Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

The Effect of Different Degrees of Desertification on the Chemical Balance of Soil Nutrients and Vegetation in the Bampour Desert Region, Iranshahr

Morteza Saberi[*1], Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno [2], Somayeh Rashki[3], Mahdieh Ebrahimi[2]

[1.] Corresponding author; Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: Mortezasaberi@uoz.ac.ir

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

[3.] MSc. in Watershed Management, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 20, Issue 2

Article history:
Received: 25.04.2025
Revised: 09.02.2026
Accepted: 27.02.2026

Keywords:
Wind Erosion,
Soil Organic Carbon,
Organic Phosphorus,
Plant Cover,
Desert Rangelands.

Abstract

Background and objective: The climatic conditions of arid and semi-arid regions on the Iranian Plateau have created sensitive and fragile ecosystems. In these areas, soil erosion and desertification are major processes that severely threaten water and soil resources. Given the key role of nutrients in soil fertility and vegetation sustainability, understanding the effects of desertification on the balance of these elements is essential. However, a comprehensive study in this regard—particularly in the southeastern desert regions of Iran—has not yet been conducted. This study aimed to evaluate the impact of varying degrees of desertification on chemical stoichiometry (the balance of carbon, nitrogen, and phosphorus) in both soil and plant organs in the Bampour desert region.

Methodology: Based on soil and vegetation criteria, five desertification levels were selected: potential, light, moderate, severe, and very severe. At each level, soil and vegetation sampling was carried out using a completely randomized design within 100 m × 100 m sites (a total of 15 sites). A total of 45 soil samples and 45 quadrats were analyzed. Within each quadrat, existing plant species, litter, and root samples were collected from a 0–30 cm depth. After drying, plant organs (leaves, stems, roots, and litter) and soil samples were prepared for chemical analysis. Total carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations were measured in all samples using standard laboratory methods, expressed as a percentage of dry matter. Data were analyzed using one-way ANOVA in a completely randomized design with three replicates. A correlation matrix was also used to assess the relationships between elemental concentrations and stoichiometric ratios in plant tissues and soil.

Results: The highest concentrations of soil carbon, nitrogen, and phosphorus were observed under potential desertification conditions. With increasing desertification severity, soil carbon significantly decreased ($p < 0.01$). Desertification also caused significant declines in the soil C:N, N:P, and C:P ratios. The C:N ratio was highest in the potential desertification stage (0.32). Similarly, aboveground plant carbon content declined significantly with increasing desertification intensity ($p < 0.05$), with the highest value in the potential stage (37.29%) and the lowest in the severe stage (27.04%). The N:P ratios of roots and litter also declined significantly with increasing desertification severity ($p < 0.01$), showing minimum values at the

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

potential stage and maximum values at the very severe and severe stages. The lowest and highest C:P ratios were recorded in the very severe and potential desertification stages, respectively.

Conclusion: In general, considering the changes observed in the structure of vegetation, soil fertility, and carbon and nitrogen storage, it can be concluded that desertification had a significant effect on reducing soil nutrients and saving plant tissue elements in the Bampur desert region. These results justify management efforts to combat land degradation through desertification and deserve the attention of decision-makers. From a practical perspective, stoichiometric indices of elements (chemical balance between carbon, nitrogen, and phosphorus) in soil and plants can be used as effective tools for monitoring desertification processes, assessing environmental quality, and restoration planning of degraded ecosystems in arid and semi-arid regions.

Cite this article: Saberi, M., M.R. Dahmardeh Ghaleno, S. Rashki, M. Ebrahimi, 2026. The Effect of Different Degrees of Desertification on the Chemical Balance of Soil Nutrients and Vegetation in the Bampour Desert Region, Iranshahr. Journal of Rangeland, 20(2): 200-215.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تأثیر درجات مختلف بیابان‌زایی بر توازن شیمیایی عناصر غذایی خاک و پوشش گیاهی در منطقه بیابانی بمپور، ایرانشهر

مرتضی صابری*[۱]، محمدرضا دهمرده قلعه‌نو[۲]، سمیه راشکی[۳]، مهدیه ابراهیمی[۲]

[۱] نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایان‌نامه: Mortezasaberi@uoz.ac.ir

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

[۳] دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۵؛ جلد ۲۰، شماره ۲

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۲/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۸

واژه‌های کلیدی:
فرسایش بادی،
کربن آلی خاک،
فسفر آلی،
پوشش گیاهی،
مراتع بیابانی.

چکیده

سابقه و هدف: خصوصیات اقلیمی حاکم بر مناطق خشک و نیمه‌خشک فلات ایران، شرایط حساس و شکننده‌ای را در این مناطق ایجاد نموده است. در این مناطق فرسایش خاک و کویری شدن از جمله فرآیندهایی است که منابع آب و خاک را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم به شدت تهدید می‌کند. با توجه به نقش کلیدی عناصر غذایی در حاصل‌خیزی خاک و پایداری پوشش گیاهی، بررسی اثرات بیابان‌زایی بر توازن این عناصر امری ضروری است. تاکنون در این زمینه، به‌ویژه در مناطق بیابانی جنوب شرق کشور، مطالعه‌ای جامع صورت نگرفته است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر درجات متفاوت بیابان‌زایی بر توازن شیمیایی (استوکیومتری؛ نسبت بین عناصر کربن، نیتروژن و فسفر) در خاک و اندام‌های گیاهی در منطقه بیابانی بمپور انجام شد.

مواد و روش‌ها: باتوجه به معیارهای خاک و پوشش گیاهی پنج درجه بیابان‌زایی شامل بالقوه، سبک، متوسط، شدید و خیلی شدید در منطقه در نظر گرفته شد. در هر درجه بیابان‌زایی، در سایت‌های با ابعاد ۱۰۰متر×۱۰۰متر نمونه‌برداری از خاک (۴۵ نمونه خاک) و پوشش گیاهی با استفاده از کوادرات (مجموعا ۴۵ کوادرات) به روش کاملا تصادفی انجام شد (مجموع ۱۵ سایت). در هر کوادرات گونه‌های گیاهی موجود و لاشبرگ و ریشه گونه‌های گیاهی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شدند. نمونه‌های خاک و گیاه (برگ، ساقه، ریشه، لاشبرگ) پس از خشک شدن برای آنالیز عناصر آماده شدند. در آزمایشگاه غلظت کربن، نیتروژن و فسفرکلیه بافت‌های گیاهی، لاشبرگ و نمونه‌های خاک بر حسب درصد ماده خشک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از این تحقیق مورد تجزیه واریانس یک‌طرفه در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار قرار گرفتند. به‌منظور تعیین همبستگی مقدار عناصر و استوکیومتری آنها بین بافت‌های گیاهی و خاک ماتریس همبستگی رسم شد.

