Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Determination of the best concentration of cyanobacteria to improve soil fertility in rangeland (Case study: Jamabroud catchment)

Mahboubeh Mirzahosseini*[1], Mohammad Jafari[2], Hossein Azarnivand[2], Ali Tavili[3], Behrouz Zarei Darki[4], Yolanda Canton Castilla[5]

1. Corresponding author; PhD in Range Science & Manegment, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: m.mirzahosseini@ut.ac.ir.
2. Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Associate Prof., Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Nour, Iran.
5. Prof, Department of Agronomy (soil science and Agricultural chemistry), University of Almeria, Spain.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 28.11.2019
Revised: 10.10.2020
Accepted: 15.10.2020

Keywords:
Biological soil crust,
Cyanobacteria,
Rangeland,
Semi-arid region,
Soil fertility.

Abstract

Background and objectives: Soil is a crucial component of ecosystem function and productivity in rangeland areas. Cyanobacteria, as one of the living microorganisms in soil, play an essential role in increasing soil fertility by fixing nitrogen and carbon. In this study, we aimed to investigate the effect of different concentrations of cyanobacteria on soil fertility in Golgangak rangelands in Jamabroud watershed and determine the optimal concentration of cyanobacteria to improve soil fertility.

Methodology: We collected cyanobacteria from the soil surface horizon (0-2cm deep) and identified three dominant genera of cyanobacteria, including Nostoc, Phormidium, and Osillatoria. We prepared three different concentrations of cyanobacteria, including 1012, 1010, and 108 cyanobacterial cells per liter of BBM suspension and sprayed them directly into the field. We evaluated soil fertility factors, including nitrogen, potassium, organic carbon, and pH, by resampling soil samples at 15, 30, 45, and 180 days after inoculation.

Results: The results showed a significant relationship ($p < 0.05$) between control and inoculation plots. Nitrogen, potassium, and organic carbon showed an increase of about 21.3%, 51.3%, and 51.3%, respectively, at the end of the experiment, while pH decreased by 0.4. The concentration of 108 liters was determined to be the optimal concentration to improve soil fertility in terms of nitrogen, potassium, and organic carbon.

Conclusion: Our findings suggest that spraying cyanobacteria in Golgangak rangelands can increase soil fertility factors. The concentration of 108 liters was determined to be the optimal concentration to improve soil fertility in terms of nitrogen, potassium, and organic carbon. This research can be considered as the first step in investigating the possibility

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

of using effective and fast environmental methods to improve soil fertility in different ranges, especially degraded ranges. However, it is crucial to determine the optimal concentration of cyanobacteria for each range to ensure the effectiveness of corrective measures.

Cite this article: Mirzahosseini, M., M. Jafari, H. Azarnivand, A. Tavili, B. Zarei Darki, Y. Canton Castilla, 2023, Determination of the best concentration of cyanobacteria to improve soil fertility in rangeland (Case study: Jamabroud catchment). Journal of Rangeland, 17(1): 32-44.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تعیین بهترین غلظت سیانوباکتری جهت بهبود حاصل‌خیزی خاک در مرتع (مطالعه موردی: حوزه آبخیز جمع‌آبرود)

محبوبه میرزاحسینی[*1]، محمد جعفری[2]، حسین آذرنیوند[2]، علی طویلی[3]، بهروز زارعی دارکی[4]، یولاندا کانتون کاستیا[5]

۱. نویسنده مسئول، دکتری علوم مرتع، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: m.mirzahosseini@ut.ac.ir

۲. استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳. دانشیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴. دانشیار گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

۵. استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه آلمریا، اسپانیا.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۷/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۴

واژه‌های کلیدی:
پوسته‌های زیستی خاک،
منطقه نیمه استپی،
غلظت بهینه.

چکیده

سابقه و هدف: خاک به‌عنوان یکی از اجزای مهم و اصلی اکوسیستم به‌منظور تولید و رشد در عرصه‌های مرتعی از اهمیت به سزایی برخوردار است. یکی از میکرواورگانیسم‌های زنده در خاک سیانوباکتری‌ها هستند که به‌عنوان نوعی پوسته‌زیستی در مراتع، نقش مهمی در افزایش حاصل‌خیزی خاک ایفا می‌کنند. آن‌ها به دلیل تثبیت ازت و کربن تاثیر به‌سزایی در بهبود باروری خاک دارند. در این تحقیق اثرگذاری غلظت‌های مختلف سیانوباکتری به عنوان یکی از پوسته‌های زیستی خاک و نهایتا تعیین بهترین غلظت در جهت بهینه شدن حاصل‌خیزی خاک در مرتع گلگنگک واقع در حوزه آبخیز جمع‌آبرود بررسی شده است. در سال‌های اخیر استفاده از سیانوباکتری‌ها در مناطق خشک و بیابانی به منظور تثبیت ازت مورد توجه قرار گرفته است ولی در مورد استفاده از غلظت‌های مختلف و تعیین بهترین غلظت در مراتع تحقیق خاصی انجام نشده است، لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تلقیح مستقیم سیانوباکتری با روش اسپری کردن به خاک و بررسی تاثیر آن بر فاکتورهای حاصلخیزکننده خاک و نهایتا تعیین بهترین غلظت از سیانوباکتری جهت اقدامات اصلاحی در مرتع انجام شده است.

مواد و روش‌ها: مرتع مورد مطالعه با نام محلی گلگنگک است که در یکی از مراتع نیمه استپی در حوزه آبخیز جمع‌آبرود قرار دارد، این حوزه یکی از زیرحوزه‌ها در حوزه‌آبخیز بزرگ حبله‌رود می باشد. دراین تحقیق ابتدا با نمونه‌برداری از افق سطحی خاک، واقع در عمق (۲۰-۰cm) سیانوباکتری‌های منطقه جمع‌آوری و در شرایط آزمایشگاه خالص‌سازی شدند. این خالص‌سازی تا حد جنس ادامه یافت و نهایتا ۳ جنس غالب از سیانوباکتری منطقه شناسایی گردیدند که به‌ترتیب الویت عبارتند از: *Osillatoria*، *Phormidium*، *Nostoc* . در مرحله بعد سه غلظت مختلف از سیانوباکتری شامل 10^{12} ، 10^{10} و 10^{8} عدد سلول سیانوباکتری در یک لیتر سوسپانسیون BBM (Bold Basal Medium) تهیه شده و به‌طور مستقیم در عرصه در فصل بهار پاشش گردید. در فواصل زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۱۸۰ روز پس از پاشش مجددا از خاک نمونه‌برداری گردید و فاکتورهای حاصل‌خیزی که شامل (نیتروژن، پتاسیم، کربن آلی و pH) بررسی گردید. به این صورت که پس از تهیه عصاره خاک، واکنش

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

خاک با استفاده از دستگاه pH متر، کربن آلی با روش تیتر کردن، نیتروژن با روش کلدال، پتاسیم با استفاده از استات آمونیوم و شیک کردن اندازه گیری گردید.

