



Evaluation of Some Ecological Characteristics of Seeded and Adjacent Rangelands in the Sepidar, Boyer-Ahmad County

Vahid Karimian^{1*} | Mohsen Farzin¹ | Ruhollah Rahimi¹

1. Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.
Correspond E-mail: v.karimian@yu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 25 Jun. 2026
Revised: 30 Aug. 2026
Accepted: 01 Sept. 2026
Published online: 01 Oct. 2026

Keywords:
Boyer-Ahmad County,
Microbial Biomass,
Seeding,
Sepidar Rangelands,
Vegetation Cover.

Abstract

Vegetation degradation and declining soil quality are among the most significant consequences of overgrazing, recurrent droughts, and unsustainable land-use practices in rangeland ecosystems. Seeding is widely recognized as an effective biological restoration technique aimed at enhancing vegetation establishment and improving soil quality. This study was conducted to compare ecological characteristics between a seeded rangeland with the rangeland species *Agropyron elongatum* (Host.) Beauv. and *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. and an adjacent untreated (control) rangeland in the Sepidar rangelands of Boyer-Ahmad County in 2025. Vegetation attributes, soil surface characteristics, soil chemical, and biological properties were evaluated. Soil samples were collected from two depths (0–15 and 15–30 cm), and the data were analyzed using an independent samples t-test. The results indicated that seeding significantly increased vegetation cover and litter cover while significantly reducing bare soil compared with the control site ($p < 0.01$). Soil chemical analyses revealed significantly higher levels of organic matter, cation exchange capacity (CEC), phosphorus, and potassium in the seeded rangeland than in the control area ($p < 0.01$). In contrast, electrical conductivity (EC), soil pH, and sodium adsorption ratio (SAR) did not differ significantly between treatments. Furthermore, biological indicators, including basal respiration, substrate-induced respiration, microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), and the microbial biomass C:N ratio, were significantly greater in the seeded rangeland ($p < 0.01$). Soil depth primarily influenced several chemical properties, whereas most biological indicators showed no significant response to depth. Overall, the seeded rangeland demonstrated markedly improved chemical and biological soil conditions relative to the adjacent control, a difference that can be linked to enhanced vegetation cover and greater organic matter inputs. The observed improvements in soil properties and ecological processes were positively correlated with vegetation establishment. Consequently, seeding represents a viable and practicable option for the restoration of degraded rangelands across the cold-climate zones of the Zagros region.

Cite this article: Karimian, V., Farzin, M., Rahimi, R. (2026). Evaluation of Some Ecological Characteristics of Seeded and Adjacent Rangelands in the Sepidar, Boyer-Ahmad County. *Journal of Range & Watershed Management*, 79 (3), 345-359. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2026.417319.1881>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Rangelands are among the most important terrestrial ecosystems, providing a wide range of ecological services, including soil conservation, water regulation, carbon sequestration, biodiversity conservation, and forage production for livestock. However, during recent decades, these ecosystems have been increasingly degraded by overgrazing, recurrent droughts, unsustainable land-use practices, and growing anthropogenic pressures. Such degradation has led to a decline in vegetation cover, expansion of bare soil areas, increased susceptibility to erosion, reduced soil organic matter, and deterioration of overall ecosystem functioning. Consequently, restoring degraded rangelands has become a critical component of sustainable land management strategies. Among various restoration approaches, seeding is one of the most widely implemented biological restoration practices aimed at re-establishing desirable plant species, improving vegetation cover, and enhancing soil quality. The successful establishment of vegetation can reduce erosion, improve soil protection, increase organic matter inputs, and stimulate soil biological processes, thereby contributing to ecosystem recovery. Therefore, the present study was conducted to compare a seeded rangeland with an adjacent untreated (control) rangeland in terms of vegetation characteristics, soil surface attributes, soil chemical and biological properties in the Sepidar rangelands of Boyer-Ahmad County.

Materials and Methods: The study was conducted in the Sepidar rangelands located in Boyer-Ahmad County, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, southwestern Iran. To evaluate the effectiveness of seeding as a biological restoration practice, a seeded rangeland and an adjacent untreated control site with similar climatic, topographic, and geological conditions were selected. Vegetation and soil surface assessments were carried out using standard rangeland monitoring techniques. Measured surface indicators included vegetation cover, litter cover, bare soil, rock, and gravel cover. Soil samples were collected from two depths (0–15 cm and 15–30 cm) in both sites. Soil chemical properties measured were electrical conductivity (EC), pH, calcium carbonate equivalent (CCE), soil organic matter (SOM), cation exchange capacity (CEC), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), and sodium adsorption ratio (SAR). Biological indicators included basal respiration, substrate-induced respiration, microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), and the microbial biomass C:N ratio. Data were statistically analyzed using independent-samples t-tests to evaluate differences between the seeded and control sites.

Results: The results demonstrated that seeding significantly influenced several ecological characteristics of the rangeland ecosystem. Vegetation cover and litter cover were significantly higher in the seeded site than in the control site, whereas bare soil cover was significantly reduced ($p < 0.01$). These findings indicate the successful establishment of seeded species and the enhancement of soil surface protection against erosive forces. Significant improvements were also observed in several soil chemical properties following seeding. Soil organic matter, cation exchange capacity, phosphorus, and potassium concentrations were significantly higher in the seeded rangeland than in the adjacent control area ($p < 0.01$). Soil organic matter increased by approximately 61%, while cation exchange capacity increased by nearly 25% in the seeded site. Likewise, phosphorus and potassium concentrations exhibited substantial increases, reflecting enhanced nutrient cycling and improved soil fertility. In contrast, no significant differences were detected in EC, pH, magnesium, chloride, or SAR between the two sites. The absence of significant changes in salinity-related parameters suggests that seeding improved soil quality without adversely affecting soil chemical balance. Soil depth significantly influenced EC, calcium carbonate equivalent, and chloride concentrations, which were generally higher in the deeper soil layer. The most pronounced effects of seeding were observed in soil biological properties. All measured biological indicators, including basal respiration, substrate-induced respiration, microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen, and the microbial biomass C:N ratio, were significantly higher in the seeded rangeland than in the control site ($p < 0.01$). Basal respiration and substrate-induced respiration increased by approximately 90% and 71%, respectively, indicating enhanced microbial metabolic activity. Similarly, substantial increases in microbial biomass carbon and nitrogen reflected greater microbial abundance and activity in response to increased organic matter inputs and improved habitat conditions. These findings demonstrate that soil microbial communities responded strongly to vegetation restoration and played a key role in accelerating nutrient cycling processes. Unlike many chemical properties, most biological indicators did not differ significantly between soil depths, suggesting that the positive effects of seeding on soil biological functioning extended throughout the upper 30 cm of the soil profile. Overall, the results indicate that improved vegetation cover initiated a positive ecological feedback mechanism involving increased litter accumulation, enhanced organic matter inputs, improved soil fertility, and stimulated microbial activity, ultimately contributing to ecosystem recovery and improved rangeland functioning.