نتایج: نتایج نشان داد بیشترین مقدار کربن، نیتروزن و فسفر خاک مربوط به مرحله بیابانزایی بالقوه بود و با افزایش شدت بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه مقدار کربن خاک کاهش معنی‌دار نشان داد ($p<0.01$). بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری در کاهش نسبت C:N، N: P و C: P خاک داشت. نسبت C:N در مرحله بیابانی بالقوه (۰/۳۲) نسبت به سایر مراحل بیابانی بیشتر بود. با افزایش شدت بیابان‌زایی مقادیر کربن بخش هوایی گیاه کاهش معنی‌دار نشان داد ($p<0.05$). بیشترین مقدار کربن اندام هوایی به‌ترتیب مربوط به مرحله بیابان‌زایی بالقوه (۳۷/۲۹ درصد) بود و کمترین میزان مربوط به مرحله بیابان‌زایی شدید

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

(۲۷/۰۴ درصد) بود. نسبت N:P ریشه و لاشبرگ با افزایش شدت بیابانزایی کاهش معنی‌دار داشت ($p<0.01$). این نسبت در مورد ریشه و لاشبرگ گیاهی در مرحله بالقوه حداقل میزان بود و مراحل خیلی شدید و شدید به‌ترتیب بیشترین نسبت N:P ریشه و لاشبرگ را نشان دادند. کمترین و بیشترین نسبت C:P به‌ترتیب مربوط به مرحله خیلی شدید و بالقوه بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی باتوجه به تغییراتی که در ساختار پوشش گیاهی، حاصل‌خیزی خاک و ذخیره کربن و نیتروژن دیده شد، می‌توان نتیجه گرفت بیابانزایی تاثیر به سزایی در کاهش عناصر مغذی خاک و ذخیره عناصر بافت‌های گیاهی در منطقه بیابانی بمپور داشت. این نتایج تلاش‌های مدیریتی جهت مقابله با تخریب اراضی از طریق بیابانزایی را توجیه می‌کند و شایسته است مورد توجه تصمیم‌گیران قرار گیرد. از منظر کاربردی، شاخص‌های استوکیومتری عناصر (توازن شیمیایی بین کربن، نیتروژن و فسفر) در خاک و گیاه می‌توانند به‌عنوان ابزار مؤثر برای پایش روند بیابان‌زایی، ارزیابی کیفیت زیست‌محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک، و برنامه‌ریزی در جهت احیای اکوسیستم‌های تخریب‌شده مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: صابری، م.، م. دهمرده قلعه‌نو، س. راشکی، م.ه ابراهیمی، ۱۴۰۵. تأثیر درجات مختلف بیابان‌زایی بر توازن شیمیایی عناصر غذایی خاک و پوشش گیاهی در منطقه بیابانی بمپور، ایرانشهر. مرتع، ۲۰(۲): ۲۰۰-۲۱۵.

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

مقدمه

تخریب مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک و تبدیل آنها به اراضی بیابانی ناشی از عوامل مختلف از جمله تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی است (۴ و ۱۲). یکی از اثرات بارز بیابان‌زایی در اکوسیستم‌های مرتعی، تخریب خاک است که بهره‌وری بالقوه زمین را به‌شدت کاهش می‌دهد (۲۹) و باعث تخریب اکوسیستم و خدمات مربوط به آن می‌شود به‌طوری که توسعه اقتصادی را در مناطق بیابانی مشکل می‌سازد (۳ و ۲۵). به همین دلیل در سال ۲۰۱۵، سازمان ملل متحد اهداف توسعه پایدار را تصویب کرد و بسیاری از این اهداف به عملکردهای خاک مرتبط هستند (۲۹). این موضوع اهمیت درک کیفیت خاک و فرآیندهای موثر بر کیفیت آن برای توسعه اقتصادی پایدار و موضوعاتی مانند کاهش تغییرات آب و هوایی، مدیریت منابع آب، پوشش گیاهی و تنوع زیستی را در اراضی بیابانی نشان می‌دهد (۸).

بیابان‌زایی در درجه اول از نظر تأثیر بر پوشش گیاهی و خاک مشخص می‌شود و در مراتع خشک، تخریب زمین و بیابان‌زایی با جایگزینی گونه‌های گیاهی بومی چندساله و با ارزش حفاظتی بالا با گونه‌های یکساله، خشبی و مهاجم قابل تشخیص است (۱۲). به‌طوری‌که بیابان‌زایی منجربه تغییر در ترکیب، الگو و ساختار پوشش گیاهی می‌شود (۲). علاوه‌بر تغییرات چشمگیر در پوشش گیاهی، با تخریب اراضی و بیابان‌زایی، کربن آلی (OC)، نیتروژن آلی (ON) و فسفر (P) خاک هم کاهش می‌یابد این درحالی است که تاثیر بیابان‌زایی بر استوکیومتری (Stoichiometry) (توازن شیمیایی)C: N: P در اکوسیستم‌های خشک و بیابانی هنوز ناشناخته باقی مانده است (۷ و ۱۱).

علم استوکیومتری (علم سهم‌سنجی، عنصرسنجی و یا قیاس‌سنجی)، خاک و گیاه در مطالعه ترکیب پوشش گیاهی، عملکرد اکوسیستم و محدودیت مواد مغذی نقش مهمی ایفا می‌کند و باعث افزایش درک ما از پویایی و فرایندهای اکولوژیکی حاکم بر اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود (۲۶). در سال‌های اخیر، در بسیاری از مطالعات از استوکیومتری در مقیاس منطقه‌ای و جهانی در مطالعه ترکیب پوشش گیاهی، چگونگی تنظیم توازن بین غلظت‌های C، N و P خاک استفاده شده است (۱۰). نسبت C: N: P خاک به‌طور مستقیم باروری و حاصل‌خیزی خاک (۵) و به‌طور غیرمستقیم وضعیت تغذیه گیاه را نشان می‌دهد (۲۳) به‌طوری که تغییر در غلظت کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر خاک به ناچار منجربه تغییر در روابط استوکیومتری مواد مغذی می‌شود (۲). تحت تأثیر بیابان‌زایی و درنتیجه تغییر در چرخه‌های بیوشیمیایی خاک‌های بیابانی تغییرات اجتناب‌ناپذیری در چرخه‌های کربن، نیتروژن و فسفر رخ خواهد داد (۱۴).

پنگ و همکاران (۲۰۲۰) در تعیین ارتباط بین گیاه، لاشبرگ واستوکیومتری C:N:P خاک و ذخیره عناصر مغذی در انواع مختلف جنگل‌های مخلوط در کوه‌های کینلینگ، چین دریافتند که استوکیومتری C:N:P در اندام‌های مختلف گونه‌های گیاهی در اشکوب‌های متفاوت جنگل فرق داشت. در گونه‌های درختی، بوته‌ای و علفی بیشترین N و P در برگ‌ها اندازه‌گیری شد و نسبت N:P در برگ گونه‌ها بیشتر از سایر اندام‌ها بود. غلظت C، C:N و نسبت C:P به‌ترتیب در تمام اندام‌های درختی در جنگل‌های مخلوط پهن برگ، مخلوط پهن برگ-سوزنی برگ و جنگل سوزنی حداکثر مقدار بود. ژیینگ و همکاران در سال ۲۰۲۱ اثرات بیابان‌زایی بر عملکرد اکوسیستم و استوکیومتری C:N:P در شمال شرق هورقین، چین را مطالعه کردند. نتیجه این مطالعه حاکی از آن بود که ذخیره C، N و P خاک و گیاه در طول بیابان‌زایی کاهش یافت. در بیابان‌زایی شدید نسبت C:N خاک۱۷/۴ درصد کاهش داشت، در مقابل نسبت C:P ۳۹/۲ درصد و نسبت N:P ۵۰/۱ درصد کاهش نشان داد (۳۱). این موضوع نشان‌دهنده کاهش نامتناسب C و مواد مغذی خاک و به‌دنبال آن کاهش نیتروژن و فسفر خاک است. منگ و همکاران در سال ۲۰۲۱ توازن اکولوژیکی کربن، نیتروژن و فسفر خاک-خزه را طی مراحل احیاء در اراضی کارستی تخریب یافته چین را مورد مطالعه قرار دادند و اظهار نمودند که در مراحل مختلف احیاء در منطقه، ذخیره کربن آلی خاک، نیتروژن کل و فسفر کل و نسبت‌های استوکیومتری این عناصر در اراضی که تحت توالی ثانویه درختچه‌زار بودند بیشتر از اراضی صخره‌ای و فاقد پوشش گیاهی، اراضی مرتعی و زیستگاه‌های ثانویه جنگلی بود. با گذشت زمان در هر مرحله

