Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Spatial Distribution Prediction of *Terfezia claveryi* Habitat Using Modern Ecological Knowledge in Winter Rangelands of Golestan Province

Vahideh Riazinia[1], Mojgansadat Azimi[*2], Hossein Barani[3], Hossein Piri Sahragard[4], Hassan Yeganeh[3], Abolfazl Sharifian[5]

[1.] PhD. Student in Rangeland Science, Department of Range Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[2.] Corresponding Author; Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: azimi@gau.ac.ir

[3.] Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[4]. Associate Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

[5]. PhD. in Rangeland Science, Department of Range Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 19, Issue 4

Article history:
Received: 29.04.2025
Revised: 30.06.2025
Accepted: 07.07.2025

Keywords:
Habitat suitability,
Terfezia claveryi,
MaxEnt modeling,
Environmental factors.

Abstract

Background and Objective: The desert truffle *Terfezia claveryi* holds significant nutritional and economic value and plays a key role in the livelihoods of people living in arid and semi-arid regions. Preserving its habitats is crucial for biodiversity conservation and the sustainable use of this valuable resource. This study aimed to investigate the distribution of *T. claveryi* and develop a habitat suitability map for the species in the winter rangelands of Golestan Province.

Methodology: Presence points of *T. claveryi* were recorded as the dependent variable, while environmental variables were identified as independent variables. To reduce model dimensionality, 16 variables were selected through a questionnaire and pairwise comparison using the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Expert Choice software. These variables included topographic factors (slope, aspect, and elevation), climatic factors (mean temperature, mean precipitation, number of rain showers), soil physicochemical properties (carbon, nitrogen, phosphorus, sand, silt, and clay percentages, pH, and salinity), and land use as a human-influenced variable. Species distribution modeling was performed using MaxEnt software (version 3.3.3), with the Jackknife test applied to determine the relative importance of the variables. Model results were validated using a 30% validation group occurrence and the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve method, with the Area Under the Curve (AUC) as the quantitative validation criterion. A habitat suitability map for *T. claveryi* was generated by interpreting the response curves of the independent variables and classifying them into four categories: unsuitable habitat (0–0.2), moderately suitable habitat (0.2–0.4), suitable habitat (0.4–0.7), and highly suitable habitat (0.7–1) using ArcGIS.

Results: The MaxEnt model performed well for predicting the distribution of the desert truffle, yielding AUC values of 0.958 for Maraveh Tappeh and 0.927 for

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

Gonbad Kavous counties. Jackknife test results revealed that the most influential environmental factors for the distribution of *T. claveryi* in both counties were phosphorus content, mean annual temperature, sand content, mean annual precipitation, number of rain showers, and calcium carbonate, with varying levels of importance. In Gonbad Kavous, the species' maximum presence occurred at approximately 14.1% calcium carbonate, 12.3 ppm phosphorus, 0.66 rain showers, 19.2°C mean temperature, and 350 mm precipitation. In Maraveh Tappeh, peak presence was recorded at around 0.79% calcium carbonate, 21.5 ppm phosphorus, 75.6 rain showers, 16.25°C, and 400 mm precipitation. The relationship between sand content and truffle presence followed a sinusoidal pattern in both counties, as the sand data was uniform. The study suggests that, under current ecological conditions, the southern and central winter rangelands of Golestan Province have the highest potential as suitable habitats for *T. claveryi*.

Conclusion: The findings indicate that while some environmental factors influence *T. claveryi* distribution similarly in both regions, their relative importance differs, likely due to ecological and soil variations between the two areas. Therefore, understanding the habitat suitability of *T. claveryi* can assist in management planning by identifying potential distribution areas and promoting large-scale species production.

Cite this article: Riazinia, V., M. Azimi, H. Barani, H. Piri Sahragard, H. Yeganeh, A. Sharifian, 2026. Spatial Distribution Prediction of *Terfezia claveryi* Habitat Using Modern Ecological Knowledge in Winter Rangelands of Golestan Province. Journal of Rangeland, 19(4): 421-436.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

پیش‌بینی پراکنش مکانی رویشگاه *Terfezia claveryi* با استفاده از دانش بوم‌شناختی مدرن در مراتع قشلاقی استان گلستان

وحیده ریاضی‌نیا[۱]، مژگان سادات عظیمی*[۲]، حسین بارانی[۳]، حسین پیری صحراگرد[۴]، حسن یگانه[۳]، ابوالفضل شریفیان[۵]

[۱] دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایان‌نامه: azimi@gau.ac.ir

[۳] دانشیار گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۴] دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

[۵] دکتری علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۴؛ جلد ۱۹، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۲/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶

واژه‌های کلیدی:
تناسب رویشگاه،
Terfezia claveryi،
مدل حداکثر آنتروپی،
متغیرهای محیطی.

چکیده

سابقه و هدف: ترافل صحرایی با نام علمی (*Terfezia claveryi*) از ارزش غذایی و اقتصادی بالایی برخوردار است و نقش مهمی در معیشت مردم مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. حفظ و نگهداری رویشگاه‌های ترافل صحرایی، برای حفظ تنوع زیستی و بهره‌برداری پایدار از این منبع ارزشمند، ضروری است. هدف این مطالعه بررسی پراکنش و تهیه نقشه تناسب رویشگاه گونه *T. claveryi* در مراتع قشلاقی استان گلستان بود.

مواد و روش‌ها: پس از ثبت نقاط حضور گونه *T. claveryi* به‌عنوان متغیر وابسته، متغیرهای محیطی به‌عنوان متغیرهای مستقل شناسایی شدند. به‌منظور کاهش ابعاد مدل با استفاده از پرسشنامه و مقایسه زوجی به شیوه سلسله مراتبی (AHP) در نرم‌افزار Expert Chioce، تعداد ۱۵ متغیر شامل متغیرهای توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع)، اقلیمی (متوسط درجه حرارت، متوسط بارندگی، تعداد رگبار)، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک (کربن، نیتروژن، فسفر، درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، اسیدیته و شوری) و متغیر کاربری اراضی به‌عنوان متغیر انسانی انتخاب شد. مدلسازی پراکنش با استفاده از مدل ماکسنت (MaxEnt) صورت گرفت. به‌منظور تعیین اولویت در متغیرهای تأثیرگذار از آزمون جک‌نایف (Jakknife) استفاده گردید. پس از اجرای مدل نتایج حاصل از مدل‌سازی، براساس وقوع گروه اعتبارسنجی (۳۰ درصد) و در قالب روش منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) اعتبارسنجی گردید. مساحت زیر این منحنی (AUC) به‌عنوان معیار کمی برای اعتبارسنجی استفاده می‌شود. در نهایت نقشه رویشگاه گونه گیاهی ترافل صحرایی با استفاده از تفسیر منحنی‌های پاسخ متغیرهای مستقل و طبقه‌بندی آنها در نرم‌افزار ArcGIS به چهار رویشگاه نامناسب (۰/۲-۰)، رویشگاه با تناسب متوسط (۰/۴-۰/۲)، رویشگاه مناسب (۰/۷-۰/۴) و رویشگاه بسیار مناسب (۱-۰/۷) گروه‌بندی گردید.

نتایج: نتایج اجرای مدل حداکثر آنتروپی برای گونه ترافل در محدوده مطالعاتی شهرستان‌های مراوه‌تپه و گنبد کاووس با سطح زیرمنحنی به‌ترتیب برابر ۰/۹۵۸ و ۰/۹۲۷ به‌دست آمد. نتایج آزمون جک‌نایف حاصل از اجرای مدل MaxEnt نشان داد مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه ترافل صحرایی در هر دو شهرستان میزان فسفر، متوسط دمای سالانه، میزان شن، متوسط بارندگی سالانه، تعداد رگبار و کربنات کلسیم با اولویت‌های متفاوت است. نتایج نشان می‌دهد حداکثر حضور گونه در محدوده مطالعاتی گنبدکاووس مقدار

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

حدود ۱۴/۱ درصد از کربنات کلسیم، حدود ۱۲/۳ ppm فسفر، تعداد حدود ۰/۶۶ رگبار و ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد و بارندگی حدود ۴۰۰ میلی‌متر است. نتایج حاصل از منحنی‌های پاسخ گونه ترافل صحرایی در محدوده مطالعاتی مراوه‌تپه نشان می‌دهد حداکثر حضور گونه در مقدار حدود ۰/۷۹۵ درصد از کربنات کلسیم و حدود ۲۱/۵ ppm مقدار فسفر، تعداد ۷۶ رگبار، دمای حدود ۱۶/۲۵ درجه سانتی‌گراد و حدود ۳۵۰ میلی‌متر بارندگی است. تغییرات حضور گونه ترافل صحرایی با میزان شن در هر دو شهرستان به‌دلیل یکنواختی میزان داده شن به‌صورت سینونی است. نتایج حاصل از این مطالعه برای پیش‌بینی توزیع گیاه ترافل صحرایی با مدل حداکثر آنتروپی نشان می‌دهد که در شرایط اکولوژیکی حاضر بخش‌هایی از جنوب و مرکز مراتع قشلاقی استان گلستان بیشترین پتاسیل رویشگاهی ترافل را دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که اگرچه برخی عوامل در هر دو منطقه مشترک هستند، ولی ترتیب اهمیت آن‌ها متفاوت است که احتمالاً ناشی از تفاوت‌های بوم‌شناختی و خاکی بین دو منطقه است. بر این اساس تعیین مطلوبیت رویشگاه ترافل صحرایی می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در زمینه شناسایی مناطق مستعد انتشار گونه و افزایش تولید گونه در سطوح وسیع‌تر مطالعاتی استفاده شود.

