



تلقیح سیانوباکترها در مقیاس صحرایی برای مهار رواناب

حسین خیرفام^{۱*}، سیدحمیدرضا صادقی^۲، بهروز زارعی دارکی^۳

۱ و *-نویسنده مسئول، استادیار، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری- حفاظت آب و خاک، گروه علوم محیط زیست، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه، (h.kheirfam@urmia.ac.ir)

۲-استاد، دکتری مهندسی حفاظت آب و خاک، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، (sadeghi@modares.ac.ir)

۳-استادیار، دکتری زیست‌شناسی، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، (zareidarki@modares.ac.ir)

چکیده

تلقیح سطحی سیانوباکترها روی خاک از جمله راه‌کارهای نوین و زیستی مدیریت روانابها بوده که اخیراً عملکرد آن در مقیاس آزمایشگاهی تأیید شده است. از این‌رو، در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تلقیح سیانوباکترها در مقیاس صحرایی در کاهش رواناب سطحی ناشی از رگبارهای طبیعی، سیانوباکترهای بومی (*Oscillatoria sp.* و *Nostoc sp.*) استخراج و تکثیر شده روی خاک کرت‌های ۲۲/۱ در ۱/۸۳ متری مستقر روی دامنه‌های تخریب‌شده تلقیح سطحی شد. سپس مقادیر رواناب سطحی کرت‌ها طی هفت رگبار مختلف اندازه‌گیری و تحلیل شد. یافته‌ها نشان داد که حجم رواناب سطحی در کرت‌های شاهد و طی رگبارهای مختلف بین ۱۳/۳۳ تا ۹۵ لیتر متغیر بوده که با تلقیح سیانوباکترها، میزان حجم رواناب سطحی به‌صورت معنی‌دار ($p < 0.05$) و بین ۲۵ تا ۵۷ درصد کاهش یافت. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، گام نوینی در راستای احیای سریع اراضی تخریب شده و مدیریت رفتار روانابها از طریق تلقیح گسترده سیانوباکترها در مقیاس بزرگ برداشته شده است.

واژگان کلیدی: افزودنی‌های زیستی خاک، پلات‌های فرسایش، تخریب اراضی، تلقیح ریزموجودات، تولید رواناب.

۱- مقدمه

تولید سریع و حجیم رواناب از نمایه‌های اصلی تخریب زمین بوده که با هدررفت منابع آب (اثرات درون منطقه‌ای) و خسارت‌های ناشی از تولید رسوب و سیلاب (اثرات برون منطقه‌ای) امنیت غذایی و معیشت پایدار جوامع را تهدید می‌کند (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷ الف). در این میان، میزان متوسط سالانه فرسایش ناشی از سلاب‌ها در ایران بین هفت تا ۷۰ تن در هکتار گزارش شده که باعث هدررفت سالانه بیش از دو میلیارد تن خاک و ۳۲ میلیارد دلار خسارت مالی به کشور شده (Sadeghi، ۲۰۱۷) که مدیریت و مهار آن از طریق بهبود ویژگی‌های خاک ضروری می‌باشد. هم‌راستا با انجام اقدامات مدیریتی، کاربرد تثبیت‌کننده‌ها و افزودنی‌های خاک، اخیراً امکان کاربرد فن‌آوری‌های هم‌راستا با رویکرد بوم‌سازگانی هم‌چون تلقیح سیانوباکترها در بهبود ویژگی‌های کیفی خاک (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷ الف؛ Adessi و همکاران، ۲۰۱۸؛ Muñoz-Rojas



14th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and Integrated Management of Water and Soil Resources