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

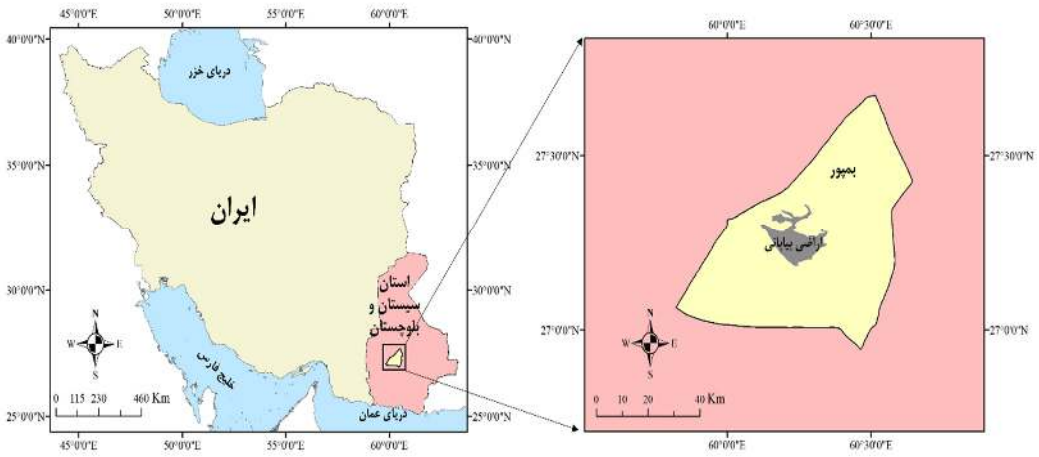
از توالی ذخیره کربن آلی و نیتروژن کل نسبت به مراحل قبلی بیابان‌زایی افزایش نشان داد (۱۶).

مطالعات نشان می‌دهد استوکیومتری در مقایسه با بررسی سایر مشخصات فیزیکی، شیمیایی، زیستی و میکروبی به‌علت حساس بودن به هرگونه دگرگونی و تغییر ایجاد شده، اثر تخریب و یا احیاء اکوسیستم، به‌عنوان شاخص مناسبی برای بررسی کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های خشک مورد توجه می‌باشند. تغییر در ترکیب و درصد پوشش گیاهی و به‌دنبال آن خصوصیات خاک می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان مواد غذایی ورودی و فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری خاک و گیاه داشته باشد (۹). از آنجایی که بیابان‌زایی از مهم‌ترین انواع تخریب زمین است که باعث تخریب خاک می‌شود و بهره‌وری بالقوه خاک را به‌شکل جدی کاهش می‌دهد (۲۱). می‌توان با بررسی استوکیومتری عناصر مغذی موجود در خاک و گیاه به تاثیرات بیابان‌زایی پی‌برده و درصدد کاهش اثرات نامطلوب این پدیده برآمد. اکثر مطالعاتی که در زمینه تأثیر بیابان‌زایی بر روی خاک انجام شده‌اند بر روی کربن و نیتروژن آلی خاک و ذخایر آن متمرکز شده‌اند و تحقیقات اندکی در مورد استوکیومتری کربن، نیتروژن و فسفر گیاهان و خاک در رابطه با بیابان‌زایی اکوسیستم‌های بیابانی وجود دارد. این پژوهش به مطالعه تاثیر شدت‌های متفاوت بیابان‌زایی بر استوکیومتری کربن، نیتروژن و فسفر خاک و گیاه در مراتع استپی منطقه بمپور شهرستان ایرانشهر پرداخت.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه (شکل ۱) اراضی بیابانی منطقه بمپور واقع در شهرستان ایرانشهر در استان سیستان و بلوچستان با مساحتی معادل ۱۰۴۴۶۰/۴۴ هکتار است. این منطقه در محدوده عرض جغرافیایی ″۳۱ ′۱۹ º۲۷ تا ″۱۰ ′۲۹ º۲۷ شمالی و طول جغرافیایی ″۳۲ ′۱۰ º۶۰ تا ″۱۹ ′۳۷ º۶۰ شرقی قرار دارد. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک با متوسط بارندگی سالانه ۱۰۰ میلی‌متر است. قسمت اعظم بارندگی در زمستان و به‌صورت رگبارهای تند نازل می‌گردد که به‌دلیل بافت سبک خاک و کمبود پوشش گیاهی، فرصت نفوذ در خاک را به‌دست نیاورده و به‌صورت سیلاب از منطقه خارج می‌گردد. متوسط درجه حرارت منطقه ۲۸ سانتی‌گراد است. حداقل و حداکثر دمای منطقه به‌ترتیب ۶- و ۵۵ درجه سانتی‌گراد است که مربوط به دی و مرداد می‌باشد. در اغلب روزهای تابستان درجه حرات هوا از ۵۰ درجه سانتی‌گراد هم تجاوز می‌نماید و موجب توقف هر نوع فعالیت حیاتی گیاهان در مدت نسبتاً طولانی از سال می‌گردد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

روش تحقیق

قبل از انجام نمونه‌برداری ابتدا منطقه از نظر درجات بیابان‌زایی تقسیم‌بندی شد. معیارهای زیادی برای ارزیابی میزان بیابان‌زایی وجود دارد. در این مطالعه با توجه به طرح‌های انجام شده در منطقه، وضعیت پوشش خاک سطحی، شدت چرای دام و وضعیت خاک پنج درجه بیابان‌زایی شامل بالقوه (Potential desertification)، سبک (Light desertification)، متوسط (Moderate desertification)، شدید (Sever desertification) و خیلی شدید (Very sever desertification) در نظر گرفته شد. مرحله بیابان‌زایی بالقوه (PD)، به‌عنوان کنترل درنظر گرفته شد که شامل خاک تخریب نشده با پوشش گیاهی بیش از ۷۰ درصد می‌باشد. مرحله بیابان‌زایی سبک (LD) با تعیین مقدار ذرات شنی تثبیت شده مشخص گردید. مقدار شن‌های متحرک کمتر از ۱تا ۲ درصد سطح خاک را شامل شده و پوشش گیاهی حدود ۵۰ تا۷۰ درصد بود. مرحله بیابان‌زایی متوسط (MD) با ماسه‌های نیمه ثابت مشخص شد و ماسه متحرک تقریباً ۵ تا ۲۰ درصد مساحت مرتع را اشغال می‌نمود. پوشش گیاهی در این مرحله حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد درنظر گرفته شد. مرحله بیابان‌زایی شدید (SD) با تپه‌های شنی نیمه متحرک مشخص شد. در این درجه از بیابان‌زایی ماسه‌های متحرک ۲۰ تا ۵۰ درصد از مساحت مرتع را شامل شدند و پوشش گیاهی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد درنظر گرفته شد. مرحله بیابان‌زایی بسیار شدید (VSD) با بررسی وجود تپه‌های شنی متحرک تعیین شد و ماسه‌های متحرک بیش از ۵۰ درصد از کل مساحت را اشغال کرده بودند. پوشش گیاهی در این درجه از بیابان‌زایی باید کمتر از ۱۰ درنظر گرفته شد (۲). کلیه سایت‌ها از نظر وضعیت توپوگرافی و نوع خاک مشابه بودند.

روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. زمان نمونه‌برداری باتوجه به رشد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه ابتدای اسفند ماه ۱۴۰۰ درنظر گرفته شد (۲۲). در ابتدا با توجه توضیحات ارائه شده در بالا و بازدید میدانی که از منطقه صورت گرفت، مناطق با توپوگرافی مشابه که نشان‌دهنده پنج مرحله بیابان‌زایی بودند انتخاب شد. با توجه به وسعت منطقه، در هر درجه بیابان‌زایی باتوجه به پراکنش پوشش گیاهی، سایت‌های با ابعاد ۱۰۰ متر×۱۰۰متر درنظر گرفته شد (سه سایت در هر درجه بیابان‌زایی). در هر محدوده از سه محل نمونه‌برداری انجام گرفت (با روش کاملا تصادفی). پنج کوادرات تصادفی (ابعاد کوادرات پس تعیین نوع و درصد پوشش گیاهی تعیین گردید) برای نمونه‌برداری از خاک و پوشش گیاهی در هر سایت ایجاد شد. ابعاد کوادرات به‌ترتیب در سایت با درجه بیابان‌زایی خیلی شدید، شدید، متوسط، سبک و بالقوه ۱۵×۱۵، ۱۰×۱۰، ۸×۸، ۶×۶ و ۵×۵ متر مربع درنظر گرفته شد (۲۲). نمونه‌های خاک در داخل کوادرات از عمق ۴۵-۰ سانتی‌متری برداشت شدند. در هر کوادرات گونه‌های گیاهی و لاشبرگ موجود در سطح به‌صورت دستی برداشت شد. گیاهان برداشت شده از هر درجه بیابان‌زایی به قسمت‌های ساقه و برگ جدا و سپس در آون خشک شد. ریشه‌های گونه‌های گیاهی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد و پس از شسته شدن (به‌منظور جدا کردن ذرات خاک) در آون خشک شده و برای آنالیز عناصر آماده شد. در آزمایشگاه غلظت کربن و نیتروژن کلیه بافت‌های گیاهی به روش آنالیز عنصری (۲) تعیین شد. همچنین فسفر نمونه‌های گیاهی و خاک با استفاده از روش کالرمتریک (۱۹) اندازه‌گیری شد (برحسب درصد در ماده خشک). مقدار کربن آلی خاک با استفاده از روش اصلاح شده والکی بلاک (۱) و نیتروژن خاک توسط روش کجلدال (13) تعیین شد. مقادیر C، N و P گیاه و خاک بر حسب درصد در ماده خشک می‌باشد. توازن شیمیایی C:N:P بافت‌های گیاهی و خاک به‌صورت توده‌ای محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از این تحقیق مورد تجزیه واریانس یکطرفه در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد. قبل از آنالیز داده‌ها، نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولوموگرف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از لون بررسی شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

نتایج

تغییرات مقادیر کربن خاک در مراحل مختلف بیابان‌زایی

نتایج آنالیز واریانس داده‌های کربن خاک نشان داد که مقدار کربن خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین مقدار کربن (۰/۲۹ درصد) خاک مربوط به مرحله بیابان‌زایی بالقوه بود و با افزایش شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه مقدار کربن خاک کاهش معنی‌دار نشان داد ($p<0.01$). در طول گرادیان بیابان‌زایی، غلظت C از ۰/۲۹ تا ۰/۰۴ درصد متغیر بود که نشان‌دهنده کاهش مقادیر عنصر ذکر شده ناشی از روند بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه است.

جدول ۱: تجزیه واریانس مقدار کربن اندازه‌گیری شده خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی

عنصر اندازه‌گیری شده	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
کربن	تیمار	۳	۱۲/۶۱	۳/۰۴	۰/۰۰**
	تکرار	۱۰	۴/۳۰		

** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۲: مقایسه میانگین مقادیر کربن اندازه‌گیری شده خاک

مراحل بیابان‌زایی	درصدکربن(C)
بالقوه (PD)	a۰/۰±۲۹/۰۵
سبک (LD)	b۰۵/۱۹±۰/۰
متوسط(MD)	c۰۵/۱۲±۰/۰
شدید(SD)	d۰۰/۰۸±۰/۰
خیلی شدید(VSD)	e۰۰/۰۳±۰/۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.01$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات مقادیر نیتروژن خاک در مراحل مختلف بیابان‌زایی

نتایج آنالیز واریانس داده‌های نیتروژن خاک در جدول ۳- نشان داده شده است. همانند نتایج حاصل برای کربن خاک، مقدار نیتروژن خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشت ($p<0.01$). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که حداکثر مقدار نیتروژن خاک (۰/۰۰۹ درصد) در مرحله بیابان‌زایی بالقوه اندازه‌گیری شد. با افزایش شدت بیابان‌زایی مقدار نیتروژن خاک کاهش معنی‌دار نشان داد ($p<0.01$). در طول گرادیان بیابان‌زایی، غلظت نیتروژن خاک از۰/۰۹ تا ۰/۰۲ درصد تغییر نشان داد که حاکی از کاهش مقدار نیتروژن خاک ناشی از روند بیابان‌زایی بود.

جدول ۳: تجزیه واریانس مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی

عنصر اندازه‌گیری شده	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
نیتروژن	تیمار	۳	۰/۱۷	۱۱/۰۴	۰/۰۰**
	تکرار	۱۰	۱۲/۱۴		

** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۴: مقایسه میانگین مقادیر نیتروژن اندازه‌گیری شده خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی

مراحل بیابان‌زایی	درصد نیتروژن (N)
بالقوه (PD)	a۰/۰±۰۰۹/۰۰
سبک (LD)	a۰۰/۰۰۸±۰/۰
متوسط(MD)	b۰۰/۰۰۶±۰/۰
شدید(SD)	b۰۰/۰۰۵±۰/۰
خیلی شدید(VSD)	c۰۰/۰۰۲±۰/۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.01$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

تغییرات مقدار فسفر خاک در مراحل مختلف بیابان‌زدایی

نتایج تجزیه واریانس فسفر خاک در نشان داد که میزان فسفر خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که بیشترین مقدار فسفر خاک (۰/۰۶۵ درصد) مربوط به مرحله بیابان‌زایی بالقوه بود و با افزایش شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه مقادیر عنصر ذکر شده کاهش معنی‌دار نشان داد ($p<0.05$). در طول گرادیان بیابان‌زایی، غلظت فسفر از ۰/۰۵۱ تا ۰/۰۱ درصد متغیر بود که نشان‌دهنده کاهش میزان فسفر خاک ناشی از افزایش شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه است.

جدول ۵: تجزیه واریانس مقدار فسفر اندازه‌گیری شده خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی

عنصر اندازه‌گیری شده	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
فسفر	تیمار	۳	۰/۱۳	۱۱/۰۴	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۱۰/۱۴		

* تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۶: مقایسه میانگین مقدار فسفر اندازه‌گیری شده خاک در مراحل متفاوت بیابان‌زایی

مراحل بیابان‌زایی	درصد فسفر(P)
بالقوه (PD)	a۰/۰±۰۶۵/۰۱
سبک (LD)	b۰۱/۰۵۲±۰/۰
متوسط(MD)	c۰۱/۰۳±۰/۰
شدید(SD)	d۰۱/۰۱±۰/۰
خیلی شدید(VSD)	d۰۰/۰۱±۰/۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات نسبت N:P،C:N وC:P خاک در مراحل مختلف بیابان‌زایی

نتایج آنالیز واریانس داده‌های استوکیومتری عناصر خاک در جدول ۷- خلاصه شده است. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که تغییرات نسبت C:N در سطح یک درصد و تغییرات N:P وC:P در سطح پنج درصد در مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۸) نشان داد که بین مقادیر C:N مرحله سبک و متوسط و مقادیر C:N مرحله شدید و خیلی شدید تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($p >0.01$). نسبت C:N در مرحله بیابانی بالقوه (۰/۳۲) نسبت به سایر مراحل بیابانی بیشتر بود. همچنین بین مقادیر N: P مراحل بالقوه و سبک و مراحل متوسط و خیلی شدید تفاوت معنی‌داری دیده نشد ($p >0.01$). حداکثر نسبت N: P (۰/۵۰) مربوط به مرحله بیابان‌زایی شدید بود. بیشترین (۸/۱۲) و کمترین (۳/۶۳) میزان C: P به‌ترتیب مربوط به مراحل بیابان‌زایی شدید و خیلی شدید بود.