استناد: ریاضی‌نیا، و.، م. عظیمی، ح. بارانی، ح. پیری صحراگرد، ح. یگانه، ا.فضل شریفیان، ۱۴۰۴. پیش‌بینی پراکنش مکانی رویشگاه *Terfezia claveryi* با استفاده از دانش بوم‌شناختی مدرن در مراتع قشلاقی استان گلستان. مرتع، ۱۹(۴): ۴۲۱-۴۳۶.

DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

مقدمه

ترافل، قارچ کیسه‌ای زیرزمینی است (۳۵). در حال حاضر ۲۵۰ گونه ترافل در جهان شناسایی شده است که مهم‌ترین آنها گیاهان مربوط به جنس ترفزیا (Terfezia-Pezizaceae)، ترمانیا (Tirmania) و تیوبر (Tuber-Tuberaceae) است (۳۰). ترافل صحرایی در مناطق مختلف جهان به اسامی متفاوتی از جمله تورماس (Turmass) در ایتالیا، ترفس (Terfes) در کشورهای آفریقایی، میسون (Mison) در زبان یونانی و تاما (Thama) و کاما (Kama) شناخته می‌شود. ترافل‌های صحرایی در ایران در استان‌های گلستان، زنجان، فارس و سیستان و بلوچستان به‌صورت پراکنده دیده می‌شوند (۲۵). در ایران، ترافل‌های صحرایی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و مرتعی وجود دارند و با شش گونه نمایان می شوند: *Terfezia boudieri* (۶)، *T. claveryi*، *T. pinoyi*، *T. nivea*، *Picoa juniperi* و *P. lefebvrei* (۲۱). استان گلستان، به‌دلیل داشتن شرایط آب و هوایی و خاک مناسب، یکی از رویشگاه‌های مهم ترافل صحرایی *T. claveryi* در ایران است. این قارچ در مناطق مختلف استان، به‌ویژه در مناطق دارای اقلیم نیمه‌خشک و فرم زمین تپه‌ای یافت می‌شود. ترکمن‌های استان گلستان نیز به جنس ترفزیا به خاطر رنگ آن *دومالان* به معنای قارچ دنبلان گندمی و به گیاه میزبان آن با نام علمی *Helianthemum ledifolium*، *دومالان اوتی* می‌گویند.

قارچ دنبلان از بُعد اقتصادی و اجتماعی جایگاه ویژه‌ای در بین جوامع محلی دارد. مطالعات طب سنتی نشان داده است که گونه‌های مختلف ترافل غنی در اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب، آنتی اکسیدان، فنول‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین، ویتامین C، تانن، ارگوسترول هستند. همین ویژگی باعث شده است تا از خاصیت دارویی بالایی بویژه در درمان ناباروری و افزایش توان جنسی در زنان و مردان با افزایش سطح تستوسترون و LH (*Luteinizing Hormone*) موثر (۱۳)، دیابت (۳۳) و انواع بیماری‌های چشمی، پوستی و عفونی (۲۲) برخوردار باشند. به‌طورکلی ترافل *T. claveryi* از ارزش غذایی بالایی برخوردار است و به‌عنوان منبع غنی پروتئین، فیبر، مواد معدنی و کربوهیدرات می‌توانند نقش مهمی در امنیت غذایی ایفا کنند (۴۱) و به‌دلیل ارزش اقتصادی بالا، نقش مهمی در معیشت مردم مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. ترافل‌های صحرایی سیاه/قرمز (Terfezia) و سفید (Tirmania) به‌صورت سنتی در منطقه حماده الحمرا، لیبی به‌عنوان ماده غذایی در رژیم غذایی استفاده می‌شوند (۱۰). گونه Terfezia دارای ۱۸/۵ درصد پروتئین، ۵/۹ درصد چربی و ۶۵ درصد کربوهیدرات است.

مدلسازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ابزار قدرتمندی است که می‌تواند در مدیریت و حفاظت رویشگاه‌ها برای گونه‌های گیاهی (۳۹) و مدیریت نحوه کشت و احیاء اجتماعات طبیعی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. در جامعه‌ی امروز با توجه به مشکلات مراتع، بهره‌مندی از خدمات اکوسیستم‌های مرتعی به‌ویژه گیاهان دارای ارزش غذایی و دارویی به‌عنوان یک هدف کلی مدنظر است، با چنین دیدگاهی اولین قدم، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری درست و اصولی در راستای مدیریت کیفی و کمی مراتع است. بنابراین بوم‌شناسان تلاش می‌کنند تا با مطالعه الگوی نقطه‌ای مکانی گیاهان در این مناطق به درک بهتری از نحوه توزیع گیاهان، ارتباط آنها با یکدیگر و محیط اطرافشان، عامل‌های بوجودآورنده نحوه استقرار آنها و همچنین بررسی نظریه‌های بوم‌شناختی دست یابند (۲۳). مدل‌ها از روابط سادهٔ خطی تا معادلات پیچیده برای بیان دنیای واقعی تقسیم‌بندی می‌شوند. مدل بیشینه آنتروپی (MaxEnt) به‌عنوان یکی از متداول‌ترین مدل‌های پیش‌بینی کننده در زمینه‌های مختلف علوم طبیعی و محیط‌زیست شناخته (۳۲) و برای پیش‌بینی رویشگاه‌های گیاهی استفاده شده است (۱، ۱۷، ۱۹ و ۲۰).

به‌جزء مطالعه زمانی و همکاران (۱۳۹۹)، در کشور ایران تاکنون هیچ مطالعه‌ای به بررسی عوامل موثر بر پراکنش ترافل‌ها نپرداخته است. مطالعات در سایر کشورها هرچند اطلاعاتی را در خصوص پراکنش ترافل‌ها فراهم آورده است. مطالعات نشان داده است عوامل زنده و غیرزنده مختلفی بر نحوه همزیستی قارچ با گیاه میزبان و همچنین پراکنش ترافل تاثیرگذار هستند (۱۶و ۱۸). به لحاظ اقلیمی اکثر مناطق آسیایی مدیترانه‌ای که در آن جمعیت ترافل صحرایی می‌تواند رشد کند، منعکس‌کننده ویژگی‌های آب و هوایی مشابهی با این توصیف هستند: مناطق استپی با شرایط نیمه‌خشک تا خشک قاره‌ای با تابستان‌های خشک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

و زمستان‌های مرطوب (۳). در بین عوامل اقلیمی مؤثر بر حضور و پراکنش ترافل صحرایی، تراکم، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی، درجه حرارت و فراوانی طوفان‌ها در طول فصل رشد اسپورهای ترافل جزء مهم‌ترین عوامل معرفی شده‌اند (۱۴). ویلگان و همکاران (۲۰۲۵) همچنین بارش فصل سرد، تغییرات فصلی دما و دمای میانگین سالانه را جزء عوامل مهم گزارش کردند. ترافل صحرایی در نواحی در مناطق نیمه‌خشک نسبتاً مرطوب با میزان بارندگی سالانه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر و در مناطق خشک بین ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است (۳۸). از نظر عوامل خاکی، خاک‌های شنی (۳ و ۲۶)، کمی قلیایی، کمی شور (هدایت الکتریکی بین ۰/۵ تا ۱/۰ dS/m)، فقیر از ماده آلی و فسفر و دارای میزان متوسطی از کربنات کلسیم (۱۱) در رویشگاه ترافل صحرایی متداول‌تر هستند. تحقیقات پیشین نشان داده است که مقدار ازت، فسفر و پتاسیم موجود در خاک می‌تواند بر ساختار میکوریزی بین ترافل و گیاه میزبان تأثیر بگذارد (۲).