Conclusion: Overall, the seeded rangeland supported greater vegetation cover and litter accumulation, reduced bare soil exposure, and improved chemical and biological soil conditions relative to the control. Vegetation establishment was

positively associated with enhancements in several soil properties and ecological processes. The markedly stronger response of biological indicators suggests that microbial communities are particularly sensitive discriminators of management-induced differences between the two sites. Taken together, these findings identify seeding as a promising, low-cost intervention for the restoration of degraded rangelands in the cold-climate zones of the Zagros.

Keywords: *Seeding, Vegetation Cover, Microbial Biomass, Sepidar Rangelands, Boyer-Ahmad County.*

Acknowledgement: This research was supported by the Industry and Community Fellowship Program. The authors sincerely acknowledge Yasouj University and the Faculty of Agriculture and Natural Resources for their valuable support in conducting this study.

Conflicts of interest: The authors declare no conflict of interest.



ارزیابی برخی ویژگی‌های اکولوژیکی عرصه‌های بذریاشی شده و همجوار در مراتع سپیدار، شهرستان بويراحمد

وحید کریمیان^{۱*} | محسن فرزین^۱ | روح اله رحیمی^۱

۱. گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
ایمانه: v.karimian@yu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:

بذریاشی،

پوشش گیاهی،

زیست‌توده میکروبی،

مراتع سپیدار،

بويراحمد.

تخریب پوشش گیاهی و افت کیفیت خاک از مهم‌ترین پیامدهای چرای مفرط، خشکسالی‌های مکرر و بهره‌برداری ناپایدار در اکوسیستم‌های مرتعی است. بذریاشی به‌عنوان یکی از روش‌های احیای بیولوژیکی مراتع، با هدف بهبود پوشش گیاهی و ارتقای کیفیت خاک به کار گرفته می‌شود. پژوهش حاضر با هدف مقایسه عرصه بذریاشی شده با گونه‌های مرتعی *Agropyron elongatum* (Host.) Beauv. و *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. و عرصه شاهد مجاور از نظر ویژگی‌های اکولوژیکی در مراتع سپیدار شهرستان بويراحمد در سال ۱۴۰۵ انجام شد. بدین منظور خصوصیات پوشش گیاهی، وضعیت سطحی و ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون t مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بذریاشی موجب افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی و لاشبرگ و کاهش معنی‌دار خاک لخت در مقایسه با عرصه شاهد شد ($p < 0.01$). از نظر ویژگی‌های شیمیایی، مقادیر ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، فسفر و پتاسیم در عرصه بذریاشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه شاهد بود ($p < 0.01$)، اما هدایت الکتریکی، اسیدیته و شاخص جذب سدیم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. همچنین شاخص‌های بیولوژیکی شامل تنفس میکروبی، کربن و نیتروژن زیست‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زیست‌توده میکروبی در عرصه بذریاشی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند ($p < 0.01$). اثر عمق خاک عمده‌تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی مشاهده شد، اما بر بیشتر شاخص‌های بیولوژیکی معنی‌دار نبود. به‌طور کلی، عرصه بذریاشی شده همزمان با افزایش پوشش گیاهی و ورودی بقایای آلی، از وضعیت شیمیایی و بیولوژیکی مطلوب‌تری نسبت به عرصه شاهد برخوردار بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده ارتباط استقرار پوشش گیاهی با بهبود برخی ویژگی‌های خاک و فرآیندهای اکولوژیکی است. بنابراین بذریاشی می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای احیای مراتع تخریب‌شده مناطق سردسیری زاگرس مورد توجه قرار گیرد.

استناد: کریمیان؛ وحید، فرزین؛ محسن، رحیمی؛ روح‌اله (۱۴۰۵). ارزیابی برخی ویژگی‌های اکولوژیکی عرصه‌های بذریاشی شده و همجوار در مراتع سپیدار، شهرستان بويراحمد. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۹ (۳)، ۳۴۵-۳۵۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2026.417319.1881>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

مراتع ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کشور، زیستگاه بیش از ۷۰۰۰ گونه گیاهی بوده و سهم قابل‌توجهی در حفظ تنوع زیستی، پایداری محیط‌زیست و تأمین معیشت جوامع محلی دارند (کریمیان و بارانی، ۲۰۲۵). این اکوسیستم‌ها علاوه بر تولید، خدمات اکوسیستمی ارزشمندی نظیر حفاظت خاک، تغذیه آب‌های زیرزمینی، کاهش رواناب و سیلاب، تعدیل اقلیم محلی، تولید اکسیژن و فراهم‌سازی زیستگاه مناسب برای حیات‌وحش را ارائه می‌کنند (Herrero et al., 2009; Sayre et al., 2013; Bengtsson et al., 2019).

طی دهه‌های اخیر این منابع ارزشمند تحت تأثیر عواملی همچون چرای بی‌رویه، بهره‌برداری نامناسب، تغییر کاربری اراضی، خشکسالی‌های مکرر، کاهش بارندگی، تغییرات اقلیمی و افزایش فشارهای انسانی با روند فزاینده تخریب مواجه شده‌اند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۴۹ درصد از مراتع جهان و بخش قابل‌توجهی از مراتع ایران درجات مختلفی از تخریب را تجربه می‌کنند که پیامدهای آن شامل کاهش تولید، افت تنوع زیستی، تخریب خاک، کاهش پایداری اکوسیستم‌ها و غیره است (Bardgett et al., 2021). اکبرزاده و نیکو، ۲۰۲۲؛ مشتاقیان و همکاران، ۲۰۰۹). تخریب مراتع با کاهش پوشش گیاهی و افزایش سطح خاک لخت همراه بوده و زمینه را برای تشدید فرسایش خاک، کاهش ماده آلی، افت حاصلخیزی و اختلال در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی فراهم می‌سازد. در نتیجه توان اکوسیستم برای مقابله با تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکسالی و نوسانات اقلیمی کاهش یافته و کارکردهای اکولوژیکی آن تضعیف می‌شود. استمرار این روند افزون بر تهدید امنیت غذایی و معیشت جوامع بهره‌بردار می‌تواند به گسترش پدیده‌هایی نظیر تولید ریزگردهای داخلی و تشدید بحران‌های زیست‌محیطی در مقیاس‌های منطقه‌ای و ملی منجر شود.

