



Evaluating the Effectiveness of Conservation and Restoration Measures on Vegetation Cover Improvement and Forage Production in Semi-Arid Rangelands

Hossein Moradi¹ | Mohammad Jafari^{1*} | Ali Tavili¹ | Hossein Azarnivand¹ |
Mohammad Tahmoures² | Esmail Alizadeh¹

1. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Water and Soil Conservation Engineering Department, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
Correspond E-mail: jafari@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 25 May. 2025
Revised: 20 Jul. 2025
Accepted: 30 Jul. 2025
Published online: 01 Jan. 2026

Keywords:
*Effectiveness,
Restoration,
Biological,
Sustainable Rangeland Management.*

Abstract

Integrated rangeland ecosystem management is recognized as an effective strategy for improving vegetation cover, forage production, and enhancing sustainability in arid and semi-arid regions. In this study, the effects of various conservation and ecosystem restoration measures (including seeding, Transplanting, terracing combined with transplanting, contour banding with transplanting, pitting with seeding, and contour furrowing with transplanting) were investigated on vegetation characteristics and forage production in the rangelands of Vardij village, Tehran Province. Sampling was conducted systematically and randomly during the growing season using 4 m² plots along 100-meter transects. Vegetation characteristics were precisely recorded and the related data were analyzed. The results indicated that the aforementioned conservation measures had significant effects on vegetation variables, leading to a remarkable increase in vegetation canopy cover and a reduction in bare soil. The highest mean canopy cover (59.97%) and the lowest percentage of bare soil (7.93%) were observed in the transplanting treatment, whereas the control rangelands had the lowest canopy cover (23.2%) and the highest bare soil percentage (29.2%). Other methods, such as seeding and terrace transplanting, also showed positive effects on vegetation cover improvement. Regarding forage production, the transplanting treatment yielded the highest mean production (423 kg/ha), followed by seeding (367 kg/ha) and terrace transplanting (388 kg/ha). The control rangelands exhibited the lowest forage yield. These findings highlight the crucial role of conservation and restoration measures in enhancing vegetation cover and rangeland sustainability. Accordingly, it is recommended that future management plans utilize a combination of methods, including transplanting and seeding, to improve the quality and sustainability of rangeland ecosystems.

Cite this article: Moradi, H., Jafari, M., Tavili, A., Azarnivand, H., Tahmoures, M., Alizadeh, E. (2025). Evaluating the Effectiveness of Conservation and Restoration Measures on Vegetation Cover Improvement and Forage Production in Semi-Arid Rangelands (Case Study: Vardij Watershed, Tehran Province). *Journal of Range & Watershed Management*, 78 (4), 547-565. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2025.396695.1840>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Rangelands in semi-arid regions face increasing degradation due to improper management, overgrazing, and climate variability. Sustainable rangeland management and ecological restoration are recognized as essential strategies to restore vegetation cover, improve forage production, and ensure long-term ecosystem stability. In Iran's arid and semi-arid landscapes, integrated conservation practices combining mechanical and biological methods have been widely adopted to address these challenges. The present study aims to evaluate the effectiveness of various conservation and restoration measures, including biological and biomechanical methods, on vegetation cover improvement and forage production in the Vardij Watershed, located in Tehran Province.

Materials and Methods: This study was conducted in the Varkabad sub-watershed, located on the southern slopes of the Central Alborz Mountains, covering an area of 328 hectares. This study emphasizes the importance of selecting methods adapted to the ecological and climatic conditions of semi-arid areas to improve vegetation cover and enhance rangeland ecosystem sustainability. A combination of mechanical and biological conservation and restoration measures has been implemented simultaneously in two management zones of the study area since 2013. In this research, a set of restoration techniques, including terrace transplanting, contour banding with transplanting, direct transplanting, seeding, pitting with seeding, contour furrowing with transplanting, and check-dam construction, were evaluated. Vegetation sampling was carried out during the growing season using a systematic-random approach. Transects of 100 meters were established parallel and perpendicular to the dominant slope direction, and 4 m² plots were placed at regular 10-meter intervals along each transect. In total, 540 plots across 54 transects were distributed among the various treatments studied. Data on vegetation cover, species composition, and forage production were recorded in each plot. For forage production assessment, a double sampling method (clipping and weighing combined with visual estimation) was used. Rangeland condition and trend were assessed using a modified four-factor method and a trend analysis approach. Collected data were analyzed using one-way ANOVA and Duncan's multiple range test.

Results and Discussion: The findings indicated significant differences among treatments in vegetation cover, bare soil, litter, and forage production. The transplanting treatment achieved the highest canopy cover (59.97%) and lowest bare soil (7.93%). Seeding and terrace transplanting also demonstrated positive effects on vegetation cover improvement. Regarding forage production, transplanting treatment yielded the highest production (423 kg/ha), followed by terrace transplanting (388 kg/ha) and seeding (367 kg/ha). Evaluation of rangeland condition and trend revealed that transplanting, seeding, and terrace transplanting achieved a "good" condition with a positive trend, whereas contour banding and contour furrowing showed moderate effectiveness. Check-dams and pitting with seeding demonstrated lower effectiveness and were classified as "poor" with negative trends. Species composition analysis highlighted the dominance of drought-resistant shrubs and herbaceous species such as *Astragalus* spp. and *Chenopodiaceae* family members in successful treatments. The results confirmed that the combination of biological and biomechanical methods was more effective than purely mechanical structures like check-dams. Furthermore, supplemental drip irrigation applied during the establishment phase in transplanting treatments contributed significantly to plant survival and establishment.

Conclusion: This study demonstrated that implementing combined conservation and restoration practices, particularly transplanting and seeding treatments, significantly improves vegetation cover, reduces bare soil, and enhances forage production in degraded semi-arid rangelands. The integration of moisture conservation techniques, such as terracing and contour furrowing, with biological interventions, facilitates vegetation establishment and ecosystem stabilization. Mechanical methods like check-dams alone showed limited effectiveness. Practical implications suggest prioritizing transplanting and seeding strategies, complemented by moisture management and species selection adapted to site-specific conditions. Future management should incorporate targeted supplementary irrigation, adaptive strategies addressing climate variability, and integrated watershed management approaches to ensure sustainable rangeland restoration.

Keywords: Effectiveness, Restoration, Biological, Sustainable Rangeland Management

Article Type: Research Article

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.



دوره ۷۸ (۴)

شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

نشریه مرتع و آبخیزداری



ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظتی و احیایی بر بهبود پوشش گیاهی و تولید علوفه در مراتع نیمه خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وردیج، استان تهران)

حسین مرادی^۱ | محمد جعفری^{۱*} | علی طویلی^۱ | حسین آذرنیوند^۱ | محمد طهمورث^۲ | اسماعیل عزیززاده^۱

۱. گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. گروه حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

رایانامه: jafary@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

کلیدواژه‌ها:

اثربخشی،

اصلاح،

بیولوژیک،

مدیریت پایدار مراتع.

مدیریت جامع اکوسیستم مراتع، یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود پوشش گیاهی، تولید علوفه و ارتقای پایداری در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. در این پژوهش، تأثیر مجموعه‌ای از اقدامات حفاظتی و بهبود اکوسیستم شامل بذرپاشی، نهال کاری، تراس + نهال کاری، کنتوربیلندینگ+نهال کاری، پی‌تینگ + بذرپاشی و کنتورفارو + نهال کاری بر ویژگی‌های پوشش گیاهی و تولید علوفه در مراتع روستای وردیج استان تهران بررسی شد. نمونه برداری به روش سیستماتیک-تصادفی در فصل رویش و با استفاده از پلات‌های ۴ مترمربعی در امتداد ترانسکت‌های ۱۰۰ متری انجام گرفت. ویژگی‌های پوشش گیاهی با دقت ثبت و داده‌های مربوطه تحلیل شد. نتایج نشان داد که اقدامات حفاظتی مذکور، تأثیر معنی داری بر متغیرهای پوشش گیاهی دارند و به طور چشمگیری سبب افزایش تاج پوشش گیاهی و کاهش خاک لخت شدند. بیشترین میانگین درصد تاج پوشش (۵۹/۹۷ درصد) و کمترین درصد خاک لخت (۷/۹۳ درصد) مربوط به نهال کاری بود، در حالی که مراتع شاهد کمترین میزان تاج پوشش (۲۳/۲ درصد) و بالاترین درصد خاک لخت (۲۹/۲ درصد) را نشان دادند. سایر روش‌ها مانند بذرپاشی و تراس-نهال کاری نیز نتایج مطلوبی در بهبود پوشش گیاهی داشتند. از نظر تولید علوفه، پروژه نهال کاری با میانگین ۴۲۳ کیلوگرم در هکتار، بیشترین تولید را به همراه داشت و پس از آن بذرپاشی و تراس + نهال کاری به ترتیب با ۳۶۷ و ۳۸۸ کیلوگرم در هکتار قرار گرفتند. مراتع شاهد کمترین عملکرد را نشان دادند. این یافته‌ها بر نقش کلیدی اقدامات حفاظتی و بهبود اکوسیستم در ارتقای پوشش گیاهی و پایداری مراتع تأکید دارد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های مدیریتی آینده، از ترکیب روش‌های مختلف از جمله نهال کاری و بذرپاشی به منظور بهبود کیفیت و پایداری اکوسیستم مرتعی استفاده شود.