ترافل صحرایی، نقش مهمی در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کند و به حفظ تنوع زیستی و حاصلخیزی خاک کمک می‌کند. از طرفی همزیستی ترافل صحرایی با گیاهان بیابانی، به حفظ تعادل اکولوژیکی مناطق خشک کمک می‌کند. ترافل‌های بیابانی در حال تبدیل شدن به یک محصول امیدوارکننده و جایگزین در مناطقی با آب و هوای گرم هستند، جایی که بیابان‌زایی در زمین‌های خشک افزایش می‌یابد (۲۷). قارچ ترافل همچنین به‌عنوان منبع درآمد مهمی برای مردم مناطق خشک و نیمه‌خشک است و به‌دلیل ارزش صادراتی، می‌تواند به رونق اقتصادی مناطق تولیدکننده کمک کند. برداشت نادرست و بیش از حد ترافل توسط بهره‌برداران به‌دلیل ارزش‌های اقتصادی، غذایی و دارویی-درمانی در کنار عوامل متعدد دیگری مانند باران اسیدی، جنگل‌زدایی، گرم شدن زمین و از بین رفتن گیاهان میزبان، منجر به کاهش پراکنش و تولید ترافل در ایران و جهان شده است (۵). حفظ و نگهداری رویشگاه‌های ترافل صحرایی، برای حفظ تنوع زیستی و بهره‌برداری پایدار از این منبع ارزشمند، ضروری است. تهیه نقشه تناسب رویشگاه ترافل صحرایی (دنبلان کوهی) به شناسایی مناطق مناسب برای رشد و مدیریت پایدار رویشگاه‌های آن و برنامه‌ریزی برای توسعه کشت و پرورش این قارچ به‌عنوان معیشت جایگزین جوامع محلی و حفاظت از رویشگاه‌های طبیعی کمک می‌کند (۴۰).

تعیین مطلوبیت رویشگاه ترافل‌های صحرایی یکی از مهم‌ترین روش‌های حفاظت از این گونه‌ها است. با توجه به بررسی منابع مطالعاتی انجام شده و نظر به ارزشمند بودن گونه ترافل صحرایی و همچنین محدود شدن رویشگاه این گونه به‌دلیل عوامل مدیریتی و محیطی در ایران و از آنجائیکه تحقیقات معدودی در زمینه تعیین مطلوبیت رویشگاه ترافل صحرایی به‌ویژه در استان گلستان صورت گرفته است، از اینرو هدف از انجام تحقیق حاضر ۱) تعیین عوامل بوم‌شناختی مؤثر در در حضور و رشد ترافل صحرایی و گونه ی مرتعی میزبان آن و ۲) تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاهی ترافل صحرایی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل پیش‌بینی آماری مبتنی بر حضور گونه به نام مدل حداکثر آنتروپی در مراتع قشلاقی استان گلستان است.

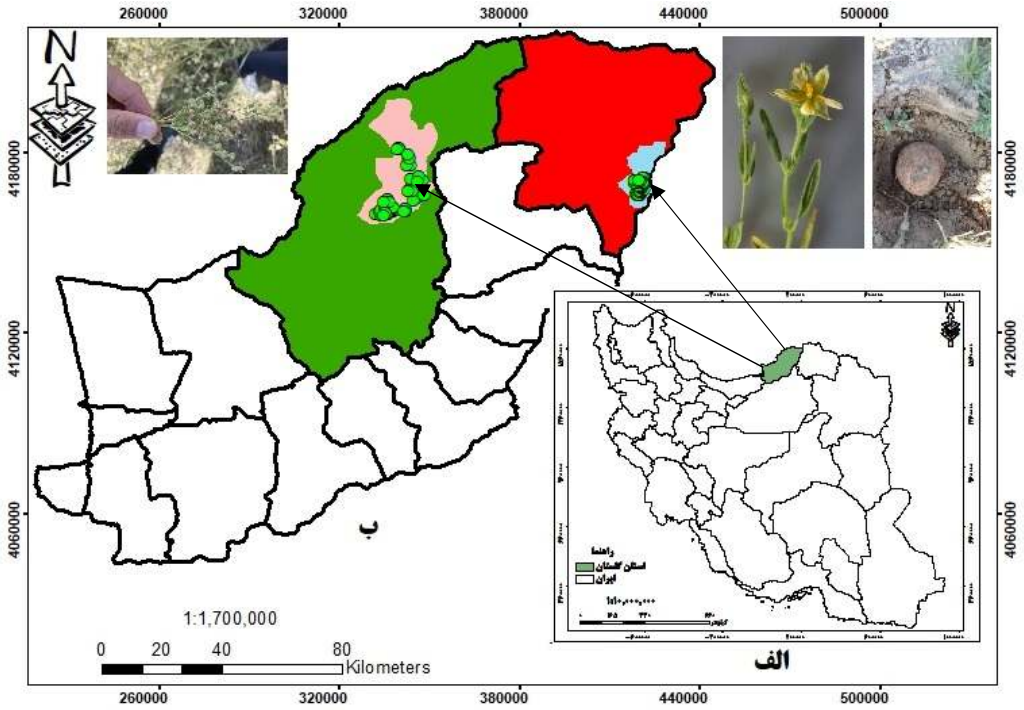
مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

مناطق نمونه‌برداری در محدوده‌های تقریبی رویشگاه ترافل صحرایی در مراتع قشلاقی شهرستان مراوه‌تپه شامل اسلام‌آباد شاهپسند، لهندر، گه‌نور لهندر و مراتع قشلای شهرستان گنبدکاووس شامل دونقوزلق، ماسان، کلیجه، بزدره و آقبند انتخاب شدند. مختصات جغرافیایی محدوده‌های نمونه‌برداری در منطقه گنبد به طول جغرافیایی "۰/۳۵ '۳۷ °۳۸ شمالی و عرض جغرافیایی"۵۳/۸۶ '۸ °۵۵ شرقی و ارتفاع ۱۳۰ متر از سطح دریا و در منطقه مراوه‌تپه به طول جغرافیایی "۴۱/۲۸ '۳۹ °۳۷ شمالی و عرض جغرافیایی"۱۷/۱۰ '۱۴ °۵۶ شرقی و ارتفاع ۴۱۵ متر از سطح دریا است. مساحت منطقه گنبدکاووس حدود ۶۰۰۰ هکتار با اقلیم منطقه خشک و نیمه‌خشک بوده و بر اساس نوع پوشش گیاهی کاربری عمدتاً مرتع و در قسمت‌هایی زراعت دارد. منطقه مراوه‌تپه حدوده ۲۰۰۰ هکتار وسعت داشته و در مجاورت استان خراسان شمالی و روستای بهکده رضوی قرار دارد. نوع پوشش عمدتا درمنه و گراس‌های یکساله و وضعیت مرتع متوسط است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]



شکل ۱: موقعیت مکانی محدوده های مطالعاتی تحقیق حاضر در استان گلستان (الف)- ایران (ب) (دایره های سبز رنگ، نقاط ثبت حضور گونه است)

ب) نقاط رخداد گونه (ثبت موقعیت دقیق گیاه میزبان و ترافل صحرایی در دو منطقه نمونه‌برداری به‌عنوان متغیر وابسته)

تحقیقات میدانی از عرصه به‌منظور بررسی و مقایسه رویشگاه‌های مختلف گونه‌های مرتعی میزبان و ترافل صحرایی در ترکمن صحرای استان گلستان و انتخاب مناسب‌ترین مکان جهت انجام تحقیق انجام گردید. به‌دلیل فعالیت محقق در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و پایش صورت گرفته در سنوات قبل و مصاحبه تفحصی با دامداران و ساکنین محل و همچنین با جمع‌آوری‌کنندگان ترافل صحرایی؛ مشخص شد فراوانی رویشگاه ترافل صحرایی مناطق پژوهش در مراتع حوزه استحفاظی دو شهرستان گنبد و مراوه‌تپه به‌عنوان بهترین جامعه آماری جهت نمونه‌گیری مشخص شده است. در مصاحبه تفحصی اولیه، تعیین تعداد نمونه برای مصاحبه بر اساس روش خوشه‌بندی گزینشی است که در هر شهرستان با کارشناسان و دامداران دارای بالاترین تجربه معرفی شده از طریق سایر کارشناسان و دامداران صورت گرفت. در این مرحله تعداد ۱۴۵ نقطه حضور گونه مرتعی شناسایی شده به‌عنوان میزبان در محدوده مطالعاتی با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت شد.

