

Evaluating the effect of pitting operations on improving soil conditions and vegetation diversity

Banafshe Yasrebi^{1*} and Mehri Dinarvand²

¹ Assistant Professor, Natural Resources Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

² Associate Professor, Natural Resources Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

Received: 25 May 2024

Accepted: 24 July 2024

Extended abstract

Introduction

One of the key challenges in rehabilitating degraded lands in arid areas is ensuring adequate moisture to enhance biomass production. This water supply must be achieved without further straining the already limited water resources or causing social conflicts in the region. Utilizing runoff from rainfall and creating water storage systems is an effective method for restoring and improving pastures, particularly in desert and dry regions. This study aims to evaluate the impact of pitting on the restoration of native vegetation in degraded lands and dust emission hotspots in southern Khuzestan province, specifically in Bandar Mahshahr city.

Materials and methods

The transect-quadrat method was employed to investigate changes in vegetation cover. Two transects were randomly established in opposite directions and perpendicular to the rows of pitting within the study area. Each transect included 15 plots, resulting in a total of 30 plots in pitting areas and 30 plots in the control area (between the pitting rows). Canopy cover and plant species were measured in all plots. Additionally, vegetation richness and diversity indices were calculated using PAST software. To examine the impact of pitting on soil properties, 60 soil samples were collected from pitting and control areas at three depths: 0–30 cm, 30–60 cm, and 60–90 cm. Laboratory analyses were conducted to measure organic carbon, salinity, and moisture. An unpaired t-test, following a normality test, was used to assess significant differences in vegetation cover and soil characteristics between pitting and control areas.

Results and discussion

The results revealed that species density in pitting areas increased by 81%, canopy cover by 14 times, the Shannon diversity index by 82%, and the Simpson diversity index by 67%, compared to control areas. Conversely, the dominance index decreased by approximately 60%. In terms of soil conditions, salinity decreased across all three depths, while moisture significantly increased at a depth of 60–90 cm. Furthermore, organic carbon content increased by 40% at a depth of 0–30 cm.

Conclusions

The implementation of pitting has successfully restored native vegetation and improved soil conditions by enhancing moisture storage. Field observations indicate that pitting not only facilitates desert restoration by reintroducing and establishing valuable native species but also enhances soil quality. This approach demonstrates the potential of pitting to act as a critical link between various ecosystem components, promoting ecological balance and sustainability.

Keywords: Diversity, Iran, Khuzestan, Pitting, Richness, Shannon, Simpson

Cite this article: Yasrebi, B., Dinarvand, M., 2025. Evaluating the effect of pitting operations on improving soil conditions and vegetation diversity. *Watershed Engineering and Management* 16(4), 523-536.

* Corresponding author: b.yasrebi@areeo.ac.ir

© 2025, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



ارزیابی تأثیر عملیات پیتینگ بر بهبود شرایط خاک و تنوع پوشش گیاهی

بنفشه یثربی^{۱*} و مهری دیناروند^۲

^۱ استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

^۲ دانشیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

چکیده مبسوط

مقدمه

بخش چالش برانگیز احیای اراضی تخریب یافته در مناطق خشک تأمین رطوبت مورد نیاز برای افزایش تولید زی‌توده است. تأمین آب مورد نیاز می‌بایست بدون ایجاد فشار بیشتر بر منابع محدود آبی و بدون ایجاد تعارضات اجتماعی در منطقه صورت بگیرد. استفاده از رواناب حاصل از بارش و ایجاد بستر مناسب برای ذخیره آب روشی کارآمد در احیا و اصلاح مراتع به‌ویژه در مناطق بیابانی و خشک است. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تأثیر عملیات پیتینگ در احیاء پوشش گیاهی بومی در اراضی تخریب یافته و کانون‌های گرد و غبار جنوبی استان خوزستان واقع در شهرستان بندر ماهشهر است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی از روش ترانسکت-کوادرات استفاده شد. ابتدا به‌صورت تصادفی در وسط عرصه اجرای طرح دو ترانسکت در خلاف جهت یکدیگر و عمود به ردیف‌های پیتینگ و روی هر ترانسکت ۱۵ پلات در نظر گرفته شد. در مجموع میزان تاج پوشش و گونه‌های گیاهی مستقر در پیتینگ‌ها در ۳۰ پلات و ۳۰ پلات هم در بین ردیف‌های پیتینگ به‌عنوان منطقه شاهد اندازه‌گیری شد. به‌منظور مقایسه پوشش گیاهی مستقر در پیتینگ‌ها و مناطق شاهد علاوه بر میزان تاج پوشش و تراکم گونه‌ها شاخص‌های غیرپارامتریک غنا و تنوع پوشش گیاهی با استفاده از نرم‌افزار Past محاسبه شدند. برای بررسی تأثیر احداث پیتینگ‌ها بر خاک منطقه در مجموع ۶۰ نمونه خاک از مناطق اجرای پیتینگ و شاهد در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری و از نمونه‌ها کربن آلی، شوری و رطوبت در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین پوشش گیاهی و ویژگی‌های نمونه‌های خاک موجود در عرصه‌های پیتینگ و شاهد پس از تایید نرمال بوده داده‌ها، از آزمون t جفت‌نشده استفاده شد.

* مسئول مکاتبات: b.yasrebi@areeo.ac.ir

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که در اراضی پیتینگ تراکم گونه‌ای ۸۱ درصد، تاج پوشش ۱۴ برابر، شاخص تنوع شانون ۸۲ و سیمپسون ۶۷ درصد نسبت به اراضی شاهد رشد داشته است. همچنین، از میزان غالبیت پوشش گیاهی در اراضی پیتینگ حدود ۶۰ درصد کاسته شده است و شاخص غیریکنواختی در پیتینگ ۸۰ درصد رشد داشت. از نظر مقایسه وضعیت خاک در عرصه پیتینگ کاهش شوری در سه عمق مورد بررسی و همچنین تفاوت معنی‌دار در افزایش رطوبت عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر و افزایش ۴۰ درصدی کربن آلی در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

اجرای پیتینگ با ذخیره رطوبت به‌صورت موفقیت‌آمیزی توانسته است پوشش گیاهی بومی را احیا کند و وضعیت خاک را بهبود بخشد؛ به‌طوری‌که می‌توانند به‌عنوان حلقه اتصال اجزای مختلف در اکوسیستم عمل کنند.