استناد: مرادی؛ حسین؛ جعفری؛ محمد؛ طویلی؛ علی؛ آذرنیوند؛ حسین؛ طهمورث؛ محمد؛ عزیززاده؛ اسماعیل (۱۴۰۴). ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظتی و احیایی بر بهبود پوشش گیاهی و تولید علوفه در مراتع نیمه خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وردیج، استان تهران). نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۸ (۴)، ۵۶۵-۵۴۷.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2025.396695.1840>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

مراتع به عنوان یکی از گسترده ترین اکوسیستم های طبیعی جهان، نقش کلیدی در پایداری زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ایفا می کنند. این اکوسیستم ها با ارائه خدماتی همچون تولید علوفه، تثبیت کرین، حفاظت خاک، تنظیم چرخه آب و حفظ تنوع زیستی، به طور مستقیم و غیرمستقیم بر معیشت میلیون ها نفر به ویژه در مناطق روستایی و عشایری تأثیرگذارند (Eldridge et al., 2017). با این حال، در دهه های اخیر مراتع با تهدیدات فزاینده ای ناشی از فشارهای انسانی و تغییرات اقلیمی مواجه شده اند. تخریب این اکوسیستم ها عمدتاً به دلیل چرای مفرط، تغییر کاربری اراضی، فرسایش خاک، بهره برداری بی رویه و کاهش بارندگی یا افزایش دما رخ می دهد (Herrick et al., 2010). پیامدهای تخریب مراتع شامل کاهش تولید اولیه، افت تنوع گونه ای، زوال کیفیت خاک، کاهش نفوذپذیری، افزایش رواناب و در نهایت از دست رفتن عملکردهای اکولوژیکی و اقتصادی است. این وضعیت به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که بیشترین حساسیت را نسبت به اختلالات محیطی دارند، شدیدتر و نگران کننده تر است. از این رو، اتخاذ راهکارهای جامع برای احیای این اکوسیستم ها و ارتقای تاب آوری آن ها در برابر تنش های محیطی امری حیاتی است. در پاسخ به این چالش ها، مجموعه ای از اقدامات مدیریتی و حفاظتی در سطح ملی و منطقه ای به کار گرفته شده است. این اقدامات شامل مدیریت چرا (تعدیل ظرفیت دام)، بذrpاشی، نهال کاری، استفاده از گونه های بومی مقاوم، اجرای عملیات مکانیکی مانند پیپتینگ، ترانس بندگی و کنتورفارو و در برخی مناطق قرق های کوتاه مدت یا دائمی است. هدف از این مداخلات، بازگرداندن کارکردهای زیست بومی، افزایش پوشش گیاهی، تقویت بهره وری خاک و ارتقای پایداری درازمدت اکوسیستم های مرتعی است.

مطالعات مختلف نشان داده اند که این اقدامات به طور مؤثری منجر به بهبود پوشش گیاهی، افزایش تولید علوفه و بهبود ویژگی های خاک شده اند. در مراتع ییلاقی کبک، تفاوت معنی داری در شاخص های پوشش گیاهی تحت تأثیر تیمارهای مدیریتی گزارش شده است؛ به طوری که بالاترین مقادیر به تیمار قرق همراه با عملیات اصلاحی اختصاص یافته است (قلی پور و همکاران، ۱۴۰۱). در حاشیه دریاچه ارومیه، افزایش معنی دار درصد تاج پوشش و بیوماس گیاهی در مناطق نهال کاری نسبت به مناطق شاهد مشاهده شده است (محسنی و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین، اثر مثبت پیپتینگ در ذخیره رطوبت، احیای پوشش گیاهی و بهبود شرایط خاک تأیید شده است (یثربی و دیناروند، ۱۴۰۳). افزایش درصد تاج پوشش و تولید علوفه به دنبال اجرای بوته کاری و بذrpاشی گزارش شده است (دهداری و همکاران، ۱۳۹۶). در استان همدان، اجرای طرح های احیا با افزایش پوشش گیاهی، کنترل فرسایش خاک و تولید علوفه همراه بوده و بر اهمیت انتخاب روش مناسب تأکید شده است (الیاسی، ۱۴۰۲). استفاده از گیاهان مقاوم نیز با بهبود خصوصیات خاک و پوشش گیاهی همراه بوده است (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸). تأثیر مثبت روش پیپتینگ بر افزایش پوشش گیاهی دائمی و یک ساله در مناطق مختلف تأیید شده است (Eldridge and Ding, 2023). همچنین، استفاده از کنتورفارو موجب بهبود قابل توجهی در پوشش گیاهی از طریق حفظ رطوبت خاک شده است (Mondaca et al., 2024). در اردن، جمع آوری آب باران و کاشت گونه های بومی، کاهش رواناب، افزایش پوشش گیاهی و بازگشت دینامیک های هیدرولوژیکی به شرایط طبیعی را به همراه داشته است (Haddad et al., 2022). در مراتع قشلاقی یزد، بالاترین میزان تولید علوفه در تیمار پیپتینگ ثبت شده و کمترین میزان در تیمار شاهد مشاهده شده است (حبیب زاده و نوروزی، ۱۴۰۱). همچنین، تیمار چاله های هلالی آبگیر بیشترین تأثیر را بر پوشش گیاهی، زادآوری و تراکم داشته، در حالی که تفاوت معنی داری بین تیمارهای کنتورفارو، پیپتینگ و شاهد مشاهده نشده است (صدقی، ۱۴۰۰).

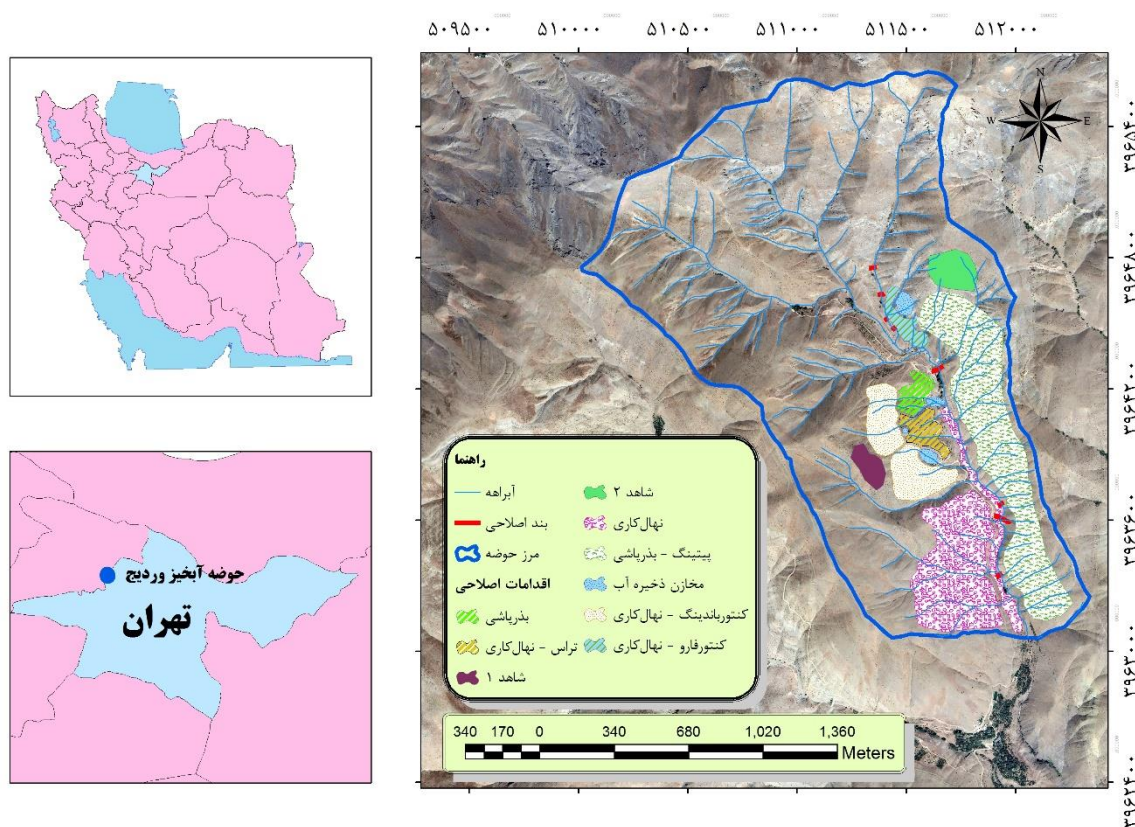
با وجود پتانسیل بالای عملیات اصلاحی و احیا در بهبود وضعیت مراتع تخریب شده، اثربخشی واقعی این مداخلات به شدت تحت تأثیر عوامل متعددی مانند شرایط اقلیمی، ویژگی های خاک، شدت تخریب اولیه و مدت زمان اجرای پروژه ها قرار دارد. در حالی که مطالعات بسیاری بر نقش مثبت این اقدامات در بازسازی اکولوژیکی تأکید کرده اند، اما میزان کارایی واقعی آن ها در زمینه های عملیاتی و در مقیاس های مختلف مکانی و زمانی هنوز به طور کامل شناخته نشده است. تفاوت در شرایط محیطی، روش های اجرایی و عدم یکپارچگی در ارزیابی نتایج باعث شده که درک دقیقی از میزان تأثیر اقدامات بر اجزای کلیدی پوشش سطحی مراتع حاصل نشود. در همین راستا،

این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه تأثیر اقدامات حفاظت و بهبود اکوسیستم بر شاخص‌های مهم پوشش مراتع شامل درصد پوشش گیاهی، میزان لاشبرگ، درصد خاک لخت، مقدار سنگ و سنگ‌ریزه و همچنین میزان تولید گیاهان طراحی شده است. با تمرکز بر این متغیرهای کلیدی، تلاش می‌شود میزان موفقیت و کارایی هر یک از پروژه‌ها در بهبود ویژگی‌های سطحی مرتع و بازگرداندن آن به وضعیت مطلوب‌تر سنجیده شود. نتایج این تحقیق می‌تواند راهنمایی عملی برای انتخاب روش‌های مؤثرتر در احیای مراتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم آورد و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مبتنی بر شواهد فراهم سازد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