نتایج: نتایج نشان داد ارتباط معنی‌داری ($p<0/05$) بین کرت شاهد و کرت‌های تلقیح وجود دارد. نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی به‌ترتیب افزایشی حدود ۲۱/۳، ۵۱/۳ و ۵۱/۳ درصد را در انتهای دوره آزمایش نشان دادند و pH به میزان ۰/۴ کاهش را دارا بود. از آنجا که سیانوباکتری‌ها باعث تثبیت نیتروژن در خاک می‌شوند، بنابراین در حاصل‌خیزی خاک تاثیر به‌سزایی دارند.

نتیجه‌گیری: با بررسی غلظت‌های مختلف سیانوباکتری در زمان‌های مختلف مشخص شد که با پاشش سیانوباکتری در مرتع مزبور فاکتورهای حاصل‌خیزی خاک از جمله نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی افزایش یافت و نهایتا غلظت 10^8 لیتر به عنوان بهترین غلظت جهت بهبود وضعیت خاک از لحاظ حاصل‌خیزی تعیین گردید. به‌طور کلی نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان اولین قدم در بررسی امکان استفاده از روش‌های زیست محیطی موثر و سریع جهت کمک به بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک در مراتع مختلف به ویژه مراتع تخریب یافته محسوب و مورد توجه قرار گیرد. البته نباید فراموش کرد که با توجه به نتایج این تحقیق هر چند پوسته‌های زیستی اعم از خزه، سیانوباکتری، جلبک و گلسنگ می‌توانند باعث بهبود حاصل‌خیزی خاک شود، ولی تعیین غلظت بهینه در هر مرتع جهت اقدامات اصلاحی بسیار مهم بوده و بایستی نسبت دوزهای مورد استفاده در هر شرایط به صورت کاملا علمی و دقیق تعیین و مورد توجه قرار گیرد.

استناد: میرزاحسینی، م.، م. جعفری، ح. آذرنیوند، ع. طویلی، ب. زارعی دارکی، ی. کانتون کاستیا، ۱۴۰۲. تعیین بهترین غلظت سیانوباکتری جهت بهبود حاصل‌خیزی خاک در مرتع (مطالعه موردی : حوزه آبخیز جمع‌آبرود). مرتع، ۱۷(۱): ۳۲-۴۴.

DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

مقدمه

اهمیت خاک به‌عنوان اصلی‌ترین فاکتور محیطی برای تولید و رشد در عرصه‌های مرتعی بر کسی پوشیده نیست (۲۳). بر اساس مطالعات به دلیل افزایش جمعیت، سرانه مصرف خاک هر فرد در دنیا روند کاهشی را دنبال می‌کند. این موضوع در ایران به‌دلیل اینکه هنوز جوامع دام‌دار به مراتع وابسته هستند پررنگ‌تر است (۹ و ۱۰). قطعا تا به امروز اقدامات اصلاحی موفق و مناسبی در جهت افزایش حاصل‌خیزی خاک در مراتع انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به کودپاشی و چاله چوله‌کنی و روش‌های مکمل آبیاری (۱۵)، اشاره نمود اما به‌عنوان روش‌های تکمیلی، استفاده از محصولات جدید ضروری به نظر می‌رسد. یکی از این محصولات که از جنبه اقدامات اصلاحی در جهت ارتقا حاصل‌خیزی خاک کمتر به آن‌ها توجه شده پوسته‌های زیستی هستند. در واقع پوسته‌های زیستی اجتماعی تنگاتنگ بین ذرات خاک و موجودات زنده‌ای از قبیل سیانوباکتری، گلسنگ، خزه، جلبک، باکتری و قارچ در نسبت‌های مختلف هستند (۱، ۲ و ۳). از بین آن‌ها سیانوباکتری جزو جلبک‌های سبز -آبی بوده که به دلیل داشتن کلروفیل a نقش به‌سزایی در حاصل‌خیزی خاک مراتع دارند. توانایی تثبیت نیتروژن و کربن، غلاف چسبنده و قابلیت بالای ترشح پلی‌ساکاریدی از جمله خواص سیانوباکتری‌ها می‌باشند، در نتیجه ضمن تامین منابع - غذایی برای سایر ریزموجودات خاک‌زی و افزایش فعالیت آنها، در چرخه‌های کربن و نیتروژن شرکت دارند (۱۳و ۲۰).