واژه‌های کلیدی: تاج پوشش، تنوع، سیمپسون، شانون، غالبیت، غنا

مقدمه

تعارضات اجتماعی در منطقه صورت بگیرد. گونه‌های بومی هر منطقه به‌دلیل طی سیر تکاملی، با شرایط محیطی سازگار بوده، در صورت حفاظت و احیا، بهترین گزینه برای افزایش بانک بذر، اصلاح خاک و توالی مثبت در منطقه هستند. پروژه‌های بیابان‌زدایی زمانی با اطمینان خاطر موفق خواهند بود که تمرکز آنها بر ایجاد فرصت برای حضور یا برگشت گونه‌های بومی باشد. بانک بذر خاک می‌تواند به‌عنوان منبع مستقیم و قابل اتکا برای احیا و همچنین حائلی در برابر تغییرات اکوسیستم آسیب‌پذیر باشد (Luo et al., 2023).

یک راه حل مناسب برای تامین رطوبت برای استقرار پوشش گیاهی استفاده از رواناب‌ها از طریق ذخیره نزولات آسمانی با احداث خردآب‌خیزها^۱ است. استفاده از رواناب حاصل از بارش و ایجاد بستر مناسب برای ذخیره آب روشی کارآمد در احیا و اصلاح مراتع به‌ویژه در مناطق بیابانی و خشک است (Zare et al., 2020). خردآب‌خیزها با ذخیره رواناب حاصل از بارش، کمبود رطوبت را جهت استقرار گیاه برطرف می‌کنند (Haddad et al., 2022). کارایی و موفقیت روش‌های ذخیره نزولات در استقرار پوشش گیاهی در پژوهش‌های پیشین اثبات شده است. از آن جمله می‌توان به افزایش زنده مانی پنج تا ۱۰ برابری کشت *Leucaena retusa Benth.* و *Atriplex canescens (Pursh) Nutt.* در پیتینگ‌ها به نسبت

فرایند تخریب سرزمین در تمام مناطق اقلیمی رخ می‌دهد و سرزمین شامل خاک، پوشش گیاهی و آب است و تخریب آن پیامدهای نامطلوبی بر اکوسیستم و خدمات آن به همراه دارد (Stavi et al., 2020) که بارزترین آن توسعه زمین‌های بایر و در نتیجه غیرقابل استفاده شدن اراضی است که تا پیش از این محل امرار معاش ساکنین آن بوده است. معضل دیگری که در نتیجه بیابان‌زایی به وجود می‌آید و خاورمیانه نیز با آن درگیر است، تشکیل کانون‌های گرد و غبار و روند صعودی وقوع توفان‌های گرد و غبار است که بر جنبه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی تاثیرگذار بوده است (Anis, 2015، Abbasi et al., 2021، Gholizadeh et al., 2021، Al Senafi and

به‌منظور مهار بیابان‌زایی در جنوب غربی ایران تصمیم به احیاء و بازسازی اراضی تخریب یافته گرفته شد و اولویت ابتدایی، احیاء و یا کاشت مستقیم پوشش گیاهی بود. استقرار پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشک و تخریب‌یافته معمولاً با ریسک و احتمال شکست بالایی روبرو است و در ضمن تنها گزینه برای افزایش تولید زیست توده، افزایش دسترسی به آب است (Singh et al., 2013). بخش چالش برانگیز احیای اراضی تخریب یافته در مناطق خشک تأمین رطوبت مورد نیاز برای افزایش تولید زیست توده است. تأمین آب مورد نیاز می‌بایست بدون ایجاد فشار بیشتر بر منابع محدود آبی و بدون ایجاد

^۱ Microcatchments

در اراضی تخریب شده در جنوب استان خوزستان، عشایر با گله‌های پر تعداد دام و دامداری با سامانه چرای آزاد زندگی می‌کنند و یک عامل تخریب مراتع استفاده بیش از حد این اراضی است (Amiraslani and Dragovich, 2011) و با توجه به وابستگی معیشتی و همچنین مالکیت عرفی آنها بر این اراضی هر گونه اجرای پروژه بدون مقبولیت اجتماعی می‌تواند سرآغاز منازعات شدید اجتماعی باشد. اراضی تحت مالکیت عرفی دامداران به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی بر اثر خشکسالی و یا چرای بیش از حد به صورت غیرقانونی شخم زده شده، برای تامین علوفه به صورت دیم، جو یا گندم کاشته می‌شود که باعث تخریب بیشتر اراضی شده است.

با این وجود ساکنین به دلیل وابستگی معیشتی به این اراضی تنها در صورتی با اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی موافقت می‌کنند که عملیات اجرایی کمترین تغییرات سطحی را ایجاد کنند و ردپای اندکی در طبیعت داشته باشند.

اکنون سه سال از اجرای پروژه احداث پیتینگ به منظور احیای پوشش گیاهی در اراضی تخریب شده در شرق بندر ماهشهر و در کنار مسیر مواصلاتی به هندیجان سپری شده است. این پژوهش به منظور ارزیابی میزان موفقیت اجرای پروژه انجام شده است. هدف این پژوهش بررسی میزان بازگشت پوشش گیاهی و مقایسه شاخص‌های غنا و تنوع پوشش گیاهی، بررسی میزان رطوبت خاک و شوری در منطقه اجرای طرح در سه عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری خاک و بررسی میزان کربن آلی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در منطقه اجرای طرح و اراضی شاهد است. نوآوری پژوهش حاضر در کاربرد شاخص‌های تنوع زیستی برای ارزیابی اجرای عملیات آبخیزداری است.

در پژوهش‌های پیشین اغلب ارزیابی موفقیت عملیات آبخیزداری به صورت مجزا بر خاک یا درصد تاج پوشش مورد بررسی قرار گرفته است در حالی که در این پژوهش هر دو ارزیابی تأثیر بر هر دو عامل خاک و پوشش گیاهی همچنین تغییر شاخص‌های تنوع زیستی پس از اجرای عملیات آبخیزداری به صورت همزمان مورد بررسی قرار گرفت.

کشت بدون ایجاد پیتینگ در تگزاس اشاره کرد (Whisenant et al., 2006) و یا در جنوب اسپانیا نیز در زمین‌های خشک گراندادا، پیتینگ و کاشت *Pinus halepensis* و *Quercus rotundifolia* Lam. Miller در چاله‌ها روشی مؤثر برای احیای زمین‌های کشاورزی متروکه عنوان شده است (Bocio et al., 2004).

در جنوب شرق ایران نیز نتایج موفقیت آمیزی از اجرای پیتینگ در مناطق با اقلیم خشک با بارش ۵۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر حاصل شده است که با حفر گودال‌هایی به عرض ۳۵-۳۰ و عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر با فواصل حدود ۸۰ سانتی‌متری و همچنین حفر فارو باعث افزایش رطوبت خاک و افزایش رشد بوته‌های *Hammada salicornica* و کاهش فرسایش خاک در مقایسه با اراضی شاهد شده است (Jahantigh and Pessaraki, 2009).