از این‌رو احیای مراتع تخریب‌شده به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت پایدار سرزمین و حفاظت از منابع طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در میان رویکردهای مختلف احیای مراتع، روش‌های احیای بیولوژیک به دلیل همسویی با فرآیندهای طبیعی اکوسیستم پایداری بلندمدت و هزینه اثربخشی مناسب، جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌های مدیریتی پیدا کرده‌اند. احیای اکولوژیک به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که با هدف بازگرداندن سلامت، یکپارچگی ساختاری و عملکردی اکوسیستم‌های تخریب‌شده اجرا می‌شوند (Gann et al., 2019). این اقدامات شامل بذریاشی، نهال‌کاری و کپه‌کاری بوده و با تقویت پوشش گیاهی، افزایش تنوع گونه‌ای و تسریع فرآیندهای طبیعی بازسازی زمینه احیای عملکردهای اکولوژیکی را فراهم می‌کنند. موفقیت برنامه‌های احیایی معمولاً بر اساس شاخص‌هایی نظیر پوشش و ترکیب گیاهی، تنوع گونه‌ای، ویژگی‌های خاک و میزان بازیابی خدمات اکوسیستمی ارزیابی می‌شود (Perring et al., 2018; Gann et al., 2019).

از بین روش‌های مذکور بذریاشی یکی از رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های احیای بیولوژیک در اکوسیستم‌های مرتعی محسوب می‌شود. این روش بر پایه استقرار گونه‌های گیاهی مطلوب از طریق پخش بذر به‌ویژه گونه‌های بومی مقاوم به شرایط تنش‌زای محیطی استوار است و می‌تواند با افزایش پوشش گیاهی، کاهش فرسایش خاک و بهبود شرایط زیستگاهی روند بازسازی اکوسیستم را تسریع کند (James et al., 2021). افزایش پوشش گیاهی حاصل از اجرای پروژه‌های بذریاشی نه تنها موجب حفاظت سطح خاک می‌شود، بلکه با افزایش ورود بقایای گیاهی و توسعه سامانه ریشه‌ای بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک نیز تأثیر می‌گذارد. پوشش گیاهی مناسب یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل فرسایش و حفظ رطوبت خاک محسوب می‌شود (Trimble, 1999) و می‌تواند از طریق افزایش ماده آلی، بهبود ساختمان خاک و تقویت فعالیت میکروارگانیسم‌ها، کیفیت خاک را ارتقا دهد (مرادی و همکاران، ۱۴۰۴؛ Dasgupta & Brahmaprakash, 2021). کیفیت خاک یکی از مؤلفه‌های اساسی پایداری اکوسیستم‌های مرتعی است. ویژگی‌های خاک نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار و رشد گیاهان دارند (Williams, 2024). در مقابل، تخریب پوشش گیاهی با افزایش فشردگی خاک و کاهش تخلخل، شرایط نامناسبی برای رشد گیاهان ایجاد می‌کنند (Donovan & Monaghan, 2021). ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک به‌ویژه ماده آلی، عناصر غذایی و جوامع میکروبی از شاخص‌های مهم سلامت اکوسیستم به شمار می‌روند و به شدت تحت تأثیر نوع مدیریت و عملیات احیایی قرار دارند (Trivedi et al., 2016; Dasgupta & Brahmaprakash, 2021).

مطالعات متعددی اثرات مثبت اقدامات احیای بیولوژیک بر بهبود وضعیت مراتع را گزارش کرده‌اند (مفیدی و همکاران، ۲۰۱۶). شمشانی و همکاران (۲۰۲۵) و مرادی و همکاران (۲۰۲۶) اثرات مثبت اقدامات احیایی بر کیفیت خاک، پوشش گیاهی و تولید علوفه را تأیید کردند. رینلا^۱ و همکاران (۲۰۲۰) و دیویس^۲ و همکاران (۲۰۲۴) نقش بذرکاری را در استقرار گونه‌های مطلوب، افزایش پایداری پوشش گیاهی و کنترل گونه‌های مهاجم برجسته دانستند. از طرف دیگر نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که میزان موفقیت پروژه‌های بذرپاشی به شرایط اقلیمی، ویژگی‌های خاک، گونه‌های مورد استفاده و نحوه مدیریت پس از اجرا وابسته است؛ از این‌رو ارزیابی‌های مختلف برای سنجش اثربخشی این پروژه‌ها ضروری است.

استان کهگیلویه و بویراحمد به دلیل برخورداری از تنوع اقلیمی و وابستگی بخش مهمی از معیشت جوامع محلی به دامداری، از مناطق مهم اجرای پروژه‌های احیای مرتع در کشور محسوب می‌شود. طی سال‌های گذشته طرح‌های مختلفی از جمله بذرپاشی در مناطق مستعد این پروژه اجرا شده است. با این حال ارزیابی اثرات این اقدامات بر ویژگی‌های پوشش گیاهی و کیفیت خاک در شرایط واقعی اکولوژیکی منطقه انجام نشده است. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه ویژگی‌های اکولوژیکی مراتع بذرپاشی‌شده و مراتع مجاور در منطقه سپیدار شهرستان بویراحمد و بررسی تأثیر عملیات بذرپاشی بر ویژگی‌های پوشش گیاهی و خصوصیات خاک است.

۲. موارد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در مراتع منطقه سپیدار از توابع شهرستان بویراحمد، استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۴۰۵ انجام شد. محدوده مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی $30^{\circ}33'$ تا $30^{\circ}34'$ عرض شمالی و $51^{\circ}24'$ تا $51^{\circ}26'$ طول شرقی قرار داشته و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۲۷۵۰ متر است (شکل ۱). این منطقه بخشی از رویشگاه‌های مرتعی زاگرس مرکزی محسوب می‌شود و از نظر توپوگرافی دارای اراضی کوهستانی با شیب‌های متوسط تا نسبتاً زیاد است. بر اساس داده‌های اقلیمی ۲۰ ساله ایستگاه باران‌سنجی سپیدار که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شود، میزان بارندگی سالانه بین ۷۴۲ تا ۱۳۳۱ میلی‌متر متغیر است. بر پایه روش آمبرژه اقلیم منطقه در طبقه نیمه‌مرطوب سرد قرار می‌گیرد. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً از گونه‌های مرتعی سازگار با شرایط کوهستانی تشکیل شده و بهره‌برداری غالب از عرصه، چرای دام است.

به‌منظور ارزیابی اثرات عملیات بذرپاشی، ویژگی‌های اکولوژیکی مرتع بذرپاشی‌شده با مرتع مجاور که فاقد هرگونه عملیات احیایی بود، مورد مقایسه قرار گرفت. مراتع سپیدار از جمله عرصه‌های مرتعی شهرستان بویراحمد می‌باشد که در سال ۱۳۹۶ در قالب برنامه‌های احیای بیولوژیک و با هدف بهبود پوشش گیاهی، افزایش تولید علوفه، ارتقای ظرفیت حفاظتی خاک و تقویت پایداری اکوسیستم مرتعی توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری کهگیلویه و بویراحمد تحت عملیات بذرپاشی قرار گرفته‌اند. در این عملیات گونه‌های مرتعی - *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. و *Agropyron elongatum* (Host.) Beauv به‌عنوان گونه‌های هدف و سازگار با شرایط اکولوژیکی منطقه بصورت بذرپاشی کشت شده است (شکل ۲).

