Semnan University

Climate and Ecosystem
of Arid and Semi-arid Regions
https://ceasr.semnan.ac.ir



Research Article

Relationship Between Soil Physical and Chemical Properties and Vegetation Distribution in the Biabanak Region of Sorkheh County, Semnan Province

Seyed Mohammad Fazli Zafarani[a], Alireza Moshki[b]*, Hooman Ravanbakhsh[c], Mohammadkia Kianian[d]

[a] *MSc. Graduate of Combat Desertification, Department of Desertification Control, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.*
[b] *Associate Professor, Department of Forestry in Arid Region, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.*
[c] *Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.*
[d] *Assistant Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.*

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 29 June 2026
Revised: 29 July 2026
Accepted: 28 August 2026

Keywords:
Vegetation distribution,
Soil characteristics,
Canonical correspondence analysis (CCA),
Soil Salinity,
Arid Eeosystems.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: Vegetation distribution in arid and semi-arid ecosystems is strongly influenced by soil physical and chemical properties, and variations in these properties can lead to development of distinct plant communities even within relatively small spatial scales. Understanding the edaphic factors controlling vegetation distribution is essential for elucidating plant–soil relationships, managing desert ecosystems, and planning restoration and conservation programs. The Biabanak area, located in Sorkheh County, Semnan Province, Iran, represents a typical desert ecosystem that supports diverse vegetation types despite relatively uniform climatic conditions. This study aimed to investigate the relationships between vegetation types and soil physical and chemical characteristics and to identify the most important soil factors influencing vegetation differentiation in the Biabanak region.

Materials and Methods: The study was conducted within an area of approximately 2,000 ha. Vegetation sampling was carried out using a systematic-random approach, and a total of 31 plots (15 × 15 m) were established. Based on the dominant species, plots were classified into seven vegetation types, including *Artemisia*, *Ephedra*, *Tamarix*, *Salsola*, *Suaeda*, *Halocnemum*, and unvegetated sites (control). Soil samples were collected from the 0–15 cm depth in each plot. Several soil physical and chemical properties, including soil texture, bulk density, pH, electrical conductivity (EC), organic carbon, phosphorus, potassium, sodium, lime, and gypsum contents, were measured. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was employed to examine the relationships between vegetation types and environmental variables.

Results: Significant differences were observed among vegetation types for many soil physical and chemical properties. Sand content ranged from 53% to 69%, silt from 17% to 26%, and clay from 10% to 21%. Soil pH, electrical conductivity,

* **Corresponding author:** *alireza_moshki@semnan.ac.ir*

organic matter, sodium, potassium, phosphorus, lime, and gypsum contents also differed significantly among vegetation types. The CCA results indicated that the first ordination axis was positively correlated with gypsum, sodium, electrical conductivity, and silt content, while showing a negative correlation with sand content. The second axis was primarily associated with soil lime content, whereas the third axis was mainly related to soil potassium. Ordination patterns revealed that the *Halocnemum* vegetation type was associated with soils characterized by the highest salinity and gypsum content, followed by the *Salsola* and *Suaeda* vegetation types along the same environmental gradient. In contrast, *Artemisia* and Ephedra were associated with less saline soils, lighter soil textures, and higher sand content. The *Tamarix* vegetation type was primarily related to silty soils with higher potassium concentrations.

Conclusion: Overall, the results demonstrated that variations in soil characteristics, particularly salinity, gypsum, sodium, soil texture, lime, and potassium, play a fundamental role in differentiation and distribution of vegetation types in the Biabanak area. The findings highlight the importance of edaphic factors as the primary drivers of vegetation patterns in this desert ecosystem and suggest that these variables can serve as key indicators in desert management programs, including vegetation establishment, conservation, restoration, and rehabilitation efforts in arid and semi-arid environments.

Cite this article as: Fazli Zafarani., S. M., Moshki, A., Ravanbakhsh, H., and Kianian, M. K. (2026). relationship between soil physical and chemical properties and vegetation distribution in the Biabanak region of Sorkheh County, Semnan Province. *Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions,* 3(1), 119-133.

© 2026 Published by Semnan University Press.

https://doi.org/10.22075/ceasr.2026.41807.1069

مقاله پژوهشی

رابطه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با پراکنش پوشش گیاهی در منطقه‌ی بیابانک، شهرستان سرخه، استان سمنان

سید محمد فضلی زعفرانی [۱]، علیرضا مشکی [۲*]، هومن روانبخش [۳]، محمدکیا کیانیان [٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه بیابان زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری در مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
٤- استادیار، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
*: نویسنده مسئول، alireza_moshki@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۵/۰٤/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۵/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۰٦/۰٦

واژه‌های کلیدی:
پراکنش پوشش گیاهی،
ویژگی‌های خاک،
آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA)،
شوری خاک،
اکوسیستم‌های خشک.

چکیده

سابقه و هدف: پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قرار دارد و تغییرات این ویژگی‌ها می‌تواند موجب شکل‌گیری جوامع گیاهی متفاوت حتی در مقیاس‌های مکانی نسبتاً کوچک شود. شناخت عوامل ادافیکی مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی، نقش مهمی در درک روابط گیاه–خاک، مدیریت اکوسیستم‌های بیابانی و برنامه‌ریزی اقدامات احیایی و حفاظتی دارد. منطقه بیابانک واقع در شهرستان سرخه استان سمنان از جمله رویشگاه‌های بیابانی کشور است که با وجود شرایط اقلیمی نسبتاً یکنواخت، از تنوع قابل توجهی در تیپ‌های پوشش گیاهی برخوردار است. هدف این پژوهش، بررسی ارتباط بین تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر تفکیک تیپ‌های گیاهی در منطقه بیابانک بود.

مواد و روش‌ها: به منظور اجرای پژوهش، محدوده‌ای به وسعت حدود ۲۰۰۰ هکتار مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری پوشش گیاهی به روش تصادفی–سامان‌مند انجام شد و در مجموع ۳۱ پلات ۱۵×۱۵ متر برداشت گردید. بر اساس گونه غالب، پلات‌ها در هفت تیپ شامل *Artemisia*، *Ephedra*، *Tamarix*، *Salsola*، *Suaeda*، *Halocnemum* و اراضی فاقد پوشش گیاهی طبقه‌بندی شدند. در هر پلات، نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری انجام گردید و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، چگالی ظاهری، pH، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، سدیم، آهک و گچ اندازه‌گیری شد. همچنین، به منظور تعیین روابط بین تیپ‌های پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی، آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) به کار گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی از نظر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تفاوت معنی‌داری وجود دارد. میزان شن بین ۵۳ تا ٦۹ درصد، سیلت بین ۱۷ تا ۲٦ درصد و رس بین ۱۰ تا ۲۱ درصد متغیر بود. مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، ماده آلی، سدیم، پتاسیم، فسفر، آهک و گچ نیز در میان تیپ‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج آنالیز CCA نشان داد که محور اول بیشترین همبستگی مثبت را با گچ، سدیم و هدایت الکتریکی خاک و همچنین درصد سیلت، و همبستگی منفی را با درصد شن دارد. محور دوم عمدتاً با میزان آهک و محور سوم با پتاسیم خاک ارتباط داشت. بررسی نحوه استقرار تیپ‌های گیاهی در فضای اردینیشن نشان داد که تیپ *Halocnemum* در خاک‌های دارای بیشترین شوری و گچ قرار گرفته و پس از آن تیپ‌های *Salsola* و *Suaeda* در امتداد همین گرادیان