و همکاران، ۲۰۱۸)، کاهش تولید رسوب ناشی از رواناب‌های سطحی (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷؛ Mugnai و همکاران، ۲۰۱۸) و مدیریت رفتار رواناب سطحی (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۷) در شرایط آزمایشگاهی بررسی و تأیید شده است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که افزایش جمعیت سیانوباکترها در خاک از طریق تلقیح سطحی باعث افزایش ترشحات پلی‌ساکاریدی شده که این پلی‌ساکاریدها ضمن تأمین منابع غذایی برای سایر ریزموجودات خاک‌زی و افزایش فعالیت آن‌ها، باعث چسبندگی خاک‌دانه‌ها و ساختارهای ریز خاک به یکدیگر و تشکیل ذرات و بزرگ ساختارهایی از خاک می‌شود (Dorioz و همکاران، ۱۹۹۳). فرآیند مذکور ضمن افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها و افزایش آستانه فرسایش‌پذیری خاک (Strauss و همکاران، ۲۰۱۲)، ریزشکاف‌های عمودی در سطح خاک را به‌وجود آورده که باعث افزایش نفوذپذیری در خاک و کاهش حجم رواناب سطحی و تنش برشی ناشی از آن می‌شود (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۷). از سویی دیگر سیانوباکترها تمایل زیادی به اتصال در اطراف خاک‌دانه‌ها داشته و از آنجایی که توانایی تکثیر و تشکیل کلونی را داشته و با گسترش ابعادی کلونی‌ها، زنجیره‌های بهم متصلی را ایجاد می‌نمایند. زنجیره‌های تشکیل و گسترش یافته نیز خاک‌دانه‌های اطراف خود را با خاصیت چسبندگی خود بهم متصل کرده و خاک‌دانه‌ها پایداری قابل توجهی در اثر برخورد قطرات باران یا تنش برشی رواناب سطحی خواهند داشت (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷). افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها و کاهش فرسایش پاشمانی، منجر به کاهش سلبندی در سطح خاک و در نتیجه بهبود نفوذپذیری خاک می‌شود. هم‌چنین در این راستا، علاوه بر عملکرد مناسب، پایداری سیانوباکترها در محیط خاک با گذشت زمان عملکرد آن‌ها کاهش نمی‌یابد. باین‌حال یقیناً عملکرد سیانوباکترهای تلقیح شده به خاک در شرایط آزمایشگاهی متفاوت از شرایط طبیعی خواهد بود. لذا بررسی قابلیت سیانوباکترهای بومی در شرایط طبیعی با هدف دستیابی به نتایج واقعی‌تر اجتناب‌ناپذیر است. بر همین اساس از آنجایی که امکان‌سنجی تلقیح سیانوباکترهای بومی بر بهبود ویژگی‌های مؤثر خاک در افزایش نفوذپذیری در شرایط آزمایشگاهی مورد تأیید قرار گرفته و نحوه عملکرد آن‌ها در کاهش تولید رواناب سطحی ارزیابی و تبیین شده است، لذا به‌منظور اجرایی کردن فن‌آوری مذکور در مهار تولید رواناب سطحی در مقیاس منطقه‌ای و بزرگ‌تر، انجام آزمایش‌های مشابه در مقیاس صحرایی برای آگاهی از میزان استقرار و عملکرد در شرایط طبیعی ضروری می‌باشد. در نهایت ضرورت به بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین و زیستی در کاهش حداکثری هدررفت آب در کنار پایداری محیط‌زیست، پژوهش حاضر به‌منظور دستیابی به اهداف مطروحه در شرایط صحرایی و با بارش‌های طبیعی مدنظر قرار گرفته است.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

یک دامنه با شیب حدود ۲۵ درصد از دیم‌زارهای رها شده و خاک در حال تخریب بالادست سد نوروزلو واقع در زیرحوزه آبخیز زرینه‌رود (یکی از زیرحوزه‌های آبخیز بزرگ دریاچه ارومیه) در حد واسط طول جغرافیایی $35^{\circ} 40'$ تا $37^{\circ} 28'$ شرقی و عرض $45^{\circ} 45'$ تا $47^{\circ} 23'$ شمالی انتخاب شد. متوسط بارندگی سالانه محدوده مطالعاتی ۲۵۴ میلی‌متر و سهم بارش‌ها در فصول زمستان، پاییز، بهار و تابستان به ترتیب ۳۲/۰۶، ۲۹/۹۹ و ۲/۶۸ درصد از کل بارش‌ها و دمای حداقل، متوسط و حداکثر سالانه نیز به ترتیب ۶/۹-، ۱۱/۴ و ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

14th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and Integrated Management of Water and Soil Resources