جدول ۷: تجزیه واریانس نسبت N:P،C:N وC:P

نسبت استوکیومتری	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
C:N	تیمار	۳	۲۵/۷۷	۱۸/۰۴	۰/۰۰**
	تکرار	۱۰	۱۳/۸۰		
N:P	تیمار	۳	۴۴۷۱/۲۹	۱۴/۳۴	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۶۱۵/۹۱		
C:P	تیمار	۳	۵۳۱/۱۰	۲۱/۳۴	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۷۵۱/۳۱		

** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، * تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

جدول ۸: مقایسه میانگین نسبت N:P،C:N وC:P

مراحل بیابان‌زایی	C:N	N:P	C:P
بالقوه (PD)	a۳۲/۳±۲۲/۳۰	b۰/۰±۱۸/۰۵	b۴/۴±۸/۱۵
سبک (LD)	b۱۵/۷۵±۲/۲۳	b۰۵/۱۶±۰/۰	c۱۵/۸±۴/۳
متوسط(MD)	b۲۵/۴۰±۲/۲۰	c۰۵/۲۰±۰/۰	b۲۵/۱۲±۳/۴
شدید(SD)	c۶۵/۱۲±۱/۱۶	a۰۳/۵۰±۰/۰	a۶۵/۱۲±۳/۸
خیلی شدید(VSD)	c۱۰/۵۰±۱/۱۵	c۰۰/۲۰±۰/۰	c۰۰/۶۳±۵/۳

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.01$). داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات مقادیر کربن گیاهی در مراحل مختلف بیابان‌زایی

نتایج آنالیز واریانس داده‌های کربن اندام‌های هوایی (برگ و ساقه)، ریشه و لاشبرگ (جدول ۹) نشان داد که مقادیر کربن اندام‌های گیاهی در کلیه مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار (سطح پنج درصد) داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۱۰) نشان داد که با افزایش شدت بیابان‌زایی مقادیر کربن بخش هوایی گیاه کاهش معنی‌دار نشان داشت ($p<0.05$). بیشترین مقدار کربن اندام هوایی به‌ترتیب مربوط به مرحله بیابان‌زایی بالقوه (۳۷/۲۹ درصد) بود و کمترین میزان مربوط به مرحله بیابان‌زایی شدید (۲۷/۰۴ درصد) بود. کربن بخش هوایی در دو مرحله شدید و خیلی شدید تفاوت معنی‌دار نشان نداد ($p<0.05$). غلظت کربن ریشه به‌ترتیب در مرحله بالقوه (۳۴/۹ درصد) و مرحله متوسط (۳۴/۰۵ درصد) حداکثر مقدار بود که تفاوت معنی‌دار بین این دو مرحله وجود نداشت ($p<0.05$). کمترین مقدار کربن ریشه مربوط به مرحله بیابان‌زایی خیلی شدید (۲۰/۰۲ درصد) بود .درصد کربن لاشبرگ مرحله بالقوه و خیلی شدید به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را نشان داد. بین کربن لاشبرگ مراحل بالقوه و سبک و مراحل متوسط و شدید تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($p<0.05$).

جدول ۹: تجزیه واریانس مقادیر کربن اندازه‌گیری شده اندام‌های گیاهی

نسبت استوکیومتری	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
اندام هوایی (برگ و ساقه)	تیمار	۳	۱۲۴/۶۰	۱۴/۴۱	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۲۱۴/۴۱		
ریشه	تیمار	۳	۳۳۴۱/۱۲	۱۰/۳۲	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۷۴۱/۱۶		
لاشبرگ	تیمار	۳	۴۲۳/۷۰	۲۱/۲۱	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۶۵۲/۳۲		

* تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۱۰: مقایسه میانگین مقادیر کربن اندازه‌گیری شده در اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	درصد کربن اندام‌های هوایی	درصد کربن ریشه	درصد کربن لاشبرگ
بالقوه (PD)	a۳۷/۳±۲۹/۰۵	a۳۴/۳±۰۹/۰۰	a۳۳/۳±۰۵۱/۰۱
سبک (LD)	a۰۵/۱۹±۳/۳۶	b۱۴/۰۸±۲/۲۸	a۰۱/۰۴۲±۲/۳۳
متوسط (MD)	b۰۵/۱۲±۳/۳۳	a۰۰/۰۵±۳/۳۴	b۱۴/۰۳±۲/۲۸
شدید (SD)	c۰۰/۰۷±۴/۲۷	c۲۰/۰۴±۳/۲۵	b۰۱/۰۱±۰/۲۷
خیلی شدید (VSD)	c۰۰/۰۴±۴/۲۷	d۰۵/۰۲±۳/۲۰	c۰۰/۰۱±۲/۲۵

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات مقادیر نیتروژن پوشش گیاهی در مراحل مختلف بیابان‌زایی

آنالیز واریانس داده‌های نیتروژن اندام‌های هوایی (برگ و ساقه)، ریشه و لاشبرگ (جدول ۱۱) نشان داد که مقادیر نیتروژن اندام‌های گیاهی در کلیه مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار (در سطح پنج درصد) داشتند. غلظت نیتروژن بخش هوایی پوشش گیاهی نتایج مشابه غلظت کربن نشان داد (جدول ۱۲). در طول گرادیان بیابان‌زایی با کاهش درصد پوشش گیاهی از مرحله بالقوه به مرحله بسیار شدید مقدار نیتروژن ذخیره شده در بخش هوایی، ریشه و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

لاشبرگ کاهش چشمگیری نشان داد ($p<0.05$). کمترین مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده مربوط به مرحله بسیار شدید بود. لازم به ذکر است بین دو مرحله شدید و بسیار شدید به لحاظ مقدار نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$).

جدول ۱۱: تجزیه واریانس مقادیر نیتروژن اندازه‌گیری شده اندام‌های گیاهی

نسبت استوکیومتری	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
اندام هوایی (برگ و ساقه)	تیمار	۳	۱۱۷/۲۳	۱۳/۲۱	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۱۰۲/۰۹		
ریشه	تیمار	۳	۲۴۱/۷۴	۱۱/۲۵	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۵۸۶/۱۳		
لاشبرگ	تیمار	۳	۳۹۶/۶۵	۸/۸۵	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۲۴۵/۲۳		

* تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۱۲: مقایسه میانگین مقادیر نیتروژن اندازه‌گیری شده در اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	درصد نیتروژن اندام‌های هوایی	درصد نیتروژن ریشه	درصد نیتروژن لاشبرگ
بالقوه (PD)	۳/۰±۵۰/۵a	۱/۰±۰۸/۰۵a	۱/۰±۵۲/۰۲a
سبک (LD)	۲/۳۰±۰/۴b	۱/۰۴±۰/۰۵b	۱/۰۱±۰/۰۱b
متوسط (MD)	۱/۵۲±۰/۴c	۱/۰۰±۰/۰۴c	۰/۷۰±۰/۰۱c
شدید (SD)	۱/۶۱±۰/۴d	۰/۹۰±۰/۴d	۰/۵۰±۰/۰۱c
خیلی شدید (VSD)	۰/۸۰±۰/۰۴d	۰/۸۰±۰/۰۴d	۰/۵۰±۰/۰۱d

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات مقادیر فسفر پوشش گیاهی در مراحل مختلف بیابان‌زایی

آنالیز واریانس داده‌های فسفر گیاهی (جدول ۱۳) نشان داد که مقادیر فسفر اندام‌های گیاهی در کلیه مراحل متفاوت بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار (پنج درصد) داشتند. مقادیر فسفر به استثنای مرحله بالقوه و سبک که به‌ترتیب بیشترین مقدار فسفر بخش هوایی را داشتند در سایر مراحل بیابان‌زایی تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>0.05$) به‌طوری که بیابان‌زایی تاثیر چندانی در ذخیره فسفر بخش هوایی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه نداشت (جدول ۱۴).