مشاهده شدند. در مقابل، تیپ‌های *Artemisia* و *Ephedra* با خاک‌های کم‌شورتر، دارای بافت سبک‌تر و درصد شن بیشتر ارتباط داشتند. همچنین، تیپ *Tamarix* بیشتر در خاک‌های سیلتی‌تر و دارای مقادیر بیشتر پتاسیم مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات خصوصیات خاک، به ویژه شوری، گچ، سدیم، بافت خاک، آهک و پتاسیم، نقش اساسی در تفکیک و پراکنش تیپ‌های گیاهی منطقه بیابانک دارند. یافته‌های این مطالعه بیانگر آن است که عوامل ادافیکی مهم‌ترین محرک الگوهای پوشش گیاهی در این اکوسیستم بیابانی هستند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های کلیدی در برنامه‌های مدیریتی بیابان‌زدایی شامل استقرار، حفاظت و احیای پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: فضلی زعفرانی، س. م.، مشکی، ع. ر.، روانبخش، ه. و کیانیان، م. ح. (۱۴۰۵). رابطه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با پراکنش پوشش گیاهی در منطقه‌ی بیابانک، شهرستان سرخه، استان سمنان. *اقلیم و بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه‌خشک*، ۳(۱)، شماره ۱۱۹-۱۳۳.

ناشر: دانشگاه سمنان

DOI: https://doi.org/10.22075/ceasr.2026.41807.1069

۱- مقدمه

به‌منظور مدیریت صحیح اکوسیستم‌های گیاهی باید ارتباط بین عوامل بوم‌شناختی موجود در طبیعت را که شامل عوامل توپوگرافی، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و موجودات زنده است، شناخت (Khakpoor Bajestani و همکاران، ۲۰۲۵). ترکیب و ساختار هر جامعه گیاهی تا حد زیادی تحت کنترل و تأثیر عوامل محیطی مانند خاک، تغییرات توپوگرافی (شیب، ارتفاع و جهت) و عوامل دیگر نظیر پستی و بلندی‌ها در سطح خاک، پوشش گیاهی و میزان مواد آلی است (Kumar و همکاران، ۲۰۲۵؛ Moshki و همکاران، ۲۰۲٤). اگر چه عوامل مختلف اکولوژیکی در شکل‌گیری، توسعه و پایداری جوامع گیاهی نقش دارند، اما در این بین، خصوصیات خاک به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بیشترین تأثیر را بر پراکنش و تنوع پوشش گیاهی، به‌خصوص در رویشگاه‌هایی با خاک شور، دارند (Yaghoubi و همکاران، ۲۰۲۵؛ Yari و همکاران، ۲۰۲٤؛ Zhang و همکاران، ۲۰۲۰؛ Guichao و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، Bin و همکاران (۲۰۲۵)، در بررسی‌های خود نشان دادند که اگرچه رقابت در رشد، پراکنش گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما خصوصیات خاک از عوامل اصلی پراکنش جوامع گیاهی، بخصوص در مناطق خشک است. Qin و همکاران (۲۰۲٦)، با بررسی روابط پوشش گیاهی با خصوصیات خاک نشان دادند که مهم‌ترین خصوصیات خاکی مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی، هدایت الکتریکی، بافت، پتاسیم، گچ و آهک می‌باشند. Zare Chahoki (۲۰۰٦)، بر اساس رسته‌بندی به الگوی پراکنش گونه‌ها و عوامل محیطی در مناطق دشتی پشت کوه یزد دست یافته و با توجه به خصوصیات خاک به تفکیک گروه‌های اکولوژیک گیاهی در این منطقه پرداخته است. Mohtashamnia و همکاران (۲۰۰۷) به رسته‌بندی جوامع گیاهی مراتع استپی فارس در دو منطقه دشتی و کوهستانی پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر پوشش گیاهی دشت‌ها و عوامل توپوگرافی بر پوشش گیاهی ارتفاعات و دامنه‌ها تأثیر بیشتری می‌گذارند. Jafari و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند، که مهم‌ترین خصوصیات خاکی مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی مراتع استان قم، هدایت الکتریکی، بافت، پتاسیم قابل جذب و آهک است و هرگونه گیاهی با توجه به منطقه رویش، نیازهای بوم‌شناختی و دامنه بردباری با بعضی از خصوصیات خاک رابطه دارد. نتایج بررسی Jahantigh و Jahantigh (۲۰۲۳) نشان داد که رابطه مستقیمی بین فاکتورهای pH، EC، کربن آلی، ازت کل، پتاسیم، آهک و سدیم خاک و میزان شادابی گونه‌ها وجود

دارد، که این ارتباط در افق سطحی خاک محسوس‌تر است. پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تجزیه و تحلیل، از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

در مطالعه انجام شده در مورد ارتباط خصوصیات خاکی با پوشش گیاهی در تانگژوی بیجینگ با استفاده از تحلیل عاملی (Zhang و همکاران، ۲۰۲۵) مشخص شد که از میان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بافت، آهک، هدایت الکتریکی، مواد آلی، کلسیم، منیزیم، کلر و سدیم ، پتانسیل لازم در تفکیک تیپ‌های گیاهی مورد بررسی را دارند. Zarafshar و همکاران (۲۰۲٤) به مطالعه اثر خصوصیات شیمیایی خاک بر کیفیت رویشگاه پرداختند. بررسی‌ها نشان داده که لایه‌های خاک ارتباط قوی‌تری با شاخص رویشگاهی داشته‌اند. Chen و همکاران (۲۰۲٤) نشان دادند که خواص فیزیکی خاک، به جز pH خاک، به ویژه ضخامت خاک، میزان رس، چگالی ظاهری و قطعات درشت، نقش مهمی در توالی اکوسیستم‌های جنگلی، زمین‌های زراعی و مراتع دارند. احمدی و همکاران (۲۰۰۷)، در تحقیقی با عنوان " بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و پوشش گیاهی در خاک‌های شور و گچی مراتع قشلاقی اشتهارد" نشان دادند که ارتباط ویژه‌ای بین پراکنش تیپ‌های مختلف رویشی و خصوصیات خاک وجود دارد و مهم‌ترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکؤ مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی منطقه مورد بررسی، قابلیت هدایت الکتریکی، غلظت کلر، درصد گچ، واکنش خاک، درصد سنگریزه و بافت خاک هستند. همچنین، Zhao و همکاران (۲۰۲۲) رابطه بین تنوع گونه‌ای و خواص فیزیکوشیمیایی خاک در جنگل‌های ثانویه طبیعی در طول فرآیند احیای پوشش گیاهی، را در شش جامعه جنگلی در منطقه Qinling Huoditang طی دو سال (۲۰۱۳ و ۲۰۱۹) بررسی نمودند. تجزیه و تحلیل نشان داد که محتوای مواد مغذی خاک در این منطقه در این دوره کاهش یافته است؛ اما شاخص تنوع گیاهی هیچ تغییر آشکاری نشان نداد. از طریق RDA و تجزیه و تحلیل رگرسیون، مشخص گردید که همبستگی بین تنوع گیاهی و خواص فیزیکوشیمیایی خاک گسسته است. تنوع گونه‌ای درختی و علفی بیشترین ارتباط را با خاک سطحی داشت، در حالی که تنوع درختچه‌ای بیشتر توسط لایه میانی خاک تنظیم می‌شد. فسفر موجود بیشترین تأثیر را بر درختان داشت و عوامل اصلی مؤثر بر درختچه‌ها NO_3-N و NH4-N بودند. رشد گیاهان علفی بیشتر توسط خواص فیزیکی خاک مانند چگالی ظاهری و تخلخل خاک محدود می‌گردید. خلاصه اینکه، همبستگی‌های آشکاری بین خواص فیزیکوشیمیایی خاک و جوامع گیاهی وجود دارد. پس از شش سال احیای طبیعی، شاخص تنوع گیاهی تغییر قابل توجهی نکرد. با این حال، محتوای مواد مغذی خاک به طور قابل توجهی کاهش یافت.