ج) متغیرهای محیطی

پس از مطالعات کتابخانه‌ای، مرور منابع مطالعاتی و مصاحبه با افراد مطلع، تعداد ۱۹ متغیر محیطی اولیه موثر بر پراکنش ترافل صحرایی شامل بارندگی متوسط سالیانه، دمای متوسط سالیانه، تعداد رگبار، تعداد روزهای یخبندان، ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی، بافت خاک (درصد شن، درصد سیلت، درصد رس)، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، میزان آهک، فسفر قابل جذب، کربن آلی، تغییر کاربری، زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده شناسایی شد. به‌منظور کاهش ابعاد مدل و شناسایی اولیه موثرترین متغیرهای محیطی مستقل بر رویشگاه قارچ ترافل اقدام به تهیه پرسشنامه به شیوه مقایسه زوجی متغیرهای مستقل به شیوه سلسله مراتبی (AHP) در نرم‌افزار Expert Chioce شد. در این مرحله اطلاعات مورد نیاز از کارشناسان خبره، مردم محلی و جمع‌آوری کنندگان ترافل صحرایی ثبت و با

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش ترافل صحرایی شامل ۱۵ عامل به‌ترتیب متغیرهای توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع)، اقلیمی (متوسط درجه حرارت، متوسط بارندگی، تعداد رگبار)، خصوصیات فیزیک-شیمیایی خاک (کربن، نیتروژن، فسفر، رس، سیلت، شن، اسیدیته و شوری) و انسانی (کاربری اراضی) است. لایه رقومی متغیرهای توپوگرافی از لایه رقومی (DEM) با درجه تفکیک مکانی ۱۰ متر تهیه گردید، لایه رقومی داده‌های اقلیمی از داده های آمار ۱۵ ساله نزدیک ترین ایستگاه‌های سینوپتیک و هواشناسی به محدوده‌های مطالعاتی (۱۲ ایستگاه) تهیه گردید. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک از منطقه مطالعاتی ۲۹ عدد نمونه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک پایه بوته و به‌صورت تصادفی از کل عرصه نمونه‌برداری شده و در شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری و تهیه مدل رقومی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین سایر متغیرهای مستقل در محیط نرم‌افزار GIS تهیه گردید لازم به ذکر است برای تهیه نقشه متغیرهای محیطی به غیر از کاربری اراضی و زمین‌شناسی از روش میان‌یابی IDW با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ برای منطقه گنبد کاووس و ۱:۱۰۰۰۰۰ برای منطقه مراوه‌تپه استفاده و با فرمت ASCII وارد مدل شد.

د- مدلسازی مطلوبیت رویشگاه

برای ساخت مدل‌های توزیع گونه‌ای، رابطه میان حضور گونه با شرایط محیطی یک فرض اساسی است، بنابراین برای ساخت یک مدل حداقل به دو گروه از داده-های ورودی نیاز داریم که این داده‌ها شامل متغیرهای وابسته (داده‌های حضور گونه) و متغیرهای مستقل (داده‌های محیطی) می‌باشند (۲۸). بدین‌منظور لایه‌های ورودی که همان متغیرهای محیطی (مستقل) هستند به فرمت ascii تنظیم و کلیه نقاط حضور گونه که برداشت گردیده در قالب فایل اکسل با فرمت csv تهیه شدند. مدلسازی پراکنش گونه گیاهی ترافل صحرایی با استفاده از نرم‌افزار Maxent نسخه ۳.۳.۳ (http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent) صورت گرفت.

در سال ۱۹۴۸، شانون برای توصیف کمی عدم قطعیت و اطلاعات محتوای یک رویداد تصادفی از اصل حداکثر آنتروپی استفاده نمود که روابط اساسی آن در زیر آمده است (۲۷).

$$H = -C\sum_{i=1}^{n} P_i lnp_i$$

به‌شرطی که، $P_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^{n} P_i = 1$ که در آن H آنتروپی اطلاعات ورودی، P_i احتمال وقوع یک رخداد تصادفی پدیده، و C ضریب منطقه‌ای معادله است.

به‌منظور تعیین اولویت در متغیرهای تأثیرگذار از آزمون جک‌نایف (Jakknife) استفاده گردید. پس از اجرای مدل نتایج حاصل از مدل‌سازی، براساس وقوع گروه اعتبارسنجی (۳۰ درصد) و در قالب روش منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) اعتبارسنجی گردید. مساحت زیر این منحنی (AUC) به‌عنوان معیار کمی برای اعتبارسنجی استفاده می‌شود (۳۳). براساس منابع علمی مختلف، هرگاه مقدار مساحت زیر منحنی بیش‌تر از ۷۰ درصد باشد، دقت مدل قابل قبول خواهد بود.

منحنی تشخیص عملکرد نسبی (Receiver operating characteristics) یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در ارائه دقت شرایط احتمالی و پیش‌بینی مدل در توصیف حضور پدیده است (۳۶). هر چه سطح زیر منحنی بیشتر باشد، اعتبار تمایز بین زیستگاه‌های مناسب و نامناسب گونه مورد تحقیق بالاتر خواهد بود. دامنه کمی AUC بین صفر تا یک است (۲۷).

نقشه رویشگاه گونه گیاهی ترافل صحرایی با استفاده از تفسیر منحنی‌های پاسخ متغیرهای مستقل و طبقه‌بندی آنها در نرم‌افزار ArcGIS به چهار رروشگاه نامناسب (۰/۲-۰)، رویشگاه با تناسب متوسط (۰/۴-۰/۲)، رویشگاه مناسب (۰/۷-۰/۴) و رویشگاه بسیار مناسب (۱-۰/۷) گروه‌بندی گردید (۲۸).

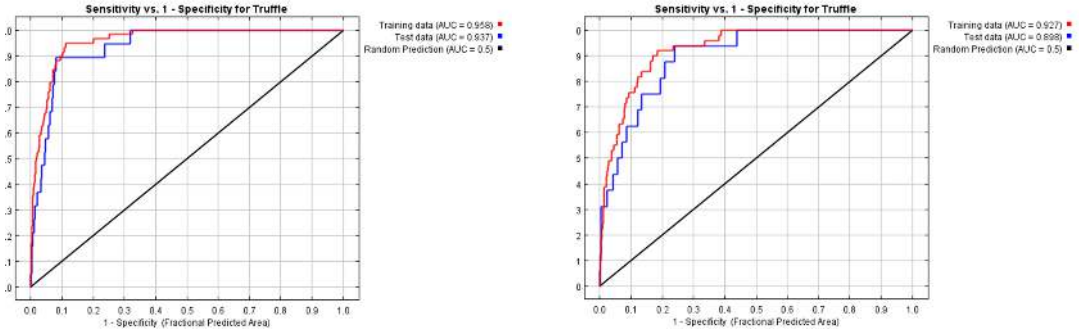
نتایج

الف- ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل

نتایج اجرای مدل حداکثر آنتروپی برای گونه ترافل در محدوده مطالعاتی مراوه‌تپه و گنبد کاووس با سطح زیرمنحنی به‌ترتیب برابر ۰/۹۵۸ و ۰/۹۲۷ بدست آمد (شکل ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]



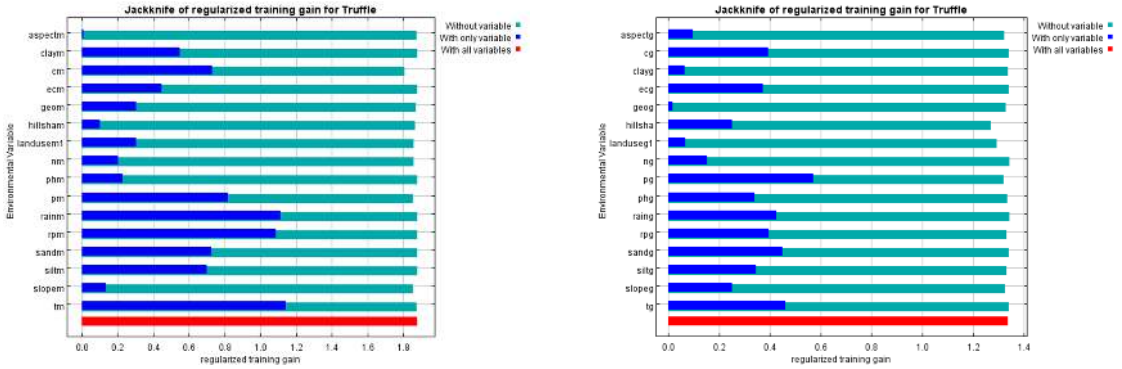
الف- گنبد کاووس　　ب- مراوه‌تپه

شکل ۲: سطح زیر منحنی ROC

ب- تحلیل اهمیت متغیرها و سهم هر یک از متغیرها در حصول مدل، تحلیل منحنی‌های پاسخ

نتایج آزمون جک‌نایف حاصل از اجرای مدل MaxEnt نشان داد مهم‌ترین عامل محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه ترافل صحرایی در منطقه گنبدکاووس به‌ترتیب میزان فسفر، متوسط دمای سالانه، میزان شن، متوسط بارندگی سالانه، تعداد رگبار و کربنات کلسیم است (شکل ۳-الف).

نتایج آزمون جک‌نایف برای عوامل محیطی منطقه مطالعاتی مراوه‌تپه حاکی از معنی‌دار بودن اهمیت عواملی نظیر متوسط دمای سالانه، متوسط بارندگی سالانه، تعداد رگبار، میزان فسفر، کربنات کلسیم و میزان شن در حضور گونه ترافل صحرایی است (شکل ۳-ب).