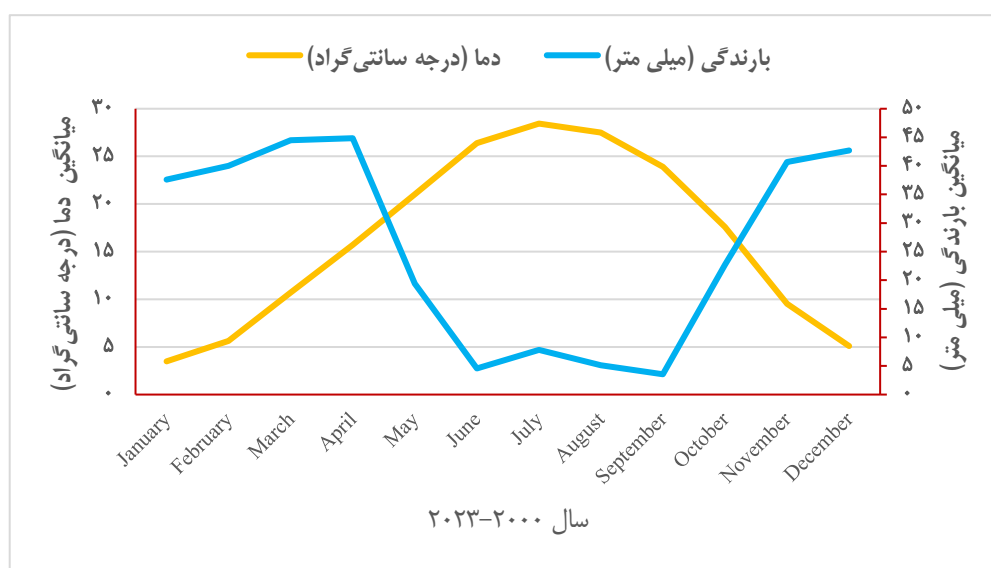
۲-۱. منطقه مورد پژوهش

این تحقیق در مراتع حوزه آبخیز وردیج - واریش (زیرحوضه ورکباد) انجام شده است. حوزه آبخیز ورکباد، در غربی‌ترین بخش محدوده طرح حفاظت و احیاء منابع طبیعی دامنه‌های جنوبی البرز، واقع است (شکل ۱). مساحت این حوزه معادل ۳۲۸ هکتار می‌باشد. حداقل ارتفاع از سطح دریا در حوزه آبخیز وردیج ۱۳۸۰ متر و حداکثر آن ۲۸۹۰ متر می‌باشد. شیب غالب منطقه ملایم تا تند و در بازه‌ای از ۰/۱ درجه تا بیش از ۶۰ درجه متغیر است. حوضه ورکباد بخشی از دیواره جنوبی البرز مرکزی محسوب شده و بین ترازهای ارتفاعی ۱۶۰۰ تا ۲۸۰۰ متر واقع شده است. در منطقه ورکباد، ساختارهای زمین‌شناسی شامل گسل‌ها و چین‌ها با روند عمومی شمال باختری-جنوب خاوری مشاهده می‌شوند.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

بر اساس داده‌های اقلیمی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی (۸ ایستگاه مجاور) و نمودار آمبروترمیک (شکل ۲)، اقلیم حوزه آبخیز وردیچ نیمه‌خشک با رژیم بارندگی مدیترانه‌ای است. در این منطقه، میانگین بارندگی بلند مدت حدود ۳۱۳ میلی‌متر ثبت شده است که بخش عمده آن در فصول سرد رخ می‌دهد و همچنین میانگین دمای منطقه حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است که در ماه‌های تیر و مرداد به حداکثر مقدار خود می‌رسد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۴۰۲). با توجه به همزمانی بارش‌های عمده با دماهای پایین‌تر، بیلان رطوبت خاک در ماه‌های سرد مثبت بوده و در سایر ماه‌های سال به دلیل تبخیر و تعرق بالا و کمبود بارندگی، کمبود رطوبت در منطقه حاکم است. به طور کلی، اقلیم این حوزه را می‌توان نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً ملایم توصیف کرد.



شکل ۲. نمودار آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳

در این مطالعه، به منظور ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظتی و اصلاحی بر تغییرات پوشش گیاهی مراتع، مجموعه‌ای از روش‌های اجرایی شامل تراس+نهال‌کاری^۱ (ایجاد تراس‌های خاکی در شیب دامنه به منظور کاهش فرسایش و ذخیره آب، همراه با کاشت نهال‌های درختی و درختچه‌ای در بستر تراس‌ها)، کنتورباندینگ+نهال‌کاری^۲ (ایجاد نوارهای خاکی پیوسته یا متناوب در امتداد خطوط تراز جهت مهار رواناب، همراه با کاشت نهال در بین نوارها)، نهال‌کاری^۳ (کاشت مستقیم نهال‌های گونه‌های مقاوم و سازگار به شرایط در سطح مراتع با هدف تقویت پوشش گیاهی)، بذرپاشی^۴ (پراکندن بذر گونه‌های مرتعی مقاوم بر سطح خاک برای بازسازی پوشش گیاهی بدون عملیات مکانیکی)، پیتینگ+بذرپاشی^۵ (ایجاد چاله‌های کوچک برای حفظ رطوبت و ذخیره آب، همراه با بذرپاشی درون حفره‌ها)، کنتورفارو+نهال‌کاری^۶ (ایجاد شیارهای کم‌عمق در امتداد خطوط تراز برای هدایت و ذخیره آب باران، همراه با کاشت نهال کنار شیارها) و بندهای اصلاحی^۷ (ساخت سازه‌های کوچک سنگی یا خاکی و... در مسیر آبراهه‌ها برای کاهش سرعت جریان آب و افزایش نفوذ آن به داخل خاک) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

¹ Terracing + Transplanting

² Contour Bunding + Transplanting

³ Transplanting

⁴ Seeding

⁵ Pitting + Seeding

⁶ Contour Furrowig + Transplanting

⁷ Check Dam



ب) بذریاشی



الف) نهال کاری



د) کنتور فارو - نهال کاری



ج) پیتینگ-بذریاشی



چ) بند اصلاحی



ح) کنتورباندینگ - نهال کاری



ث) تراس - نهال کاری به همراه احداث مخزن ذخیره آب با فناوری ژئوممبران

شکل ۳. تصاویر پروژه‌های اصلاحی و حفاظتی اجرا شده در منطقه

رویکرد کلی پروژه های مدیریتی و حفاظتی انجام شده در منطقه مورد مطالعه با نگاهی جامع و چندبعدی در سال ۱۳۹۲ طراحی و بصورت همزمان اجرا شده است؛ به گونه ای که علاوه بر بهبود پوشش گیاهی، اهدافی نظیر کنترل فرسایش و روان آب ها، ترسیب کربن، حفاظت منابع آب و خاک و توسعه پایدار اکوسیستم را نیز در بر می گیرد. پروژه های بیولوژیک عمدتاً در اراضی با شیب های ملایم تا متوسط اجرا شده اند، در حالی که در شیب های تندتر، بیشتر پروژه های بیومکانیک و مکانیک به کار گرفته شده است. در این راستا، با توجه به اهداف کلان پروژه و شرایط اکولوژیکی منطقه، از گونه های گیاهی متنوع (شامل گونه های درختچه ای، بوته ای، مرتعی، دارویی و زینتی) استفاده شده است تا پایداری و کارکردهای اکوسیستمی به حداکثر برسد. همچنین، در ساختار و نقشه منطقه مطالعه، مخازن ذخیره آب و اجرای تلفیقی پروژه های مذکور قابل ملاحظه است؛ در صورت وجود بارندگی کافی و تأمین منابع آبی مناسب، بخش هایی از اقدامات اجرایی که مبتنی بر نهال کاری هستند، با به کارگیری مدیریت بهینه آب های سطحی و بهره گیری از آبیاری حمایتی (قطره ای) به صورت هدفمند و محدود در پای هر نهال، به افزایش استقرار و بقای گیاهان کمک می نمایند. این رویکرد، ضمن بهینه سازی مصرف منابع آب، نقش مؤثری در ارتقای موفقیت عملیات احیای پوشش گیاهی ایفا می کند.

۲-۲. روش اجرایی پژوهش

به منظور ارزیابی دقیق خصوصیات پوشش گیاهی و تولید گونه های گیاهی نمونه برداری در فصل رویش (اوایل تیرماه) با استفاده از پلات در امتداد ترانسکت به روش سیستماتیک-تصادفی انجام شد. در هر یک از پروژه ها، با توجه به وسعت، توپوگرافی و شرایط اکولوژیکی منطقه ابتدا محل قرارگیری ترانسکت ها به صورت تصادفی تعیین گردید، سپس ترانسکت هایی به طول ۱۰۰ متر در دو جهت موازی و عمود بر شیب غالب منطقه مستقر شدند تا تغییرات طبیعی در جهت و شدت شیب در نمونه برداری لحاظ گردد. در امتداد هر ترانسکت، در فواصل منظم ۱۰ متری، پلات هایی با ابعاد ۲×۲ متر (۴ مترمربع) به صورت منظم مستقر شدند. تعداد ترانسکت ها و پلات ها در هر منطقه با توجه به وسعت، ناهمگنی پوشش گیاهی و ویژگی های فیزیکی محیط به گونه ای انتخاب شد که نمایانگر ترکیب و پراکنش گونه ها در منطقه باشد در هر پلات، کلیه گونه های گیاهی موجود شناسایی و ثبت شده و داده های مربوط به پوشش نسبی، تعداد پایه ها، تولید علوفه و سایر ویژگی های مورد نظر برداشت گردید.