جدول ۱۳: تجزیه واریانس مقادیر فسفر اندازه‌گیری شده اندام‌های گیاهی

نسبت استوکیومتری	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
اندام هوایی (برگ و ساقه)	تیمار	۳	۹۶/۴۵	۱۱/۱۴	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۱۱۳/۰۴		
ریشه	تیمار	۳	۱۱۸/۲۵	۹/۷۰	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۲۸۹/۷۷		
لاشبرگ	تیمار	۳	۲۱۸/۴۵	۹/۹۶	۰/۰*
	تکرار	۱۰	۳۲۱/۱۴		

* تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

جدول ۱۴: مقایسه میانگین مقادیر فسفر اندازه‌گیری شده در اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	درصد فسفر اندام‌های هوایی	درصد فسفر ریشه	درصد فسفر لاشبرگ
بالقوه (PD)	a۰/۰±۵۰/۰۱	a۰/۰±۰۸/۰۵	a۰/۰±۰۷/۰۲
سبک (LD)	b۰۱/۸۰±۰/۰	b۰۵/۰۶±۰/۰	b۰۱/۰۵±۰/۰
متوسط (MD)	c۰۱/۵۲±۰/۰	c۰۴/۰۴±۰/۰	c۰۱/۰۴±۰/۰
شدید (SD)	c۰۱/۵۰±۰/۰	c۰۴/۰۴±۰/۰	c۰۱/۰۴±۰/۰
خیلی شدید (VSD)	c۰۱/۶۰±۰/۰	c۰۴/۰۳±۰/۰	c۰۱/۰۴±۰/۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

تغییرات نسبت N:P،C:N و C:P پوشش گیاهی در مراحل مختلف بیابان‌زایی

آنالیز واریانس داده‌های استوکیومتری اندام‌های هوایی (برگ و ساقه)، ریشه و لاشبرگ (جدول ۱۵) نشان داد که نسبت N:P،C:N و C:P اندام‌های گیاهی در کلیه شدت‌های بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشتند. کمترین و بیشترین نسبت C:N اندام هوایی به‌ترتیب مربوط به مرحله بالقوه و خیلی شدید بود. نسبت C:N ریشه در مرحله خیلی شدید و متوسط به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان بود مراحل بالقوه و شدید به‌ترتیب کمترین و بیشترین نسبتC:N لاشبرگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۶).

جدول ۱۵: تجزیه واریانس نسبت N:P،C:N و C:P

مراحل بیابان‌زایی	C:N	N:P	C:P
اندام هوایی	F=۱۸/۰۴**	F=۱۴/۳۴**	F=۱۸/۲۴**
ریشه	F=۱۷/۰۴**	F=۱۲/۷۴**	F=۲۱/۳۴**
لاشبرگ	F=۱۳/۱۸**	F=۱۳/۲۸**	F=۲۲/۲۸**

** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۱۶: مقایسه میانگین نسبت C:N اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	C:N اندام‌های هوایی	C:N ریشه	C:N لاشبرگ
بالقوه (PD)	d۱۰/۲±۶۵/۲۱	a۳۱/۳±۵۶/۰۷	d۲۱/۳±۷۴/۰۲
سبک (LD)	c۰۱/۷۳±۳/۱۵	c۰۵/۰۰±۲/۲۷	c۰۷/۷۱±۳/۳۲
متوسط (MD)	b۱۱/۷۸±۴/۲۱	a۱۴/۰۵±۳/۳۴	b۱۴/۰۴±۳/۴۰
شدید (SD)	c۰۳/۸۱±۳/۱۶	c۱۲/۸۲±۲/۲۷	a۴۱/۰۲±۴/۵۴
خیلی شدید (VSD)	a۱۸/۸۰±۴/۳۳	b۰۴/۰۲±۲/۲۵	a۱۷/۰۲±۴/۵۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

نسبت N:P اندام هوایی در مرحله خیلی شدید و بالقوه به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان بود. نسبت N:P ریشه و لاشبرگ با افزایش شدت بیابان‌زایی کاهش معنی‌دار داشت ($p<0.01$). این نسبت در مورد ریشه و لاشبرگ گیاهی در مرحله بالقوه حداقل میزان بود و مراحل خیلی شدید و شدید به‌ترتیب بیشترین نسبت N:P ریشه و لاشبرگ را نشان دادند (جدول ۱۷).

جدول ۱۷: مقایسه میانگین نسبت N:P اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	N:P اندام‌های هوایی	N:P ریشه	N:P لاشبرگ
بالقوه (PD)	d۷/۰±۰۰/۲۱	a۱۳/۳±۵۰/۰۷	d۲۱/۳±۷۴/۰۲
سبک (LD)	c۳۱/۸۷±۰/۲	c۰۵/۳۳±۲/۱۷	c۰۷/۷۱±۳/۳۲
متوسط (MD)	b۳۱/۹۲±۰/۲	a۱۴/۰۰±۳/۲۵	b۱۴/۰۴±۳/۴۰
شدید (SD)	c۱۳/۲۲±۰/۳	c۱۲/۵۰±۲/۲۲	a۴۱/۰۲±۴/۵۴
خیلی شدید (VSD)	a۱۸/۳۳±۰/۱	b۰۴/۶۰±۲/۲۶	a۱۷/۰۲±۴/۵۰

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

مقایسه میانگین نسبت C:P بخش‌های گیاهی نشان داد که کمترین و بیشترین نسبت C:P به‌ترتیب مربوط به مرحله خیلی شدید و بالقوه بود. مرحله متوسط در مقایسه با مرحله سبک نسبت C:P بیشتری داشت و مرحله شدید در مقایسه با مرحله خیلی شدید نسبت C:P بیشتری را نشان داد. نسبت C:P ریشه و لاشبرگ در مرحله بالقوه حداکثر میزان بود و در مرحله متوسط حداکثر نسبت C:Pریشه و لاشبرگ اندازه‌گیری شد (جدول ۱۸).

جدول ۱۸: مقایسه میانگین نسبت C:P اندام‌های گیاهی

مراحل بیابان‌زایی	C:P اندام‌های هوایی	C:P ریشه	C:P لاشبرگ
بالقوه (PD)	a۷۴/۵±۵۸/۲۱	c۴۲۶/۳۱±۱۲۵/۰۷	c۴۷۲/۳۲±۱۵/۱۲
سبک (LD)	d۳۱/۲۳±۴/۴۵	c۲۱/۰۰±۳۲/۴۶۸	b۵۷/۸۴±۳۶/۶۶۰
متوسط (MD)	b۶۲/۶۹±۴/۶۳	a۴۴/۲۵±۴۶/۸۵۱	a۳۳/۷۵±۴۶/۷۰۰
شدید (SD)	c۱۳/۱۴±۴/۵۴	b۲۲/۰۰±۳۹/۶۲۶	b۴۳/۲۵±۴۰/۶۷۵
خیلی شدید (VSD)	d۰۲۸/۰۶±۴/۴۵	b۸۷/۳۳±۳۹/۶۶۷	b۱۷/۲۵±۴۰/۶۲۵

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.05$) .داده‌ها ±اشتباه از معیار

بحث و نتیجه‌گیری

بیابان‌زایی تأثیر قابل توجهی بر غلظت کربن، نیتروژن و فسفر پوشش گیاهی و همچنین استوکیومتری عناصر مذکور دارد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد در طول گرادیان بیابان‌زایی با کاهش درصد پوشش گیاهی از مرحله بالقوه به مرحله بسیار شدید مقدار نیتروژن و کربن ذخیره شده در بخش هوایی، ریشه و لاشبرگ کاهش چشمگیری نشان داد. کمترین مقدار کربن و نیتروژن اندازه‌گیری شده مربوط به مرحله بسیار شدید بود. با کاهش پوشش گیاهی و کاهش عناصر مغذی درخاک‌های شنی، گونه‌های گیاهی قادر به ذخیره کربن و نیتروژن کمتری هستند (۱۷). بیشترین مقدار عناصر مذکور در اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شد. مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داده است که اندام‌های هوایی گیاه در مقایسه با ریشه و لاشبرگ غلظت بیشتری از کربن و نیتروژن در خود ذخیره می‌سازند (۲۰). به عبارت دیگر عناصر غذایی عمدتا در اندام‌های هوایی گیاه توزیع می‌شوند و این موضوع سبب می‌شود تا از رشد مجدد ساقه گیاه حمایت شود و به تبع نسبت کربن به نیتروژن و کربن به فسفر در ریشه و لاشبرگ در کلیه مراحل بیابان‌زایی کمتر خواهد بود (۲).