۲-۱- روش پژوهش

۲-۲-۱- نمونه برداری و استخراج، تکثیر و انتخاب سیانوباکترها

نمونه برداری به صورت تصادفی از خاک منطقه مورد مطالعه از عمق صفر تا دو سانتی متری به منظور کشت، استخراج، شناسایی، خالص سازی و تکثیر سیانوباکترهای خاک انجام شد. سپس با استفاده از محیط کشت عمومی Chu10 (Andersen, 2005) استخراج شده و سیانوباکترهای موجود در خاک بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی ذکر شده در راهنمای باکتری‌شناسی Bergey شناسایی شدند (Garrity و همکاران، 2001). از بین سیانوباکترهای شناسایی شده، جنس‌های *Nostoc* sp. و *Oscillatoria* sp. به سبب تشکیل ترکیب جمعیتی غالب در خاک، قابلیت بالا در ترشحات پلی ساکاریدی و اتصال ذرات خاک از طریق توسعه شبکه‌ای انتخاب شدند (Kheirfam و همکاران، 2017 الف و ب). در نهایت به منظور تلقیح سیانوباکترهای انتخاب شده در سطح کرت‌ها، اقدام به تکثیر سیانوباکترها به تعداد 10^{10} سلول ($2/10^7$ گرم) در لیتر شد.

۲-۲-۲- آماده سازی کرت‌های آزمایش و فرآیند تلقیح

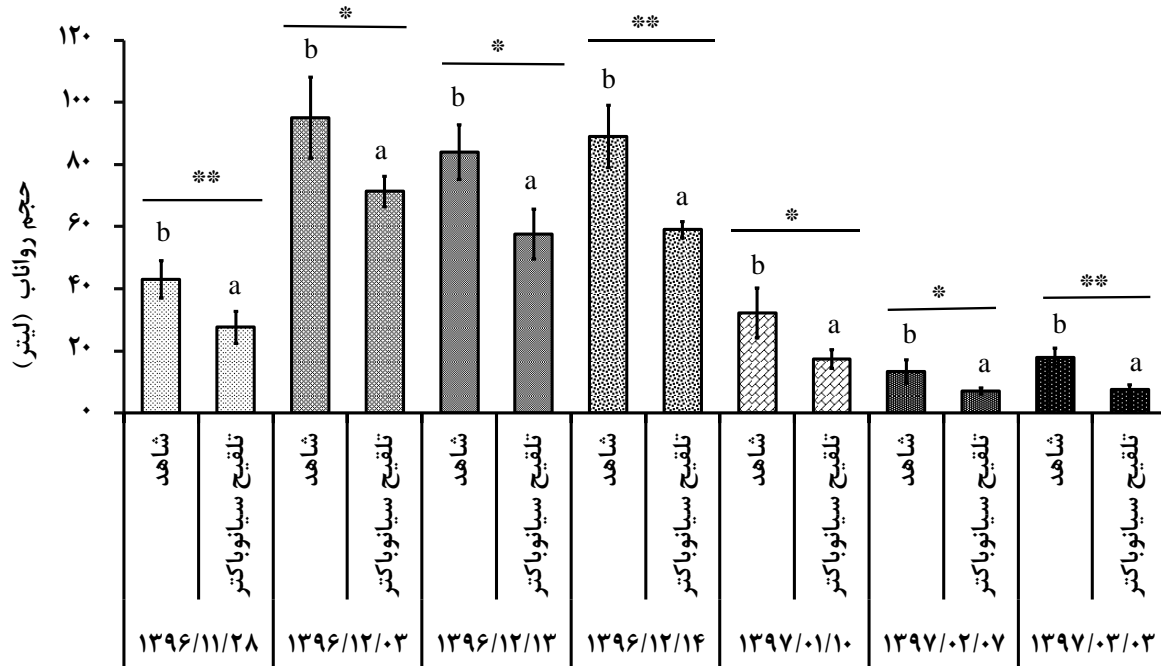
در این پژوهش، کرت‌های صحرایی استاندارد مدل جهانی تلفات خاک با ابعاد $1/83$ (عرض) در $22/1$ (طول) متر روی دامنه مستقر شده و لوله‌هایی برای هدایت رواناب جمع‌آوری شده به بشکه‌های مستقر در انتهای کرت‌ها نیز تعبیه شد (Yoshimura و همکاران، 2015). پس از آماده سازی کرت‌ها، سیانوباکترهای تکثیر شده با وزن زی‌توده $2/10^7$ گرم بر لیتر تهیه (Kheirfam و همکاران، 2017 الف) و در پنجم دی‌ماه ۱۳۹۶، با استفاده از آب‌فشان‌های استاندارد (سم‌پاش پشتی) به مقدار $0/5$ لیتر در هر مترمربع روی سطح کرت‌های مستقر اسپری (Wang و همکاران، 2009) شد. به منظور تعیین مؤلفه‌های بارندگی رخ داده در