Joshi و Garkoti (۲۰۲۳) طی تحقیقی نشان دادند که خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و پویایی زیست‌توده میکروبی به طور قابل توجهی با انواع پوشش گیاهی مرتبط هستند. در مطالعه آنها از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه و تحلیل همبستگی برای ارزیابی رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی و استوکیومتری استفاده شد. نتایج نشان داد که محتوای SOC، TN، TP، MBC، MBN و MBP با عمق خاک کاهش می‌یابد. محتوای MBC، MBN و MBP به طور قابل توجه و مثبتی با محتوای SOC، TN و TP مرتبط بودند. جنگل‌های بلوط و دئودار در مقایسه با سایر انواع پوشش گیاهی، بالاترین محتوای کربن آلی، نیتروژن و فسفر کل و همچنین بیشترین میزان زی توده کربن، نیتروژن و فسفر میکروبی را دارا بودند SOC. خاک جنگل‌ها (۰–۱۰ سانتی‌متر) بالاترین نسبت‌های کربن به نیتروژن و کربن به فسفر SOC را داشت.

Qin و همکاران (۲۰۲٦) نشان دادند که خواص فیزیکوشیمیایی خاک در لایه ۰–۲۰ سانتی‌متری در تمام انواع پوشش گیاهی به طور قابل توجهی بهتر از لایه ۲۰–٤۰ سانتی‌متری بود. اثرات انواع پوشش گیاهی بر خواص خاک عمیق و متفاوت بود. محتوای کل کربن خاک در زیر I. cylindrica (۱۵.۲٤ ± ۲.۹۲ گرم در کیلوگرم) بالاترین مقدار بود، که ۳ برابر همین مقدار در زیر A. scoparia بود. محتوای کل نیتروژن (TN) گیاه به طور چشمگیری متفاوت بود، به طوری که A. scoparia (۷.۱٦ ± ۰.۸۵ گرم در کیلوگرم) تقریباً دو برابر محتوای نیتروژن کل در بافت سایر انواع پوشش گیاهی را داشت. چند عملکردی بودن

خاک مستقیماً توسط نوع پوشش گیاهی و عمق خاک تنظیم می‌شد، به طوری که اثرات پوشش گیاهی توسط خواص شیمیایی خاک و اثرات عمق توسط خواص شیمیایی و فعالیت‌های آنزیمی تعدیل می‌شد.

اگرچه مطالعات متعددی به بررسی نقش عوامل محیطی در شکل‌گیری جوامع گیاهی پرداخته‌اند، اما اطلاعات مربوط به سهم ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کنترل الگوی پراکنش و تنوع پوشش گیاهی در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی ایران همچنان محدود است (Moshki و همکاران، ۲۰۲٤). مشاهدات میدانی اولیه نشان داد که علی‌رغم یکنواختی نسبی شرایط اقلیمی و توپوگرافی، تفاوت‌های قابل توجهی در ترکیب و پراکنش پوشش گیاهی در تیپ‌های مختلف خاک وجود دارد، که بیانگر نقش بالقوه ویژگی‌های خاک در استقرار و توزیع گونه‌های گیاهی است. بر این اساس، پژوهش حاضر با این فرض انجام شد، که تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک یکی از عوامل اصلی مؤثر بر پراکنش و تنوع پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین، هدف این مطالعه تعیین و تبیین روابط بین ویژگی‌های خاک و الگوی پراکنش جوامع گیاهی و شناسایی مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر بر استقرار گونه‌ها بود. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناخت نیازهای بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی، انتخاب گونه‌های مناسب برای برنامه‌های جنگل‌کاری و احیای اکوسیستم‌های تخریب‌شده، پیش‌بینی روند توالی پوشش گیاهی و همچنین مدیریت، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از اکوسیستم‌های بیابانی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه پژوهش

بیابانک، یکی از روستاهای بخش مرکزی شهرستان سرخه در استان سمنان است. این روستا در ۲۹ کیلومتری جنوب شهر سمنان، ٦ کیلومتری جنوب شرقی شهر سرخه در دهستان لاسجرد در شهرستان سرخه جای دارد. منطقه مورد بررسی حدود ۲۰۰۰ هکتار وسعت دارد. این روستا در محدوده اقلیم خشک تا نیمه‌خشک قرار دارد. شرایط آب‌وهوایی این منطقه با تابستان‌های گرم و خشک، زمستان‌های نسبتاً سرد و بارندگی اندک شناخته می‌شود. میانگین بارش سالانه در مناطق مرکزی و شرقی استان سمنان عموماً کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر بوده و بخش عمده بارش‌ها در فصل‌های پاییز و زمستان رخ می‌دهد. میانگین دمای سالانه حدود ۱۸ درجه سلسیوس است و نوسانات دمایی قابل‌توجهی بین فصول مشاهده می‌شود. کمبود بارش، تبخیر بالا و رطوبت نسبی پایین از مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی منطقه به شمار می‌روند.

۲-۲- روش کار

برای انجام این پژوهش، ابتدا محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شد. سپس با بهره‌گیری از روش نمونه‌گیری تصادفی سامانمند و استقرار ترانسکت‌ها با فواصل ۱۰۰ متری، نقاط نمونه‌برداری در سطح منطقه مشخص گردید. پس از انتقال این نقاط به عرصه و انجام عملیات میدانی، در مجموع ۳۲ پلات به ابعاد ۱۵×۱۵ متر (۲۲۵ متر مربع) برداشت شد (شکل گونه‌ای پوشش گیاهی ثبت و بر اساس گونه غالب، پلات‌ها به هفت تیپ پوشش گیاهی شامل: ۱) سالسولا Salsola (۳ پلات)، ۲) افدرا Ephedra (۷ پلات)، ۳) گز Tamarix (۵ پلات)، ٤) سودا Suaeda (٤ پلات)، ٥) هالکنموم Halocnemum (٤ پلات)، ٦) درمنه Artemisia (٦ پلات) و ۷) شاهد یا اراضی فاقد پوشش گیاهی (۳ پلات) طبقه‌بندی شدند. پس از تعیین تیپ‌های گیاهی، نمونه‌برداری خاک در هر پلات انجام شد. بدین منظور، از پنج نقطه شامل مرکز و چهار گوشه هر پلات، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری برداشت گردید. سپس نمونه‌های حاصل از هر پلات با یکدیگر مخلوط شده و یک نمونه ترکیبی تهیه شد. در نتیجه، در مجموع ۳۲ نمونه خاک ترکیبی برای انجام آزمایش‌های بعدی به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، آزمایش‌های زیر انجام شد. تعیین بافت خاک به روش

هیدرومتری بایکاس، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، اسیدیته خاک با استفاده از گل اشباع و دستگاه pH متر و همچنین میزان هدایت الکتریکی با استفاده از عصاره گل اشباع و دستگاه هدایت‌سنج اندازه گیری شد. میزان کربن آلی به روش والکلی بلک (درصد ماده آلی حاصاضرب درصد کربن در عدد ۱/۷۲) (Allison و همکاران، ۱۹۷۵)، فسفر قابل جذب با استفاده از روش Olsen (Olsen و همکاران، ۱۹۵٤) و با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. درصد گچ به روش هدایت‌سنجی به کمک استون، و درصد آهک با استفاده از روش کلسیمتری اندازه‌گیری شد (Weaver و همکاران، ۱۹۹٤). غلظت سدیم و پتاسیم محلول در عصاره اشباع خاک توسط دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (Jafari Haghighi، ۲۰۰۳).