الف- گنبد کاووس　　ب- مراوه‌تپه

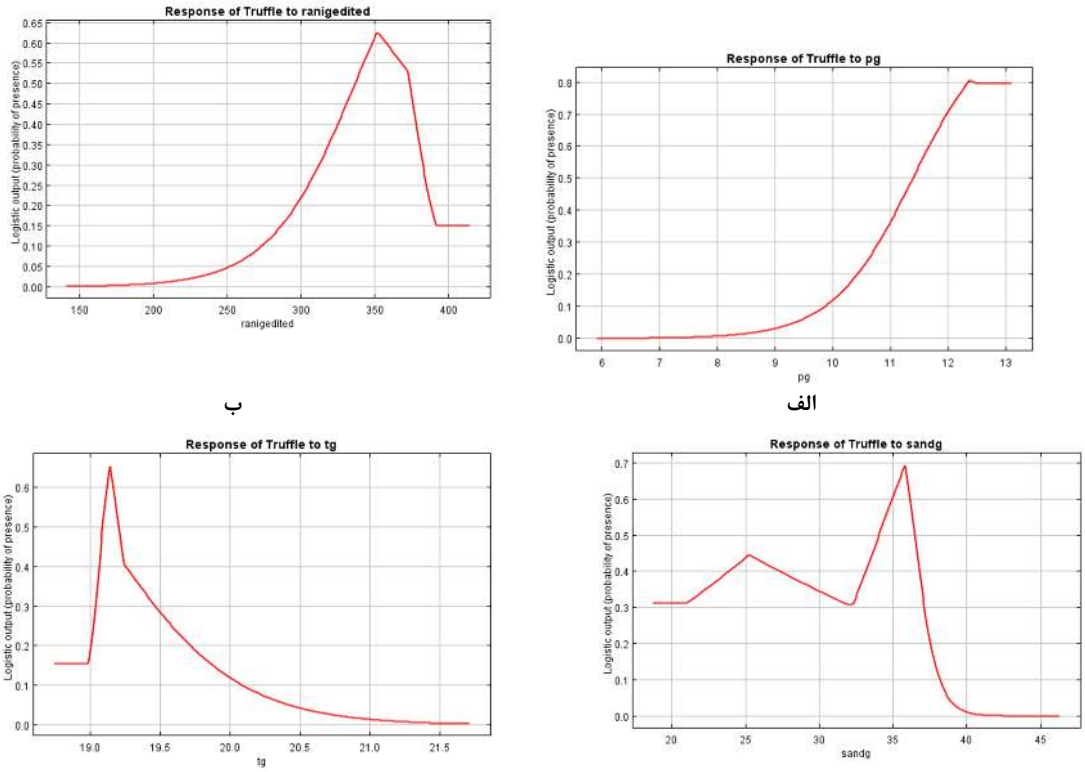
شکل ۳: آزمون جک نایف برای بررسی اهمیت متغیرهای محیطی در پیش بینی پراکنش گونه *T. claveryi*

نتایج حاصل از منحنی‌های پاسخ گونه ترافل صحرایی در محدوده مطالعاتی گنبد کاووس نشان می‌دهد با افزایش میزان فسفر از مقدار ۸ ppm احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود ۱۲/۳ ppm است و پس از آن با افزایش مقدار فسفر، تغییری در افزایش میزان حضور گونه رخ نمی‌دهد (شکل ۴-الف). با افزایش میزان بارندگی از مقدار ۲۰۰ میلی‌متر احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود 350 میلی‌متر است و پس از آن با افزایش مقدار بارندگی، میزان حضور گونه کاهش می‌یابد (شکل ۴-ب). تغییرات حضور گونه ترافل صحرایی با میزان شن به‌صورت سینونی است بدین صورت که افزایش میزان شن

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

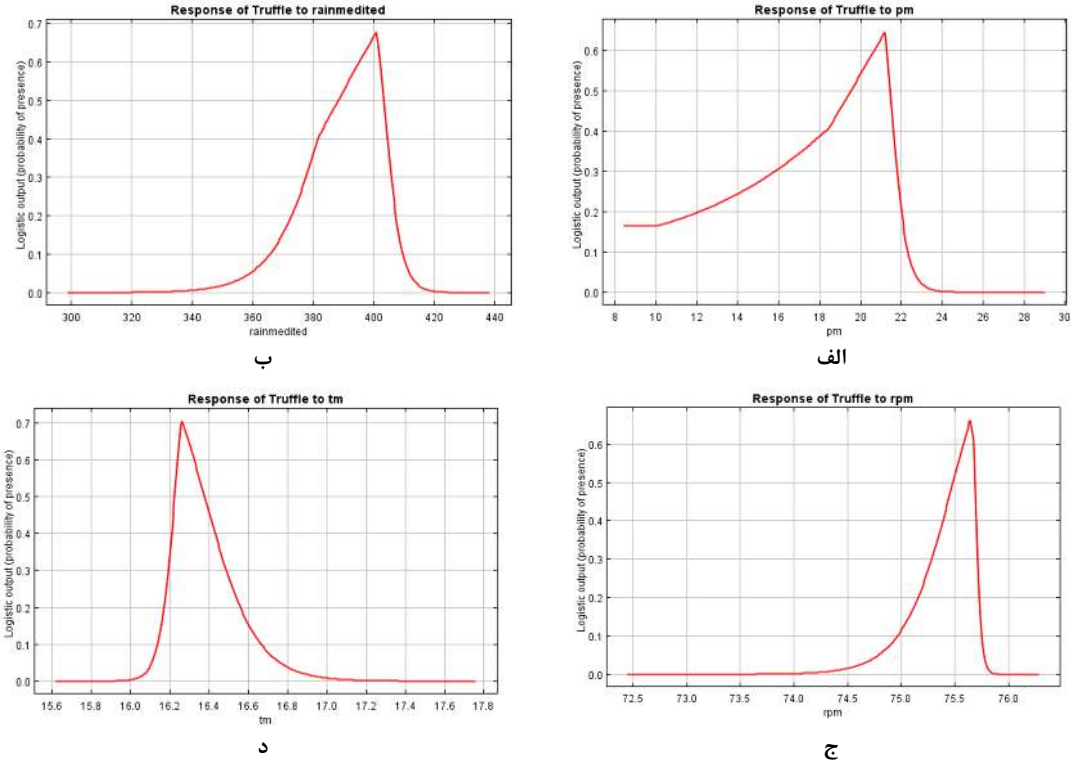
تا میزان ۳۵ درصد، حضور گونه به‌صورت نوسانی کاهشی و افزایشی است اما از میزان شن ۳۵ درصد به بالا احتمال حضور گونه ترافل صحرایی کاهش می‌یابد (شکل ۴-ج). با افزایش متوسط دمای سالیانه از مقدار ۱۹ درجه سانتی‌گراد احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد است و پس از آن با افزایش درجه حرارت، میزان حضور گونه کاهش می‌یابد (شکل ۴-د).



شکل ۴: منحنی‌های پاسخ گونه *T. claveryi* به مهم‌ترین عوامل محیطی تاثیرگذار در محدوده مطالعاتی گنبد کاووس

نتایج حاصل از منحنی‌های پاسخ گونه ترافل صحرایی در محدوده مطالعاتی مراوه‌تپه نشان می‌دهد با افزایش میزان فسفر از مقدار ۱۰ ppm احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود ۲۱/۵ ppm است و پس از آن با افزایش مقدار فسفر، کاهش می‌یابد و از مقدار ۲۴ ppm به بالا، تغییری در افزایش میزان حضور گونه رخ نمی‌دهد (شکل ۵-الف). با افزایش میزان بارندگی از مقدار ۴۰۰ میلی‌متر احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود 400 میلی‌متر است و پس از آن با افزایش مقدار بارندگی، میزان حضور گونه کاهش می‌یابد و از مقدار ۴۲۰ میلی‌متر به بالا، تغییری در افزایش میزان حضور گونه رخ نمی‌دهد (شکل ۵-ب). با افزایش تعداد رگبار از مقدار ۰/۷۴ احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در تعداد حدود ۷۵/۶ است و پس از آن با افزایش تعداد رگبار، میزان حضور گونه کاهش می‌یابد و از مقدار ۷۵/۸ به بالا، تغییری در افزایش میزان حضور گونه رخ نمی‌دهد (شکل ۵-ج). با افزایش متوسط دمای سالیانه از مقدار ۱۶ درجه سانتی‌گراد احتمال حضور ترافل صحرایی افزایش می‌یابد و حداکثر حضور گونه در مقدار حدود ۱۶/۲۵ درجه سانتی‌گراد است و پس از آن با افزایش درجه حرارت، میزان حضور گونه کاهش می‌یابد و از مقدار ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد به بالا، تغییری در افزایش میزان حضور گونه رخ نمی‌دهد (شکل ۵-د).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]