تغییر در روابط استوکیومتری C، N و P در بین اندام‌های متفاوت گیاهان در بسیاری از مطالعات مشاهده شده است (۱۷). تغییر در استوکیومتری C:N:P گیاه ناشی از تغییرات در غلظت‌های مختلف C، N و P بافت گیاهی است. علاوه‌بر این، استوکیومتری C:N:P بافت‌های مختلف گیاهی با ترکیب شیمیایی بافت‌های مختلف گیاهی مرتبط است (۲ و ۱۷).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نسبت کربن به نیتروژن در مرحله خیلی شدید و متوسط حداکثر مقدار بود. گیاهان در این مراحل ذخیره نیتروژن کمتری نسبت به سایر مراحل دارند. همچنین در مرحله بالقوه نسبت نیتروژن به فسفر در برگ گیاه بیشترین میزان بود. این نتیجه در مورد نسبت کربن به فسفر هم مشاهده شد. در منطقه مورد مطالعه جوامع گیاهی در مراحل بیابان‌زایی بالقوه و سبک مملو از گونه *Alhagi camelorum* بود که جز گیاهان تثبیت کننده نیتروژن است. به همین دلیل نسبت نیتروژن به فسفر در اندام هوایی در این مراحل حداکثر مقدار بود. هنگامی که جامعه گیاهی به‌دلیل تخریب خاک و بیابان‌زایی به یک جامعه تحت سلطه گونه‌های یکساله و بوته‌ای‌های خشبی تغییر می‌کند، ویژگی‌های فیزیکی و مواد مغذی موجود در خاک نیز تغییر خواهد کرد و در نتیجه جذب و استفاده از عناصر غذایی گیاه مهار خواهد شد (۲). نسبت‌های کربن به فسفر و نیتروژن به فسفر پایین در برگ احتمالاً ناشی از پایین بودن کربن و نیتروژن برگ و بیشتر بودن میزان فسفر برگ است. مقدار فسفر برگ رابطه مستقیم با میزان فسفر خاک دارد. به‌طوری که فسفر بالای برگ بالا ممکن است به دلیل محتوای فسفر بالای خاک باشد (۱۰).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

تحقیقات انجام شده نشان داده است که تخریب مرتع و بیابان‌زایی ناشی از آن، تاثیر قابل توجهی بر میزان عناصر غذایی خاک دارد (۱۵ و ۳۰) و منجر به تغییرات در روابط استوکیومتری عناصر غذایی خاک می‌شود. در امتداد گرادیان بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه، تغییرات قابل توجهی در عناصر غذایی خاک و استوکیومتری C:N:P وجود داشت که حاکی از تأثیر تخریب خاک است. تاثیر بیابان‌زایی بر روی عناصر غذایی و استوکیومتری خاک این حقیقت را تایید می‌کند که چرخه‌های مواد مغذی خاک و درنتیجه رشد گیاه تحت تاثیر بیابان‌زایی قرار دارند (۳۲).

کاهش کربن و نیتروژن خاک از مرحله بیابان‌زایی بالقوه به مرحله بیابان‌زایی خیلی شدید حاکی از آن است که بیابان‌زایی با کاهش پوشش گیاهی و لخت شدن بستر خاک منجربه از هدر رفت کربن و نیتروژن خاک می‌شود. از دست دادن کربن و نیتروژن خاک، نشان‌دهنده تخریب زیست محیطی قابل‌توجه در فرآیند بیابان‌زایی است. افزایش شدت بیابان‌زایی، کاهش و تخریب پوشش گیاهی به‌طور اجتناب‌ناپذیری باعث از بین رفتن کربن و نیتروژن خاک می‌شود. بیابان‌زایی باعث آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای می‌شود و در نتیجه هدرفت کربن و نیتروژن گیاهی سبب ورود گازهای کربن و نیتروژن به جو می‌شود (۲، ۴ و ۲۰).

وومر و تورک (۲۰۰۴) در مطالعه خود گزارش کردند که بالغ بر ۶۰ درصد ذخیره کربن خاک در سطح خاک انباشته می‌شود و منبع عمده کربن آلی خاک بافت‌های متفاوت گیاهان هستند که به تدریج به زمین منتقل شده و دست‌خوش تغییر شیمیایی و همچنین بیولوژیکی می‌شوند. در اراضی که پوشش گیاهی بیشتر است، مقدار بافت‌های گیاهی منتقل شده به خاک هم بیشتر می‌باشد. بنابراین به طبع ذخیره کربن آن هم بیشتر خواهد بود (۲۰).

درک تغییرات در استوکیومتری C:N:P خاک به دنبال افزایش بیابان‌زایی برای تخمین محتوای مواد مغذی خاک و توسعه پایدار در مراتع خشک بیابانی مهم است. نسبت N:P و C:P خاک به طور قابل توجهی در طول فرآیند بیابان‌زایی کاهش یافت. نسبت کربن به فسفر و نسبت نیتروژن به فسفر خاک در منطقه مورد مطالعه کمتر از مقدار تعیین شده در سطح جهانی بود (۲۳) کاهش غلظت نیتروژن خاک نشان دهنده محدودیت نیتروژن در منطقه مورد مطالعه است. نسبت کربن به نیتروژن خاک در طول گرادیان بیابان‌زایی کاهش نشان داد. علیرغم تنوع ویژگی‌های خاک، پیچیدگی ساختاری و ناهمگونی فضایی، نسبت کربن به نیتروژن خاک بستگی به نوع اکوسیستم دارد. نسبت محدود کربن به نیتروژن خاک با اصول استوکیومتری مطابقت دارد. به طوری که تشکیل ماده آلی خاک و تثبیت نیتروژن و سایر مواد مغذی در ارتباط با کربن است و نشان می‌دهد که کربن و نیتروژن خاک به شدت در اکوسیستم‌های طبیعی با یکدیگر در ارتباط هستند (۲).

روابط بین استوکیومتری گیاه و خاک به احتمال زیاد توسط دو مکانیسم هدایت می‌شود. از یک سو، مواد مغذی گیاه به‌دلیل در دسترس بودن مواد مغذی خاک محدود شده است (۲۵) از سوی دیگر، این روابط تحت تأثیر جابجایی مجدد مواد مغذی بین خاک و گیاهان قرار می‌گیرند. کاهش مواد مغذی گیاه نیز با از دست دادن مواد مغذی خاک از اکوسیستم علفزار در طی فرآیند بیابان‌زایی همراه است (۶).