۲-۳- آنالیز آماری

داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌های خاک و پوشش گیاهی ابتدا در نرم‌افزار Excel سامان‌دهی و کنترل شده و برای انجام تحلیل‌های آماری آماده‌سازی شدند. به‌منظور بررسی تفاوت خصوصیات خاک بین تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی، نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس مقایسه میانگین متغیرهای خاکی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه[1] انجام شد. در مواردی که تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده گردید، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. همچنین، به‌منظور بررسی روابط بین تیپ‌های پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌ها، از روش آنالیز تطبیقی متعارفی[2] در نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد. در این تحلیل، تیپ‌های پوشش گیاهی به‌عنوان ماتریس گونه‌ای و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌عنوان متغیرهای محیطی وارد مدل شدند. مقادیر ویژه[3]، درصد واریانس تبیین‌شده، ضرایب همبستگی گونه–محیط و ضرایب همبستگی درون‌مجموعه‌ای متغیرهای محیطی با محورهای رسته‌بندی محاسبه گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج نشان داد، که بین تیمارهای مختلف بررسی در این مطالعه تفاوت‌های معنی‌داری از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک وجود دارد (جدول ۱). درصد شن بین ۵۳ تا ٦۹ درصد، سیلت بین ۱۷ تا ۲٦ درصد و رس بین ۱۰ تا ۲۱ درصد متغیر بود. اسیدیته خاک در محدوده خنثی تا کمی قلیایی (۷ تا ۷/٦۲) قرار داشت و هدایت الکتریکی بین ۸/۹٦ تا ۱٤/۱۸ دسی زیمنس بر متر متغیر بود (جدول ۱). همچنین مقادیر کربن آلی، سدیم، پتاسیم و فسفر در بین تیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان دادند. بیشترین میزان ماده آلی در تیمار افدرا مشاهده شد. همچنین مقدار گچ و آهک در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری‌که، بیشترین میزان گچ در در تیمارهای Halocnemum و Salsola و بیشترین میزان آهک در خاک تحت پوشش در تیپ پوشش گیاهی Halocnemum مشاهده گردید (جدول ۱).

1- One-way ANOVA
2- Canonical Correspondence Analysis; CCA
3- Eigenvalues

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در منطقه بیابانک سمنان

Table 1. Physical and chemical properties of soil in different vegetation types in the Biabanak region of Semnan

پوشش گیاهی/ویژگی‌های خاک تیپ Vegetation type/soil properties	1	2	3	4	5	6	7
شن (درصد) Sand (%)	68^{a}	69^{a}	60^{a}	60^{ab}	62^{ab}	70^{ab}	54^{b}
سیلت (درصد) Silt (%)	22^{ab}	18^{ab}	26^{a}	24^{a}	20^{ab}	12^{b}	25^{a}
رس (درصد) Clay (%)	10^{b}	13^{ab}	14^{ab}	16^{ab}	18^{ab}	18^{ab}	21^{a}
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density (gr/cm3)	1.24^{ab}	1.35^{ab}	1.11^{b}	1.04^{b}	1.85^{a}	1.40^{ab}	1.42^{ab}
کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	0.64^{ab}	0.80^{a}	0.44^{bc}	0.51^{abc}	0.28^{c}	0.73^{ab}	0.47^{bc}
pH	7.19^{ab}	7.62^{a}	7.48^{ab}	7.24^{ab}	7.00^{b}	7.60^{a}	7.31^{ab}
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)	13.80^{a}	8.96^{b}	12.71^{ab}	13.68^{ab}	14.18^{a}	9.00^{c}	11.11^{ab}
سدیم (میلی اکی والان در لیتر) Na (meq/lit)	2140^{a}	201^{b}	2785^{a}	2940^{a}	2869^{a}	651^{b}	2552^{a}
پتاسیم (میلی اکی والان در لیتر) K (meq/lit)	633^{bc}	531c	1445a	1139ab	921abc	407c	433c
فسفر (میلی گرم در کیلوگرم خاک) P (mg/kg soil)	0.62^{b}	2.07^{ab}	2.22^{ab}	2.40^{a}	1.68^{b}	1.62^{b}	1.90^{ab}
گچ(میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک) Gypsum (meq/100 g soil)	52^{a}	40^{b}	42^{b}	50^{ab}	53^{a}	45^{b}	48^{ab}
آهک (درصد) Ca CO_3 (%)/	15^{b}	21^{ab}	21^{ab}	19^{ab}	25^{a}	22^{ab}	17^{b}

حروف کوچک کنار اعداد نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها در سطح ۹۵٪ هستند. تیمارها در منطقه مورد مطالعه شامل: ۱) سالسولا، ۲) افدرا، ۳) گز، ٤) سودا، ٥) هالکنموم، ٦) درمنه و ۷) تیمار شاهد (منطقه بدون پوشش گیاهی) بود.

نتایج تجزیه تطبیقی کانونی (CCA) نشان داد که مقادیر ویژه سه محور اول در سطح آماری معنی‌دار بوده و بنابراین این محورها قابلیت تفسیر اکولوژیک دارند. همچنین، همبستگی گونه–محیط برای دو محور نخست در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، که بیانگر نقش مؤثر متغیرهای محیطی اندازه‌گیری‌شده در تبیین الگوهای پراکنش پوشش گیاهی منطقه است. بررسی ضرایب همبستگی متغیرهای محیطی با محورها نشان داد که محور اول دارای همبستگی مثبت بالایی با مقادیر گچ، سدیم و هدایت الکتریکی (EC) خاک است. افزون بر این، ویژگی‌های بافت خاک نیز ارتباط قابل توجهی با این محور نشان دادند؛ به‌طوری که درصد شن دارای همبستگی منفی و درصد سیلت دارای همبستگی مثبت با محور اول بود (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که محور اول عمدتاً نمایانگر گرادیان شوری، گچ و تغییرات بافت خاک در منطقه مورد مطالعه است. محور دوم بیشترین همبستگی منفی را با میزان آهک خاک نشان داد، در حالی که، محور سوم دارای همبستگی منفی قابل توجهی با مقدار پتاسیم خاک بود (جدول ۳ و شکل ۲). بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای گچ، سدیم، EC و بافت خاک، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تفکیک و استقرار تیپ‌های گیاهی منطقه هستند و پس