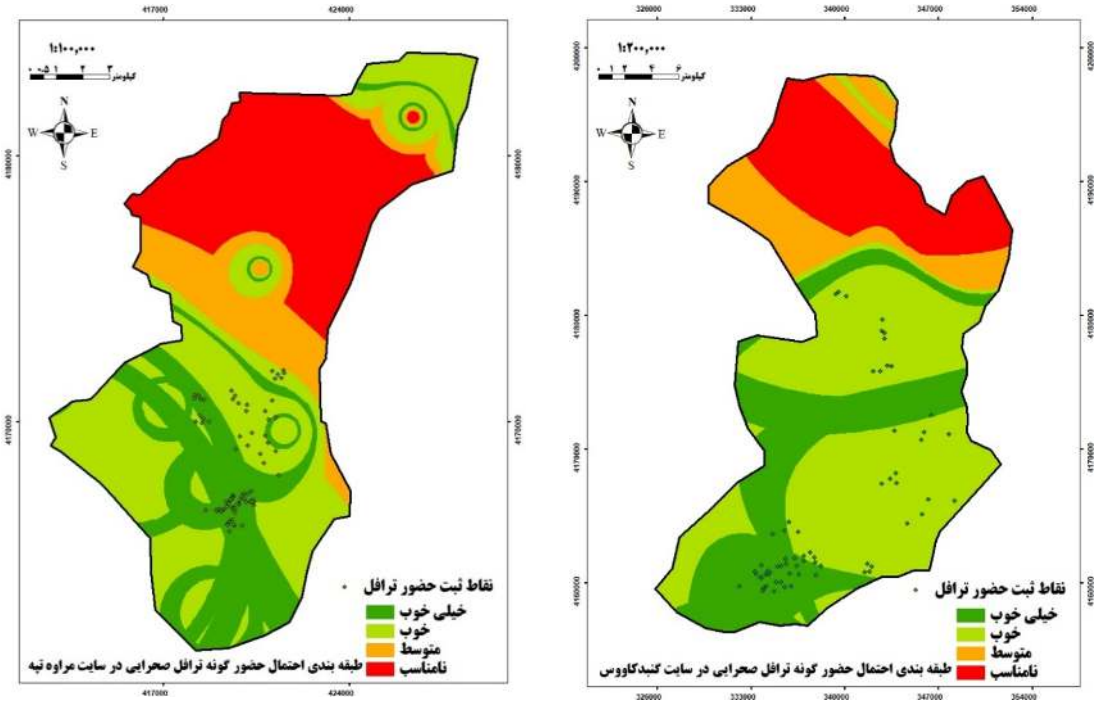
شکل ۵- منحنی های پاسخ گونه *T. claveryi* به مهم‌ترین عوامل محیطی تاثیرگذار در محدوده مطالعاتی مراوه‌تپه

ج- ارائه نقشه پیش‌بینی پراکنش بالقوه و تشریح آن

مطابق شکل (۶) نتایج حاصل از این مطالعه برای پیش‌بینی توزیع گیاه ترافل صحرایی با مدل حداکثر آنتروپی نشان می‌دهد که در شرایط اکولوژیکی حاضر بخش‌هایی از جنوب و مرکز مراتع قشلاقی استان گلستان بیشترین پتاسیل رویشگاهی ترافل را دارد. به طوریکه بیش از ۶۰ درصد منطقه در طبقه رویشگاهی خوب و خیلی خوب قرار دارد (جدول ۱).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]



الف ب

شکل ۶: نقشه مطلوبیت رویشگاه *T. claveryi* در محدوده مطالعاتی گنبدکاووس (الف) و مراوه‌تپه (ب)

جدول ۱: مساحت طبقات رویشگاه *T. claveryi* در محدوده مطالعاتی گنبدکاووس و مراوه‌تپه

منطقه	طبقه	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
گنبد کاووس	نامناسب	۱۲۰۵۱	۱۹
	متوسط	۷۲۸۹	۱۲
	خوب	۲۸۱۱۷	۴۴
	خیلی خوب	۱۵۸۹۷	۲۵
مراوه‌تپه	نامناسب	۴۹۵۳	۲۹
	متوسط	۲۱۳۰	۱۳
	خوب	۶۱۱۸	۳۶
	خیلی خوب	۳۸۳۵	۲۳

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مدل حداکثر آنتروپی برای پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی بالقوه گیاه ترافل صحرایی (*T. claveryi*) با AUC بزرگتر از ۰/۹ در محدوده‌های مطالعاتی گنبد کاووس و مراوه‌تپه نشان دهنده عملکرد مناسب مدل با دقت بالا در پیش‌بینی رخداد گونه است. نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه ترافل صحرایی (*T. claveryi*) در دو منطقه گنبدکاووس و مراوه‌تپه با استفاده از مدل MaxEnt نشان داد که از بین عوامل اقلیمی، خاکی، پستی و بلندی و انسانی، عوامل اقلیمی و خاکی بر حضور و پراکنش این گونه تأثیرگذارتر هستند. همانطورکه محققان دیگر نیز در تحقیقات خود اذعان داشتند حضور و پراکنش ترافل صحرایی توسط عوامل محیطی مانند بارندگی و خواص خاک محدود می‌شود (۴). بر اساس آزمون جک‌نایف، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در منطقه گنبدکاووس به‌ترتیب شامل میزان فسفر، متوسط دمای سالانه، میزان شن، متوسط بارندگی سالانه، تعداد رگبار و کربنات کلسیم بودند. در منطقه مراوه‌تپه نیز متغیرهای مشابهی شامل متوسط دمای سالانه، متوسط بارندگی سالانه، تعداد رگبار، میزان فسفر، کربنات کلسیم و میزان شن به‌عنوان عوامل کلیدی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

شناسایی شدند. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه همه عوامل در هر دو منطقه مشترک هستند، ولی ترتیب اهمیت آن‌ها متفاوت است که احتمالاً ناشی از تفاوت‌های بوم‌شناختی بین دو منطقه است. سایر محققین نیز اذعان داشتند که پارامترهای محیطی بر اساس موقعیت جغرافیایی، منطقه‌ای که گونه‌ها از آنجا جمع‌آوری شده‌اند، ارتفاع، دوره زمانی اندازه‌گیری و فصل می‌توانند مشابه باشند یا می‌توانند تغییر کنند (۳).

میزان فسفر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تغذیه‌ای و درشت مغذی ضروری برای گیاهان، تأثیر مستقیمی بر پراکنش این گونه داشت، به‌طوری‌که در گنبدکاووس حداکثر حضور در ۱۲/۳ ppm و در مراوه‌تپه در ۲۱/۵ ppm مشاهده شد و مقادیر بیشتر ایجاد محدودیت برای رشد ترافل می‌کند که احتمالاً به‌دلیل محدود کردن فتوسنتز است (۳۲). نتایج تحقیقات انجام شده توسط بوآزدی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد مقادیر نیتروژن و فسفر خاک در رویشگاه ترافل صحرایی بسیار کم بود (به‌ترتیب ۷/۵ و ۰/۲۵ ppm). تحقیقات خابار (۲۰۱۶) و برمکی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد از نظر مواد معدنی، ترافل صحرایی به وجود نیتروژن، فسفات، پتاسیم، کلسیم و آهن نیاز دارد، البته گزارش شده است که مقدار کم فسفات و آهن باعث افزایش پتانسیل میکوریزه شدن می‌شود. محققان در تحقیقاتی که بر روی باکتری‌های حل‌کننده فسفر انجام دادند به این نتیجه رسیدند در بهار، قارچ اقدام به تولید میوه می‌کند و فعالیت متابولیکی بالا باید در زیر زمین اتفاق بیفتد که نیاز بیشتر به مواد مغذی را توجیه می‌کند (۲۷).

میزان شن در خاک نیز یک عامل کلیدی در پراکنش ترافل صحرایی بود. در هر دو منطقه، روند تغییرات حضور گونه با افزایش شن به‌صورت سینوسی بود زیرا تنوع در میزان داده محیطی شن در منطقه کم است، اما پس از عبور از یک آستانه (۳۵ درصد در گنبدکاووس و ۵۰/۸ درصد در مراوه‌تپه)، احتمال حضور کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که ترافل صحرایی خاک‌های با بافت متعادل را ترجیح می‌دهد و خاک‌های بسیار شنی یا رسی ممکن است برای رشد آن مناسب نباشند. محققان مختلفی نشان دادند که گونه *T. claveryi* در خاک لومی شنی-آهکی (۱۴)، گونه *T. pinoyi* در خاک‌های لومی، قلیایی، آهکی، با مواد آلی کم و غیرشور (۳۴)، خاک شنی قلیایی آهکی با مواد آلی کم و مناطقی با بافت رسی-لومی (۱۰) رشد می‌کنند. رویشگاه ترافل‌های خشک-نیمه‌خشک از شرق ترکیه با انواع خاک شامل انواع شنی، شنی- لومی، رسی- لومی، لومی-شنی، شنی- لومی بود (۳). به نظر می‌رسد مطابق با یافته‌های بوآزدی و همکاران (۲۰۱۷) تخلخل بالا از ویژگی‌های مهم خاک‌های لومی شنی است که از نقطه نظر تأمین هوای کافی برای رشد و تکثیر خوب ترافل مهم است. همانطورکه در بخش قبل ذکر شد در اثرگذاری کربنات کلسیم، بافت و ساختار خاک نیز مهم است.