برای مقایسه اثر این اقدامات در دو بخش منطقه، دو پروژه شاهد نیز در مجاورت پروژه های اجرایی و با شرایط فیزیوگرافی و اکولوژیکی مشابه انتخاب شده اند تا بتوانند مقایسه معتبری از اثر اقدامات حفاظتی و احیایی فراهم کنند که شاهد ۱ برای ارزیابی پروژه های اجرا شده در بخش غربی منطقه (شامل تراس + نهال کاری، کنتورباندینگ + نهال کاری، نهال کاری و بذرپاشی) و شاهد ۲ برای مقایسه اقدامات اجرا شده در بخش شرقی منطقه (شامل پیچینگ + بذرپاشی، کنتورفارو + نهال کاری و بند اصلاحی) مورد بررسی قرار گرفتند. جدول (۱) نشان دهنده توزیع پلات ها در طول ترانسکت ها و نحوه تخصیص آن ها در پروژه های مختلف بهبود اکوسیستم در منطقه است. در این پژوهش، مجموعاً ۵۴۰ پلات در ۵۴ ترانسکت به روش سیستماتیک-تصادفی توزیع شد. این پلات ها به منظور بررسی اثر اقدامات مختلف شامل بذرپاشی، نهال کاری، تراس + نهال کاری، کنتورباندینگ + نهال کاری، پیچینگ + بذرپاشی، کنتورفارو + نهال کاری و بند اصلاحی در طول ترانسکت های ۱۰۰ متری در منطقه مورد مطالعه قرار گرفتند. توزیع پلات ها برای هر تیمار به شرح زیر بوده است: بذرپاشی (۴۰ پلات در ۴ ترانسکت)، تراس-نهال کاری (۸۰ پلات در ۸ ترانسکت)، کنتورباندینگ-نهال کاری (۸۰ پلات در ۸ ترانسکت)، نهال کاری (۸۰ پلات در ۸ ترانسکت)، شاهد ۱ (۴۰ پلات در ۴ ترانسکت)، کنتورفارو-نهال کاری (۴۰ پلات در ۴ ترانسکت)، بند اصلاحی (۶۰ پلات در ۶ ترانسکت) و پیچینگ-بذرپاشی (۸۰ پلات در ۸ ترانسکت). در رابطه با تیمار بند اصلاحی، ارزیابی پوشش گیاهی و استقرار ترانسکت ها به صورت هدفمند بر روی دامنه و امتداد رودخانه انجام شد تا بتوان اثرات اقدامات حفاظتی را با دقت بیشتری بررسی کرد. بند اصلاحی که عمدتاً به منظور تثبیت خاک و کاهش میزان فرسایش آبی در مناطق شیب دار طراحی شده اند، با ایجاد ساختارهای فیزیکی و حفاظتی بر روی دامنه ها، موجب کاهش سرعت جریان آب، افزایش نفوذپذیری و ذخیره سازی رطوبت خاک

می‌شوند. این ویژگی‌ها علاوه بر کنترل فرسایش، زمینه را برای استقرار بهتر و پایداری گونه‌های گیاهی فراهم می‌کند و در نتیجه نقش مؤثری در ارتقاء پوشش گیاهی و بهبود شرایط اکولوژیکی مناطق مورد مطالعه ایفا می‌نماید. لازم به ذکر است که اختلاف در تعداد ترانسکت‌ها و پلات‌ها در هر پروژه، ناشی از تفاوت در وسعت پروژه‌ها، شرایط توپوگرافی و ویژگی‌های اکولوژیکی آن‌ها بوده است. این نحوه توزیع دقیق پلات‌ها در طول ترانسکت‌ها امکان تحلیل جامع و دقیق اثرات تیمارهای گوناگون را در سطوح مختلف اکوسیستم فراهم می‌کند.

جدول ۱. پروژه‌های انجام‌شده در منطقه و نحوه توزیع پلات‌ها در طول ترانسکت

شرح پروژه	مساحت (هکتار)	تعداد ترانسکت	تعداد پلات
بذرپاشی	۰/۷۶۱	۴	۴۰
تراس-نهال کاری	۳/۳	۸	۸۰
کنتورباندینگ-نهال کاری	۱۰	۸	۸۰
نهال کاری	۲۳/۶	۸	۸۰
شاهد ۱	۱	۴	۴۰
کنتورفارو-نهال کاری	۱/۵	۴	۴۰
بند اصلاحی	۰/۶۳۴	۶	۶۰
پیتینگ-بذرپاشی	۳۰/۶	۸	۸۰
شاهد ۲	۱	۴	۴۰
جمع	۷۲/۶	۵۴	۵۴۰

برای اندازه‌گیری تولید علوفه، از روش نمونه‌گیری مضاعف استفاده گردید. در این روش، ابتدا در ۲۵ درصد از پلات‌ها روش قطع و توزین به‌صورت مستقیم انجام پذیرفت که شامل برداشت پوشش گیاهی سطح پلات و توزین نمونه‌ها به‌منظور تعیین وزن خشک آن‌ها بود. این روش دقت بالایی در برآورد تولید علوفه فراهم می‌کند. سپس در ۷۵ درصد باقی‌مانده از پلات‌ها، به‌منظور افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها، از داده‌های حاصل از درصد پوشش بصری استفاده شد. با بهره‌گیری از روابط آماری بین داده‌های قطع و توزین‌شده و درصد پوشش بصری، تولید علوفه در این پلات‌ها تخمین زده شد. این رویکرد به‌طور هم‌زمان دقت بالا و صرفه‌جویی در منابع را فراهم می‌آورد و برآوردی مؤثر و قابل اعتماد از تولید علوفه ارائه می‌دهد. جدول (۲) گونه‌های مرتعی و نهال‌های کاشته‌شده در پروژه‌ها در منطقه مورد مطالعه را معرفی می‌کند. این گونه‌ها به‌منظور بهبود پوشش گیاهی و ارتقاء پایداری اکوسیستم در منطقه به‌کار گرفته شده‌اند و اطلاعات آن‌ها برای تحلیل تأثیرات هر روش استفاده می‌شود.

برای ارزیابی وضعیت پروژه‌های اجرایی در منطقه مورد مطالعه، از روش چهار فاکتوره تعدیل‌شده بر اساس دستورالعمل روش ارزیابی و طبقه‌بندی (ارزانی، ۱۳۸۷) استفاده شد. در این روش، چهار عامل اصلی شامل عامل خاک، پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی و بنيه و شادابی گیاهان به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی وضعیت مراتع در نظر گرفته شدند. عامل خاک با تمرکز بر میزان فرسایش سطحی، وجود یا عدم وجود بقایای گیاهی و پایداری فیزیکی خاک ارزیابی شد. عامل پوشش گیاهی شامل اندازه‌گیری درصد تاج‌پوشش زنده در پلات‌های نمونه‌برداری بود. عامل ترکیب گیاهی بر اساس نسبت گونه‌های خوشخواراک، متوسط و کم‌خوراک و همچنین تنوع سنی گونه‌ها بررسی گردید. بنيه و شادابی گیاهان نیز با در نظر گرفتن سلامت عمومی، رنگ، قدرت رشد و تراکم آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت. هر یک از این عوامل به‌صورت میدانی ارزیابی و امتیازدهی شده و مجموع امتیازات آن‌ها مبنای تعیین درجه وضعیت پروژه‌ها قرار گرفت. همچنین، برای تعیین گرایش هر پروژه از روش ترازوی گرایش (مقدم، ۱۳۷۷) استفاده شد.

در این پژوهش، داده‌های جمع‌آوری‌شده از پوشش گیاهی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار

گرفتند تا تفاوت‌های میانگین ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی شامل درصد پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگ‌ریزه، خاک لخت و تولید در بین گروه‌های مختلف بررسی شود. سپس برای مقایسه دقیق‌تر میانگین‌ها بین گروه‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. این روش‌های آماری به شناسایی تفاوت معنی‌داری بین متغیرها و بررسی الگوهای موجود در داده‌ها کمک کردند.

جدول ۲. گونه‌های کاشته شده در پروژه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه

گونه‌های علوفه‌ای و بوته‌ای		گونه‌های درختی و درختچه‌ای	
<i>Artemisia sieberi</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Amygdalus lycioides</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Oleaceae</i>
<i>Fragaria ananassa</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Amygdalus scoparia</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Rhus coriaria</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Pistacia atlantica</i>	<i>Anacardiaceae</i>
<i>Nigella sativa</i>	<i>Ranunculaceae</i>	<i>Celtis caucasica</i>	<i>Cannabaceae</i>
<i>Prangos ferulacea</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Fabaceae</i>
<i>Anethum graveolens</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Cerasus microcarpa</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Brassica nigra</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Oleaceae</i>
<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinaceae</i>
<i>Rheum ribes</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinaceae</i>
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Portulacaceae</i>	<i>Berberis vulgaris</i>	<i>Berberidaceae</i>
<i>Dorema aucheri</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Vetiveria zizanioides</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Rosa × damascena</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Cotoneaster nummularia</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Allium hirtifolium</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	<i>Diospyros lotus</i>	<i>Ebenaceae</i>
<i>Carthamus tinctorius</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Cotoneaster nummularioides</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Althaea officinalis</i>	<i>Malvaceae</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>
<i>Solanum nigrum</i>	<i>Solanaceae</i>	<i>Amygdalus orientalis</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Angostura fruticosa</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Quercus brantii</i>	<i>Fagaceae</i>
<i>Chenopodium album</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	<i>Elaeagnaceae</i>
<i>Smyrnum cordifolium</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Atriplex canescens</i>	<i>Amaranthaceae</i>
<i>Plantago psyllium</i>	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Thuja orientalis</i>	<i>Cupressaceae</i>
<i>Cucumis sativus</i>	<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Rosa canina</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Hyssopus officinalis</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>
<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Cerasus avium</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Mentha longifolia</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Simaroubaceae</i>
<i>Cichorium intybus</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Malus domestica</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Satureja khuzistanica</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Fabaceae</i>
<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Crataegus aronia</i>	<i>Rosaceae</i>
<i>Ziziphora capitata</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Hippophae rhamnoides</i>	<i>Elaeagnaceae</i>
<i>Fumaria officinalis</i>	<i>Papaveraceae</i>	<i>Morus nigra</i>	<i>Moraceae</i>
<i>Echium orientale</i>	<i>Boraginaceae</i>	<i>Juglans regia</i>	<i>Juglandaceae</i>
		<i>Ficus carica</i>	<i>Moraceae</i>
		<i>Vitis vinifera</i>	<i>Vitaceae</i>
		<i>Pyracantha crenulata</i>	<i>Rosaceae</i>
		<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Cupressaceae</i>

۳. نتایج

جدول (۳) نتایج مربوط به چهار ویژگی اصلی شامل تاج پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و خاک لخت را در گروه‌های مختلف مدیریتی نشان می‌دهد. این جدول شامل میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرها برای پروژه‌های مختلف است. به‌ویژه، در شاخص تاج پوشش بالاترین میانگین مربوط به نهال کاری است، در حالی که منطقه شاهد ۱ کمترین میانگین را دارد. در خصوص لاشبرگ، بیشترین مقدار به پروژه بذرپاشی اختصاص دارد و کمترین مقدار مربوط به بند اصلاحی است. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنادار روش‌های مدیریتی بر ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی هستند و می‌توانند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و توسعه استراتژی‌های حفاظتی در اکوسیستم‌های مرتعی مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۳. مقایسه میانگین شاخص‌های پوشش سطح زمین در اقدامات مختلف