از آن‌ها میزان آهک و پتاسیم خاک نیز نقش قابل توجهی در شکل‌گیری الگوهای پوشش گیاهی ایفا می‌کنند. تفسیر گرادیان‌های محیطی نشان داد که با حرکت در امتداد جهت مثبت محور اول، میزان شوری و گچ خاک افزایش می‌یابد، در حالی که حرکت در جهت منفی این محور با کاهش شوری و سبک‌تر شدن بافت خاک همراه است (شکل ۲). بررسی نحوه استقرار قطعات نمونه در فضای اُردینیشن نشان داد که تیپ *Halocnemum* در انتهای مثبت محور اول قرار گرفته و بیشترین ارتباط را با خاک‌های دارای شوری و گچ بالا دارد. پس از آن تیپ‌های *Salsola* و *Suaeda* در امتداد همین گرادیان مشاهده شدند، که نشان‌دهنده سازگاری این جوامع گیاهی با شرایط نسبتاً شور و گچی است. در مقابل، تیپ‌های *Artemisia* و *Ephedra* در بخش منفی محور اول قرار گرفته‌اند و بیشتر با خاک‌هایی دارای شوری و گچ کمتر ارتباط دارند. علاوه بر این، موقعیت این دو تیپ روی نمودار CCA نشان داد که آن‌ها عمدتاً روی خاک‌های سبک‌تر و دارای درصد شن بیشتر نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی منطقه استقرار یافته‌اند (شکل‌های ۲ و ۳). همچنین، میزان آهک خاک در رویشگاه‌های متعلق به تیپ‌های *Artemisia* و *Ephedra* بیشتر از سایر تیپ‌ها بود، که می‌تواند در تفکیک این جوامع از سایر واحدهای پوشش گیاهی منطقه نقش داشته باشد. از سوی دیگر، تیپ *Tamarix* در ارتباط با خاک‌های دارای درصد سیلت بالاتر و مقادیر بیشتر پتاسیم قرار گرفت، که بیانگر ترجیح این تیپ به شرایط ادافیکی متفاوت نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی منطقه است (شکل ۳). در مجموع، نتایج CCA نشان داد که تغییرات شوری، گچ، بافت خاک، آهک و پتاسیم، از مهم‌ترین عوامل محیطی کنترل‌کننده الگوی پراکنش و تفکیک تیپ‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه هستند.

جدول ۲. مقادیر ویژه و ضرایب همبستگی گونه- محیط برای سه محور اصلی CCA

Table 2. Eigenvalues and species-environment correlation coefficients for the three main axes of CCA

	محور اول Axis 1	محور دوم Axis 2	محور سوم Axis 3
ارزش ویژه Eigenvalue	0.89**	0.83**	0.56*
درصد واریانس Percent of explained variance	16.2	15.0	10.1
درصد واریانس تجمعی Cumulative % explained	16.2	31.2	41.4
همبستگی پیرسون Pearson correlation, Spp-Envt*	0.95**	0.92**	0.75
همبستگی کندال Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.56**	0.71**	0.58

*: معنی داری در سطح ۹۵ درصد و **: معنی داری در سطح ۹۹

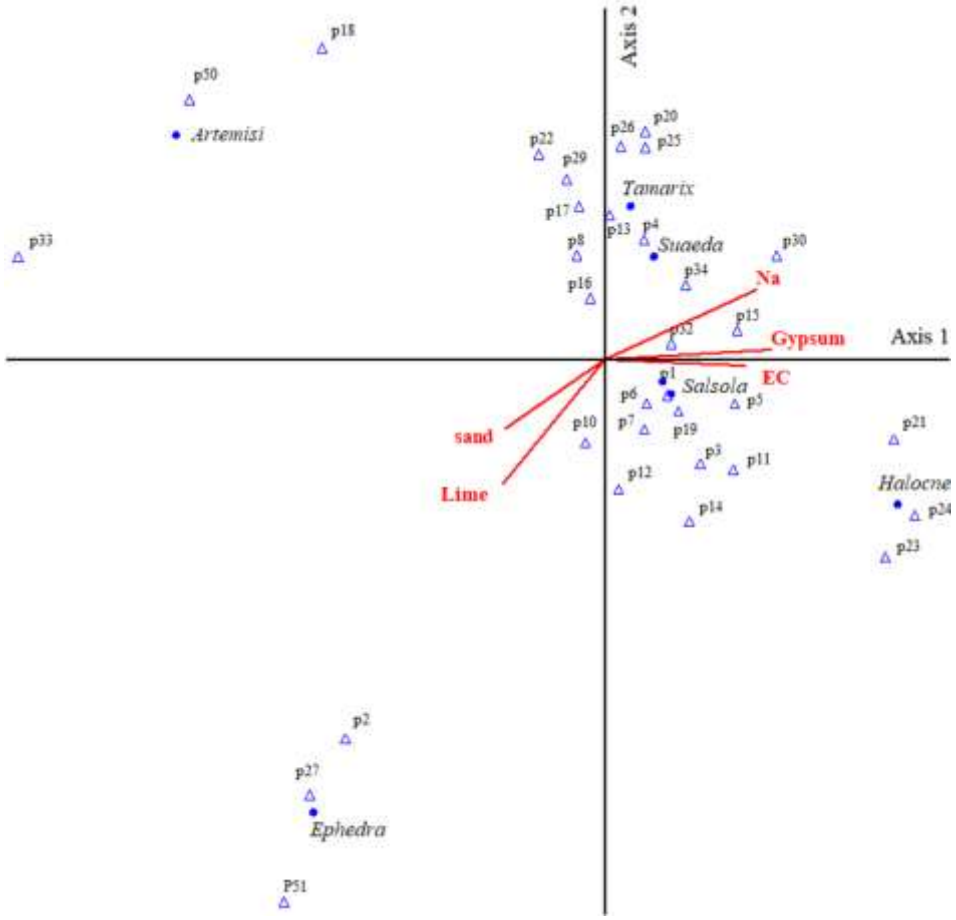
جدول ۳. همبستگی متغیرهای محیطی با سه محور اول CCA

Table 3. Correlation of environmental variables with the first three CCA axes

همبستگی ها Correlations			
متغیرها Variables	محور اول Axis 1	محور دوم Axis 2	**محور سوم** Axis 3
Sand	-0.51	-0.36	0.122
Silt	0.41	0.28	-0.35
Clay	0.21	0.16	0.26

وزن مخصوص Bulk density	0.09	-0.20	0.33
Na	0.80	0.36	0.00
K	0.26	0.28	-0.70
P	0.06	0.08	-0.35
ماده آلی Organic carbon	-0.43	-0.04	-0.06
pH	-0.39	0.08	-0.12
EC	0.74	-0.03	-0.25
گچ Gypsum	0.87	0.05	0.09
آهک Lime	-0.53	-0.65	0.08

* Correlations are "intraset correlations" after Braak (1986)