در ایران مرکزی با بارش زیر ۱۰۰ میلی‌متر، مقایسه درصد تاج پوشش در تیمارهای کنترل فارو و پیتینگ نسبت به شاهد به ترتیب افزایشی معادل ۲/۴ و ۳/۱ برابر و تراکم پوشش گیاهی به ترتیب ۱/۵ و ۲/۲ برابر رشد نشان می‌دهد (Jafarian and Mirjalili, 2017). در مراتع نیمه استپی ایران مرکزی نیز میزان استقرار *Astragalus cyclophyllon* با استفاده از تیمارهای حفر فارو و پیتینگ در مقایسه با کشت بدون تیمار مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج نشان می‌دهد متوسط پایه‌های مستقر شده در کشت فارو، پیتینگ و شاهد به ترتیب ۵۸، ۴۸ و ۲۲ درصد بوده است (Moshtaghyan et al., 2009) در مراتع چادگان در ایران مرکزی نیز با بارش حدود ۳۰۰ میلی‌متر بهترین شیوه کشت گونه *Astragalus caraganae Hohen* در مراتع را به صورت کشت بذر در عمق ۲/۵ سانتی‌متری در پیتینگ عنوان می‌کنند (Khodaghali et al., 2009).

در خاک‌های ماری با بافت سنگین در شمال شرقی ایران بیشترین میزان رطوبت و استقرار پوشش گیاهی مربوط به حفر پیتینگ به همراه بذرپاشی بوده است و این روش را برای احیای مراتع با خاک ماری پیشنهاد می‌دهند (Habibzadeh et al., 2007).

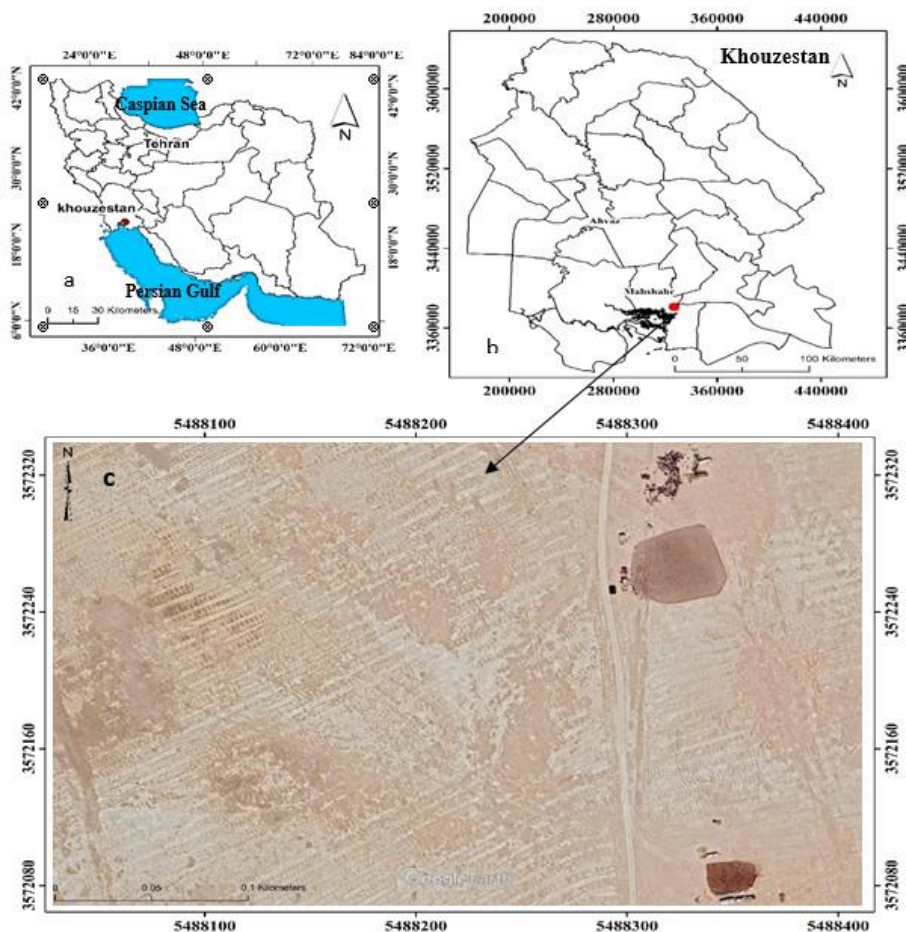
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه اجرای طرح در جنوب غربی ایران و جنوب استان خوزستان واقع است که موقعیت آن در شکل ۱، مشاهده می‌شود. این منطقه بخشی از کانون‌های خیزش گرد و غبار در استان است. اقلیم منطقه اجرای طرح مطابق اقلیم‌نمای آمبرژه، بیابانی گرم میانه و بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، توسعه یافته خشک ضعیف گرم است. بر اساس داده‌های اقلیمی سال‌های (۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸) ایستگاه هواشناسی بندر ماهشهر ($X=30.55$) که در فاصله ۱۵ کیلومتری از منطقه اجرای طرح قرار دارد، مجموع بارش سالانه به‌طور متوسط ۲۱۷ میلی‌متر است.

۵۴ درصد از این بارش در فصل زمستان و ۳۴ درصد نیز در پاییز می‌بارد. پربارش‌ترین ماه سال نیز

ژانویه است. متوسط دمای سالانه ۲۴/۹، متوسط بیشینه‌ها در گرم‌ترین ماه ۴۴/۷ و متوسط کمینه‌ها در سردترین ماه ۸ درجه سانتی‌گراد، تبخیر و تعرق پتانسیل ۳۵۰۰ میلی‌متر و متوسط سرعت باد غالب ۵/۸ متر بر ثانیه و در جهت ۳۱۵ درجه است.

در مطالعات پیش از اجرای طرح، بافت خاک منطقه لوم رسی سیلتی و لوم سیلتی با EC بین ۳۵ تا ۵۶ دسی‌زیمنس بر متر، SAR بین ۴۵ تا ۵۲ و pH ۶/۹ تا ۷/۹ اندازه‌گیری شده است. ارتفاع منطقه اجرای طرح بین چهار تا پنج متر از سطح دریا و شیب آن نیز یک تا دو درصد عنوان شده است. پوشش گیاهی غالب گونه‌های *Aeluropus lagopoides* و *Hordeum morinum L.* با تاج پوشش یک تا پنج درصد بوده است.