شرح پروژه	تاج پوشش %	لاشبرگ %	سنگ و سنگریزه %	خاک لخت %
بذرپاشی	۵۷/۵±۴/۵۱ ^(b)	۳۱/۷±۳/۱۹ ^(a)	۶/۶۲±۱/۷۱ ^(fg)	۴/۱۷±۱/۵۸ ^(h)
تراس-نهال کاری	۵۴/۳۶±۷/۶۵ ^(c)	۳۰/۵±۷/۰۹ ^(a)	۶/۱۶±۲/۰۲ ^(g)	۸/۹۶±۲/۵۵ ^(g)
کنترل‌باندینگ-نهال کاری	۵۰/۴۷±۵/۵۲ ^(d)	۲۲/۰±۴/۱۸ ^(c)	۱۶/۲۶±۳/۸۰ ^(e)	۱۱/۲۳±۱/۹۵ ^(f)
نهال کاری	۵۹/۹۷±۴/۹۱ ^(a)	۲۷/۱۵±۴/۳۱ ^(b)	۴/۹۳±۱/۳۷ ^(h)	۷/۹۳±۱/۹۸ ^(g)
شاهد ۱	۲۸/۵۲±۶/۷۷ ^(h)	۲۳/۲۷±۴/۷۲ ^(c)	۱۹±۵/۴ ^(d)	۲۹/۲±۲/۸۴ ^(a)
کنترل‌فارو-نهال کاری	۴۵/۰۷±۳/۱۹ ^(e)	۳۱/۷۵±۱/۰۸ ^(a)	۷/۵۷±۱/۹۲ ^(f)	۱۵/۶±۲/۷۸ ^(e)
بند اصلاحی	۳۶/۵۱±۵/۰۴ ^(f)	۱۳/۵۱±۲/۳۲ ^(c)	۲۴/۱۱±۲/۳۵ ^(c)	۲۵/۸۵±۴/۰۷ ^(b)
پیتینگ-بذرپاشی	۳۲/۸۳±۳/۱۴ ^(g)	۱۶/۴۶±۱/۳۷ ^(d)	۳۲/۹۶±۲/۰۴ ^(b)	۱۷/۷۳±۲/۰۱ ^(d)
شاهد ۲	۲۳/۲±۹/۷ ⁽ⁱ⁾	۱۶/۴۵±۴/۳۶ ^(d)	۳۷/۲۵±۵/۰۹ ^(a)	۲۳/۱±۶/۴۳ ^(c)
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها می‌باشد.

جدول ۴، مقایسه میانگین تولید علوفه در تیمارهای مختلف حفاظتی و اصلاحی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، تیمارهای نهال کاری، تراس-نهال کاری و بذرپاشی در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و بیشترین میزان تولید را به ترتیب با میانگین‌های ۴۲۳، ۳۸۸ و ۳۶۷ کیلوگرم در هکتار نشان دادند. در مقابل، تیمارهای شاهد ۱، بند اصلاحی، پیتینگ-بذرپاشی و شاهد ۲ در گروه آماری (d) قرار دارند که کمترین میانگین تولید را دارند و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای مؤثرتر دارند. سطح معنی‌داری آزمون کمتر از ۰/۰۰۱ بوده و بیانگر وجود اختلاف آماری قوی بین تیمارها است.

جدول ۵ وضعیت و گرایش پروژه‌های مختلف اصلاحی را بر اساس عوامل خاک، پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی و بنيه و شادابی گیاهان ارلئه نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که پروژه‌های بیولوژیک نظیر بذرپاشی و نهال کاری و همچنین پروژه بیومکانیک تراس-نهال کاری با وضعیت خوب و گرایش مثبت، بیشترین تأثیر را در احیای اکوسیستم داشته‌اند. این امر حاکی از آن است که مداخلات مستقیم مانند کاشت نهال و بذرپاشی می‌توانند موجب بهبود پوشش گیاهی و تقویت خاک شوند. در مقابل، پروژه‌های کنترل‌باندینگ-نهال کاری و کنترل‌فارو-نهال کاری اگرچه در رده متوسط قرار می‌گیرند، اما همچنان روندی مثبت را نشان می‌دهند که بیانگر تأثیر تدریجی این روش‌ها در بازسازی اکوسیستم است. با این حال، پروژه‌های شاهد، بند اصلاحی و پیتینگ-بذرپاشی نه تنها در وضعیت ضعیف ارزیابی شده‌اند، بلکه گرایش منفی آن‌ها حاکی از روند نامناسب این اقدامات در بهبود شرایط اکولوژیکی منطقه است.

جدول ۴. مقایسه میانگین تولید گونه‌های گیاهی

شرح پروژه	تولید Kg/ha
بذرپاشی	$367 \pm 20.2/24^{(a)}$
تراس-نهال کاری	$388 \pm 20.9/15^{(a)}$
کنتورباندینگ-نهال کاری	$294 \pm 141/62^{(b)}$
نهال کاری	$423 \pm 219/19^{(a)}$
شاهد ۱	$130 \pm 64/39^{(d)}$
کنتورفارو-نهال کاری	$231 \pm 156/51^{(c)}$
بند اصلاحی	$130 \pm 81/01^{(d)}$
پیتینگ-بذرپاشی	$106 \pm 61/61^{(d)}$
شاهد ۲	$85 \pm 48/51^{(d)}$
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰

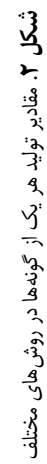
حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها می‌باشد.

جدول ۵. وضعیت و گرایش پروژه‌ها

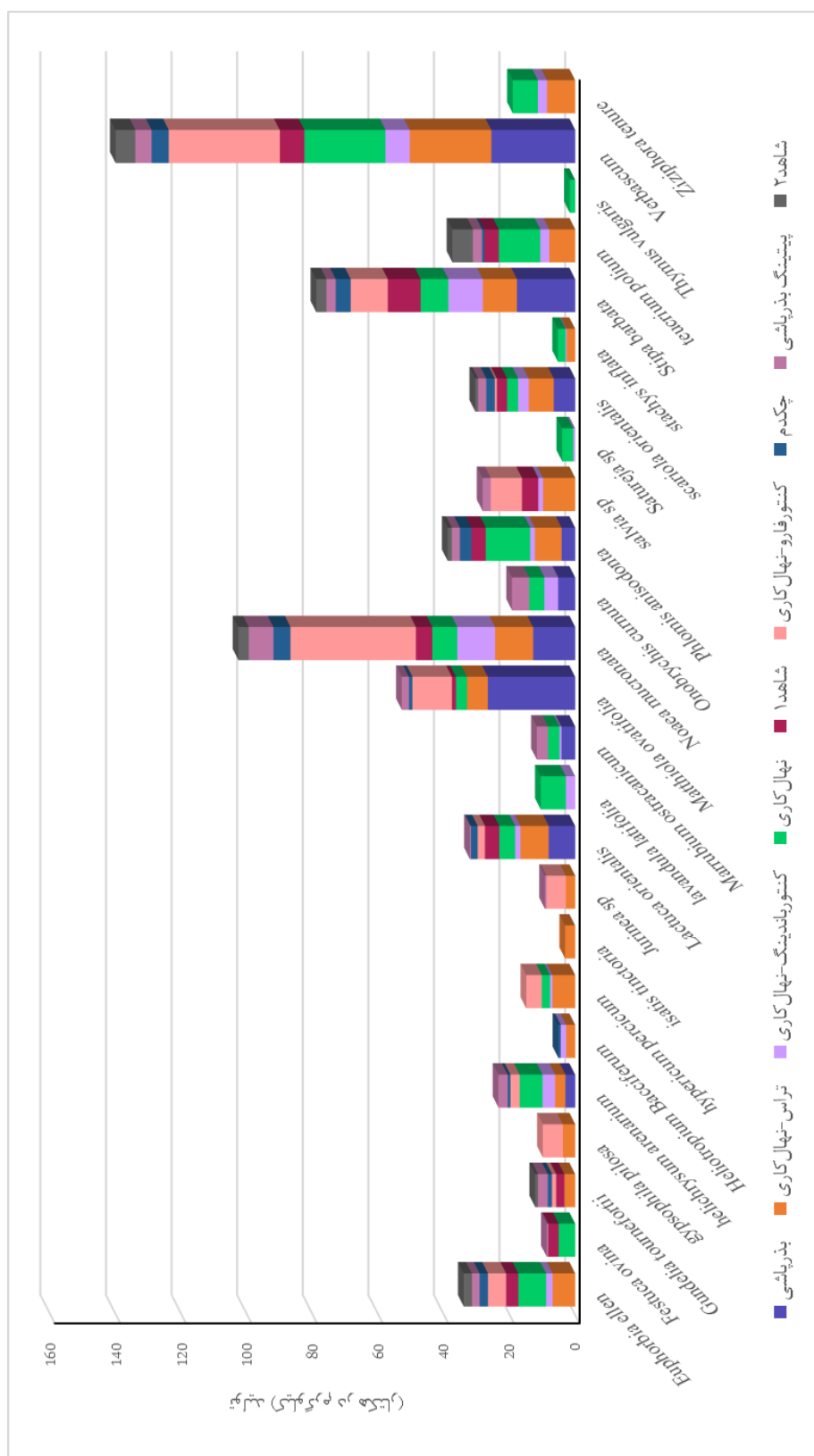
شرح پروژه	خاک	پوشش گیاهی	ترکیب گیاهی	بنیه و شادابی گیاهان	جمع امتیازات	درجه وضعیت	گرایش
بذرپاشی	۲۰	۱۰	۵	۷	۴۲	خوب	مثبت
تراس-نهال کاری	۱۸	۱۰	۵	۷	۴۰	خوب	مثبت
کنتورباندینگ-نهال کاری	۱۶	۱۰	۵	۶	۳۷	متوسط	مثبت
نهال کاری	۱۸	۱۰	۵	۷	۴۰	خوب	مثبت
شاهد ۱	۱۳	۵	۳	۴	۲۵	ضعیف	منفی
کنتورفارو-نهال کاری	۱۵	۸	۴	۵	۳۲	متوسط	مثبت
بند اصلاحی	۱۵	۷	۳	۵	۳۰	ضعیف	منفی
پیتینگ-بذرپاشی	۱۳	۶	۳	۵	۲۷	ضعیف	منفی
شاهد ۲	۱۲	۴	۲	۳	۲۱	ضعیف	منفی