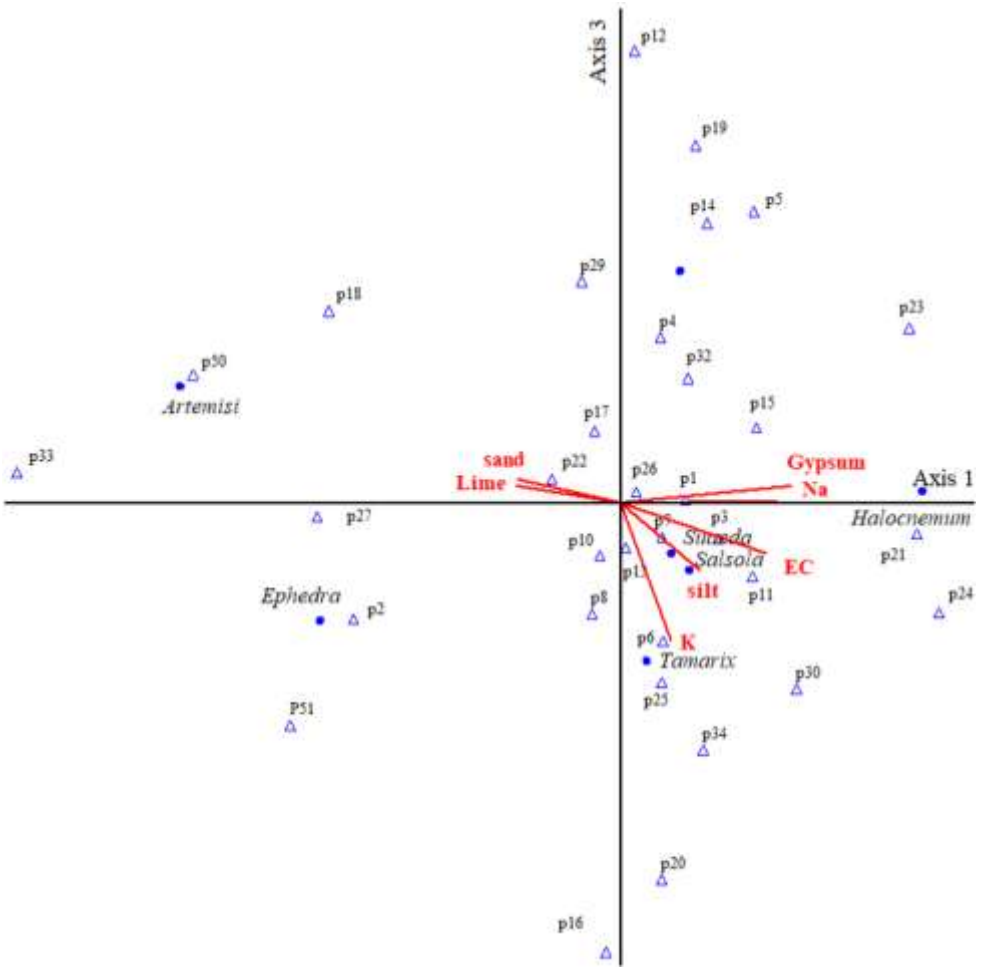


شکل ۲. نمایش محورهای اول و دوم دیاگرام رسته‌بندی CCA، نمایش قطعات نمونه (p) و گونه‌ها در فضای رسته‌بندی.

Fig. 2. Representation of the first and second axes of the CCA classification diagram, showing sample fragments (p) and species in the classification space

نتایج این مطالعه بیانگر ارتباط واضح و معنی‌دار ویژگی‌های خاکی و پراکنش تیپ‌های رویشی مورد بررسی (*Seidlitzia rosmarinus*، *Tamarix sp.*، *Haloxylon persicum*، *Nitraria schoberi* و *Salsolarigida*) می‌باشد. از بین خصوصیات خاک، شوری، نسبت جذب سدیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد ماده آلی، رس، سیلت و ماسه، پتاسیم، کلر و کلسیم، منیزیم، سدیم، درصد گچ و آهک، کربنات و بی‌کربنات، سولفات و سطح ایستابی نقش عمده‌ای در تفکیک تیپ‌های رویشی دارند، که

با نتایج Kumar و همکاران (۲۰۲۵) مطابقت دارد. علت تأثیر زیاد عمق آب زیرزمینی (سطح ایستابی) بر پراکنش تیپ‌های *Tamarix sp.*، *Seidlitzia rosmarinus* و *Nitraria schoberi* را می‌توان به تأثیر آن بر جذب عناصر غذایی، امکان شستشوی املاح و رقیق نمودن محلول خاک اطراف ریشه گیاهان و رطوبت‌دوست بودن گیاهان منطقه (چون سطح آب زیرزمینی در عمده سطح منطقه بالاست) دانست. این موضوع نشان می‌دهد، که گیاهان فوق سازگاری خوبی با رطوبت زیاد دارند (به عنوان نمونه، در تیپ *Seidlitzia rosmarinus*، عمق آب زیرزمینی در ۶۰ سانتی‌متری قرار داشت).



شکل ۳. نمایش محورهای دوم و سوم دیاگرام رسته‌بندی CCA، نمایش قطعات نمونه (p) و گونه‌ها در فضای رسته‌بندی.

Fig. 3. Display of the second and third axes of the CCA classification diagram, showing sample fragments (p) and species in the classification space.

Jafari و همکاران (۲۰۰۶)، Zarafshar و همکاران (۲۰۲۴)، Chen و همکاران (۲۰۲۴)، Zhao و همکاران (۲۰۲۲) و Joshi و Garkoti (۲۰۲۳) نیز در شرایط مشابه، رطوبت را به عنوان فاکتور اساسی در استقرار گیاهان ذکر کردند. البته ذکر این نکته لازم است که سطح آب زیرزمینی بالا در خاک‌های شور می‌تواند هم به عنوان عامل نسبتاً محدودکننده و هم به عنوان عامل کمک‌کننده جهت پراکنش گونه‌ها باشد، که در این بررسی برای پراکنش گونه‌های گیاهی Seidlitzia Rosmarinus و *Tamarix sp.*، Salsola rigida، Nitraria schoberi عامل مؤثر و حیاتی است.

تأثیر رس بر پراکنش گونه‌های گیاهی فوق به دلیل تأثیر آن بر میزان رطوبت خاک است، زیرا تغییر در میزان رطوبت به تغییراتی در شکل‌دهی، هوادهی و میزان شوری و نسبت جذبی سدیم خاک منجر می‌شود. در این رابطه نیز محققانی نظیر Qin و همکاران (۲۰۲۶)، Moshki و همکاران (۲۰۲۴)، Zhang و همکاران (۲۰۲۵) و Bin و همکاران (۲۰۲۵) در منطقه مطالعاتی و گیاهانی