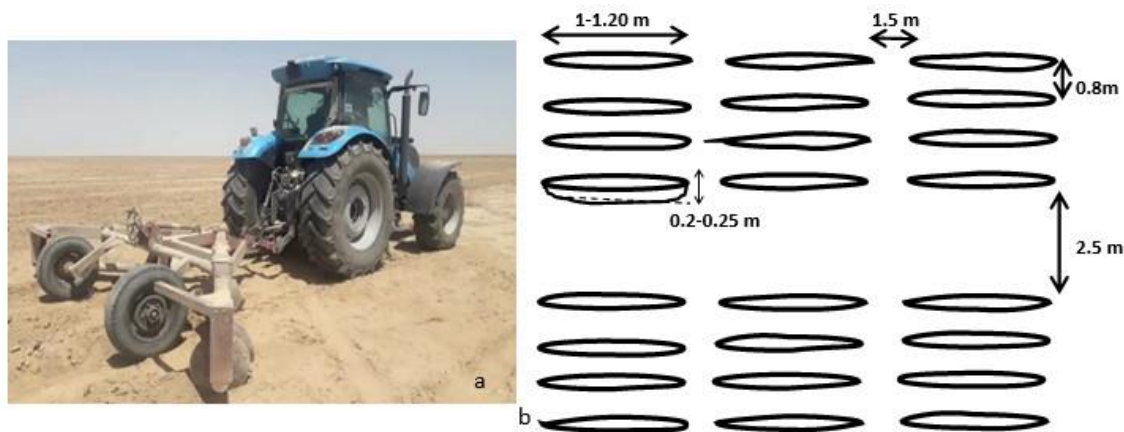


شکل ۱- موقعیت اجرای پژوهش در (a) ایران، (b) استان خوزستان، (c) تصویر عرصه اجرای طرح در جنوب استان خوزستان (ردیف‌های

پیتینگ اجرا شده و همچنین عشایر با گله‌های دام در عرصه مشاهده می‌شوند).

Fig. 1. Study Location in a) Iran b) Khuzestan Province c) The area of project implementation (Rows of pitings and nomads with their livestock can be seen in the field)

تقریباً ۴۰ سانتی‌متر بود. در شکل ۲، تصویری از گاو آهن مورد استفاده و طرح شماتیک اجرای طرح نشان داده شده است.



شکل ۲- a) تصویری از گاو آهن مورد استفاده برای حفر پیتینگ و b) تصویر شماتیک از اجرای پیتینگ‌ها
Fig. 2. a) Disk plow for pitting, b) Schematic plan of pitting

از شاخص‌ها یکنواختی^۱ و غنا را با هم در بر می‌گیرند که بر اساس تعریف یکنواختی، نشان‌دهنده چگونگی توزیع فراوانی افراد را در بین گونه‌ها است. به عبارت دیگر، یکنواختی بیانگر میزان تعادل در فراوانی گونه‌ها است (Ejtehadi et al., 2009). هیچ شاخص تنوع واحدی نمی‌تواند در توصیف ساختار جامعه به تنهایی موفق باشد؛

چراکه تنوع تابعی از تعداد گونه و یکنواختی است و بسته به داده‌ها، شاخص باید نسبت به تغییرات در گونه‌های نادر، متوسط یا غالب حساس‌تر باشد و می‌توان گفت روابط ریاضیاتی ارائه شده برای مطالعه میزان تنوع، مکمل یکدیگر هستند و بسیاری پیشنهاد می‌دهند که به‌طور همزمان مدل‌های مختلف استفاده شود (Beisel et al., 2003). برای محاسبه شاخص‌ها از نرم‌افزار Past استفاده شد.

تحلیل نمونه‌های خاک: برای بررسی تأثیر احداث پیتینگ‌ها بر خاک منطقه در مجموع ۶۰ نمونه خاک از مناطق اجرای پیتینگ و شاهد در سه عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. به این دلیل که ساختار و تنوع جامعه عمدتاً تحت تأثیر شوری و رطوبت خاک است (Dar et al., 2022)، (Al-Taisan, 2022) سه عامل رطوبت، شوری و کربن

در شهریور ۱۳۹۹ برای حفر پیتینگ‌ها از یک تراکتور و گاو آهن با دیسک بشقابی از نوع کششی بزرگ استفاده شد که یک در میان دیسک‌های آن برداشته شده بودند و فاصله بین دیسک‌های باقی‌مانده

روش مطالعه-داده‌برداری: به‌منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در پیتینگ‌ها و مناطق شاهد در اسفند ۱۴۰۲ از روش ترانسکت-کوادرات استفاده شد. ابتدا به‌صورت تصادفی در وسط عرصه اجرای طرح دو ترانسکت در خلاف جهت یکدیگر و عمود به ردیف‌های پیتینگ در نظر گرفته شد. سپس روی هر ترانسکت ۱۵ پلات در نظر گرفته شد. پیتینگ در مرکز پلات قرار می‌گرفت و در سطح یک مترمربع تمامی گونه‌های پوشش گیاهی به همراه درصد تاج پوشش اندازه‌گیری شد. در مجموع میزان تاج پوشش و گونه‌های گیاهی ۳۰ پلات در پیتینگ‌ها و ۳۰ پلات هم در بین ردیف‌های پیتینگ به‌عنوان منطقه شاهد اندازه‌گیری شدند.

محاسبه شاخص‌های غنا و تنوع پوشش گیاهی: به‌منظور مقایسه پوشش گیاهی مستقر در پیتینگ‌ها و مناطق شاهد علاوه بر میزان تاج پوشش و تراکم گونه‌ها از شاخص‌های غیرپارامتریک غنا و تنوع پوشش گیاهی به شرح جدول ۱، استفاده شد. شاخص‌ها با ارائه یک عدد تنوع را در یک واحد نمونه‌برداری یا یک جامعه نشان می‌دهند.

شاخص‌های غنا تعداد کل گونه‌ها و افراد موجود در نمونه را نشان می‌دهند و شاخص‌های غیرهمگنی بر اساس فراوانی نسبی گونه‌ها عمل می‌کنند و این دسته

¹ Evenness or Equitability

آلی در آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی، در آزمایشگاه ۱۰ گرم از نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته می‌شود. پیش و پس از حرارت دیدن نمونه‌ها وزن می‌شود که اختلاف این دو وزن مقدار رطوبت را نشان می‌دهد.

برای اندازه‌گیری شوری خاک، نمونه اشباع تهیه و با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ عصاره اشباع خاک استخراج شد. سپس، مقدار هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC متر کالیبره شده قرائت و بر حسب دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد.

برای اندازه‌گیری مقدار کربن آلی نمونه‌های خاک که از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه شده بود، از روش واکلی-بلک استفاده شد (W.S.R.I.,

2008). عوامل شوری و رطوبت محدودیت‌های اصلی رویش و استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک هستند و هدف از این بررسی نیز تأثیر احداث پیتینگ بر کاهش محدودیت‌های رویش گیاهان است.