جدول ۲ نشان‌دهنده الگوهای متفاوتی در توزیع و عملکرد گونه‌های گیاهی در پروژه‌های مختلف احیا مراعات است. برخی گونه‌های جنس *Astragalus* به ویژه *A. verus* و *A. gossypinus* در اکثر پروژه‌ها حضور پررنگی داشته‌اند. *A. verus* در روش کنتورباندینگ-نهال کاری بالاترین تولید را ثبت کرد که احتمالاً ناشی از سازگاری بالای این گونه با شرایط بهبودیافته توسط روش‌های بیومکانیکی است. از طرفی، *A. gossypinus* در روش نهال کاری و بذرپاشی عملکرد ممتازی نشان داده که بیانگر انعطاف‌پذیری اکولوژیک این گونه است. گونه‌های خانواده *Chenopodiaceae* مانند *Noaea mucronata* نیز در روش کنتورفارو-نهال کاری موفق ظاهر شده‌اند که ممکن است به دلیل مقاومت ذاتی این خانواده به شرایط خشک باشد.

الگوی توزیع گونه‌ها نشان می‌دهد که برخی گونه‌ها مانند *Verbascum* و *Centaurea virgata* تقریباً در تمام پروژه‌ها حضور داشته‌اند، اما با تولید متفاوت. این پدیده احتمالاً به تفاوت در ظرفیت رقابتی آن‌ها در سیستم‌های مختلف مربوط می‌شود. جالب توجه آنکه گونه‌هایی مانند *Astragalus myriacanthus* و *Thymus vulgaris* فقط در یک یا دو پروژه ظاهر شده‌اند که می‌تواند نشان‌دهنده نیازهای خاص اکولوژیک یا محدودیت‌های پراکنش آن‌ها باشد. از سوی دیگر، گونه‌های با تولید پایین مانند *Achillea sp* و *Caucalis platycarpus* عمدتاً در مناطق شاهد حضور دارند این مشاهدات بر اهمیت انتخاب گونه‌های سازگار با توجه به شرایط خاص هر پروژه تأکید می‌کند.



شکل ۲. مقادیر تولید هر یک از گونه‌ها در روش‌های مختلف



ادامه شکل ۲.

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در مجموع، اقدامات مدیریتی و حفاظتی اجراشده تأثیر قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های اکولوژیکی از جمله پوشش گیاهی و تولید ماده خشک در مراتع مورد مطالعه داشته‌اند. با این حال، میزان اثربخشی این اقدامات در پروژه‌های مختلف یکسان نبوده و برخی روش‌ها نظیر نهال کاری، تراس‌بندی و بذریاشی موفقیت بیشتری در بهبود شاخص‌های مورد بررسی نشان داده‌اند، در حالی که روش‌هایی مانند بند اصلاحی و پی‌تینگ-بذریاشی با عملکرد ضعیف‌تر و گرایش منفی ارزیابی شدند. تحلیل‌های آماری نیز این تفاوت را تأیید می‌کند، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین روش‌های حفاظتی مختلف از نظر درصد پوشش گیاهی، میزان لاشبرگ، مقدار سنگ و سنگ‌ریزه، سطح خاک لخت و تولید گیاهی مشاهده شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، روش‌های نهال کاری و بذریاشی به عنوان مؤثرترین اقدامات حفاظتی در احیای مراتع وردیج شناخته شدند. این روش‌ها نه تنها موجب افزایش درصد پوشش گیاهی و تولید زی‌توده شده‌اند، بلکه از طریق کاهش خاک لخت و افزایش لاشبرگ، به بهبود کیفیت خاک و کاهش فرسایش کمک شایانی می‌کنند. در تحقیق حاضر نهال کاری بیشترین تأثیر را در افزایش پوشش گیاهی نشان داد، به‌طوری‌که تحقیقات نشان می‌دهد کاشت گونه‌های مقاوم به خشکی با سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته، از طریق افزایش نفوذ آب، تثبیت ذرات خاک و کاهش تبخیر سطحی، شرایط اکولوژیکی مطلوب‌تری برای رشد گیاهان فراهم کرده است (استیل^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). این یافته‌ها با نتایج محسنی و همکاران (۱۴۰۳) که بهبود خصوصیات کمی و کیفی پوشش گیاهی را در گرو اجرای عملیات اصلاحی متناسب با گونه‌های گیاهی و شرایط منطقه می‌دانند، همسو است. از سوی دیگر، شواهد حاصل از مطالعات پیشین در منطقه (نظیر نورافکن و همکاران، ۱۴۰۰) نشان می‌دهد که روش‌های تلفیقی مانند تراس‌بندی همراه نهال کاری می‌توانند در کاهش رواناب، کنترل فرسایش آبی و افزایش رطوبت خاک مؤثر باشند. هرچند در این مطالعه تمرکز بر تحلیل پوشش گیاهی بوده است، اما نتایج پژوهش‌های قبلی و تجربیات میدانی مؤید نقش کلیدی این روش‌ها در بهبود وضعیت منابع آب و خاک منطقه می‌باشد. این نتایج با تحقیقات پرویزی و عرب خدری (۱۴۰۰) که بر تأثیر مثبت روش‌های بیومکانیکی مانند تراس‌بندی در حفاظت از خاک و افزایش پوشش گیاهی در شیب‌های تند تأکید دارند، همخوانی دارد. همچنین، مطالعاتی در چین نشان داده‌اند که تلفیق اقدامات بیولوژیک و مکانیکی منجر به پایداری پوشش گیاهی می‌شود (الدريج^۲ و دینگ^۳، ۲۰۲۳). علاوه بر این، افزایش لاشبرگ ناشی از این روش‌ها، به افزایش ماده آلی خاک، بهبود بافت خاک و تقویت فعالیت‌های میکروبی منجر می‌شود که در نهایت پایداری اکوسیستم مرتعی را تضمین می‌کند (مو^۴ و همکاران، ۲۰۲۴). در مقابل، مراتع فاقد اقدامات حفاظتی (شاهد) با درصد پوشش گیاهی بسیار پایین، نشان‌دهنده تخریب شدید و لزوم اجرای سریع برنامه‌های حفاظتی هستند.

مقایسه روش‌های مختلف حفاظتی اجرا شده در منطقه نشان داد که اقدامات کم‌اثرتر نظیر تلفیق پی‌تینگ-بذریاشی و بند اصلاحی، میزان بیشتری از خاک لخت و سنگ‌ریزه را نسبت به سایر روش‌ها به ثبت رساندند. این امر نشان‌دهنده محدودیت اثربخشی این روش‌ها در منطقه مورد مطالعه است. گرچه پی‌تینگ در برخی مناطق نیمه‌خشک نتایج امیدوارکننده‌ای در زمینه حفظ رطوبت خاک و افزایش استقرار گیاهان داشته است، اما در مطالعه حاضر، این روش نتوانست تأثیر پایدار و معناداری بر بهبود پوشش گیاهی ایجاد کند. این نتیجه عمدتاً ناشی از وابستگی شدید کارایی پی‌تینگ به ویژگی‌های اقلیمی، خصوصیات توپوگرافی و خاکی منطقه است. ویژگی‌های خاک، به‌ویژه بافت آن، نقش تعیین‌کننده‌ای در اثربخشی روش‌های مدیریتی دارد. در این مطالعه، پروژه‌هایی که در خاک‌هایی با بافت لوم شنی (بذریاشی، تراس-نهال کاری و نهال کاری) اجرا شده‌اند، از نظر شاخص‌های پوشش گیاهی و تولید، عملکرد بهتری داشته‌اند. در مقابل، پروژه‌هایی مانند پی‌تینگ-بذریاشی و بنداصلاحی که در خاک‌های رسی-شنی اجرا شده‌اند، با وجود برخی اثرات اولیه، در بلندمدت موفقیت کمتری نشان داده‌اند. بنابراین، نوع و بافت خاک به عنوان یک عامل مؤثر در موفقیت پروژه‌های اصلاحی، باید در انتخاب روش