در سال‌های اخیر مطالعاتی در زمینه پوسته‌های زیستی خاک (از جمله گلسنگ، سیانوباکتری‌ها، قارچ، خزه و غیره) و اثرات مختلف آن بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و خارج از کشور انجام شده است. به‌طورمثال کاکه و همکاران (۲۰۱۵) تحقیق را بر روی تاثیر پوسته‌های زیستی بر برخی خصوصیات زیستی خاک‌های لومی در مراتع قره‌قیر استان گلستان انجام دادند. بدین منظور مشخصه‌های خاک مانند کربن، نیتروژن کل، قابلیت هدایت الکتریکی در دو عمق ۰-۵ و ۵-۱۵ سانتی‌متری دو تیمار پوسته‌دار و بدون پوسته در چهار ناحیه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که کربن آلی و نیتروژن کل در هر دو عمق در تیمار پوسته‌دار نسبت به تیمار بدون پوسته به طور معنی‌داری بیشتر است اما قابلیت هدایت الکتریکی در تیمار پوسته‌دار نسبت به تیمار بدون پوسته در هر دو عمق به‌طور معنی‌داری کمتر است (۱۲). عجمی و خرمالی (۲۰۱۱) به منظور بررسی تاثیر پوسته زیستی از نوع گلسنگ بر پایداری خاکدانه‌ها بر روی تپه‌های لسی در شمال استان گلستان تحقیقی را انجام دادند. به همین منظور در دو منطقه پوشیده از گلسنگ و فاقد گلسنگ پنج نمونه خاک از عمق ۰-۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید و برخی فاکتورهای خاک (از جمله: کربن آلی خاک و کربنات کلسیم) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میزان کربن آلی در خاک‌های حاوی گلسنگ به میزان قابل توجهی بیشتر از منطقه فاقد گلسنگ است و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز نزدیک به سه برابر افزایش پیدا کرده است (۲). رال رومان و همکاران (۲۰۱۸) در مورد اثر تلقیح سیانوباکتری بر روی باروری و حاصل‌خیزی خاک‌ها با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت، پژوهشی را انجام دادند. هدف از این تحقیق انتخاب بهترین گونه سیانوباکتری جهت سازگار شدن با شرایط مناطق خشک و بیابانی بود. به همین منظور سه گونه بومی از سیانوباکتری که شامل (*Nostoc commune*، *Scytonema hyalinum* و *Tolypothrix distorta*) را در به‌طور جداگانه در سه منطقه مختلف در جنوب شرقی اسپانیا تلقیح کردند. نتایج نشان داد که خاک‌های تلقیح شده با پوشش سیانوباکتری منجر به بهبود عملکرد خاک تا ۵۰ درصد شده و می‌توانند میزان نیتروژن کل خاک را تا ۴۵ درصد افزایش دهد (۲۱). رونسرو و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی چهار جنس مختلف از خانواده سیانوباکتری در جهت افزایش حاصل‌خیزی خاک پرداختند. در این تحقیق نمونه‌برداری از سیانوباکتری‌های خاکزی در سه سایت از خشک‌ترین مناطق در جنوب شرقی اسپانیا که شامل خاک‌های با بافت مختلف بود انجام شد. هدف از این پژوهش بررسی گونه‌های مختلف سیانوباکتری به‌صورت انفرادی و ترکیبی با یکدیگر در جهت بهبود حاصل‌خیزی خاک بود. نتایج نشان داد گونه‌های مختلف سیانوباکتری و ترکیب آنها با یکدیگر در افزایش حاصل‌خیزی تاثیر به‌سزایی داشته و همچنین در شناخت زیستگاه‌های مهم و معروف در اروپا مانند حوضه دریای مدیترانه نقش اساسی دارد (۲۰). در سال‌های اخیر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

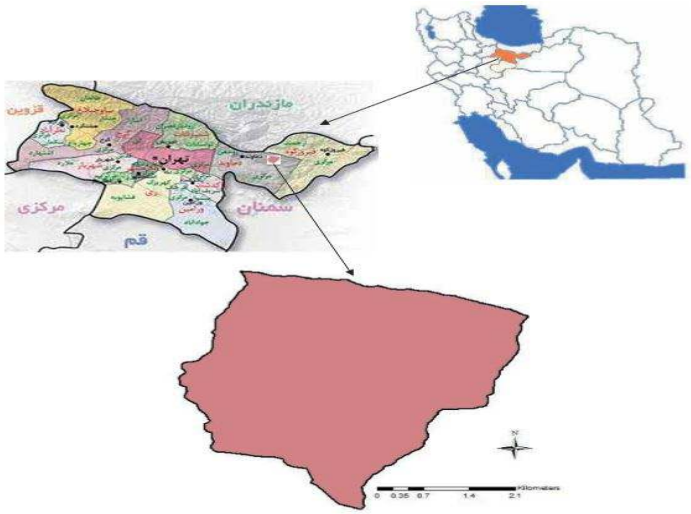
[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

استفاده از سیانوباکتری‌ها در مناطق خشک و بیابانی به منظور تثبیت ازت مورد توجه قرار گرفته است ولی در مورد استفاده از غلظت‌های مختلف و تعیین بهترین غلظت در مراتع تحقیق خاصی انجام نشده است، لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تلقیح مستقیم سیانوباکتری با روش اسپری کردن به خاک و بررسی تاثیر آن بر فاکتورهای حاصلخیز کننده خاک و نهایتا تعیین بهترین غلظت از سیانوباکتری جهت اقدامات اصلاحی در مرتع انجام شده است. در این راستا، استخراج سیانوباکتری‌های موجود در خاک منطقه مورد مطالعه، شناسایی، انتخاب فراوان‌ترین آن‌ها، خالص‌سازی و تکثیرشان در حجم انبوه به منظور پاشش در مرحله بعد، از مراحل اصلی کار خواهد بود. استفاده از این روش به‌صورت اسپری بر سطح خاک با هدف بهبود حاصل‌خیزی خاک می‌تواند دلیلی بر توجیه اجرای پژوهش حاضر باشد (۱۳). بر این اساس، پژوهش حاضر با توجه به امکانات موجود و ضرورت افزایش حاصل‌خیزی خاک، به طور کامل در شرایط صحرایی و در مرتع گلگنگک انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مرتع مورد مطالعه با نام محلی گلگنگک است که در یکی از مراتع نیمه استپی در حوزه آبخیز جمع‌آبرود قرار دارد، این حوزه یکی از زیرحوزه‌ها در حوزه‌آبخیز بزرگ حبله‌رود می باشد. وسعت آن معادل ۲۷ هزار هکتار یا ۲۷۰ کیلومتر مربع بوده و در ۵ کیلومتری شرق شهرستان دماوند واقع شده است. وضعیت مختصات آن در حد فاصل ´۳۲ و °۳۵ تا ´۴۳ و °۳۵ عرض شمالی و ´۰۷ و °۵۲ تا ´۱۶ و °۵۲ طول شرقی قرار گرفته است. شکل (۱) موقعیت حوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت حوزه مورد مطالعه

خاک‌های موجود در منطقه بر اساس تقسیم‌بندی جزء اینسپتی سول‌ها هستند. میانگین حداکثر بارش حدود ۵۸۳ میلی‌متر و حداقل بارش ۲۴۵ میلی‌متر است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده جزو منطقه نیمه‌خشک سرد است. پوشش گیاهی منطقه پراکنده بوده و گونه‌های غالب در این مرتع عبارتند از: *Agropyron desertorum*، *Bromus tomentolus*، *Stachys spp*.