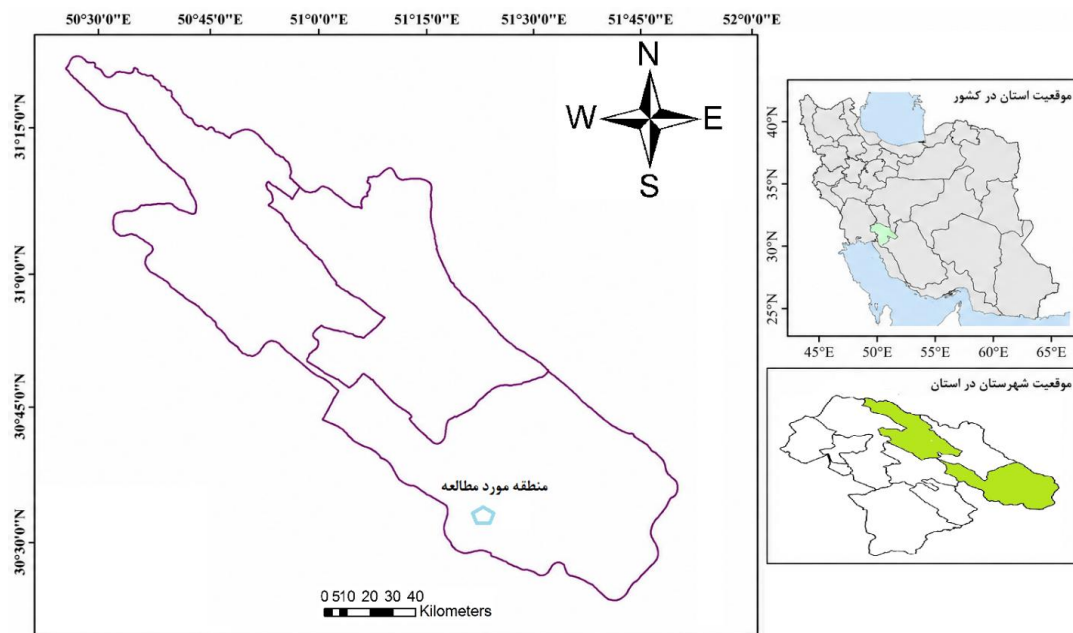
۲-۲. روش تحقیق

به‌منظور مقایسه ویژگی‌های هدف، یک عرصه بذرپاشی‌شده و یک مرتع مجاور فاقد عملیات بذرپاشی به‌عنوان شاهد انتخاب شدند. برای کاهش تأثیر عوامل محیطی و افزایش قابلیت مقایسه، دو عرصه از نظر شرایط توپوگرافی شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و

¹ Rinella

² Davies

ویژگی‌های ظاهری خاک تا حد امکان مشابه در نظر گرفته شدند، به گونه‌ای که تفاوت اصلی بین آن‌ها به اجرای عملیات بذریاشی در عرصه احیایی محدود شود. در هر یک از دو عرصه، سه ترانسکت ۱۰۰ متری شامل دو ترانسکت موازی با جهت شیب و یک ترانسکت عمود بر جهت شیب، با فاصله ۵۰ متر از یکدیگر مستقر گردید. ارزیابی پوشش سطح خاک با استفاده از پلات‌های یک مترمربعی انجام شد. در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات با فواصل منظم ۱۰ متری قرار داده شد. در هر پلات درصد تاج‌پوشش گیاهی، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و خاک لخت اندازه‌گیری و ثبت شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- عرصه بذریاشی‌شده در مراتع سپیدار، شهرستان بویراحمد

۱-۲-۲. بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی و سطح خاک

به منظور مقایسه ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک بین مرتع بذپاشی شده و مرتع شاهد نمونه برداری خاک در عرصه‌های مورد مطالعه انجام شد (شکل ۳). نمونه برداری در امتداد ترانسکت‌های مستقر شده در هر دو عرصه صورت گرفت. سه ترانسکت در منطقه بذپاشی شده و سه ترانسکت در منطقه شاهد مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه استقرار پوشش گیاهی ناشی از بذپاشی می‌تواند از طریق افزایش لاشبرگ، بقایای گیاهی و ماده آلی موجب تغییر ویژگی‌های خاک، به ویژه در لایه‌های سطحی شود، نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی متری برداشت گردید تا امکان مقایسه دو عمق وجود داشته باشد. در هر یک از دو عرصه و در محدوده‌های دارای شرایط مشابه پس از حفر پروفیل خاک، نمونه برداری از سه نقطه شامل ابتدای، میانه و انتهای هر ترانسکت انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خاک‌ها از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند و به دو بخش تقسیم گردیدند. بخشی از نمونه‌ها برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خاک در شرایط هواخشک نگهداری شد و بخش دیگر به منظور اندازه‌گیری خصوصیات بیولوژیکی خاک، در شرایط سرد و در مجاورت یخ خشک به آزمایشگاه منتقل گردید (Bastani et al., 2023). ویژگی‌های شیمیایی خاک در آزمایشگاه خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه یاسوج و اندازه‌گیری شاخص‌های بیولوژیکی در آزمایشگاه دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل انجام شد.



شکل ۳- نمونه برداری از پوشش گیاهی و خاک

۲-۲-۲. خصوصیات خاک اندازه‌گیری شده

در بخش ویژگی‌های شیمیایی خاک؛ نیتروژن کل با روش اکسیداسیون دی کرومات (روش والکی و بلاک) و روش کج‌دال، فسفر قابل دسترس به روش اولسن، اسیدیته به روش پتانسیومتری با pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با EC متر و آهک به روش تیتراسیون (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)، ماده آلی به روش والکی و بلاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (Chapman, 1965) اندازه‌گیری شد (جنیدی و همکاران، ۲۰۲۴). نسبت جذب سدیم از طریق اندازه‌گیری غلظت سدیم با دستگاه فلم فتومتر و تعیین کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه گردید:

$$SAR = Na / (Ca + Mg)^{1/2}$$

رابطه (۱)

SAR = نسبت جذب سدیم، Na=سدیم، Ca=کلسیم و Mg=منیزیم

ویژگی‌های بیولوژیکی: کربن زیست‌توده میکروبی با روش گازدهی-استخراج کلروفرم اندازه‌گیری شد (Brookes et al., 1985). محاسبه‌ی این پارامتر با استفاده از رابطه (۲) انجام گرفت (Qu et al., 2020):

$$MBC = \frac{Ec}{K_{Ec}} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این فرمول Ec از تفاوت کربن آلی تدخین شده به کربن آلی نمونه‌های تدخین نشده محاسبه می‌شود. K_{Ec} ضریب تبدیل Ec به MBC است که ۰/۴۵ در نظر گرفته شد. این فرمول برای محاسبه نیتروژن زیست‌توده میکروبی نیز صادق است با این تفاوت که نیتروژن آلی تدخین شده و نیتروژن آلی نمونه‌های تدخین نشده در این فرمول مدنظر بود و ضریب تبدیل ۰/۵۴ است (Qu et al., 2020). تنفس پایه خاک از روش تیتراسیون و تنفس برانگیخته به صورت انکوباسیون اندازه‌گیری شدند (جنیدی و همکاران، ۲۰۲۴).