مشابه، عامل بافت خاک و شوری را از مهمترین عوامل در پراکنش گیاهان برشمردند. گونه‌های *Tamarix sp.*، *Salsola rigida*، *Nitraria schoberi* و Seidlitzia Rosmarinus، طبق نتایج *PCA* با خصوصیات شوری و قلیائیت خاک رابطه قوی دارند و به خاک‌هایی با میزان رس و عمق آب زیرزمینی بالا و میزان شوری و قلیائیت زیاد گرایش مثبت نشان می‌دهند؛ در حالی که گونه *Haloxylon persicum* به شوری، قلیائیت، میزان سدیم، آهک، منیزیم، پتاسیم و کلر وکربنات زیاد و عمق آب زیرزمینی بالا گرایش منفی نشان می‌دهد. علت سازگاری *Tamarix sp.* به شرایط فوق، به ساختار ژنتیکی و دارا بودن ژن‌های مقاوم به شوری و قلیائیت و رطوبت زیاد برمی‌گردد و حتی برگ‌های این گیاه املاح را جذب و دفع می‌کنند و بعد از ریزش از گیاه، جذب خاک پای گیاه شده و شوری و قلیائیت را افزایش می‌دهند، که در اندازه‌گیری‌ها نیز میزان شوری و قلیائیت خاک پای گیاه بیشتر از اطراف آن بود (مطابق با نتایج Joshi و Garkoti (۲۰۲۳)، Jahantigh و Jahantigh (۲۰۲۳)، Zare Chahoki (۲۰۰۶)، Farhadifar و همکاران (۲۰۲۱) و Chu و همکاران (۲۰۲٤)). همچنین، ساختار ریشه‌ای آن نیز در مقایسه با *Haloxylon persicum*، چه از نظر ظاهری و چه با برش عرضی زدن، بسیار پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر بود و به نظر می‌رسد که با این ساختار پیچیده است که فشار ریشه‌ای بسیار بالای حاصل از املاح را تحمل می‌کند. ضمناً، این گونه، در فصل گرم، برگ‌های چرمی شکل خود را به شکل لوله‌ای درمی‌آورد و حتی برگ‌های پایینی ساقه می‌ریزند تا سطح تبخیر را کاهش دهند. سازگاری‌های فوق نشان از راهکارهایی است که گیاه با شرایط شوری و قلیائیت و رطوبت زیاد اتخاذ می‌کند تا بقای خود را حفظ نماید (مطابق با نتایج Guichao و همکاران (۲۰۲۳) و Yari و همکاران (۲۰۲٤)). دلیل اینکه گونه *Haloxylon persicum* به شوری، قلیائیت، میزان سدیم، آهک، منیزیم، پتاسیم و کلر و کربنات زیاد و عمق آب زیرزمینی بالا گرایش منفی نشان می‌دهد، این است که این گونه شن‌دوست بوده و در بخش بالادست منطقه مطالعاتی و نزدیک به نوار شنی قرار دارد. سطح آب زیرزمینی در این گونه در ۳ متری از سطح قرار داشت. خاک این تیپ گیاهی که عمدتاً شنی است، بر خلاف خاک‌های رسی، به دلیل منافذ درشت، کمتر در معرض شوری قرار می‌گیرد، چون صعود مویینه آب زیرزمینی و به همراه آن نمک، در منافذ ریز رس‌ها خیلی بیشتر است و دیگر اینکه شن‌ها راحت‌تر هوادیده و آبشویی می‌شوند و املاحی را در سطح خاک باقی نمی‌گذارند، تا موجب تنش در ریشه‌های گیاه شود.

از طرف دیگر، طبق آنالیز CCA، این گونه به درصد گچ و کلسیم واکنش مثبت نشان می‌دهد، که در نتایج نمونه‌گیری حاصل از خاک این تیپمیزان کلسیم، ماسه، گچ و ماده آلی نسبت به سایر تیپها بیشتر بوده، که میزان ماده آلی زیادتر به تراکم بیشتر پوشش گیاهی به دلیل شوری کمتر این بخش از منطقه برمی‌گردد، که این امر خود موجب تقویت فعالیت زیستی جانداران خاک و میزان لاشبرگ بیشتر خاک می‌شود (مطابق با نتایج Asghari Aghozgoleh و همکاران (۲۰۲۳)، Jafarisarabi و همکاران (۲۰۲۳) و Baluee و همکاران (۲۰۲۳)). گچ و کلسیم موجود نیز به افق‌های کلسیک و بلورهای کلسیمی در افق‌های زیرسطحی برمی‌گردند، که به همراه ماده آلی، یک ماده سیمان‌کننده یا متصل‌کننده برای خاک‌های شنی هستند و از فرسایش بادی آن‌ها جلوگیری می‌کنند. از نسبت پتاسیم به منیزیم خاک نیز می‌توان به عنوان شاخصی جهت تفکیک رویشگاه‌های بوته‌ای و علفی استفاده نمود، زیرا گونه‌های بوته‌ای جهت رشد، میزان بالای این نسبت را می‌پسندند. به طور کلی، گونه *Haloxylon persicum*، شاخص خاک‌هایی با درصد شن بالا و مقادیر کم املاح گچ و کلسیم هستند و خاک‌های دارای بافت سبک را می‌پسندند، در حالی که گونه *Tamarix sp.* شاخص خاک‌هایی با شوری و قلیائیت و میزان رس زیاد و عمق آب زیرزمینی بالا هستند. گونه‌های *Nitraria schoberi*، *Salsola rigida* و *Seidlitzia Rosmarinus* شاخص خاک‌هایی با شوری و درصد گچ نسبتاً زیاد و میزان رس و سطح آب زیرزمینی نسبتاً بالا (تقریباً ٦۰ سانتی متر) هستند (مطابق با نتایج Moshki و همکاران، ۲۰۲٤).

٤- نتیجه‌گیری

به طور کلی، هر گونه‌ی گیاهی با توجه به خصوصیات منطقه رویش، نیازهای اکولوژیکی و دامنه بردباری، با بعضی از خصوصیات خاک رابطه دارد. بنابر نتایج این تحقیق مقدار گچ، آهک، مقدار سدیم و هدایت الکتریکی خاک بیشتزین تأثیر را در پراکنش گونه ای منطقه ای دارد. تیپ *Halocnemum* در خاک‌های دارای بیشترین شوری و گچ قرار گرفته و پس از آن تیپ‌های *Salsola* و *Suaeda* قرار دارند. در مقابل، تیپ‌های *Artemisia* و *Ephedra* با خاک‌های کم‌شورتر، دارای بافت سبک‌تر و درصد شن بیشتر سازگارترند. همچنین تیپ *Tamarix* بیشتر در خاک‌های سیلتی‌تر و دارای مقادیر بیشتر پتاسیم مشاهده می شود. با شناخت خصوصیات خاک معرف هر رویشگاه می‌توان جهت اصلاح مناطق با شرایط اکولوژیکی مشابه، گونه‌های سازگار به شرایط خاک را پیشنهاد داد. همچنین، می‌توان برای مطالعات بعدی جهت صرفه‌جویی در وقت و هزینه فقط خصوصیات خاکی مؤثر در پراکنش هر گونه گیاهی را با توجه به نوع گونه گیاهی انتخاب کرد. آنالیز چندمتغیره را به دلیل دقت زیاد و قابلیت‌های گوناگون می‌توان در تجزیه و تحلیل رویشگاه‌ها و شناخت عوامل بوم‌شناختی مؤثر بر آنها به کار برد. در نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل با این روش، درک روابط میان گیاه و محیط ساده‌تر شده و از پیچیدگی اطلاعات و حضور متغیرهای بی‌تأثیر جلوگیری می‌شود.

٥- سپاسگزاری

بدینوسیله از همه عزیزانی که در انجام این تحقیق کمک کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

٦- داده‌ها و اطلاعات

مبنای داده‌ها و اطلاعات مقاله حاضر، پایان‌نامه نویسنده اول است.

٧- تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

٨- مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این مقاله به شرح زیر است:

سید محمد فضلی زعفرانی: جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر داده‌ها و نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله.

علیرضا مشکی: نظارت و راهنمایی بر روند پژوهش، تأمین امکانات، تحلیل و تفسیر آماری داده‌ها، اعتبارسنجی نتایج و بازبینی و ویرایش نهایی متن.

هومن روانبخش: نظارت و راهنمایی بر روند پژوهش، اعتبارسنجی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن.

محمدکیا کیانیان: نظارت و راهنمایی بر روند پژوهش، اعتبارسنجی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن.

٩- حمایت مالی

این مقاله حاصل نتایج پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد می‌باشد.