منطقه، منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی ایستگاه باران‌نگاری سد نوروزلو و مطابق با هر بارش رخ داده در منطقه، تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Sadeghi و همکاران، 2013 الف). در نهایت پس از اجرای تمام آزمایش‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی و مقایسه میانگین‌های مؤلفه‌های مورد بررسی بین تیمار شاهد و تلقیح سیانوباکتر با استفاده از آزمون t غیرجفتی و مقایسه رفتار مؤلفه‌ها در زمان‌های متفاوت در داخل هر تیمار با آزمون t جفتی انجام شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج نشان داد که از مجموع ۴۶ رخداد بارشی ثبت شده در منطقه از اوایل دی ماه ۱۳۹۶ تا اواخر خرداد ۱۳۹۷، هفت مورد از آن‌ها (به ترتیب از رگبار اول تا هفتم با شدت‌های حداکثر ۳۰ دقیقه‌ای ۳۰، ۲۷/۶۰، ۱۰۰/۰۲، ۳۵/۱۰، ۸۲/۸۰، ۱۳/۸۰ و ۴۰/۲۰ میلی‌متر بر ساعت و مدت‌های ۶۶۰، ۷۱۰، ۱۰، ۲۰، ۲۷۰، ۷۰ و ۱۷۰ دقیقه) منجر به تولید رواناب سطحی شدند. نتایج اندازه‌گیری و ثبت شده حجم رواناب در هر یک از رگبارهای مؤثر برای هر یک از تیمارهای شاهد و تلقیحی و همچنین تحلیل‌های آماری بین تیمارهای شاهد و تلقیح سیانوباکتر در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد (شکل ۱) که رگبارهای ۲۸ بهمن ۱۳۹۶ (رگبار اول)، سوم، ۱۳ و ۱۴ اسفند ۱۳۹۶ (رگبارهای دوم، سوم و چهارم)، ۱۰ فروردین ۱۳۹۷ (رگبار پنجم)، هفتم اردیبهشت ۱۳۹۷ (رگبار ششم) و سوم خرداد ۱۳۹۷ (رگبار هفتم) منجر به تولید رواناب سطحی و به ترتیب با حجم ۹۵، ۸۴، ۸۹، ۳۲/۳۳، ۱۳/۳۳ و ۱۸ لیتر در تیمار شاهد (بدون تلقیح) شد. در حالی که میزان حجم رواناب در رگبارهای یادشده (رگبار اول تا هفتم) به ترتیب ۲۷/۶۷، ۷۱/۳۳، ۵۷/۶۷، ۵۹، ۱۷/۳۳، ۷ و ۷/۶۷ اندازه‌گیری شد. از این‌رو، سیانوباکترهای