نمونه‌برداری و انتقال خاک

به منظور بررسی اثر سیانوباکتری‌ها و تعیین بهترین غلظت بر روی خصوصیات خاک در این منطقه و با هدف کشت، استخراج، شناسایی، خالص‌سازی و تکثیر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

سیانوباکتری‌ها، نمونه‌برداری از خاک انجام شد. بدین صورت که با توجه به پراکنش مناسب، نقاط نمونه‌برداری با الگوی شبکه‌ای و با در نظر گرفتن وضعیت پراکنش پوشش گیاهی منطقه انجام شد. فاصله گونه‌های غالب منطقه از یکدیگر حدود ۱۰۰ متر از یکدیگر بوده به همین دلیل از ۱۰ نقطه به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر و ۳ نقطه هم از بخش میانی از عمق دو سانتی‌متری سطح خاک (۹ و۱۰) اقدام به نمونه‌برداری خاک گردید.

نمونه‌های برداشت‌شده در کیسه‌های پلی‌اتیلن استریل شده (۱۳) به آزمایشگاه فایکولب دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس منتقل و تا قبل از انجام آزمایش‌ها در دمای چهار درجه‌ی سانتی‌گراد نگه‌داری شدند (۲). سپس در زیر هود استریل شده و به ابعاد کمتر از ۲ میلی‌متر تبدیل گردیدند.

استخراج، خالص‌سازی، شناسایی و تلقیح سیانوباکتری در آزمایشگاه

به منظور استخراج و خالص‌سازی سیانوباکتری‌ها از محیط کشت BBM استفاده شد. این محیط شامل ۱۰ گرم $NaNO_3$، ۳ گرم MgSO4.7H2O، ۱ گرم NaCl، ۳ گرم K2HPO4، ۷ گرم KH2PO4 و ۱ گرم CaCl2.2H2O است که به‌دلیل داشتن مواد مغذی در رشد سیانوباکتری تاثیر به‌سزایی دارد. فرآیند کشت، استخراج و شمارش کلنی‌های آشکارشده سیانوباکتری در ظروف پتری‌دیش و در محیط ژرمیناتور با استفاده از روش‌های استاندارد بنسون انجام گردید (۵ و ۲۷) در نهایت شناسایی سیانوباکتری‌ها بر اساس مشخصات ریخت‌شناسی و بهره‌گیری از متخصصین مربوطه انجام شده و با کمک میکروسکوپ پلاریزان در حد جنس تفکیک و شناسایی شدند. سه جنس غالب از سیانوباکتری به نام‌های *Nostoc* ,*Phormidium* *Osillatoria* و با درصد حضور به‌ترتیب ۳۵، ۲۱ و ۲۰ درصد برای کشت انبوه جهت تلقیح در خاک کاندید شدند. نهایتا ۳ تیمار سیانوباکتری با غلظت‌های 10^{8}، 10^{10}و 10^{12} عدد سلول سیانوباکتری در یک لیتر تهیه شده و جهت تلقیح در عرصه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. شکل ۲ تصویری از آزمایشگاه فایکولب و از مراحل استخراج تا خالص‌سازی سیانوباکتری را نشان می‌دهد.

شکل ۲: نمایی از مراحل کشت (شکل۱)، استخراج (شکل۲)، شناسایی و خالص‌سازی (شکل۳)

تلقیح در سطح کرت‌ها

با شروع فصل رویش، تعداد ۴ عدد کرت استاندارد به ابعاد ۲×۱ متر به‌طور مستقیم در ایستگاهی واقع در مرتع مورد مطالعه مستقر گردیدند، به‌طوری‌که کرت‌ها در کنار یکدیگر قرار گرفته و به وسیله سنگ‌چین از یکدیگر مرزبندی شدند. شکل ۳ نمایی از وضعیت کرت‌ها در عرصه را نشان می‌دهد. وضعیت کرتها جهت تلقیح سیانوباکتری‌ها به صورت زیر تعریف گردید:

کرت شماره ۱: تیمار سیانوباکتری با غلظت 10^{12}

کرت شماره۲: تیمار سیانوباکتری با غلظت 10^{10}

کرت شماره ۳: تیمار سیانوباکتری با غلظت 10^{8}

کرت شماره ۴: تیمار شاهد: بدون تلقیح سیانوباکتری

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

شکل۳: نمایی از کرت‌های تلقیح در عرصه

در تاریخ ۹۷/۲/۱۲ تلقیح سیانوباکتری با روش اسپری انجام شد(۲۷). سپس در فواصل زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۱۸۰روز پس از پاشش نمونه‌برداری مجددا در سه تکرار از سطح خاک (افق A) انجام گرفت. نمونه‌ها در داخل کیسه‌های نایلونی قرار داده شد(۱۳) و به آزمایشگاه خاک‌شناسی در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال یافت. در آزمایشگاه خاک‌شناسی، پس از تهیه عصاره خاک، واکنش خاک با استفاده از دستگاه pH متر، کربن آلی با روش تیتر کردن، نیتروژن با روش کلدال، پتاسیم با استفاده از استات آمونیوم و شیک کردن اندازه‌گیری گردید.

نتایج

در نهایت پس از اندازه‌گیری پارامترهای خاک که شامل pH، پتاسیم، کربن آلی، نیتروژن، بانک اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Excel2010 برای تجزیه و تحلیل تشکیل شد. نتایج با استفاده از آزمون Anova یک‌طرفه در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی و در محیط نرم‌افزار S.A.S تحلیل شدند. درمدل توزیع داده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. در صورت معنی‌داری تفاوت بین تیمارها، از آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین‌های تیمارها بهره برده شد.

جدول (۱)، گونه‌های غالب سیانوباکتری که در منطقه مورد مطالعه شناسایی شده‌اند را نشان می‌دهد. جدول (۲)، نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح غلظت‌های مختلف سیانوباکتری بر خصوصیات خاک نشان می‌دهد.