متوسط بارندگی سالانه نیز از عوامل حیاتی در تعیین پراکنش ترافل صحرایی معرفی شدند. در گنبدکاووس، بارندگی بهینه حدود ۳۵۰ میلی‌متر و در مراوه‌تپه حدود ۴۰۰ میلی‌متر بود. این تفاوت نشان می‌دهد که ترافل صحرایی در مناطق با بارندگی متوسط رشد بهتری دارد و بارندگی بیش از حد می‌تواند اثر منفی بر حضور آن بگذارد. این نتایج تائیدکننده نتایج تحقیقات ویلگان و همکاران (۲۰۲۵) است که به این نتیجه رسیدند از بین متغیرهای اقلیمی، بارش فصل سرد، تغییرات فصلی دما، و دمای میانگین سالانه بیشترین تأثیر را در پراکنش ترافل داشتند. در مراتع قشلاقی استان گلستان، بارندگی الگوی نامنظم دارد و مشاهده شد پراکنش ترافل به توزیع بارش‌ها حساس است. به‌طوریکه ترافل در پائیز و زمستان از پراکنش و میزان تولید بالاتری در مراتع قشلاقی استان برخوردار است. طبق نتایج تحقیقات انجام شده توسط خابار (۲۰۱۶)، عامل محدود کننده اصلی ترافل صحرایی، مقدار و پراکنش بارندگی است، به طوریکه برای برخی از گونه‌ها، بارش باید در پاییز باشد، اما به‌طورکلی در زمستان و بهار بیشتر مورد نیاز است. فورتاس و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مطالعات خود اشاره کردند که عملکرد طبیعی خوب گونه‌های ترافل صحرایی با شدت و توزیع بارندگی، دما، فراوانی طوفان‌ها در طول فصول رشد ارتباط نزدیکی دارد. به طوریکه بهره‌وری کل رابطه مثبت نزدیکی با بارش‌های پاییزی دارد که دوره حیاتی قبل از تولید مثل برای ترافل‌های بیابانی و گونه‌های گیاهی میزبان است (۸ و ۲۹).

به‌نظر می‌رسد در بررسی پراکنش و تولید ترافل بایستی مجموعه‌ای عوامل را در نظر گرفت. همانطور که

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

آکیوز و همکاران (۲۰۱۷) ادعا کردند، زیستگاه، گیاه میزبان، آب و هوا و انواع خاک به اندازه بارش برای رشد سالم ترافل اهمیت دارد. به طوریکه مطابق با نتایج تحقیقات برادی و همکاران (۲۰۱۴) رشد ترافل در صحرای الجزایر به شدت به ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مانند فرورفتگی‌ها و بستر رودخانه‌های موقت وابسته است، زیرا این مناطق شرایط بهتری برای ذخیره آب و رشد گیاهان میزبان فراهم می‌کنند و این مناطق از تنوع زیستی بالایی برخوردارند. تاثیر بارندگی در پراکنش ترافل می‌تواند متاثر از پارامترهای دیگری از جمله دمای سالانه باشد. مطابق با یافته‌های آندرو و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر نهایی باران در پاییز ممکن است تحت تأثیر پارامترهای دیگری مانند دما و تبخیر و تعرق قرار گیرد که باعث می‌شود آب در مدت زمان کم و بیش سپری شده برای گیاهان در دسترس باشد. در گنبدکاووس، دمای بهینه حدود ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد و در مراوه‌تپه حدود ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد بود. این تفاوت دمایی نشان می‌دهد که مطابق با نتایج تحقیقات آندریو و همکاران (۲۰۱۹) ترافل صحرایی در دماهای معتدل رشد بهتری دارد و افزایش دما می‌تواند محدودیت ایجاد کند. بعبارتی تهدیدهای اصلی برای تولید ترافل شرایط تابستانی خشک‌تر و گرم‌تر است (۱۵). بر اساس تحقیقات اخیر برمکی و همکاران (۲۰۱۷) ترافل‌های بیابانی بیشتر در مناطق بنی گیل و ابولخال یافت می‌شوند که با وجود آب و هوای کویری در تمام سال بارندگی متوسطی حدود ۱۷۰ میلی‌متر با میانگین دما به‌ترتیب ۱۷/۹ و ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد دارند. این مناطق همچنین با باران شدید در عصرها و صبح زود، بارش شبنم، رعد و برق و رعد و برق مشخص می‌شوند که به طور قابل توجهی به رشد ترافل کمک می‌کند.

به‌طورکلی، این مطالعه نشان داد که پراکنش ترافل صحرایی در مناطق گنبدکاووس و مراوه‌تپه تحت تأثیر ترکیبی از عوامل خاکی و اقلیمی است که درک روابط متقابل بین آنها ضروری است. بارندگی، تعداد رگبارها، دما، فسفر، کربنات کلسیم و بافت خاک مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر حضور این گونه هستند. با این حال، تفاوت در مقادیر بهینه این عوامل در دو منطقه نشان می‌دهد که مدل‌سازی پراکنش باید با در نظر گرفتن شرایط محلی انجام شود. به‌طورکلی از نظر رویشگاهی، ترافل صحرایی به بارندگی‌های فصلی و محدود نیاز دارد و مقدار و زمان بارش، نقش مهمی در رشد و نمو این قارچ ایفا می‌کند. بارندگی‌های نامنظم یا بیش از حد، می‌تواند به کاهش تولید ترافل منجر شود. از نظر دمایی ترافل صحرایی در مناطق با آب و هوای گرم و خشک رشد می‌کند و دمای مناسب در فصل رشد، برای نمو این قارچ ضروری است. از نظر خاک، ترافل صحرایی در خاک‌های نسبتا شنی و آهکی با زهکشی مناسب رشد می‌کند و خاک‌های سنگین و رسی، برای رشد این قارچ مناسب نیستند. ترافل صحرایی به مواد مغذی خاک نیاز دارد و خاک‌های فقیر از مواد مغذی، تولید ترافل را کاهش می‌دهند.

References

1. Abdelaal, M., M. Fois, G. Fenu & G. Bacchetta. 2019. Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. in Egypt. Ecological Informatics, 50: 68-75.
2. Akyüz, M., S. Kırbağ & B.B. Bircan. 2015. Medical characteristics of arid-semi arid truffle (Terfezia and Picoa) in the Elazığ-Malatya region of Turkey. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 43: 301-308.
3. Akyüz, M., S. Kirbağ, Y. Gürhan & B. Bircan. 2017. Evaluation of Soil Characteristics and Environmental Parameters of Arid-Semi Arid (Desert) Truffles from Eastern Turkey. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 45(3): 395–402.
4. Alhuthali, S., S.K. Bello, A.M. Bageel, A.B. Shori, N.M. Bataweel, A.M. Al-Hejin, A.A. Al-Qarawi & P.W. Thomas. 2024. Soil Physicochemical and Metagenomic Analyses of Bacteria and Fungi: Toward Desert Truffle Cultivation in Saudi Arabia. Agronomy, 14(12): 3021.
5. Alrhmoun, M., N. Sulaiman, G. Mattalia, H.M. Ahmed, C. Khatib, Y.Y. Cantürk & G. Zucca. 2025. Ethnoecology of Desert Truffles Hunting: A Cross-Cultural Comparative Study on Practices and Perceptions in the Mediterranean and the Near East. Journal of Arid Environments, 229: 105367.
6. Ammarellou, A. & S. Hossein. 2008. Mycorrhiza between *Kobresia bellardii* (All.) Degel and *Terfezia boudieri Chatin.* Turkish Journal of Botany. Turkish Journal of Botany, 32(1): 17-23.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