آزمون‌های آماری: به منظور بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع و غنا پوشش گیاهی و همچنین درصد تاج پوشش و مشخصات خاک (شوری، رطوبت و کربن آلی) موجود در عرصه‌های پیتینگ و شاهد پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون آماری t غیرجفتی و سطح معنی‌داری پنج درصد برای مقایسه میانگین‌های دو گروه استفاده شد.

جدول ۱- شاخص‌های تنوع پوشش گیاهی

Table 1. Alpha Indices of vegetation diversity

	Usual name	Formulae	Refrence
Richness	Margalef	$R = \frac{S - 1}{\ln N}$	(Peet, 2003)
	Shannon	$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$	(Krebs, 2009)
	Dominance (revised)	$D = \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad P_i = \frac{n_i}{N}$	(Krebs, 2009)
Heterogeneity	Simpson Diversity (revised)	$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad P_i = \frac{n_i}{N}$	(Krebs, 2009)
	-	$\frac{1/D}{S}$	(Smith and Wilson, 1996)
	Equitability	$\frac{H'}{H_{max}}$	(Pielou, 1966)

S: تعداد کل گونه‌ها، N: تعداد کل افراد نمونه، P_i : نسبت افراد گونه i ام در جامعه، n_i : تعداد افراد در گونه i ام

هستند. گونه‌های غالب در منطقه *Hordeum marinum* و *Aeluropus lagopoides L.* در عرصه پیتینگ‌ها گونه *Lotus halophilus Boiss. & Sprun.* در رتبه سوم فراوانی قرار می‌گیرد که در منطقه شاهد حضور ندارد و ظهور گونه‌های جدید نشان می‌دهد که احداث پیتینگ‌ها شرایط را برای رشد و حضور آنها فراهم کرده است.

نتایج و بحث

غنا و تنوع پوشش گیاهی: بر اساس نتایج به‌دست آمده، غنا و تراکم گونه‌ای در عرصه پیتینگ به نسبت اراضی شاهد، ۸۱ درصد رشد داشته است. مطابق جدول ۲ در عرصه پیتینگ به‌طور کلی ۲۰ گونه و در عرصه شاهد ۱۱ گونه در پلات‌ها مشاهده می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی رانکایر (Raunkiaer, 1937) حدود ۹۰ درصد از گونه‌های موجود در منطقه جزء تروفیت‌ها هستند که این دسته، اغلب گیاهان یک‌ساله

جدول ۲- لیست فلوربستیک گونه‌های گیاهی در عرصه‌های اجرای پیتینگ و شاهد

Table 2. Feloristic List in pitting and control areas

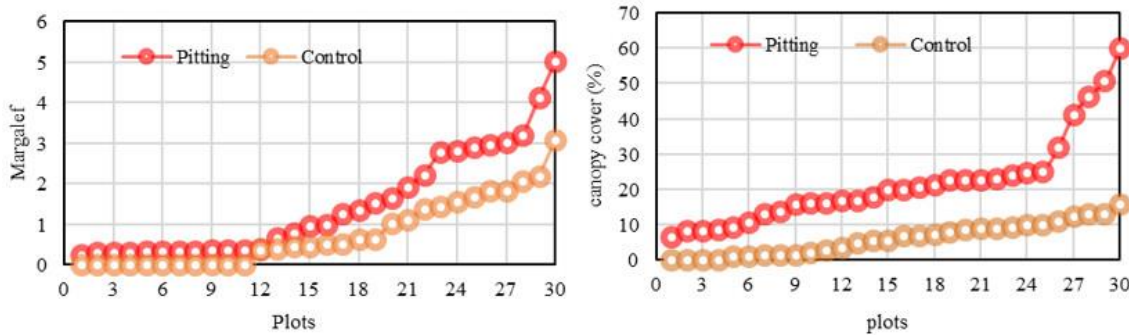
Pitting area species	Life-form	Chorotype
<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	Th	IT, ES, SS
<i>Hordeum marinum</i> L.	Th	IT, SS
<i>Aeluropus lagopoides</i> (L.)Trin. ex Thwaites	C.g	IT, ES, SS
<i>Plantago coronopus</i> L.	Th	IT, SS
<i>Psylliostachys spicata</i> (Willd.) Nevski	Th	IT, ES
<i>Halocharis sulphurea</i> Moq.	Th	IT, SS
<i>Plantago ovata</i> Forssk.	Th	IT, ES, SS
<i>Lotus halophilus</i> Boiss. & Sprun.	Th	SS
<i>Malva parviflora</i> L.	Th	IT, SS
<i>Matricaria aurea</i> (Loefl.)Schultz-Bip. Anthemideae	Th	IT, ES, SS
<i>Linum strictum</i> L.	Th	IT, SS
<i>Astragalus hamosus</i> L.	Th	IT, SS
<i>Chenopodium murale</i> L.	Th	Cosm
<i>Spergularia marina</i> (Lowe) E.H.L. Krause	Th	IT, ES, SS
<i>Cymbolaena griffithii</i> (A.Gray) Wagenitz	Th	IT, ES, SS
<i>Gynandrisis sisyrinchium</i> (L.) Parl.	C.g	IT, ES, SS
<i>Eragrostis barrelieri</i> Daveau	Th	SS
<i>Bassia eriophora</i> (Schrad.)Asch.	Th	SS
<i>Richardia orientalis</i> L.	Th	IT, SS
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Th	IT, ES, SS
Control area species		
<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	Th	IT, ES, SS
<i>Hordeum marinum</i> L.	Th	IT, SS
<i>Aeluropus lagopoides</i> (L.)Trin. ex Thwaites	C.g	IT, ES, SS
<i>Plantago coronopus</i> L.	Th	IT, SS
<i>Psylliostachys spicata</i> (Willd.) Nevski	Th	IT, ES
<i>Halocharis sulphurea</i> Moq.	Th	IT, SS
<i>Spergularia marina</i> (L.)Griseb.	Th	IT, ES, SS
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Th	IT, ES, SS
<i>Hammada Salicornia</i> (Moq.) Iljin	Ch	IT, SS
<i>Cutandia dichotoma</i> (Spereng.) Benth.	Th	SS
<i>Carthamus oxyacontha</i> M.B. Cynareae	Th	IT, SS

Life-forms: C.g (cryptophyte geophyte), Th (therophyte), Ch (chamaephytes). Chorotypes: IT: Irano-Turanian (ایران تورانی), ES: Euro-Siberian (اروپا سبیری), SS: Sahara-Sindian (صحارا- سندی), Cosm: Cosmopolita (جهان وطن). (Dinarvand and Jamzad, 2020)

درصد در سطح پلات است. میانگین درصد پوشش در پیتینگ‌ها و اراضی شاهد به ترتیب ۲۲ و شش درصد اندازه‌گیری شده است. پوشش اندازه‌گیری شده در پلات‌ها به‌طور میانگین حدود ۱۴ برابر رشد نشان می‌دهد. همچنین از نظر تراکم گونه‌ای یا تعداد گونه‌ها در مترمربع در اراضی پیتینگ نسبت به شاهد حدود ۸۱ درصد رشد نشان می‌دهد. در مطالعات (2017)

در شکل ۳، شاخص غنای مارگالف که بیان‌کننده غنای گونه‌ای و شامل تعداد گونه در زی‌توده و درصد تاج پوشش در پلات‌های مورد بررسی در عرصه‌های پیتینگ و شاهد ارائه شده است. کمینه شاخص مارگالف در عرصه شاهد برابر با صفر است که نشان‌دهنده عدم حضور پوشش گیاهی است اما در عرصه پیتینگ کمینه شاخص مارگالف ۰/۲۴ و حضور دست‌کم دو گونه گیاهی و تاج پوشش حدود هفت

Jafarian and Mirjalili, در یزد نیز افزایش میزان درصد تاج پوشش و تراکم تأیید شده است.