جدول ۱: گونه‌های سیانوباکتری تشکیل‌دهنده در منطقه مورد مطالعه، خانواده و در صد ترکیب آن

شماره	نام گونه	خانواده	درصد ظهور
۱	*Osillatoria.* sp	Cyanoprocaryota	۳۵
۲	*Phormidium.*sp	Cyanoprocaryota	۲۱
۳	*Nostoc*. sp	Cyanoprocaryota	۲۰
۴	*Anabaena*. sp	Cyanoprocaryota	۸
۵	*Spirulina*.sp	Cyanoprocaryota	۷
۶	*Synechocystis*.sp	Cyanoprocaryota	۹

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس تاثیر سطوح غلظت‌های مختلف سیانوباکتری برخصوصیات خاک

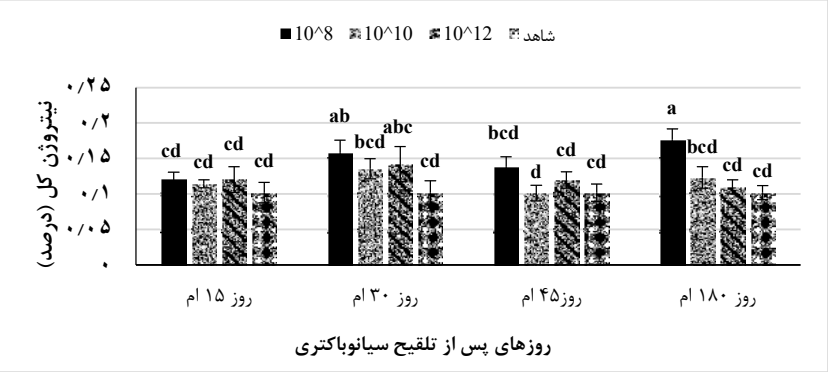
صفت	سطح معنی داری (sig)	F-Value	Df	R-Square
واکنش خاک	۰/۰۲۱۰*	۲/۵۸	۱۲	۰/۵۴۳۳
پتاسیم	<۰/۰۰۰۱*	۱۸/۰۳	۱۲	۰/۸۹۲۷
کربن آلی	۰/۰۰۰۹*	۴/۲۸	۱۲	۰/۶۶۳۷
نیتروژن	<۰/۰۰۰۱*	۶/۱۱	۱۲	۰/۷۳۸۱

*معنی داری در سطح ۰/۰۵

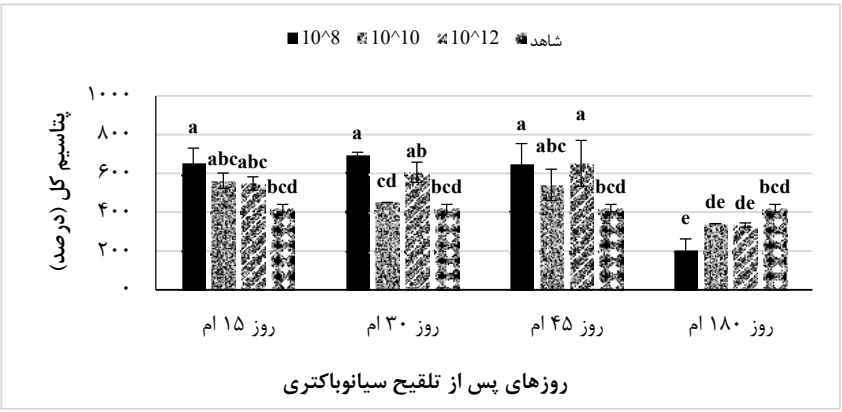
ns عدم معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۵

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

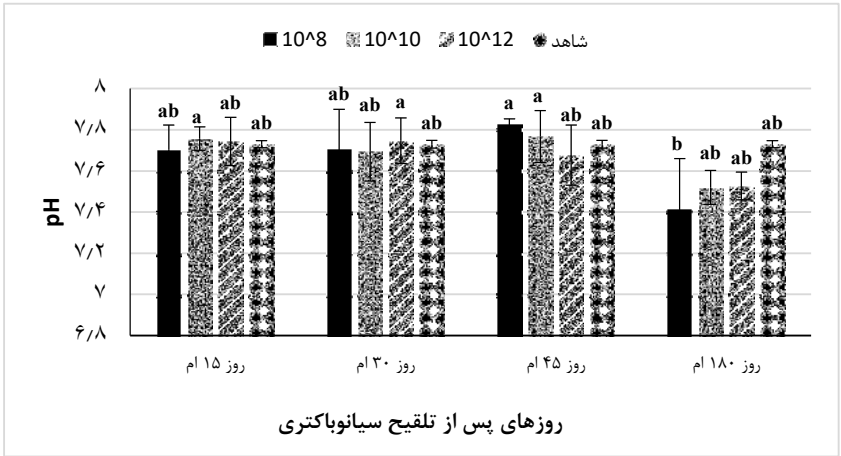
[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]



شکل ۴: نمودار مقایسه‌ای درصد نیتروژن اندازه‌گیری شده در کرت‌های با تیمارهای مطالعاتی



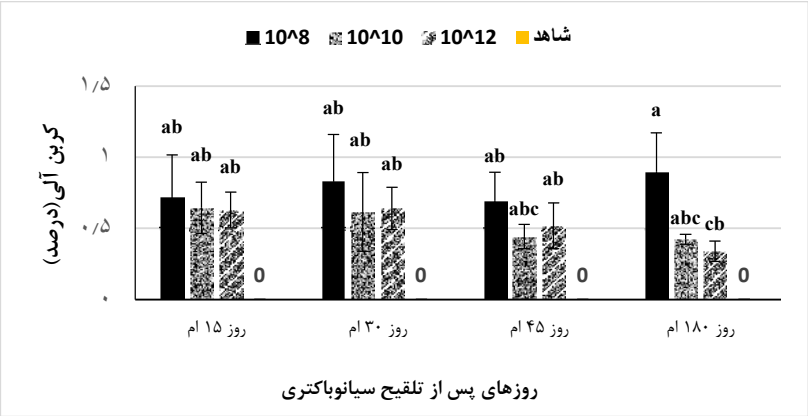
شکل ۵: نمودار مقایسه‌ای درصدپتاسیم اندازه‌گیری شده در کرت‌های با تیمارهای مطالعاتی



شکل ۶: نمودار مقایسه‌ای pH اندازه‌گیری شده در کرت‌های با تیمارهای مطالعاتی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]



شکل ۷: نمودار مقایسه‌ای درصد کربن آلی اندازه‌گیری شده در کرت‌های با تیمارهای مطالعاتی

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که جدول (۱) نشان می‌دهد، جنس‌های سیانوباکتری استخراج شده و شناسایی شده به همراه درصد حضور آن‌ها در منطقه مورد مطالعه به عنوان رکوردی جدید در حوزه مورد مطالعه است که تاکنون در این منطقه شناسایی نشده بودند.