۲-۳. تجزیه و تحلیل آماری

بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها پیش از تحلیل‌های آماری با آزمون شاپیرو-ویلک^۱ صورت گرفت. مقایسه آماری داده‌های مربوط به پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک بین منطقه بذریاشی شده و شاهد و نیز بین دو عمق در هر محدوده نمونه‌برداری با آزمون تی مستقل در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

۳. نتایج

۳-۱. پوشش گیاهی و ویژگی‌های سطحی خاک در عرصه بذریاشی و شاهد

نتایج نشان داد، بین عرصه بذریاشی شده و شاهد از نظر درصد پوشش گیاهی، خاک لخت و لاشبرگ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). درصد پوشش گیاهی در عرصه بذریاشی شده (۶۱درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرتع شاهد (۵۰درصد) بود. همچنین درصد لاشبرگ در عرصه بذریاشی شده (۷درصد) نسبت به شاهد (۴درصد) افزایش معنی‌داری نشان داد ($p=0/027$). در مقابل میزان خاک لخت در عرصه بذریاشی شده (۴درصد) به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد (۱۵درصد) بود ($p<0/01$). میانگین درصد سنگ و سنگریزه در دو عرصه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری باهم نشان نداد ($p=0/075$).

جدول ۱- پوشش گیاهی و ویژگی‌های سطح خاک در عرصه بذریاشی و شاهد

متغیر (%)	بذریاشی (%)	شاهد (%)	مقدار t	مقدار p
(میانگین ± انحراف معیار)	(میانگین ± انحراف معیار)	(میانگین ± انحراف معیار)		
پوشش گیاهی	۳۶ ± ۶۱/۰۱	۸۷ ± ۵۰/۶۲	۳/۴۴	۰/۰۰۳*
خاک لخت	۶۹ ± ۴/۲۳	۵۸ ± ۱۵/۲۴	-۵/۰۳	۰/۰۰۱*
سنگ و سنگریزه	۹۷ ± ۲۸/۴۹	۹۴ ± ۳۱/۱۷	-۱/۸۹	۰/۰۷۵ ^{ns}
لاشبرگ	۷۲ ± ۷/۲۴	۶۱ ± ۴/۴۹	۲/۴۱	۰/۰۲۷*

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

^۱ Shapiro-Wilk

۲-۳. بررسی خصوصیات خاک در عرصه‌های بذریاشی

نتایج مقایسه ویژگی‌های شیمیایی خاک نشان داد که بذریاشی اثر معنی‌داری بر برخی از شاخص‌های حاصلخیزی خاک داشته است (جدول ۲). در مقایسه بین دو عرصه، مقادیر ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، فسفر و پتاسیم در عرصه بذریاشی‌شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه شاهد بود ($p < 0/01$). ماده آلی خاک در عرصه بذریاشی‌شده با میانگین $2/63$ درصد در مقایسه با عرصه شاهد ($1/63$ درصد) حدود 61 درصد افزایش نشان داد. همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی در عرصه بذریاشی‌شده حدود 25 درصد بیشتر از عرصه شاهد بود که می‌تواند بیانگر بهبود وضعیت حاصلخیزی و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی در خاک باشد. فسفر و پتاسیم نیز در عرصه بذریاشی‌شده به‌ترتیب 13 و 34 درصد بیشتر از عرصه شاهد بودند. این افزایش احتمالاً ناشی از استقرار پوشش گیاهی، افزایش تولید لاشبرگ و بازگشت عناصر غذایی به خاک از طریق تجزیه بقایای گیاهی است. در مقابل هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهک، منیزیم، کلر و شاخص جذب سدیم بین دو عرصه اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0/05$). مقدار سدیم در عصاره اشباع در عرصه بذریاشی‌شده به‌طور معنی‌داری کمتر از عرصه شاهد بود ($p < 0/05$). مقدار کلسیم در عرصه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه بذریاشی‌شده بود ($p < 0/01$). مقایسه اعماق مختلف خاک نیز نشان داد که هدایت الکتریکی، آهک و کلر در عمق $30-15$ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از لایه سطحی بودند ($p < 0/01$). منیزیم در لایه سطحی ($15-0$ سانتی‌متر) مقدار بیشتری نسبت به عمق زیرین داشت. سایر ویژگی‌های شیمیایی خاک بین دو عمق اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های شیمیایی خاک بین عرصه بذریاشی و شاهد در دو عمق خاک

متغیر	بذریاشی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	شاهد (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	p-value (سطح معنی‌داری منطقه)	عمق ۰-۱۵ cm (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	عمق ۱۵-۳۰ cm (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	p-value (سطح معنی‌داری عمق)
هدایت الکتریکی (dS/m)	$0/45 \pm 0/42$	$0/17 \pm 0/43$	$0/97^{ns}$	$0/85 \pm 0/34$	$0/71 \pm 0/52$	$0/03^{**}$
اسیدیته	$7/30 \pm 0/45$	$6/10 \pm 0/85$	$0/17^{ns}$	$6/63 \pm 0/88$	$7/28 \pm 0/21$	$0/21^{ns}$
آهک (%)	$2/24 \pm 32/50$	$2/22 \pm 30/88$	$0/23^{ns}$	$1/81 \pm 30/13$	$1/54 \pm 25/33$	$0/09^{**}$
ماده آلی (%)	$2/43 \pm 2/63$	$0/19 \pm 1/63$	$0/01^{**}$	$0/61 \pm 2/30$	$0/62 \pm 96/1$	$0/36^{ns}$
ظرفیت تبادل کاتیونی (cmolc/kg)	$2/04 \pm 30/75$	$2/17 \pm 24/50$	$0/01^{**}$	$3/63 \pm 29/25$	$3/58 \pm 26/0$	$0/14^{ns}$
فسفر (mg/kg)	$28/7 \pm 22/82$	$4/5 \pm 20/13$	$0/01^{**}$	$145/3 \pm 21/75$	$9/152 \pm 21/20$	$0/53^{ns}$
پتاسیم (mg/kg)	$2/44 \pm 35/75$	$7/15 \pm 26/70$	$0/01^{**}$	$567/4 \pm 3220$	$605/7 \pm 3025$	$0/57^{ns}$
سدیم (meq/L)	$0/02 \pm 0/33$	$0/05 \pm 0/38$	$0/37^*$	$0/04 \pm 0/34$	$0/06 \pm 0/38$	$0/20^{ns}$
کلسیم (meq/L)	$0/91 \pm 19/00$	$0/42 \pm 22/75$	$0/01^{**}$	$2/33 \pm 20/40$	$1/86 \pm 21/35$	$0/45^{ns}$
منیزیم (meq/L)	$0/26 \pm 4/31$	$0/55 \pm 4/15$	$0/51^{ns}$	$0/27 \pm 4/51$	$0/36 \pm 3/95$	$0/13^*$
کلر (meq/L)	$0/23 \pm 2/17$	$0/87 \pm 2/16$	$0/97^{ns}$	$0/42 \pm 1/71$	$0/36 \pm 2/63$	$0/03^{**}$
نسبت جذب سدیم	$0/04 \pm 0/13$	$0/04 \pm 0/18$	$0/65^{ns}$	$0/04 \pm 0/12$	$0/04 \pm 0/18$	$0/65^{ns}$