شکل ۳- شاخص غنای مارگالف و درصد تاج پوشش در پلات‌های پیتینگ و شاهد
Fig. 3. Margalef richness index and canopy cover in pitting and control plots

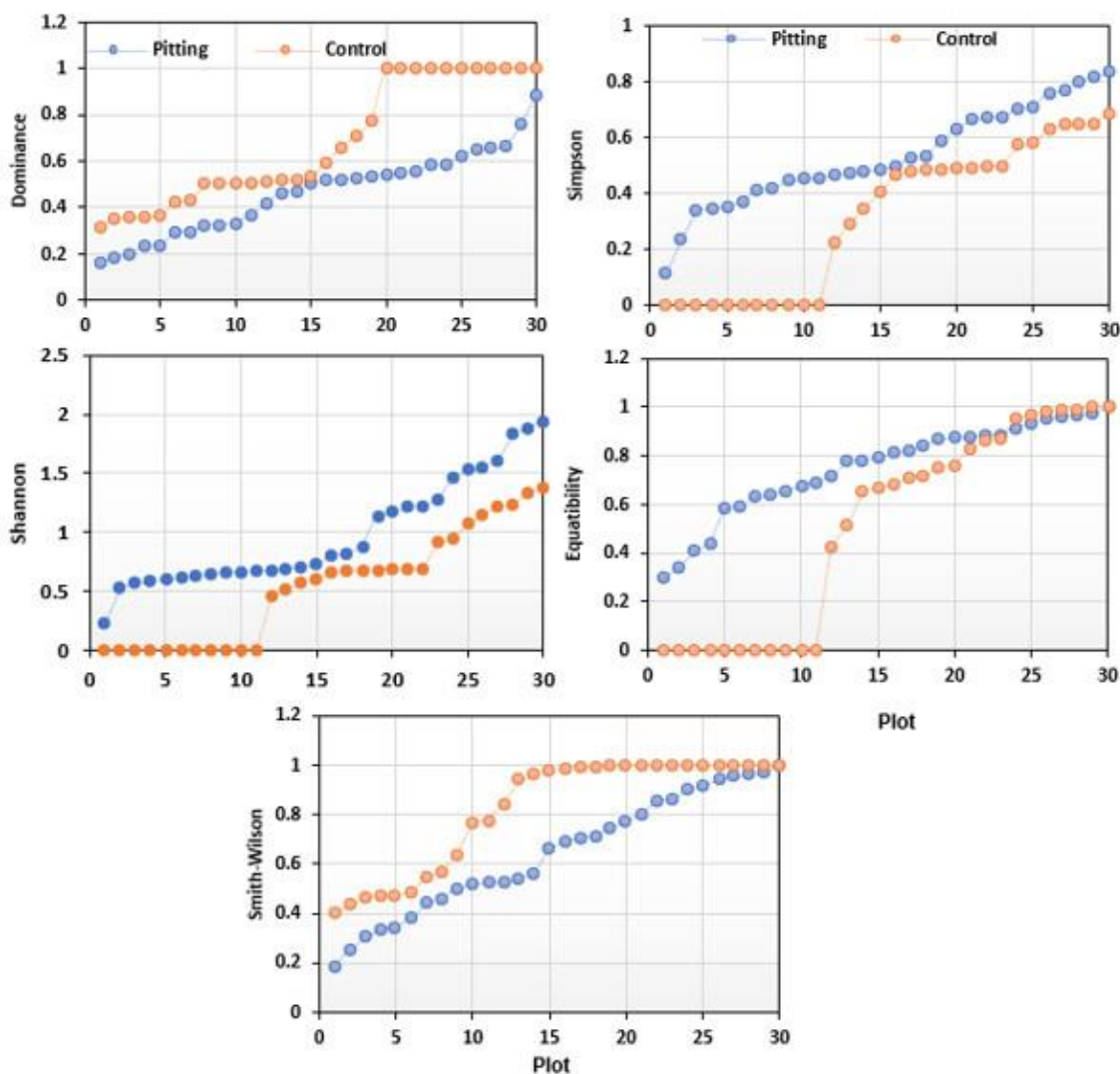
بر اساس نتایج آزمون آماری، ارایه شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که میانگین شاخص‌های غیرهمگنی پوشش گیاهی محاسبه شده در سطح یک درصد و شاخص غنای پوشش گیاهی در سطح پنج درصد در اراضی پیتینگ و شاهد دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند. هرچند که تمرکز مطالعات پیشین در خصوص عملکرد پیتینگ‌ها بر توانایی پیتینگ بر استقرار گونه‌های کشت شده بوده است و شاخص‌های تنوع و غنا در آنها اندازه‌گیری نشده است اما بر اساس نتایج مطالعات Jahantigh and Moshtaghyan et al., (2009), Pessarakli, (2009) Habibzadeh et al., و Khodaghali et al., (2009) تأثیر مثبت احداث پیتینگ بر استقرار موفق بوته‌ها و بذره‌های کشت شده تأکید دارند که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مبنی بر احیا و استقرار موفق پوشش گیاهی بومی با حفر پیتینگ همخوانی دارند.