١٠- مراجع

1. Ahmadi, A., Zahedi Amiri, Q. A., Mahmoudi, S., & Moghiseh, E. (2007). Investigation of the relationship between physical and chemical properties of soil and vegetation in saline and chalky soils of Ashthard rural rangelands. *Natural Resources Institute Press*, *60*(3), 1049-1058. (In Persian)

2. Allison, L. E. (1975). Organic carbon. In: Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E., Clark, F. E. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, 1367 p.
3. Asghari Aghozgoleh, K., Jalilvand, H., & Asadi, H. (2023). The impact of reforestation with broad-leaved and coniferous species on soil properties and carbon storage (Case study: Kolet Forest). *Environmental Science*, *21*(4), 99-112. http://doi.org/10.48308/envs.2023.1300
4. Baluee, A., Hojati, S. M., Asadi, H., & Asadian, M. (2023). Effect of plant communities of the Darabkola research and educational forest on Carbon stored in soil and above ground biomass. *Forest Research and Development*, 9(2), 189-204. http://doi.org/10.30466/jfrd.2023.54505.1648
5. Bin, Z., van der Putten, W. H., Wang, G., Zhang, J. & Veen, G.F. (2025). Effects of crop species on soil functions and soil multifunctionality are species-specific. *Functional Ecology,* 39, 2354–2369.
6. Chen, H., Rahmati M., Montzka C., Gao H., & Vereecken H. (2024). Soil physicochemical properties explain land use/cover histories in the last sixty years in China. *Geoderma*, 446, 116908. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116908
7. Chu, L. Yuan, S. Chen, D. Kang, Y. Shaghaleh, H. Okla, M.K. AbdElgawad, H. Hamoud, Y.A. (2024). Changes in salinity and vegetation growth under different land use types during the reclamation in coastal saline soil. *Chemospher*, *366*, 143427.
8. Farhadifar, A., Dianati Tilaki, G. A., & Kooch, Y. (2021). The effects of forest and rangelands covers on accumulation of soil nutrient elements in Kojour region. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(3), 706-716.
9. Guichao, Z., Sun, X., Li, S., Yu, L., Yue, Z., Wang, C., Wei, N., & Xu, X. (2023). Characteristics of soil organic carbon and its components in different green space types in Tongzhou District of Beijing, China. *Acta Agriculture Zhejiangensis,* 2023, *35*, 1699–1708.
10. Jafari, M., Zare-Chahoki, M.A., Toveili, A., & Kohandel, A. (2006). Studying the relationship between soil properties and the distribution of plant species in the rangelands of Qom province. *Natural Resources*, 73, 110-116. (In Persian)
11. Jafari Haghighi, M. (2003). *Soil Analysis Methods*. Nedaye Zahi. 593 p. (In Persian)
12. Jafarisarabi, H., pilehvar, B., Abrarivajari, K., & Waezmousavi, S. (2023). Changes in carbon sequestration and some edaphic traits in forest types of central Zagros (Case study: The forests of Lorestan Province). *Ecology of Iranian For*ests, 9(17), 142-151. http://doi.org/10.5254 7/ifej.9.17.142
13. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2023). Classification of related vegetation with some physical and chemical properties of soil in Sistan plain rangelands using multivariate regression. *Journal of Plant Research*, 36 (1), 79-95. (In Persian)
14. Joshi, R. Kr., & Garkoti, S.C. (2023). Influence of vegetation types on soil physical and chemical properties, microbial biomass and stoichiometry in the central Himalaya. Catena, 222, 106835. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106835.
15. Khakpoor Bajestani, M., Farzadmehr, J., Azarakhshi, M., & Yari, R. (2025). Comparison of some physical-chemical properties of soil under the canopy of two plant species, Amygdalus scoparia spach and Seidlitzia rosmarinus, and outside the canopy in Bajestan rangeland of Khorasan Razavi. *Journal of Water and Soil Conservation*, *32*(3), 205-223. https://doi.org/doi: 10.22069/jwsc.2026.23177.3781
16. Kumar, A., Saini, K. S., Sharma, S., Yadav, M., Singh, G., Devi, K., & Kumawat, K. C. (2025). Evaluating soil physico-chemical properties and nutrient availability through intensified conservation agriculture-based cropping systems. *Frontiers in. Agronomy*, 7, 1612792. https://doi.org/doi: 10.3389/fagro.2025.1612792
17. Maleki, S., Pilehvar, B., & Mahmoodi, M. A. (2024). Comparison of soil organic matter in pure and mixed types of oak in North Zagros (case study: Armardeh Baneh forests). *Ecology of Iranian For*ests.
18. Mohtashamnia, S., Zahedi, Q., & Arzani, H. (2007). Classification of steppe rangeland vegetation cover in relation to soil, elevation and relief factors (Case study: Abadeh Rangelands of Fars). *Rangeland Journal*, *1*(2), 142-158. (In Persian)
19. Moshki, A., Nouri, E., & Matinizadeh, M. (2024). Soil bio-physicochemical properties changes in response to grazing intensity and seasonal variations in an arid rangeland ecosystem of Iran. *Ecopersia, 12*(3), 307-316.

20. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, C. A. (1954). Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Circular.
21. Qin, Y., Yan, T., & Feng, S. (2026). Influence of vegetation types on soil physicochemical and biochemical properties in naturally recovering riverbank sand mining sites. *Scientific Reports,* 16, 12494, https://doi.org/10.1038/s41598-026-42081-2
22. Ter Braak, C. J. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, *67*(5), 1167-1179.
23. Weaver, R. W., Angel, J. S., & Bottomley, P. S. (1994). Methods of Soil Analysis, Microbial and Biochemical Properties. Soil Society of America Inc., Wisconsin, United States.
24. Yaghoubi, M., Moshki, A., Asadiyan, M., &Mollashahi, M. (2025). Soil physio-chemical properties and below-ground carbon storage: insights from natural versus plantation forests in northern Iran. *Ecopersia*, *13*(3), 253-265. https://doi.org/doi: 10.22034/ECOPERSIA.13.3.253
25. Yari, R., Rostampour, M., & Mirmiran, S. (2024). The most important factors affecting the distribution of wild almond (*Prunus scoparia* (Spach) C.K. Schneid.) in Razavi and South Khorasan provinces, Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 32(2), 132-147.
26. Zarafshar, M., Vincent, G., Korboulewsky, N., & Bazot, S. (2024). The impact of stand composition and tree density on topsoil characteristics and soil microbial activities. *Catena*, 234, 107541. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107541
27. Zare Chahoki, M. A. (2006). Modelling the distribution of plant species in arid and semi-arid rangelands (Case study: Poshtkouh rangelands of Yazd province). Doctoral thesis in Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 180 pages. (In Persian)
28. Zhang, Z. G., Wang, M. M., Liu, J. K. and Li, X. W. (2020). Identification of the important environmental factors influencing natural vegetation succession following cropland abandonment on the Loess Plateau, China. *Peer Journal*, 8, e10349, http://doi.org/10.7717/peer, j.10349
29. Zhang, Y., Li, S., Li, X., Sun, H., Hou, S., Qi, X., Cheng, J., Zhang, N., & Dai, H. (2025). Spatial distribution of timbered soil physicochemical properties and their effects on the vegetation indices in Tongzhou, Beijing. *Forests*, *16*(2), 327. https://doi.org/10.3390/f16020327
30. Zhao, Y., Zhao, M., Qi, L., Zhao, C., Zhang, W., Zhang, Y., Wen, W., & Yuan, J. (2022). Coupled relationship between soil physicochemical properties and plant diversity in the process of vegetation restoration. *Forests*, *13*(5), 648. https://doi.org/10.3390/f13050648