مقادیر به‌صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شده‌اند. ns: غیرمعنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

نتایج بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک نشان داد بذریاشی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت میکروبی و شاخص‌های زیستی خاک داشته است (جدول ۳). تمامی شاخص‌های بیولوژیکی اندازه‌گیری‌شده شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زیست‌توده میکروبی، نیتروژن زیست‌توده میکروبی و نسبت کربن زیست‌توده میکروبی به نیتروژن زیست‌توده میکروبی در عرصه بذریاشی‌شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه شاهد بودند ($p < 0/01$). در عرصه بذریاشی‌شده تنفس پایه خاک ($2/66 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$)، بیشتر از عرصه شاهد

بود. همچنین تنفس برانگیخته در عرصه بذریاشی شده ($2/88 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$) نسبت به عرصه شاهد ($1/40 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$) افزایش معنی‌داری نشان داد. این نتایج بیانگر افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک در نتیجه استقرار پوشش گیاهی و افزایش ورود بقایای آلی به خاک است. کربن زیست‌توده میکروبی نیز در عرصه بذریاشی شده ($279/75 \text{ mg kg}^{-1}$) به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه شاهد ($163/50 \text{ mg kg}^{-1}$) بود. افزایش این شاخص نشان‌دهنده رشد جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و بهبود کیفیت زیستی خاک در اثر بذریاشی است. به همین ترتیب، نیتروژن زیست‌توده میکروبی در عرصه بذریاشی شده حدود ۱۹ درصد بیشتر از عرصه شاهد بود که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش ذخیره نیتروژن در بخش فعال زیستی خاک باشد. نسبت کربن زیست‌توده میکروبی به نیتروژن زیست‌توده میکروبی نیز در عرصه بذریاشی شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از عرصه شاهد بود ($p < 0/01$). این شاخص معمولاً بازتابی از ترکیب جامعه میکروبی و کارایی استفاده از منابع کربنی در خاک است و افزایش آن می‌تواند نشان‌دهنده بهبود شرایط زیستگاه میکروبی و افزایش پایداری فرآیندهای تجزیه مواد آلی باشد. بررسی اثر عمق خاک نشان داد که هیچ‌یک از ویژگی‌های بیولوژیکی مورد مطالعه بین دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0/05$).

جدول ۳- مقایسه ویژگی‌های بیولوژیکی خاک بین عرصه بذریاشی و شاهد در دو عمق خاک

متغیر	بذریاشی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	شاهد (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	p-value (سطح معنی‌داری منطقه)	عمق ۰-۱۵ cm (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	عمق ۱۵-۳۰ cm (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	p-value (سطح معنی‌داری عمق)
تنفس پایه ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$)	$2/66 \pm 0/55$	$1/40 \pm 0/19$	$0/000^{***}$	$2/38 \pm 0/80$	$1/84 \pm 0/75$	$0/40^{ns}$
تنفس برانگیخته ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$)	$2/88 \pm 0/51$	$1/68 \pm 0/23$	$0/001^{**}$	$2/49 \pm 0/73$	$2/08 \pm 0/74$	$0/36^{ns}$
کربن زیست‌توده میکروبی (mg kg^{-1})	$279/75 \pm 9/81$	$163/50 \pm 16/68$	$0/000^{***}$	$232/25 \pm 60/87$	$211/00 \pm 67/13$	$0/57^{ns}$
نیتروژن زیست‌توده میکروبی (mg kg^{-1})	$13/90 \pm 1/05$	$11/69 \pm 0/55$	$0/001^{**}$	$13/51 \pm 1/48$	$12/08 \pm 0/97$	$0/080^{ns}$
نسبت کربن زیست‌توده میکروبی به نیتروژن زیست‌توده میکروبی	$20/19 \pm 1/1$	$13/98 \pm 1/07$	$0/000^{***}$	$16/96 \pm 2/71$	$17/21 \pm 4/23$	$0/90^{ns}$

مقادیر به‌صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شده‌اند. ns: غیرمعنی‌دار، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴. بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای عملیات بذریاشی در مراتع منطقه سپیدار بویراحمد توانسته است اثرات مثبت و معنی‌داری بر پوشش گیاهی، ویژگی‌های سطح خاک و برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک بر جای بگذارد. این نتایج بیانگر آن است که استقرار موفق گونه‌های مرتعی از طریق بذریاشی علاوه بر افزایش پوشش گیاهی موجب فعال شدن فرآیندهای اکولوژیکی مؤثر در بازسازی تدریجی عملکرد اکوسیستم مرتعی شده است. از آنجا که تخریب مراتع معمولاً با کاهش پوشش گیاهی، افزایش خاک لخت، افت حاصلخیزی خاک و تضعیف فعالیت‌های زیستی همراه است (Bardgett et al., 2021؛ اکبرزاده و نیکو، ۲۰۲۲)، بهبود همزمان این شاخص‌ها در عرصه بذریاشی شده را می‌توان نشانه‌ای از موفقیت نسبی عملیات احیایی در منطقه مورد مطالعه دانست.

پوشش گیاهی مهم‌ترین عامل حفاظت خاک در اکوسیستم‌های مرتعی محسوب می‌شود و از طریق کاهش انرژی برخورد قطرات باران، کاهش سرعت رواناب، افزایش نفوذ آب و تثبیت خاک توسط ریشه‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کنترل فرسایش دارد (Trimble, 1999). نتایج جدول ۱ نشان‌دهنده افزایش پوشش گیاهی در عرصه احیا شده است که گونه‌های بذریاشی شده توانسته‌اند با موفقیت در منطقه استقرار یافته و بخشی از کمبود پوشش گیاهی موجود را جبران کنند. همچنین افزایش لاشبرگ بیانگر افزایش تولید

زیست توده گیاهی و ورود بقایای آلی به سطح خاک است. تجمع لاشبرگ ضمن کاهش تبخیر و تعدیل دمای خاک، یکی از مهم ترین منابع تأمین کننده ماده آلی و عناصر غذایی برای خاک محسوب می شود و نقش مهمی در بهبود تدریجی کیفیت خاک ایفا می کند. نتایج این بخش با یافته های مرادی و همکاران (۲۰۲۶)، مفیدی و همکاران (۲۰۱۶) و رینلا و همکاران (۲۰۲۰) مبنی بر افزایش پوشش گیاهی و بهبود شرایط اکولوژیکی در اثر عملیات احیایی مرتع همخوانی دارد. استقرار پوشش گیاهی می تواند با کاهش سرعت رواناب و افزایش پایداری سطح خاک از جابه جایی انتخابی ذرات جلوگیری کند و در نتیجه توزیع نسبی ذرات را تحت تأثیر قرار دهد. حضور ریشه های گیاهی، ترشحات ریشه و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم ها از عوامل مهم بهبود شرایط خاک در اکوسیستم های احیا شده می باشد (Williams, 2024).