آنالیز خاک: جدول ۴، نتایج آزمون t مستقل مقایسه میانگین‌های عوامل رطوبت، شوری در سه عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر و کربن آلی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در دو تیمار پیتینگ و شاهد است. بر اساس نتایج از نظر شوری در هر سه عمق مورد بررسی تفاوت معنی‌دار بین مناطق پیتینگ با شاهد دیده می‌شود اما از نظر رطوبت تفاوت معناداری در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر مشاهده نشد؛ اما در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار وجود

در شکل ۴، شاخص‌های غیرهمگنی (غنا و یکنواختی) پوشش گیاهی پلات‌های اندازه‌گیری شده در دو عرصه پیتینگ و شاهد با هم مقایسه شده‌اند. به‌طور متوسط شاخص تنوع شانون در عرصه پیتینگ و شاهد به‌ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۳۲ و شاخص تنوع سیمپسون در عرصه‌های پیتینگ و شاهد به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۵۳ است که به‌ترتیب نسبت به اراضی شاهد ۸۲ و ۶۷ درصد رشد نشان می‌دهند. شاخص غالبیت نیز تأیید می‌کند که در عرصه‌های شاهد تنوع گونه‌ای کمتری وجود دارد و شاخص نزدیک‌تر به یک در عرصه شاهد نشان‌دهنده تنوع کمتر پوشش گیاهی و غالب بودن گونه‌های محدودی در این بخش از عرصه است. به‌طور متوسط شاخص غالبیت ۶۰ درصد در اراضی پیتینگ کاهش نشان می‌دهد. شاخص‌های یکنواختی نیز تأییدی بر نتایج دیگر شاخص‌های محاسبه شده هستند. شاخص یکنواختی Pielou (1966) نشان می‌دهد که پوشش گیاهی موجود در پیتینگ‌ها نسبت به عرصه شاهد غیر یکنواخت‌تر است که معیاری در تأیید افزایش تنوع پوشش گیاهی است و شاخص یکنواختی (Smith and Wilson, 1996) که با شاخص غالبیت رابطه عکس دارد در اراضی پیتینگ کمتر است و می‌توان گفت به‌طور متوسط رشدی حدود ۸۰ درصد را نشان می‌دهد که با میزان کاهش شاخص غالبیت همخوانی دارد. نتایج معنی‌داری تفاوت میانگین‌ها با آزمون t مستقل پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها در جدول ۳، آورده شده است.

افزایش داده‌اند. همچنین Jafarian and Mirjalili (2017) نیز میزان افزایش پوشش گیاهی را به دلیل افزایش میزان رطوبت و آب در دسترس برای گیاهان بیان می‌کنند و در مطالعات Tadros et al., (2021) نیز استفاده از روش‌های ذخیره نزولات برای بهبود رطوبت و کشت بوته‌ها را توصیه می‌کنند.

دارد. عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان رطوبت در عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر ممکن است، به دلیل گذشت چندین روز از بارش و خشک شدن خاک سطحی باشد اما افزایش رطوبت در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر نشان‌دهنده افزایش نفوذ در تیمار پیتینگ است که در مطالعات Jahantigh and Pessarakli, (2009) و همچنین Gammoh (2013) نیز تصریح شده است که استفاده از سامانه‌های ذخیره نزولات میزان آب در دسترس را برای گیاه در لایه صفر تا ۲۰ سانتی‌متر به طول مدت شش هفته



شکل ۴- شاخص‌های غیرهمگنی پوشش گیاهی در پلات‌های پیتینگ و شاهد

Fig. 4. Heterogeneity indices of vegetation in pitting and control plots

جدول ۳- نتایج آزمون t مستقل شاخص های تنوع و غنای پوشش گیاهی در اراضی پیتینگ و شاهد

Table 3. Independent t test for diversity and richness indices in pitting and control areas

Indices		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	S.E.
Simpson	Equal variances assumed	13.927	.000	3.679	58	.001	.215	.058
	Equal variances not assumed			3.679	50.7	.001	.215	.058
Shannon	Equal variances assumed	.000	.996	3.672	58	.001	.446	.121
	Equal variances not assumed			3.672	57.958	.001	.446	.121
Margalef	Equal variances assumed	6.448	.014	2.442	58	.018	.700	.286
	Equal variances not assumed			2.442	49.3	.018	.700	.286
Dominance	Equal variances assumed	13.925	.000	-3.680	58	.001	-.215	.058
	Equal variances not assumed			-3.680	50.7	.001	-.215	.058
Smith-Wilson	Equal variances assumed	.057	.812	-2.954	58	.005	-.179	.060
	Equal variances not assumed			-2.954	57.8	.005	-.179	.060
Equitability	Equal variances assumed	40.012	.000	2.865	58	.006	.241	.0843
	Equal variances not assumed			2.865	40.9	.007	.241	.0843

جدول ۴- نتایج آزمون t مستقل نمونه‌های خاک

Table 4. Soil analysis t test results

	0-30 (cm)		30-60 (cm)		60-90 (cm)	
	Pitting	Control	Pitting	Control	Pitting	Control
EC (ds/m)	3.77±0.3*	4.16±0.3	8.59±1.7*	10.73±0.4	11.25±0.4**	16.43±3.47
Soil	12.36±0.62	12.30±0.23	13.7±0.61	13.19±0.35	15.29±0.44*	14.36±0.22
Moisture(%)						
O.C (%)	0.41±0.03*	0.29±0.03	-	-	-	-

افزایش آب محتوای خاک و تأثیر غیرمستقیم بر افزایش پوشش گیاهی بیان می‌کنند. همچنین، Yuan et al., (2023) احیای پوشش گیاهی را منشأ اثرات مثبت بر غلظت کربن آلی خاک می‌دانند. در شکل ۵، تصویری از منطقه اجرای طرح و منطقه شاهد ارائه شده است که افزایش میزان پوشش گیاهی در داخل پیتینگ‌های اجرا شده به خوبی نشان داده شده است.

مقایسه کربن آلی در خاک سطحی تیمار پیتینگ و شاهد در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهد؛ به طوری که میزان کربن آلی در عرصه پیتینگ نسبت به عرصه شاهد حدود ۴۰ درصد رشد نشان می‌دهد. نتایج مطالعات Keesstra et al., (2018) موفقیت روش‌های همگام با طبیعت از جمله ذخیره نزولات را در افزایش سلامت خاک تأیید می‌کند و Zhou et al., (2023) منشأ افزایش ماده آلی خاک را



شکل ۵- مقایسه استقرار پوشش گیاهی در پیتینگ‌ها و اراضی شاهد

Fig. 5. Comparison of vegetation in pittings and control areas

نتیجه‌گیری

مشاهده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که احداث پیتینگ با ذخیره رطوبت به‌صورت موفقیت آمیزی توانسته است پوشش گیاهی بومی را احیاء کند و وضعیت خاک را بهبود بخشد و می‌تواند به‌عنوان حلقه اتصال اجزای مختلف در اکوسیستم عمل کنند.

تشکر و قدردانی

از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع همچنین، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، برای حمایت از اجرای این طرح تحقیقاتی سپاسگزارم.