در این تحقیق تأثیر درجات مختلف بیابان‌زایی بر توازن شیمیایی عناصر غذایی خاک و گیاه در منطقه بیابانی بمپور بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت بیابان‌زایی، حاصل‌خیزی خاک، پوشش گیاهی و ذخیره کربن و نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که این امر بیانگر کاهش کیفیت اکوسیستم است. از دیدگاه کاربردی، نتایج مطالعه می‌تواند در پایش روند تخریب و برنامه‌ریزی مدیریت اراضی بیابانی نقش مؤثری ایفا کند؛ به ویژه با بهره‌گیری از شاخص‌های استوکیومتری عناصر غذایی برای ارزیابی وضعیت خاک و گیاه. همچنین، افزایش تراکم گونه‌های گیاهی مناسب در مراحل اولیه احیاء و انتخاب گونه‌های بومی و سازگار، می‌تواند ضمن بهبود پوشش گیاهی و حاصل‌خیزی خاک، فرسایش بادی را کاهش داده و روند بیابان‌زایی را کند نماید. بنابراین، این نتایج می‌توانند راهنمایی علمی برای مدیران منابع طبیعی و برنامه‌ریزان محیط‌زیست در جهت مقابله با بیابان‌زایی و حفظ پایداری اکوسیستم‌های خشک باشند.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه زابل (Grant code: IR-UOZ-GR-8721) برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

References

1. Allison, L.E., 1965. Organic Carbon. In: Black, C.A., D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White, F.E. Clark & R.C. Dinauer (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1372–1376.
2. An, H., Z. Tang, S. Keesstra & Z. Shangguan, 2019. Impact of desertification on soil and plant nutrient stoichiometry in a desert grassland. Sci. Rep., 9: 9422.
3. Calvo de Anta, R., E. Luísa, M. Febrero-Bandeb, J. Gali˜nanesa, F. Macíasa, R. Ortízc & F. Casasa, 2020. Soil organic carbon in peninsular Spain: influence of environmental factors and spatial distribution. Geoderma, 370: 114365.
4. Ebrahimi, M., F. Mohammadi, A. Fakhireh & A. Bameri, 2019. Effects of *Haloxylon* spp. of different age classes on vegetation cover and soil properties on an arid desert steppe in Iran. Pedosphere, 29(5): 619–631.
5. Elser, J.J., W.F. Fagan, A.J. Kerkhoff, N.G. Swenson & B.J. Enquist, 2010. Biological stoichiometry of plant production: metabolism, scaling and ecological response to global change. New Phytol., 186: 593–608.
6. Fife, D.N., E.K.S. Nambiar & E. Saur, 2008. Retranslocation of foliar nutrients in evergreen tree species planted in a Mediterranean environment. Tree Physiol., 28: 187–196.
7. Francaviglia, R., L. Ledda & R. Farina, 2018. Organic carbon and ecosystem services in agricultural soils of the Mediterranean basin. Sustain. Agric. Rev., 28: 179–196.
8. Grilli, E., S.C.P. Carvalho, T. Chiti, E. Coppola, R.D. Ascoli, T. La Mantia, R. Marzaioli, M. Mastrocicco, F. Pulido, F.A. Rutigliano, P. Quatrini & S. Castaldi, 2021. Critical range of soil organic carbon in southern Europe lands under desertification risk. J. Environ. Manage., 287: 112285.
9. Guo, Y., X. Liu, B. Tsolmon, J. Chen, W. Wei, S. Lei & Y. Bao, 2020. The influence of transplanted trees on soil microbial diversity in coal mine subsidence areas in the Loess Plateau of China. Glob. Ecol. Conserv., 21: e00432.
10. Han, L., Y. Feng, Y.K. Li, Y.Q. Wang & H.Z. Wang, 2024. Effects of groundwater depth on ecological stoichiometry of *Populus pruinosa* leaves and soil in Tarim Basin, Xinjiang. Chin. J. Plant Ecol., 48(1): 92.
11. Han, W.X., J.Y. Fang, D.L. Guo & Y. Zhang, 2005. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. New Phytol., 168: 377–385.
12. Hashemi Rad, M., M. Ebrahimi & E. Shirmohammadi, 2018. Land use change effects on plant and soil properties in a mountainous region of Iran. J. Environ. Sci. Manage., 21(2): 47–56.
13. Hesse, P.R., 1971. A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray, London, 520 p.
14. Lu, J.F., Z.B. Dong, W.J. Li & G.Y. Hu, 2014. The effect of desertification on carbon and nitrogen status in the northeastern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau. Environ. Earth Sci., 71: 807–815.
15. Lu, X., Y. Yan, J. Sun, X. Zhang, Y. Chen, X. Wang & G. Cheng, 2015. Short-term grazing exclusion has no impact on soil properties and nutrients of degraded alpine grassland in Tibet, China. Solid Earth, 6(4): 1195–1205.
16. Meng, W., Q. Dai, Q. Ren, N. Tu, T. Leng & F. Wu, 2021. Ecological stoichiometric characteristics of soil-moss C, N, and P in restoration stages of karst rocky desertification. PLoS ONE, 16(6): e0252838.
17. Niklas, K.J. & E.D. Cobb, 2006. Biomass partitioning and leaf N, P stoichiometry: comparisons between tree and herbaceous current-year shoots. Plant Cell Environ., 29: 2030–2042.
18. Pang, Y., J. Tian, X. Zhao, Z. Chao, Y. Wang, X. Zhang & D. Wang, 2020. The linkages of plant, litter and soil C:N:P stoichiometry and nutrient stock in different secondary mixed forest types in the Qinling Mountains, China. PeerJ, 8: e9274.
19. Rigi Pardad, M., M. Ebrahimi & M. Erfani, 2021. Carbon pool capacity of plant species *Calligonum comosum* and *Haloxylon ammodendron* in Mirjaveh plain. Environ. Resour. Res., 9(2): 267–276.
20. Ryan, J., G. Estefan & A. Rashid, 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 172 p.
21. Sheng Tang, Z., H. An & Z.P. Shangguan, 2015. The impact of desertification on carbon and nitrogen storage in the desert steppe ecosystem. Ecol. Eng., 84: 92–99.
22. Taylor, D., Kent, M., & Coker, P. (1993). Vegetation description and analysis: a practical approach. The Geographical Journal, 159(2), 237.
23. Tian, H.Q., G.S. Chen, C. Zhang, J.M. Melillo & C.A.S. Hall, 2010. Pattern and variation of C:N:P ratios in China's soils: a synthesis of observational data. Biogeochemistry, 98: 139–151.
24. Townsend, A.R., C.C. Cleveland, G.P. Asner & M.M. Bustamante, 2007. Controls over foliar N:P ratios in tropical rain forests. Ecology, 88(1): 107–118.
25. Uzunera, C. & O. Dengizb, 2020. Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. Ecol. Indic., 114: 106295.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]

26. Venterink, H.O. & S. Güsewell, 2010. Competitive interactions between two meadow grasses under nitrogen and phosphorus limitation. Funct. Ecol., 24: 877–886.
27. Woomer, P.L., A. Tourc & M. Sall, 2004. Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. J. Arid Environ., 59(3): 499–510.
28. Yan, X. & Y.L. Cai, 2015. Multi-scale anthropogenic driving forces of karst rocky desertification in southwest China. Land Degrad. Dev., 26: 193–200.
29. Zeng, Y., X. Fang, W. Xiang, X. Deng & C. Peng, 2017. Stoichiometric and nutrient resorption characteristics of dominant tree species in subtropical Chinese forests. Ecol. Evol., 7(24): 11033–11043.
30. Zhang, L., S. Unteregelsbacher, S. Hafner, X. Xu, P.M. Schleuss, G. Miehe & Y. Kuzyakov, 2017. Fate of organic and inorganic nitrogen in crusted and non-crusted kobresia grasslands. Land Degrad. Dev., 28(1): 166–174.
31. Zhiying, N., Z. Xueyong, L. Yulin, W. Lilong, L. Jie, Y. Hongling & Y. Lian, 2021. Plant community C:N:P stoichiometry is mediated by soil nutrients and plant functional groups during grassland desertification. *Ecol. Eng.*, 162: 106179.
32. Zuo, X., H. Zhao, X. Zhao, Y. Guo, J. Yun, S. Wang & T. Miyasaka, 2009. Vegetation pattern variation, soil degradation and their relationship along a grassland desertification gradient in Horqin Sandy Land, northern China. Environ. Geol., 58: 1227–1237.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.6.8]