نتایج بررسی ویژگی های شیمیایی خاک در جدول ۲ نشان داد برخی از مهم ترین شاخص های حاصلخیزی خاک از جمله ماده آلی در محدوده بذرپاشی از شرایط بهتری برخوردار است. ماده آلی یکی از بنیادی ترین شاخص های کیفیت خاک است و نقش اساسی در بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، تأمین عناصر غذایی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تحریک فعالیت های زیستی دارد (مرادی و همکاران، ۲۰۲۶). افزایش ماده آلی در عرصه بذرپاشی را می توان نتیجه افزایش تولید زیست توده گیاهی، توسعه سیستم ریشه ای و ورود بیشتر بقایای آلی به خاک دانست. نتایج مشابهی توسط بیرنژاد و نیکو (۲۰۲۵) گزارش شده است که افزایش پوشش گیاهی را عامل اصلی بهبود ماده آلی و ذخیره عناصر غذایی خاک در مراتع احیاء شده معرفی کرده اند. همزمان با افزایش ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز در عرصه بذرپاشی به طور معنی داری بیشتر است. از آنجا که بخش قابل توجهی از بار منفی خاک توسط مواد آلی تأمین می شود، افزایش ماده آلی موجب افزایش ظرفیت نگهداری و تبادل عناصر غذایی شده و در نتیجه توان خاک برای حفظ عناصر ضروری گیاهان را ارتقا می دهد. این موضوع از منظر اکولوژیکی اهمیت زیادی دارد زیرا به افزایش پایداری تولید، بهبود رشد گیاهان و افزایش تاب آوری اکوسیستم کمک می کند. همچنین افزایش معنی دار فسفر و پتاسیم در عرصه بذرپاشی بیانگر فعال تر شدن چرخه عناصر غذایی در خاک است. پوشش گیاهی از طریق جذب عناصر از لایه های مختلف خاک و بازگرداندن آن ها به خاک در قالب بقایای گیاهی، موجب غنی تر شدن تدریجی خاک می شود. افزایش این عناصر می تواند در استقرار بهتر گیاهان مرتعی، افزایش تولید زیست توده و ارتقای بهره وری اکوسیستم نقش مهمی ایفا کند. این نتایج با گزارش صفاری ها^۱ و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد. در مقابل عدم تفاوت معنی دار هدایت الکتریکی، اسیدیته و شاخص جذب سدیم بین عرصه های مورد مطالعه نشان می دهد که عملیات بذرپاشی هیچ اثر منفی بر تعادل شیمیایی خاک نداشته است. این موضوع از دیدگاه مدیریتی اهمیت ویژه ای دارد، زیرا بیانگر آن است که احیای پوشش گیاهی بدون ایجاد اختلال در شرایط شیمیایی خاک انجام شده است. بارزترین و قوی ترین پاسخ اکوسیستم به عملیات بذرپاشی در شاخص های بیولوژیکی خاک مشاهده شد. تمامی شاخص های بیولوژیکی شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی و نسبت کربن زیست توده میکروبی به نیتروژن زیست توده میکروبی در عرصه بذرپاشی به طور معنی داری بیشتر از عرصه شاهد بودند. جوامع میکروبی خاک از حساس ترین اجزای اکوسیستم نسبت به تغییرات مدیریتی محسوب می شوند و معمولاً سریع تر از ویژگی های شیمیایی خاک به اقدامات احیایی پاسخ می دهند (Dasgupta & Brahmprakash, 2021; Trivedi et al., 2016). افزایش تنفس پایه و تنفس برانگیخته در عرصه بذرپاشی بیانگر افزایش شدت فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم ها و فعال تر شدن فرآیندهای تجزیه مواد آلی است. همچنین افزایش کربن و نیتروژن زیست توده میکروبی نشان می دهد که شرایط زیستگاهی مناسب تر و منابع غذایی بیشتری برای رشد و توسعه جوامع میکروبی فراهم شده است. توسعه پوشش گیاهی، افزایش ترشحات ریشه و ورود بقایای گیاهی به خاک از مهم ترین عوامل مؤثر در این فرایند هستند. این یافته ها با نتایج تریودی^۲ و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد که افزایش

^۱ Saffariha^۲ Trivedi

پوشش گیاهی را مهم‌ترین عامل ارتقای کیفیت زیستی خاک معرفی کرده‌اند.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پاسخ اکوسیستم مرتعی به عملیات بذریاشی به‌صورت یک زنجیره پیوسته از فرآیندهای اکولوژیکی رخ داده است. افزایش پوشش گیاهی موجب کاهش خاک لخت و افزایش لاشبرگ شده و این تغییرات با افزایش ورودی مواد آلی به خاک، بهبود شرایط زیستی برای میکروارگانیسم‌ها و فعال شدن چرخه عناصر غذایی همراه بوده است. در نتیجه بهبود شاخص‌های بیولوژیکی خاک به افزایش حاصلخیزی و پایداری خاک کمک کرده و شرایط مناسب‌تری برای استقرار و تداوم پوشش گیاهی فراهم آورده است. این بازخورد مثبت بین پوشش گیاهی و خاک، یکی از مهم‌ترین سازوکارهای احیای اکولوژیکی در اکوسیستم‌های مرتعی محسوب می‌شود (Gann et al., 2019; Bardgett et al., 2021).

۵. نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که بذریاشی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد مؤثر در مسیر بازسازی اکولوژیکی مراتع تخریب‌شده در منطقه سپیدار بويراحمد مطرح باشد. مهم‌ترین پیام این پژوهش آن است که ارزیابی موفقیت عملیات احیای مرتع نباید صرفاً بر شاخص‌های پوشش گیاهی استوار باشد، بلکه بررسی همزمان پاسخ‌های خاک به‌ویژه شاخص‌هایی که می‌تواند تصویر جامع‌تری از روند بازسازی عملکرد اکوسیستم ارائه دهد. در این میان شاخص‌های میکروبی به دلیل پاسخ‌پذیری بیشتر به تغییرات ناشی از احیا، ظرفیت مناسبی برای پایش زودهنگام تغییرات عملکردی خاک دارند. از دیدگاه مدیریتی، نتایج پژوهش از کاربرد بذریاشی در عرصه‌های مرتعی تخریب‌شده با شرایط اکولوژیکی مشابه حمایت می‌کند. با این حال موفقیت این روش به انتخاب صحیح عرصه، سازگاری گونه‌های مورد استفاده با شرایط محیطی و فراهم بودن شرایط مناسب برای استقرار گیاهان وابسته است. بنابراین پیش از اجرای عملیات ارزیابی وضعیت اولیه پوشش گیاهی و خاک و قابلیت استقرار گونه‌ها ضروری است. همچنین، پایش بلندمدت پوشش گیاهی و شاخص‌های کلیدی کیفیت خاک می‌تواند برای تعیین تداوم اثرات احیایی و اصلاح اقدامات مدیریتی در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس بذریاشی را می‌توان به‌عنوان یکی از گزینه‌های قابل توصیه برای احیای مراتع تخریب‌شده کوهستانی زاگرس به‌ویژه در مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت.