¹ Steele

² Eldridge

³ Ding

⁴ Mu

مدیریتی متناسب با شرایط اکولوژیکی هر منطقه در نظر گرفته شود. به طوری که مطالعات نیز نشان داده‌اند اثرات مثبت پیتینگ در مناطقی با خاک‌های سنگین و بارندگی محدود غالباً کوتاه‌مدت بوده و در صورت عدم تکرار عملیات، این اثرات به سرعت کاهش می‌یابد (الدريج و دینگ، ۲۰۲۳). علاوه بر این، در مناطق با خاک‌های سبک‌تر و بارندگی نامنظم، پیتینگ حتی می‌تواند به افزایش فرسایش نقطه‌ای منجر شود؛ موضوعی که با یافته‌های جعفریان و میرجلیلی (۱۳۹۶) مبنی بر اثربخشی محدود پیتینگ در بهبود پوشش گیاهی مطابقت دارد. یافته‌های حاصل از اجرای بند اصلاحی در این منطقه با نتایج تحقیقات پیشین مطابقت دارد؛ به گونه‌ای که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، روش‌های مبتنی بر بذریاشی و نهال کاری معمولاً نسبت به روش‌های صرفاً مکانیکی موفقیت بیشتری دارند (معمدی و شیدای کرکج، ۱۳۹۷). بندهای اصلاحی نیز به عنوان یک اقدام مکانیکی، اثربخشی پایین‌تری نسبت به روش‌های بیومکانیکی و بیولوژیکی از خود نشان داد. علت اصلی این امر، ظرفیت محدود بند اصلاحی در حفظ آب طی دوره‌های طولانی خشکسالی است؛ به ویژه در مناطقی با بارندگی سالیانه کمتر که بند اصلاحی قادر به تأمین نیاز آبی گیاهان تازه استقرار یافته نیستند (کوچی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، در صورت عدم همراهی بند اصلاحی با کاشت گونه‌های مناسب و اتخاذ اقدامات حمایتی مکمل، این سازه‌ها به سرعت تخریب شده و نقش آن‌ها در کنترل فرسایش و بهبود پوشش گیاهی به شدت کاهش می‌یابد. شواهد نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی اخیر و افزایش خشکی و کاهش تناوب بارش‌های مؤثر، اثربخشی روش‌هایی که وابسته به رطوبت پایدار هستند، نظیر پیتینگ و بند اصلاحی را کاهش داده است (ریتالاک^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). این تغییرات، ضرورت بازنگری در برنامه‌های سنتی اصلاح، احیا و حفاظت مراتع و طراحی راهبردهای تطبیقی جدید از جمله بهره‌گیری از گونه‌های مقاوم‌تر و استفاده از روش‌های آبیاری هدفمند حمایتی (قطره ای) را برجسته می‌سازد. یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که عملیات‌هایی مانند نهال کاری، ترانس-نهال کاری و کنتورفارو-نهال کاری که از روش‌های آبیاری هدفمند حمایتی به صورت مقطعی صرفاً در پای هر نهال و درختچه بهره می‌برند و ظرفیت بالاتری در ذخیره‌سازی رطوبت، بهبود پوشش گیاهی مراتع و حفاظت خاک دارند، در شرایط کنونی منطقه از موفقیت و اثربخشی بالاتری برخوردار هستند و می‌توانند به عنوان گزینه‌های اولویت‌دار در احیای مناطق آسیب‌دیده مورد توجه قرار گیرند.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که تولید گیاهی نیز در میان روش‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین تولید گیاهی مربوط به نهال کاری و بذریاشی بود، در حالی که مناطق شاهد کمترین میزان تولید را داشتند. این نتایج تأیید می‌کند که اقدامات حفاظتی می‌توانند عملکرد مراتع را به طور قابل توجهی افزایش دهند. در مقایسه با سایر تحقیقات، این یافته‌ها با مطالعاتی که تأثیر مثبت اقدامات اصلاحی در بهبود تولید گیاهی در مناطق نیمه‌خشک را گزارش کرده‌اند، همخوانی دارد (دهداری و همکاران، ۱۳۹۷؛ قیطوری و همکاران، ۱۳۹۸؛ جنیدی جعفری و همکاران، ۲۰۱۳؛ جعفری و همکاران، ۲۰۱۲). در بررسی تأثیر روش‌های مدیریتی مختلف بر تولید گونه‌های گیاهی در مراتع، نتایج، نشان‌دهنده تنوع قابل توجهی در عملکرد گونه‌ها تحت شرایط مختلف است. روش‌های بذریاشی و نهال کاری به عنوان دو رویکرد کلیدی شناخته می‌شوند که تأثیرات متفاوتی بر تولید گیاهان دارند. همچنین، روش‌های کنتورباندینگ+نهال کاری و کنتورفارو+نهال کاری به طور کلی برای برخی گونه‌ها نتایج قابل توجهی به همراه داشت این گیاهان با سیستم ریشه‌ای عمیق و مقاومت ذاتی به خشکی، به صورت بهینه از رطوبت ذخیره‌شده در پشت بندها استفاده می‌کنند. ساختار این روش با ایجاد میکروحوشچه‌های طبیعی، همزمان هم آب را ذخیره می‌کند و هم با تجمع رسوبات، بستر غنی‌تری برای رشد فراهم می‌نماید. این ویژگی‌ها همراه با سازگاری اکولوژیک ذاتی گونه‌ها، موفقیت این روش را توجیه می‌کند. در مقایسه، شرایط شاهد تولید کمتری را نشان می‌دهد که به اهمیت اقدامات مدیریتی در افزایش تولید گیاهان تأکید می‌کند. انتخاب روش‌های مدیریتی و حفاظتی مناسب نه تنها تأثیر قابل توجهی بر رشد و تولید گیاهان دارد بلکه می‌تواند به حفظ تنوع زیستی نیز کمک کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که برخی گونه‌ها در شرایط شاهد عملکرد ضعیفی دارند و این موضوع نیاز به مدیریت خاص برای این گونه‌ها را مشخص می‌کند؛ بنابراین، طراحی برنامه‌های مدیریتی خاص که شامل انتخاب روش‌های مناسب برای هر گونه بر اساس ویژگی‌های اکولوژیکی و نیازهای محیطی آن‌ها باشد،

¹ Koci² Retallack

ضروری است. به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های ترکیبی که شامل بذرپاشی و نهال‌کاری باشد، ممکن است به افزایش تنوع و تولید در مراتع کمک کند. همچنین، بررسی تأثیرات محیطی مانند نوع خاک، رطوبت و دما بر رشد گیاهان می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای بهینه‌سازی مدیریت مراتع فراهم کند.

بررسی تطبیقی بین گونه‌های کاشته‌شده در ابتدای اجرای پروژه‌ها با گونه‌های مشاهده‌شده در وضعیت کنونی منطقه نشان می‌دهد که تطابق کامل بین این دو مجموعه وجود ندارد. اگرچه برخی از گونه‌ها همچنان در منطقه حضور دارند و حتی بخشی از ترکیب گیاهی فعلی را تشکیل می‌دهند، اما بعضی از گونه‌ها یا به‌طور کامل مشاهده نشدند یا حضور آن‌ها بسیار محدود و پراکنده بوده است. این اختلاف می‌تواند به عوامل متعددی نسبت داده شود؛ از جمله سازگار نبودن برخی گونه‌ها با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه، عدم تداوم آبیاری و مراقبت، رقابت شدید بین گونه‌ها و یا فقدان بذرگیری طبیعی موفق در گونه‌های حساس‌تر. همچنین، گونه‌هایی که با شرایط طبیعی منطقه سازگاری بالاتری داشتند یا ویژگی‌های اکولوژیک مطلوب‌تری مانند قدرت رقابت، تحمل خشکی و استقرار سریع داشتند، در ترکیب فعلی پوشش گیاهی غالب شده‌اند. به‌طور کلی، این تفاوت بین گونه‌های کاشته‌شده اولیه و گونه‌های فعلی بیانگر اهمیت انتخاب دقیق‌تر گونه‌ها بر پایه ارزیابی‌های اکولوژیک و نیز لزوم پایش بلندمدت پس از اجرای پروژه‌های اصلاحی است. بخشی از گونه‌هایی که در ارزیابی میدانی ثبت شدند، بومی منطقه بوده و به‌احتمال زیاد در نتیجه عملیات حفاظتی و بهبود شرایط اکولوژیکی، مجدداً در منطقه استقرار یافته‌اند و الزاماً حاصل کاشت مستقیم نیستند؛ بنابراین، ترکیب گونه‌ای فعلی را می‌توان حاصل اثر ترکیبی از کاشت اولیه و بازگشت طبیعی گونه‌های بومی دانست.

شایان ذکر است که پروژه حاضر با رویکردی جامع و چندبعدی، فراتر از صرفاً احیا پوشش گیاهی به اهدافی همچون کنترل فرسایش و روان‌آب‌ها، ترسیب کربن، حفظ منابع آب و خاک و توسعه پایدار اکوسیستم توجه داشته است. در این راستا، تنوع گونه‌های مورد استفاده (اعم از گونه‌های درختچه‌ای، بوته‌ای، مرتعی، دارویی و زینتی) با توجه به ماهیت و اهداف کلان پروژه نقش قابل توجهی در افزایش پایداری و تقویت کارکردهای اکوسیستمی ایفا نموده است. همان‌طور که در ساختار و نقشه منطقه مطالعه نشان داده شده است، احداث چندین مخزن ذخیره آب و اجرای ترکیبی از پروژه‌هایی نظیر تراس+نهال‌کاری، کنتریلندینگ + نهال‌کاری، نهال‌کاری و کنترلفارو + نهال‌کاری صورت گرفته که در صورت بارندگی کافی و تامین منابع آب، از آبیاری حمایتی و مکمل قطره‌ای بهره می‌برند. این اقدامات، به ویژه در مقایسه با روش‌های صرفاً مکانیکی موفقیت بالاتری در بهبود و پایداری پوشش گیاهی مرتعی و تقویت اکوسیستم منطقه داشته‌اند. نکته قابل توجه در یافته‌های این تحقیق، عملکرد مطلوب منطقه بذرپاشی است؛ با وجود عدم استفاده از آبیاری، بذرپاشی از موفق‌ترین پروژه‌های منطقه ارزیابی شد. این امر نشان می‌دهد که موفقیت پروژه‌های احیایی و اصلاحی، علاوه بر مدیریت صحیح منابع آب، به انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب و سازگار با شرایط بوم‌شناختی منطقه بستگی دارد. نتایج این مطالعه، ضمن تأیید اثربخشی بالای روش‌های تلفیقی و جامع در مدیریت مراتع و حوزه‌های آبخیز، نشان می‌دهد که بهره‌گیری همزمان از دانش بومی و تکنیک‌های علمی روز، به شکل مؤثری اهداف کلان محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی پروژه را محقق ساخته است. الگوی ارائه شده در این پژوهش، نمونه‌ای موفق از مدیریت یکپارچه منابع طبیعی است که قابلیت بومی‌سازی و تعمیم به سایر مناطق مشابه را داراست و می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های آینده در حوزه احیا اکوسیستم‌های طبیعی و توسعه پایدار قلمداد گردد.

