200 mm. It is necessary to continue research on planting this species as well as its role in forage production and sustainable production in rain-fed grains.

Keywords: Generalized Additive Model, Ordination, Species response curve, Topography.