سپاس‌گزاری

این پژوهش در چارچوب فرصت مطالعاتی صنعت و جامعه انجام شده است. از مسئولین محترم دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی که با مساعدت‌های خود زمینه تحقق این پروژه را فراهم آوردند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

- Akbarzadeh, P., & Nikoo, S. (2022). Effects of land use change on groundwater quality (Case study: Damghan Watershed). *Iranian Journal of Ecohydrology*, 9(2), 437–459. <https://doi.org/10.22059/ije.2022.340711.1622>. (In Persian)
- Babrnezhad, H., & Nikoo, S. (2025). Evaluation of the effects of biological projects on some soil properties in North Khorasan Province. *Desert Management*, 13(2), 45–58. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2053165.1500>
- Bardgett, R. D., Bullock, J. M., Lavorel, S., et al. (2021). Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 720–735. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00207-2>
- Bastani, M., Sadeghipour, A., Kamali, N., Zarafshar, M., & Bazoot, S. (2023). How does livestock graze management affect woodland soil health? *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1–8. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1028149>
- Bengtsson, J., Bullock, J. M., Egoh, B., Everson, C., Everson, T., O'Connor, T., et al. (2019). Grasslands more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10(2), e02582. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2582>

- Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G., & Jenkinson, D. S. (1985). Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(6), 837–842.
- Chapman, H. D. (1965). Cation exchange capacity. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties* (pp. 891–901). American Society of Agronomy.
- Dasgupta, D., & Brahmaaprakash, G. (2021). Soil microbes are shaped by soil physico-chemical properties: A brief review of existing literature. *International Journal of Plant & Soil Science*, 33, 59–71. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2021/v33i130409>
- Davies, K. W., Boyd, C. S., Svejcar, L. N., & Clenet, D. R. (2024). Long-term effects of revegetation efforts in annual grass-invaded rangeland. *Rangeland Ecology & Management*, 92, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.10.001>
- Donovan, M., & Monaghan, R. (2021). Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion. *Journal of Environmental Management*, 287, 112206. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112206>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., et al. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P., & Reid, R. S. (2009). Livestock, livelihoods and the environment: Understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.003>
- James, J. J., Svejcar, T. J., & Rinella, M. J. (2021). Demography of native and introduced grasses in degraded sagebrush steppe: Implications for seeding and restoration. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.04.002>
- Joneidi, H., Kakekhani, S., & Kamali, N. (2024). Comparison of physicochemical and biological soil properties under different rangeland management practices. *Journal of Rangeland*, 18(1), 119–131. <https://doi.org/10.1001.1.20080891.1403.18.1.7.3>. (In Persian)
- Kamali, N., Sadeghipour, A., Souri, M., & Mastinu, A. (2022). Variations in soil biological and biochemical indicators under different grazing intensities and seasonal changes. *Land*, 11(9), 1537. <https://doi.org/10.3390/land11091537>
- Karimian, V., & Barani, H. (2025). Identifying commonly used medicinal and industrial plants in desert rangelands and investigating local community awareness about them (Case study: Khaf County, Khorasan Razavi Province). *Desert Management*, 12(4), 41–62. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2045459.1490>. (In Persian)
- Mofidi, M., Jafari, M., Tavili, A., & Alijanpour, A. (2016). Effect of three rangeland improvement practices on vegetation properties in Emam Kandi rangelands, Urmia. *Watershed Management Research*, 29(4), 30–39. <https://doi.org/10.22092/wmej.2017.115316>. (In Persian)
- Moradi, H., Jafari, M., Tavili, A., Azarnivand, H., Tahmoures, M., & Alizadeh, E. (2026). Evaluating the effectiveness of conservation and restoration measures on vegetation cover improvement and forage production in semi-arid rangelands. *Journal of Range and Watershed Management*, 78(4), 547–565. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2025.396695.1840>. (In Persian)
- Moshtaghyan, M.B., Keshtkar, H.R., Sharif, M.E & Razavi, S.M. (2009). Planting methods effect on *Astragalus cyclophyllon* establishment. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 16(1): 79-84. (In Persian)
- Perring, M. P., Erickson, T. E., & Brancalion, P. H. S. (2018). Rocketing restoration: Enabling the upscaling of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(2), 117–126. <https://doi.org/10.1111/rec.12871>
- Qu, Y., Tang, J., Li, Z., Zhou, Z., Wang, J., Wang, S., & Cao, Y. (2020). Soil enzyme activity and microbial metabolic function diversity in soda saline-alkali rice paddy fields of Northeast China. *Sustainability*, 12(23), 10095. <https://doi.org/10.3390/su122310095>
- Rinella, M. J., Knudsen, A. D., Jacobs, J. S., & Mangold, J. M. (2020). Seeding causes long-term increases in grass forage production in invaded rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 73(2), 329–333. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.10.008>
- Saffariha, M., Azarnivand, H., & Tavili, A. (2014). Investigation effects of rangeland exclosure on some soil properties in *Artemisia sieberi*, *Stipa hohenackeriana* and *Salsola rigida* habitats (Case study: Roodshoor, Saveh, Iran). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4(1), 195–204.
- Sayre, N. F., McAllister, R. R. J., Bestelmeyer, B. T., Moritz, M., & Turner, M. D. (2013). Earth stewardship of rangelands: Coping with ecological, economic, and political marginality. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 348–354. <https://doi.org/10.1890/120333>
- Shamkhani, H., Askari, M. S., Vaezi, A. R., & Alamdari, P. (2025). Assessment of soil physical quality in different management systems of rangelands in Zanjan Province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 56(7), 1715–1735. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.393617.669924>. (In Persian)

- Trimble, S. W. (1999). Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975–93. *Science*, 285(5431), 1244–1246. <https://doi.org/10.1126/science.285.5431.1244>
- Trivedi, P., Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I. C., & Singh, B. K. (2016). Response of soil properties and microbial communities to agriculture: Implications for primary productivity and soil health indicators. *Frontiers in Plant Science*, 7, Article 990. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00990>
- U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (L. A. Richards, Ed.). USDA Handbook No. 60. U.S. Government Printing Office.
- Williams, S. E. (2024). A review and analysis of rangeland and wildland soil health. *Sustainability*, 16(7), 2867. <https://doi.org/10.3390/su16072867>