7. Andrew, C., E. Heegaard, R. Halvorsen, F. Martinez-Peña, S. Egli, P.M. Kirk, C. Bässler, U. Büntgen, J. Aldea, K. Høiland, L. Boddy & H. Kauserud. 2016. Climate impacts on fungal community and trait dynamics. Fungal Ecology, 22: 17-25.
8. Andrino, A., A. Navarro-Ródenas, J.E. Marqués-Gálvez & A. Morte. 2019. The crop of desert truffle depends on agroclimatic parameters during two key annual periods. Agron. Sustainable Development, 39: 51-62.
9. Bermaki, F.Z., L. Khabar & A. Ezzanega. 2017. Bioecology of desert truffles in the province of Figuig in Eastern Morocco. Revista Mexicana de Micología, 46: 29–36.
10. Bouzadi, M., T. Grebenc, O. Turunen, H. Kraigher, H. Taib, A. Alafai, I. Sbissi, M.E.H. Assad, D. Bedade & S. Shamekh. 2017. Characterization of natural habitats and diversity of Libyan desert truffles. 3 Biotech, 7(5): 328.
11. Bradai, L., S. Bissati & H. Chenchouni. 2014. Desert truffles of the North Algerian Sahara: Diversity and bioecology. Emirates Journal of Food and Agriculture, 26(5): 425-435.
12. Doðan, H. & S. Aydin. 2013. Determination of antimicrobial effect, antioxidant activity and phenolic contents of desert truffle in Turkey. Afric J Traditional Complement Alternative Medicines, 10(4): 52-58.
13. Dundar, A., O.F. Yesil, H. Acay, V. Okumus, S. Ozdemir & A. Yildiz. 2012. Antioxidant properties, chemical composition and nutritional value of Terfezia boudieri (Chatin) from Turkey. Food Science and Technology International, 18(4): 317-328.
14. Fortas, Z., S. Dib-Bellahouel & G. Chevalier. 2021. Ecology and Distribution of Desert Truffles in Algeria. Available online: https://www.researchsquare.com/article/rs-248631/v1.
15. Garcia-Barreda, S., J.J. Camarero, S.M. Vicente-Serrano & R. Serrano-Notivoli. 2020. Variability and trends of black truffle production in Spain (1970-2017): Linkages to climate, host growth, and human factors. Agricultural and Forest Meteorology, 287: 107951.
16. Gehring, C.A. & J.H. Connell. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: Occurrence, colonization, and relationships with plant performance. Mycorrhiza Journal, 16(2): 89-98.
17. Ghafari, S., A. Ghorbani, M. Moameri, R. Mostafazadeh, M. Bidar Lord & A. Kake Mami. 2021. Habitat potential modeling of Thymus kotschyanus Boiss. & Hohen. in the northern of Ardabil Province rangelands. Journal of Rangeland, 15(2): 195-213. (In Persian)
18. Henkrar, F., C. Meyad, M. Oikrim, N. Bouhaddou & L. Khabar. 2023. Updating Ecology and Distribution of Wild Truffles in Morocco. Forests, 14: 952-964.
19. Iranmanesh, M., Y. Esmaeilpour, H. Gholami & N. Moradi. 2025. Applying Ensemble Modeling for Species Distribution Forecasting of Ferula assa-foetida in Southern Iran. Journal of Rangeland, 18(3): 451-466. (In Persian)
20. Jafarian, Z. & M. Amiri. 2024. Investigating the Potential Habitat of Bromus stenostachyus Boiss. in Mazandaran Rangelands Using an Ensemble Modeling Approach. Journal of Rangeland, 17(4): 513-528. (In Persian)
21. Jamali, S. & Z. Banihashemi. 2012. Hosts and distribution of desert truffles in Iran, based on morphological and molecular criteria. Journal of Agricultural Science and Technology, 14(6): 1379-1396. (In Persian)
22. Kagan-Zur, V. & M. Akyuz. 2014. Asian Mediterranean desert truffle. springer Berlin Heidelberg, pp. 159-171.
23. Kariminejad, N., M. Hosseinalizadeh, H.R. Pourghasemi, A. Bernatek-Jakiel & M. Alinejad. 2019. GIS-based susceptibility assessment of the occurrence of gully headcuts and pipe collapses in a semi-arid environment: Golestan Province, NE Iran. Land Degradation & Development, 30(18): 2211-2225.
24. Khabar, L. 2016. Les Terfess et Truffes du Maroc: Biodiversité et Valorisation; Éditions Universitaires Européennes: Sarrebruck, Germany.
25. Komaki, A. 2009. Identification of the Truffle carp of Sarai in Golestan Province and investigation of their genetic diversity using SSR molecular markers. Ms.C. thesis in Zbol University.
26. Kujawska, M.B., M. Rudawska, M. Stasińska, M. Pietras & T. Leski. 2021. Distribution and ecological traits of a rare and threatened fungus Hericium flagellum in Poland with the prediction of its potential occurrence in Europe. Fungal Ecology, 50: 101035.
27. Kurpis, J. Cruz, M. Arroyo, T. 2019. "Modeling the effects of climate change on the distribution of Tagetes lucida Cav". (Asteraceae), Global Ecology and Conservation 20: e00747.
28. Marqués-Gálvez, J.E., A. Morte & A. Navarro-Ródenas. 2020a. Spring stomatal response to vapor pressure deficit as a marker for desert truffle fruiting. Mycorrhiza, 30: 503–512.
29. Mirjalili, S.A., Z. Jaberalansar & M.A. Ghavampour. 2021. Modeling The Distribution of Tamarix ramosissima Ledeb. In Isfahan Province Based on Maximum Entropy Model (MAXENT). Journal of Arid Biome, 11(2): 45-55. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]

30. Morte, A. & A. Andrino. 2014. Domestication: preparation of mycorrhizal seedlings. In: Kagan-Zur V, Roth-Bejerano, N, Sitrit Y, Morte A (eds) Desert truffles: phylogeny, physiology, distribution and domestication. Srpinger-Verlag Berlin Heidelberg, 343–365
31. Norman, J.E. & K.N. Egger. 1999. Molecular Phylogenetic Analysis of Peziza and Related Genera. Mycologia, 91: 820-829.
32. Park, N.W. 2015. Using maximum entropy modeling for landslide susceptibility mapping with multiple geoenvironmental data sets. Environmental Earth Sciences, 73(3): 937-949.
33. Pourghasemi, H.R. & M. Rossi, 2017. "Landslide susceptibility modeling in a landslide prone area in Mazandarn Province". North of Iran: A comparison between GLM, GAM, MARS, and M-AHP methods. Theor. Appl. Climatol., 130, 609-633.
34. Reich, P.B., J. Oleksyn & I.J. Wright. 2009. Leaf phosphorus influences the photosynthesis-nitrogen relation: a cross-biome analysis of 314 species. Oecologia, 160: 207–212.
35. Shakshak, K., A. Afan, A. Auzi & A. Hamrouni. 2014. The Hypoglycemic Effect of Libyan Truffle "TerfeziaBoudieri" in Experimentally Induced Diabetic Rats. Tripolitana Medical Journal, 3(1): 1-4.
36. Sheibani, M. & S. Jamali. 2023. Detection of Tirmania pinoyi in Roots of Inoculated Cistaceae Plant Species by Nested Polymerase Chain Reaction. Rangeland Ecology & Management, 88: 100-109.
37. Thomas; L. & H. Karen. 2007. Truffle trouble: what happened to the Tuberales? Mycological Research. 111 (9): 1075–1099.
38. Wang, Y.H., L.L. Hou, X.Q. Wu, M.L. Zhu, Y. Dai & Y.J. Zhao. 2022. Mycorrhiza Helper Bacterium Bacillus Pumilus Hr10 Improves Growth and Nutritional Status of Pinus Thunbergii by Promoting Mycorrhizal Proliferation. Tree Physiology, 42: 907–918.
39. Wilgan, R., M.K. Dyderski, M. Pietras, Ł. Walas, M. Kolanowska & T. Leski. 2025. Northward shifting in the distribution of optimal niches for Tuber aestivum, Tuber melanosporum, and their ectomycorrhizal tree partners in Europe. Acta Oecologica, 126: 104057.
40. Zambonelli, A., D. Donnini, G.L. Rana, S. Fascetti, G.M.N. Benucci, M. Iotti, A. Morte, L. Khabar, A. Bawadekji, F. Piattoni, R. Compagno & G. Venturella. 2014. Hypogeous fungi in Mediterranean maquis, arid and semi-arid forests. Plant Biosystems, 148: 392-401.
41. Zare Chahouki, M.A. & H. Piri Sahragard. 2016. Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). Polish Journal of Ecology, 3: 303-31.
42. Zare, M., A. Ghorbani, M. Moameri, H. Piri Sahragard, R. Mostafazade & Z, Hosseini. 2023. Effect of Environmental Factors on Habitat Prediction of Species *Dorema ammoniacum* D. DON. in Nadoushan Rangelands, Yazd Province, Journal of Rangeland, 17(1): 66-81.
43. Zniber, I., H. Boukcim, L. Khabar, M. Ducousso, F. Henkrar, A. El Mouttaqi & A. Hirich. 2022. Characterization of Desert Truffles in the Great Moroccan Sahara: A Review. Environmental Sciences Proceedings, 16(1): 55-60.
44. Zamani, M., R. Gholami, A. Karimidoost, S. Zeinali. 2021.Soil properties in Natural Truffle (Tuber spp.) Habita in Golestan Province: Research on the protection and conservation of Irans Forests and Rangeland, 2:18-274-286.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.4.3]