نتایج حاصل از شکل‌های (۴-۷) نشان می‌دهد که غلظت‌های مختلف از سیانوباکتری بر روی فاکتورهای حاصل‌خیزی اثر معنی‌دار دارند.

همانطور که شکل (۴) نشان می‌دهد این معنی‌دار بودن در همان روز ۱۵ام پس از پاشش کاملا مشهود است و به تدریج در روزهای بعدی نیز بیشتر شده به طوری‌که در ۱۸۰ روز پس از پاشش به بیشترین میزان خود رسیده است. در مورد وضعیت غلظت‌های مختلف نیز با توجه به نمودار غلظت 10^8 در تمامی زمان‌های پاشش بیشترین اثر گذاری را روی نیتروژن داشته است.

درمورد وضعیت نیتروژن نتایج حاکی از آن بود که در تیمارهای مطالعاتی و در ۱۶ مرتبه اندازه‌گیری نیتروژن از خاک سطحی در ۴ نوبت زمانی (یعنی در ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۱۸۰ روز پس از پاشش)، مقادیر درصد نیتروژن در تیمار شاهد ثابت بوده، اما بین تیمار شاهد (یعنی تیمار بدون سیانوباکتری) با سایر تیمارها (سیانوباکتری در غلظت‌های مختلف) اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که میانگین مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در زمان‌های مختلف در تیمار شاهد و تیمارهای با غلظت‌های 10^8، 10^{10} و 10^{12} به‌ترتیب ۰/۱۱۹، ۰/۱۶۲، ۰/۱۳۵ و ۰/۱۵۸ درصد در یک گرم خاک بود. بنابراین در تمامی تیمارها میزان نیتروژن نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۶، ۱۶و ۲۲ درصد افزایش را نشان داده و تیمار سیانوباکتری با غلظت 10^8 بهترین عملکرد را در افزایش حاصل‌خیزی خاک به جهت تثبیت نیتروژن را دارا است. در تحقیقات پیشین استفاده هم‌زمان از سیانوباکتری، باکتری و ماده مغذی B4 به منظور افزایش تثبیت نیتروژن توسط خیرفام و همکاران (۲۰۱۷) به اثبات رسیده است و نتایج آن‌ها نشان داد که بعد از گذشت ۳۲ روز از زمان تلقیح، میزان نیتروژن به صورت معنی‌دار افزایش داشته است اما پس از گذشت ۶۰ روز از زمان تلقیح میزان نیتروژن در کرت‌های تلقیح نسبت به تیمار شاهد به بیشترین حد خود رسید که این مقدار حدود ۲۷ درصد را داشته که موید این کار پژوهشی نیز بوده است. همچنین نتایج خیرفام نشان داد که استفاده تلفیقی از میکروارگانیسم‌ها باعث هم‌افزایی اثر تثبیت می‌شود (۱۳). طویلی (۲۰۰۵)، چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) نیز به نتایج مشابهی در زمینه استفاده از پوسته‌های بیولوژیکی خاک و به‌خصوص سیانوباکتری در جهت افزایش تثبیت نیتروژن دست یافتند (۵ و ۲۴). در این راستا، نتایج وانگ و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد میزان تثبیت نیتروژن در ۱۸ روز پس از پاشش سیانوباکتری نسبت به شرایط بدون تلقیح، معنی‌دار بوده ولی بیشترین میزان آن یکسال پس از پاشش است (۲۵). نتایج نیشا و همکاران (۲۰۰۷) نیز حاکی از افزایش ۱۵ درصدی تثبیت نیتروژن پس از تلقیح سیانوباکتری‌ها به

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

خاک بوده و بیشترین میزان تثبیت در روز ۴۵ام گزارش شده است (۱۹). از آنجا که سیانوباکتری‌ها باعث تثبیت نیتروژن در خاک می‌شوند، بنابراین در حاصل‌خیزی خاک تاثیر به‌سزایی دارند. ولی اینکه چه غلظتی از سیانوباکتری می‌تواند بهترین بازدهی را در بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک داشته باشد تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است و لذا این اثر پژوهشی را می‌توان به‌عنوان اولین اثر تحقیقی در این زمینه نام برد. در مورد پتاسیم و با توجه به شکل (۵) نتیجه می‌شود که تفاوت معنی داری بین کرت شاهد و کرت تیمار وجود دارد. اثرگذاری سیانوباکتری با غلظت 10^8 در این سه بازه زمانی نامبرده از همه غلظت‌ها بیشتر بوده است ولی در روز ۱۸۰ام ناگهان افت شدیدی در میزان پتاسیم در تمامی غلظت‌ها مشاهده می‌شود تا حدی که غلظت 10^8 که در تمامی روزهای رکوردگیری بیشترین میزان را داشته، ناگهان در روز ۱۸۰ام به کمترین میزان ممکنه حتی نسبت به بقیه روزها و غلظت‌ها رسید. میزان افزایش پتاسیم در 10^8، 10^{10} و 10^{12} به‌ترتیب عبارتند از: ۹۸، ۸۷ و ۸۴ درصد نسبت به تیمار شاهد است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت پتاسیم نیز مانند نیتروژن که از آنها به عنوان فاکتور اساسی در حاصل‌خیزی خاک یاد می‌شوند، توانسته بلافاصله پس از پاشش یعنی در روز ۱۵ام در شرایط با غلظت 10^8 به بهبود خاک کمک کنند (۲۴)، با این تفاوت که پتاسیم در روز ۱۸۰ام نتوانست این قاعده را حفظ نماید، احتمال می‌رود به دلیل اینکه روز ۱۸۰ام پس از پاشش، در آبان‌ماه و در زمان بارش‌های پاییزی انجام گرفت، منجر به شسته شدن پتاسیم از خاک توسط بارش باشد. در حالی که فاکتور نیتروژن در روز ۱۸۰ام در بیشترین حد خود باقی مانده است. احتمال می‌رود میزان پایداری نیتروژن در خاک حتی در روز ۱۸۰ام به‌دلیل وجود آنزیم‌های مبدل کننده نیتروژن جو به خاک (نیتروژناز) ارتباط داشته باشد که می‌تواند در بارش‌های پاییزی نیز در خاک ماندگار مانده و دوام بیاورد.