نتایج حاصل از این پژوهش به‌روشنی نشان می‌دهد که اجرای ترکیبی اقدامات حفاظتی و اصلاحی، به‌ویژه بهره‌گیری همزمان از روش‌های نهال‌کاری و بذرپاشی، نقشی محوری در ارتقای پوشش گیاهی و افزایش تولید مراتع ایفا می‌کند. به‌ویژه، تلفیق این رویکردها با جمع‌آوری آب‌های سطحی و بهره‌گیری از آبیاری هدفمند حمایتی (قطره‌ای) حتی به میزان اندک برای هر نهال (در شرایط وجود منابع آب و بارندگی) و همچنین توجه به ویژگی‌های خاص اقلیمی و بوم‌شناختی منطقه، موجب افزایش چشمگیر کارایی و پایداری اقدامات احیایی در اکوسیستم‌های مرتعی می‌شود و این یافته‌ها با مطالعات مشابه در مناطق نیمه‌خشک همخوانی دارد که تأثیر اقدامات حفاظتی و تلفیقی را بر بهبود مراتع گزارش کرده‌اند (قاسمی آریان و همکاران، ۱۴۰۳). تحقیقات آتی باید شامل بررسی اثرات بلندمدت روش‌های

مدیریتی بر پایداری اکوسیستم‌های مرتعی و تحلیل تأثیر تغییرات اقلیمی بر کارایی این روش‌ها باشد. در همین راستا مطالعه کای^۱ و همکاران (۲۰۲۰) بیانگر این نکته است که اگرچه برنامه‌های بزرگ اکولوژیکی سهم مهمی در بهبود وضعیت پوشش گیاهی ایفا می‌کند اما ممکن است به تنهایی برای مقابله با تأثیرات گسترده‌تر تغییرات اقلیمی کافی نباشند. این موضوع ضرورت بازنگری و ارزیابی دقیق‌تر برنامه‌های اکولوژیکی را نشان می‌دهد و بر اهمیت بررسی هزینه اثربخشی آن‌ها و امکان ترکیب این برنامه‌ها با استراتژی‌های جامع‌تر سازگار با تغییرات اقلیمی تأکید می‌کند. در نهایت، یک رویکرد جامع‌تر که احیای اکولوژیکی را با تاب‌آوری اقلیمی ترکیب کند، می‌تواند نتایج پایداری برای مناطق خشک و نیمه‌خشک به ارمغان آورد.

سپاس‌گزاری

با کمال احترام و قدردانی، از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) که با اجرای این پروژه و حمایت‌های مستمر خود در انجام این تحقیق به من یاری رسانده‌اند، صمیمانه تشکر می‌کنم. همکاری و راهنمایی‌های ارزشمند این مرکز علمی، نقش بسزایی در پیشبرد اهداف پروژه داشته است. امیدوارم این همکاری در آینده نیز ادامه یابد و به نتایج بیشتری منجر شود.

References

- Arzani, H. (2008). Evaluation of rangelands in different climatic regions. *Research Institute of Forests and Rangelands*, Tehran, 380 p.
- Cai, D., Ge, Q., Wang, X., Liu, B., Goudie, A. S., & Hu, S. (2020). Contributions of ecological programs to vegetation restoration in arid and semiarid China. *Environmental Research Letters*, 15(11), 114046.
- Dehdari, S., Armand, N., Faraji, M., Arman, N., & Mosaviyan, J. (2018). The effects of rangeland restoration practices on some soil and vegetation characteristics: Case study of Chahmary-Behbahan rangelands. *Journal of Rangeland*, 12(3), 305-315. (In Persian)
- Eldridge, D. J., & Ding, J. (2023). Pitting fails to sustain increases in ecosystem structure in arid rangelands. *Restoration Ecology*, 31(6), e13929.
- Eldridge, D. J., Bowker, M. A., Maestre, F. T., Roger, E., Reynolds, J. F., & Whitford, W. G. (2016). Ecological roles of biological soil crusts in drylands. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 1-13.
- Eldridge, D., & Ding, J. (2023). The Spatiotemporal Dynamics of Vegetation Cover and Its Response to the Grain for Green Project in the Loess Plateau of China. *Forests*, 15(11), 1949.
- Elyasi, S. (2023). Investigating the effects of restoration and improvement projects in Hamadan province rangelands. *Journal of Natural Resource Management*, 10(4), 201-215. (In Persian)
- Ghasemi Aryan, Y., Azarnivand, H., Motamedi, J., & Moghiminejad, F. (2024). Appropriate site location, range improvment and management operations in Sabzevar Chah Talkh watershed. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 31(1), 15-27. (In Persian)
- Gheytouri, M., Heshmati, M., & Parvizi, Y. (2019). Effects of Range Improvement Practices on Vegetation (Case study: Naftkhane Qasreshirin Plain of Kermanshah Province, Iran). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(3), 772-785. (In Persian)
- Gholipour soloshi, M., Dianati Tilaki, G. A., & Abedi, M. (2022). Comparison of Vegetation Characteristics under Three Management Treatments (Heavy Grazing, Excluseure and Excluseure with Restoration Practices) in Kiasar Chardange Rangeland of Sari. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 11 (3), 61-76. (In Persian)
- Habibzadeh, A., & Noroozi, A. (2022). The effect of rainfall harvesting systems on increasing rangeland vegetation. *Watershed Engineering and Management*, 14(1), 102-113. (In Persian)
- Haddad, M., Strohmeier, S. M., Nouwakpo, K., Rimawi, O., Weltz, M., & Sterk, G. (2022). Rangeland restoration in Jordan: Restoring vegetation cover by water harvesting measures. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(4), 610-622. (In Persian)

¹ cai

- Herrick, J. E., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Burkett, L. M., & Whitford, W. G. (2010). Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems: Volume I. Quick start. USDA-ARS Jornada Experimental Range.
- Iran Meteorological Organization [IMO] (2023). Climatic data (2000–2023) for Varjin region, collected from 8 adjacent stations: Karaj (Agriculture), Karaj, Chitgar, Tehran (Mehrabad), Tehran (Geophysics), Tehran (Shemiran), SiahBisheh, and Payam Airport. <https://data.irimo.ir/>
- Jafari, A., Khosravanian, H. & Fakhri, F. (2012). Evaluation of flood spreading and closed treatment effect on vegetation changes in Tanghestan station of Bushehr province. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 4(2), 103-110. (In Persian)
- Jafarian, Z., & Mirjalili, A. (2017). The effect of contour furrow and pitting on increase of vegetation cover in rangelands (Case Study: Bolbol Region in Yazd Province). *Iranian journal of Ecohydrology*, 4(2), 369-377. (In Persian)
- Joneidi Jafari, H., Azarnivand, H., & Zare Chahouki, M. A., Jafari, M., & Kargari, A. (2013). Effects of contour furrow on carbon sequestration and nitrogen fixation in *Artemisia sieberi* rangelands of Semnans province. *Journal of Range and Desert Research*, 22(2), 658- 672. (In Persian)
- Koci, J., Wilkinson, S., Hawdon, A., Kinsey-Henderson, A., Bartley, R., & Goodwin, N. (2021). Effects of low-cost rehabilitation measures on gully sediment yields and vegetation in a savanna rangeland. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU21-3742).
- Moghadam, M. (1998). Rangeland and rangeland management (2nd ed.). *University of Tehran*, 470 p.
- Mohseni, S., Tavili, A., Jafari, M., & Vahabzadeh, R. (2024). Evaluation of the Effect of Planting Projects on Soil and Vegetation Characteristics in the Salt Lands along Lake Urmia. *Journal of Rangeland*, 18(2), 169-183. (In Persian)
- Mondaca, P., Lebuy, R., Rojas, S., Aguas, J., Celis-Diez, J. L., & Díaz-Siefer, P. (2024). Contour furrowing reduces erosion and enhances soil moisture on semiarid hillslopes. *Geoderma Regional* 38, e00826.
- Motamedi, J., & Sheidai, E. (2018). Importance of evaluating criteria and indicators to use for allocating management and biological practices for rangeland improvement (Case study: Hendowan mountainous rangelands, Khoy, West Azarbaijan). *Journal of Rangeland*, 12(3), 354-369. (In Persian)
- Mu, X., Yang, Y., Xu, H., Guo, Y., Lai, Y., McVicar, T., Xie, D., & Yan, G. (2024). Improvement of NDVI mixture model for fractional vegetation cover estimation with consideration of shaded vegetation and soil components. *Remote Sensing of Environment*, 314, 114409.
- Noorafkan, A., Akhtari, R., & Delavar, M. (2021). Evaluation of the effects of watershed management measures on water balance components and sediment (Case study: Vardij-Varish watershed). *Iranian Water Resources Research*, 17(1), 277–289.
- Ott, J., Kilkenny, F. F., Summers, D., & Thompson, T. W. (2019). Long-Term Vegetation Recovery and Invasive Annual Suppression in Native and Introduced Postfire Seeding Treatments. *Rangeland Ecology & Management*, 72(4), 640-653.
- Parvizi, Y., & ArabKhedri, M. (2021). Methods of controlling erosion and protecting soil in low-yield, sloping drylands, *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*. Tehran, Iran, 39 pages. (In Persian)
- Retallack, A., Rifai, S. W., Finlayson, G., Ostendorf, B., & Lewis, M. (2024). Remote sensing for rangeland conservation monitoring: Impacts of livestock removal after 15 years. *Journal of Applied Ecology*, 61(9), 2111-2122.
- Sedghi, S. (2022). The effect of implementing biomechanical operations on vegetation cover in rangelands (Case study: Rangelands of Abarkouh County, Yazd Province). *Natural Ecosystems of Iran*, 12(4), 13-24. (In Persian)
- Shabani, M., Azarakhshi, M., Farzadmehr, J., & Bazrafshan, M. (2019). The effects of rangelands improvement and reclamation on vegetation and soil characteristics of Jannat Abad rangelands of Roshtkhar. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2), 423-431. (In Persian)
- Steele, J., Aust, W., & Seiler, J. (2021). Effects of Mechanical Site Preparation, Planting Stock, and Planting Aids on the Survival and Growth of American Sycamore in a Marginal Old Field Riparian Restoration. *Forests*, 12(10), 1295.
- Wang, S., & Hou, F. (2021). Seed Bank of Livestock Dung in the Qilian Mountain Grassland: A Potential Resource for Vegetation Recovery. *Rangeland Ecology and Management*, 78, 90-99.
- Yasrebi, B., & Dinarvand, M. (2024). Evaluating the effect of pitting operations on improving soil conditions and vegetation diversity. *Watershed Engineering and Management*, in press, (), -. doi: (In Persian)