تعارض منافع

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

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی موفقیت حفر پیتینگ بر احیای پوشش گیاهی بومی با تکیه بر بانک بذر خاک و همچنین تأثیر بر رطوبت، شوری در سه عمق (صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر) و کربن آلی در عمق (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) در مقایسه با اراضی شاهد انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در اراضی پیتینگ کاری تراکم گونه‌ای ۸۱ درصد، تاج پوشش ۱۴ برابر، شاخص تنوع شانون ۸۲ و سیمپسون ۶۷ درصد نسبت به اراضی شاهد رشد داشته است.

همچنین، از میزان غالبیت پوشش گیاهی در اراضی پیتینگ حدود ۶۰ درصد کاسته شده است و پوشش گیاهی ۸۰ درصد غیریکنواخت‌تر است. از نظر مقایسه وضعیت خاک در عرصه پیتینگ کاهش شوری در سه عمق مورد بررسی و همچنین تفاوت معنی‌دار در افزایش رطوبت عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر و افزایش ۴۰ درصدی کربن آلی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

منابع مورد استفاده

- Abbasi, H.R., Opp, C., Groll, M., Gohardoust, A., Rouhipour, H., 2021. Wind regime and aeolian sand transport in Khuzestan Sand Sea. *J. Aeolian Res.* 53, 100746 (in Persian).
- Al Senafi, F., Anis, A., 2015. Shamals and climate variability in the Northern Arabian/Persian Gulf from 1973 to 2012. *Int. J. Climatology*. 35(15), 4509-28.
- Al-Taisan, W., 2022. Floristic diversity and vegetation of the az Zakhnuniyah Island, Arabian Gulf, Saudi Arabia. *Heliyon* 8(7), e09996.
- Amiraslani, F., Dragovich, D., 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *J. Environ. Manage.* 92(1), 1-13 (in Persian).
- Beisel, J-N., Usseglio-Polatera, P., Bachmann, V., Moreteau, J.C., 2003. A comparative analysis of evenness index sensitivity. *J. Int. Rev. Hydrobiol.* 88, 3-15.
- Bocio, I., Navarro, F., Ripoll, M., Jiménez Morales, M., Simón, E., 2004. Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Annals Forest Sci.* 61, 171-8.
- Dar, B.A., Assaeed, A.M., Al-Rowaily, S.L., Al-Doss, A.A., Abd-ElGawad, A.M., 2022. Vegetation composition of the halophytic grass *eluropus lagopoides* communities within coastal and inland sabkhas of Saudi Arabia. *Plants (Basel, Switzerland)*. 11(5).
- Dinarvand, M., Jamzad, Z., 2020. Plant diversity of khuzistan and dust sources in southwest of Iran with a checklist of vascular plants. *Phytotaxa*. 434, 219-54 (in Persian).
- Ejtehadi, H., Sepehri, A., Akkafi, H., 2008. Bio diversity analysis. *Astan e Ghods Razavi pub.* 350 (in Persian).
- Gammoh, I.A., 2013. An improved wide furrow micro-catchment for large-scale implementation of water-harvesting systems in arid areas. *J. Arid Environ.* 88, 50-60.
- Gholizadeh, H., Zoghipour, M.H., Torshizi, M., Nazari, M.R., Moradkhani, N., 2021. Gone with the wind: Impact of soil-dust storms on farm income. *J. Ecol. Econ.* 188, 107133 (in Persian).
- Habibzadeh, A., Godarzy, M., Mehrvarz, K., Javanshir, A., 2007. The effect of pitting, ripping and contour furrow on the moisture storage and increase in plant cover. *J. Iran. Nat. Res.* 60(2) (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. *J. Int. Soil Water Conserv. Res.* 10(4), 610-22.

- 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. *J. Ecohydro.* 4(2), 369-77 (in Persian).
- Jahantigh, M., Pessarakli, M., 2009. Utilization of contour furrow and pitting techniques on desert rangelands: Evaluation of runoff, sediment, soil water content and vegetation cover. *J. Food, Agri. Enviro.* 7-12.
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., 2018. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *J. Sci. Total Environ.* 610-611, 997-1009.
- Khodaghali, M., Esmaily Sharif, M., Feyzi, M., Shahmorady, A.A., Jaberolansar, Z., 2009. Investigation of effect of cultivation methods on germination of *Astragalus caragana*, case study in watershed research station of Zayanderood Basin. *J. Watershed Manage. Res.* 86, 8-14 (in Persian).
- Krebs, C.J., 2009. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 6th ed. ed. San Francisco Benjamin Cummings.
- Luo, C., Guo, X., Feng, C., Xiao, C., 2023. Soil seed bank responses to anthropogenic disturbances and its vegetation restoration potential in the arid mining area. *J. Ecol. Indicators.* 154, 110549.
- Moshtaghyan, M.B., Keshtkar, H.R., Esmaili Sharif, M., Razavi, S.M., 2009. Planting methods effect on *Astragalus cyclophyllon* establishment. *Iran. J. Range Desert Res.* 16(1), 84-79 (in Persian).
- Peet, R., 2003. The measurement of species diversity. *Annual Review Ecol. Systema.* 5, 285-307.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13, 131-44.
- Raunkiaer, C., 1937. *Plant life forms*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Singh, G., Mishra, D., Singh, K., Parmar, R., 2013. Effects of rainwater harvesting on plant growth, soil water dynamics and herbaceous biomass during rehabilitation of degraded hills in Rajasthan. *J. India. Forest Ecology Manage.* 310, 612-22.
- Smith, B., Wilson, J.B., 1996. A Consumer's Guide to Evenness Indices. *Oikos.* 76(1), 70-82.
- Stavi, I., Siad, S.M., Kyriazopoulos, A.P., Halbac-Cotoara-Zamfir, R., 2020. Water runoff harvesting systems for restoration of degraded rangelands: a review of challenges and opportunities. *J. Environ. Manag.* 255, 109823.
- Tadros, M.J., Al-Mefleh, N.K., Othman, Y.A., Al-Assaf, A., 2021. Water harvesting techniques for improving soil water content, and morpho-physiology of pistachio trees under rainfed conditions. *J. Agri. Water Manage.* 243, 106464.
- W.S.R.I., 2008. Guidelines for laboratory analysis of soil and water samples (No.467). In: Ministry J-e-A, editor. Iran: Iran Vice Presidency for Planning and Supervision, 278 (in Persian).
- Yuan, C., Wu, F., Wu, Q., Fornara, D.A., Heděnc, P., Peng, Y., 2023. Vegetation restoration effects on soil carbon and nutrient concentrations and enzymatic activities in post-mining lands are mediated by mine type, climate, and former soil properties. *J. Sci. Total Environ.* 879, 163059.
- Zhou, W., Li, C., Wang, S., Ren, Z., Stringer, L.C., 2023. Effects of vegetation restoration on soil properties and vegetation attributes in the arid and semi-arid regions of China. *J. Environ. Manag.* 343, 118186.