هدر روی پتاسیم از خاک توسط دردی‌پور (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. وی بیان می‌کند دو عامل مهم در هدر روی پتاسیم از خاک عبارتند از: آبشویی و فرسایش خاک (۶). کریمی و همکاران (۲۰۱۳) میرزایی ورویی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در تجربه‌ای مشابه به هدر روی پتاسیم از خاک در اثر بارش اشاره نمودند و بیان کردند که در اثر آبشویی میزان پتاسیم در سطح خاک به شدت کاهش یافته و به اعماق خاک انتقال می‌یابد. همچنین اذعان نمودند که شوری خاک به عنوان عاملی محرک در آبشویی بیشتر پتاسیم از سطح خاک به شمار می‌رود (۱۱ و ۱۴).

اما در مورد pH با توجه به شکل (۶) در طول زمان میزان pH در تمامی غلظت‌ها کاسته شده است و به عبارتی خاک اسیدی شده است. این کاهش pH در روز ۱۸۰ام نسبت به زمان‌های دیگر بیشتر بوده است. در خاک‌های واجد سیانوباکتری با غلظت‌های مختلف به‌دلیل فعالیت میکروبی بیشتر به خاطر حضور پوسته زیستی، فعالیت‌های متابولیسمی و از جمله تنفس تحت تاثیر پوسته‌ها بیشتر بوده و منجر به تولید دی اکسید کربن بیشتر می‌شود که در ترکیب با آب تولید اسید کربنیک، بیکربنات و H^+ می‌کند (۱۲)، پس منطقی است که در طول زمان به دلیل ادامه‌دار بودن فعالیت میکروبی ریزموجودات میزان اسیدی بودن خاک بیشتر از سایر زمان‌ها باشد. میرالس و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کردند که خاک بایر در مقایسه با خاک حاوی پوسته‌های سیانوباکتری از نظر وضعیت pH به این صورت است که خاک بدون پوسته، واجد pH ۸/۱۵، و خاک با حضور سیانوباکتری حاوی pH ۷/۶۸ و ۸/۱۲ است که بیانگر کاهش pH در حضور و توسعه پوسته‌های زیستی است (۱۶).

با توجه به شکل (۷) وضعیت کربن آلی در طول زمان و در غلظت‌های مختلف نتیجه می‌شود که به‌دلیل اینکه درکرت شاهد هیچ کربنی وجود نداشت و به عبارتی کربن آلی خاک در تیمار شاهد صفر گزارش شد، لذا پاشش سیانوباکتری در منطقه به دلیل غنی‌سازی خاک حوزه از کربن آلی باعث شده تا شرایط خاک کاملا متحول شده و حاصل‌خیزی خاک را کاملا بهینه نماید. نتایج حاصل از افزایش کربن در خاک به دلیل پاشش سیانوباکتری کاملا رضایت بخش بوده و موئد این مساله است که می‌توان با کمک پوسته‌های بیولوژیک خاک مقدار عناصر مورد نیاز و ضروری خاک را به طور مطلوب فراهم نمود. میزان افزایش کربن آلی در خاک در غلظت 10^8 بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و در روز ۱۸۰ام پس از پاشش به اوج خود رسیده است. سطح معنی‌داری در مورد کربن ($P=۰/۰۰۰۹$) است. میزان افزایش کربن در کرت‌های آزمایش با

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

غلظت‌های در 10^{8}، 10^{10} و 10^{12} به‌ترتیب عبارتند از: ۷۸، ۲۳ و ۵۳ درصد نسبت به کرت شاهد است. کاکه و همکاران (۲۰۱۵) تثبیت کربن آلی در خاک‌های با پوسته زیستی نسبت به خاک لخت را گزارش نمودند (۱۲). سو و همکاران (۲۰۱۱) نیز به تاثیر پوسته‌های بیولوژیکی خاک از جمله خزه و گلسنگ در افزایش کربن آلی خاک اشاره نمودند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۲۲). رونسرو و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی سه گونه مختلف از سیانوباکتری در جهت افزایش نیتروژن و کربن در سه منطقه مختلف در جنوب شرقی اسپانیا پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که سیانوباکتری نقش بسیار مهمی در افزایش کربن و نیتروژن در خاک را بازی می‌کند (۲۰). طویلی (۲۰۰۵) گزارش داد که خاک‌های واجد پوسته زیستی از نوع خزه و گلسنگ واجد کربن آلی بیشتری نسبت به خاک‌های بدون این نوع پوسته زیستی هستند (۲۴). نهایتا با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش غلظت 10^{8} در تمامی زمان‌های اندازه‌گیری شده به عنوان غلظت پیشرو بوده و بنابراین به عنوان غلظت بهینه جهت اقدامات اصلاحی در مرتع مزبور معرفی می‌گردد. همچنین تلقیح سیانوباکتری در مراتع به عنوان یک روش جایگزین و ترکیب دوست‌دار محیط زیست در مقایسه با روش‌های غیرزیستی مانند سولفات مس است (۱۸).

به‌طور کلی نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان اولین قدم در بررسی امکان استفاده از روش‌های زیست محیطی موثر و سریع جهت کمک به بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک در مراتع مختلف به ویژه مراتع تخریب یافته محسوب و مورد توجه قرار گیرد. البته نباید فراموش کرد که با توجه به نتایج این تحقیق هر چند پوسته‌های زیستی اعم از خزه، سیانوباکتری، جلبک و گلسنگ می‌توانند باعث بهبود حاصل‌خیزی خاک شود (۱) ولی تعیین غلظت بهینه در هر مرتع جهت اقدامات اصلاحی بسیار مهم بوده و بایستی نسبت دوزهای مورد استفاده در هر شرایط به صورت کاملا علمی و دقیق تعیین و مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگذاری

بدینوسیله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، بابت حمایت مالی از این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ۹۶۰۰۹۱۶۹ قدردانی می‌شود.

References

1. Ahmadian, N., M. Abedi & M. Sohrab, 2017. The effect of lichen in germination on *Bromus tectorum LT. Melica ciliate LT. stipa caucasica SchmalhT Taeniatherum capput- medusa* (L.) *Nevski*. Journal of Rangeland, 12(2): 223-231. (In Persian)
2. Ajmi, M & F. Kharmali., 2011. The role of lichen cover in conservation of loss soil in north of Golestan province by physical chemical and micromorphology. Journal of science and technology of agriculture and natural resource. Journal of Soil and Water, 15(75): 1-16. (In Persian)
3. Bahig, A. E., E.A. Aly, A.A. Khaled & K.A. Amel, 2008. Isolation, characterization and application of bacterial population from agricultural soil at Sohag Province, Egypt. Journal of Malaysian of Microbiology, 4(2): 42-50.
4. Barger, V., J.W. Peltier & Don. E. Schultz, 2016. Social media and consumer engagement: A review and research agenda. Journal of Research in Interactive Marketing, 10(4): 268-287.
5. Chamizo, S., M. Gianmarco, R. Federco, C. Giacomo & D.P. Robert, 2018. Cyanobacteria inoculation improves soil stability and fertility on different textured soils: gaining insights for applicability in soil restoration. Journal of Nvironmental Science, 49(6): 1-14.
6. Dordi Pur, E. S. Baghbani & M. Barani Motlagh, 2012. Effect of Wastewater Association on Chemical Forms of Copper in a Calcareous Soil Treated with Wastewater Sludge and Copper Absorption by Wheat. The first of national conference medical and agriculture plant. 11p. (In Persian).
7. Esmaeli Dastjerdi pour, A., M.H. Farbour & M. Sar Cheshmeh pour, 2013. Resistance to penetration and micromorfology biological crusts of applied two cyanobacteria spaces together. Journal of Agriculture Engineering, 36(2): 17-35. (In Persian)
8. Hawkes, C.V, 2003. Soil microorganisms, plants in danger of extinction and the conservation of Florida Scrub. Journal of Ecosystem., 12(2):1-6.
9. Jafary, M., A. Tavili, G.H. Zehtabian, G.H. Heshmati, H. Azarnivand, 2006. Investigation if effect biological crusts in some soil particle, Case study: Qara Qir rangeland- North of Agh ghala. Journal of Desert,11(1): 43-53. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

10. Jafari, M., A. Tavil, G.H. Zehtabian, A. Heshmati & H. Azarnivand, 2007. Biological soil crust influence on some soil hydrologic properties case study: Qara Qir rangeland north of Aqh Qala. Journal of Desert, 11(1): 43-53. (In Persian)
11. Karimi, R. A. Norasteh & J. Sarmad, 2015. Investigation of antibacterial and anti funga action of cyanobacteria *Anabaena* sp separate from lake of Gilan proince. Journal of Aquatic Physiology and Biotechnology, 3(3): 99-110. (In Persian)
12. Kakeh, J., M. Gorji., A.A. Pourbabaii., A. Tavili & M. Sohrabi, 2015. Investigation of effect of biocrustes in some of soil biology factors (case study: Qara qir rabgland). Journal of Water & Soil, 29(6): 1533-1541. (In Persian)
13. Kheirfam, H., S.H.R. Sadeghi, B. Zarei Darki & M. Homaee, 2017. Controlling rainfall-induced soil less from small experimental plots through inoculation of bacteria and cyanobacteria. Journal of Catena, 152: 40-46.
14. Mirzaii varouii, M. M. fekri, & M. Abadi, 2014. Effect of some salts in potassium solving in soil column. Journal of soil and sustainable development management, 4(2): 25-47. (In Persian)
15. Moghimi Nezhad, F., M. Jafary, S. Zare, Y. Ghasemi Arian & R. Dehghan, 2019. Effect of irrigation and absorbent supplements on soil properties under *Atriplex canescenc.* Journal of Rangeland, 3(3): 376-386. (In Persian)
16. Miralles, I., Y. Cantón & A. Solé-Benet, 2011. Two-dimensional porosity of crusted silty soils: indicators of soil quality in semiarid rangelands. Journal of Soil Science Society of America, 75(1): 1289-1301.
17. Munaz-Rojas, A., A. Chilton, G.S. Liyanage, T.E. Erickson, D.J. Merritt, B.A. Neila & M.K.J. Ooi, 2018. Effect of indigenous soil cyanobacteria on seed germination and seedling growth of arid species used in restoration. Journal of Plant & Soil, 429(1-2): 91-100.
18. Nezhad Habib Vash. F., M. Daneshgar & I. Sadeghi, 2017. The effect of CuSo4 in germination parameter and anatomic structure of the vegetative organs. Journal of Rangeland, 11(3): 389-404. (In Persian)
19. Nisha, R. Kaushik, A & Kaushik, C. P, 2007. Effect of indigenous cyanobacterial application on structural stability and productivity of an organically poor semi- arid soil. Journal of Geoderma., 138(1):49-56.
20. Roncero- Ramos, B., J.R. Roman, C. Gomez- Serrano, Y. Canton, & F.G. Acien, 2019. Production of a biocrust- cyanobactria strain (*Nostoc* commune) for large- scale restoration of dryland soils. Journal of Applied Phycology., 7(e6169):1-27.
21. Roman, J. R., B. Roncero- Ramos. S. Chamizo. E. Rodriguez- Caballero &Y. Canton, 2018. Restoring soil functions by means of cyanobacteria inoculation: Importance of soil condition and species selection. Journal of Land Degrad dev,10(1002): Special issue.1-10.
22. Su, Y.g., X. Zhao, A.X. Li, X.R. Li & G. Huang, 2011. Nitrogen fixation in biological soil crusts from the Tengger desert, northern China. Journal of European Soil Biology, 47(182-7):24-69.
23. Saberi, M., H. Nik Nahad, G.R. Heshmati, H. Barani & A.R. Shahriari, 2017. Investigation of morphologic caracters and effect of different treatment on germination in seeds of Citrullus colocynthis in two of riginal in Sistan & Balouchestan. Journal of Rangeland, 11(3):353-364. (In Persian)
24. Tavili, A., 2005. Study of some moss and lichen species effects on range soil and plants properties, case study: Qara Qir ranges. Golestan province, Iran. Ph.D thesis, Natural resource Faculty, University of Tehran, (In Persian).
25. Wang, W. B., Y.D. Liu, D.H. Li, C.X. Hua, &B.Q. Rao, 2009. Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area. Journal of Soil Biology and Biochemistry, 41: 926-929.
26. Zamfir, M., 2007. Effects of bryophytes and lichens on seedling emergence of wooden plants: evidence from greenhouse experiments. Journal of Oikos, 88(3): 603–611.
27. Zarei Darki, B., 2011. Alga of aquatic ecosystems of Iran, Payam alavi publications. 303p. (In Persian

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.3.2]