14th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and Integrated Management of Water and Soil Resources

تلقیح شده حجم رواناب را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب از رگبار اول تا هفتم ۳۵، ۲۵، ۳۱، ۳۳، ۴۶، ۴۷ و ۵۷ درصد کاهش داد.



تاریخ رگبار و تیمارهای تلقیحی

شکل (۱) مقایسه میانگین حجم رواناب اندازه گیری شده در کرت های شاهد و تلقیح سیانوباکتر ناشی از رگبارهای مؤثر در تولید رواناب (در هر یک از رخ دادهای رگباری، حروف غیرمشابه حاکی از وجود تفاوت معنی دار ($p < 0.05$) و علامت های * و ** به ترتیب حاکی از سطح معنی داری یک و پنج درصد در تولید رواناب سطحی بین تیمار شاهد و تلقیح سیانوباکتر می باشد).

تحلیل یافته ها نشان داد که سیانوباکترها توانایی بسیار بالایی در جذب آب توسط دیواره های سلولی داشته و قابلیت ارتجاعی بودن دیواره ی سلولی آن ها امکان حفظ و ذخیره آب در سلول های سیانوباکترها را تا چندین برابر افزایش داده است (Rossi و همکاران، ۲۰۱۵). هم چنین سیانوباکترهای سطوح خاک دانه ها را پوشانده و از طریق ترشحات پلی ساکارییدی ضمن چسبیدن به اطراف ذرات ریز خاک، از طریق رشد شبکه ای مجموعه ای از ذرات ریز خاک را به صورت زنجیره ای بهم متصل می کنند (Issa و همکاران، ۲۰۰۷). گسترش ابعادی سیانوباکترها پس از تلقیح و تشکیل یک ساختار شبکه ای مستحکم منجر به اتصال قوی تر ذرات ریز خاک به هم شده و افزایش مقاومت خاک دانه ها در مقابل جدایش از طریق پاشمان قطرات باران و کاهش سله بندی سطحی را در پی دارد (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷). نهایتاً، گسترش ابعادی سیانوباکترها و اتصال شبکه های زنجیروار به یکدیگر باعث ایجاد کانال های متخلخل در سطوح چند سانتی متری خاک می شوند (Belnap و همکاران، ۲۰۱۳). چنین فرآیندی افزایش تخلخل و تهویه ی خاک را به دنبال داشته (Miralles و همکاران، ۲۰۱۱) که در کنار قابلیت های ذکر شده در بالا، سیانوباکترها باعث شدند تا کمترین میزان آب باران به واسطه جذب و ذخیره مستقیم توسط سیانوباکترها و نفوذ به سبب افزایش تخلخل، به صورت رواناب سطحی از کرت ها خارج شده که موافق با نتایج Belnap و



14th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and Integrated Management of Water and Soil Resources

همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد. در این راستا نتایج Powell و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که سیانوباکترها ۱۲ تا ۲۰ برابر وزن خشک خود توانایی جذب آب را دارند. افزایش نفوذپذیری آب باران شبیه‌سازی شده در پوسته‌های زیستی احیاء شده از طریق تلقیح سیانوباکترها توسط Sadeghi و همکاران (۲۰۱۷) نیز تأیید شده است. هم‌چنین سلول‌ها و رشته‌های سیانوباکترها در اوایل شروع بارش، با جذب آب در درون سلول‌های خود و افزایش حجم یک لایه حفاظتی نازک روی سطح خاک تشکیل داده که به‌عنوان یک حائل بین ذرات خاک و ضربات قطرات باران عمل کرده که موجب کاهش فرسایش پاشمانی و در نتیجه سله‌بندی سطحی می‌شوند و از این طریق مانع از کاهش نفوذپذیری خاک می‌شوند (Kheirfam و همکاران، ۲۰۱۷).

۴- نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان داد که تلقیح سیانوباکترها در مقیاس صحرایی نیز همانند مقیاس آزمایشگاهی قابلیت بهبود ویژگی‌های خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری و کاهش رواناب سطحی را دارند. به‌نظر می‌رسد سیانوباکترها با چسبیدن به اطراف ذرات خاک با استفاده از قابلیت چسبناکی دیواره‌های سلولی خود و اتصال ذرات ریز خاک به هم و ایجاد لایه‌های محافظ پلی‌ساکاریدی در سطح خاک منجر به کاهش تخریب خاک‌دانه‌ها توسط قطرات باران (پاشمان) و کاهش سله‌بندی سطح خاک و افزایش نفوذپذیری خاک شدند. هم‌چنین ایجاد ریزکانال‌های سطحی و جذب سلولی آب توسط سیانوباکترها از عوامل اصلی کاهش حجم رواناب بود. لذا بر اساس یافته‌های پژوهش مذکور، کاربرد سیانوباکترها ابزاری کاملاً زیستی و مؤثر بوده که امکان کاربرد وسیع آن در اهداف حفاظت از منابع خاک و آب در مقیاس حوزه آبخیز وجود دارد.

منابع مورد استفاده

1. Adessi, A., de Carvalho, R.C., De Philippis, R., Branquinho, C., da Silva, J.M., 2018. Microbial extracellular polymeric substances improve water retention in dryland biological soil crusts. *Soil Biology and Biochemistry*, 116: 67-69.
2. Andersen, R.A. 2005. *Algal culturing techniques*, Elsevier Academic Press, London, 578 p.
3. Belnap, J., Wilcox, B.P., Van Scoyoc, M.W., Phillips, S.L., 2013. Successional stage of biological soil crusts: an accurate indicator of ecohydrological condition. *Ecohydrology*, 6(3): 474-482.
4. Dorioz, J.M., Robert, M., Chenu, C., 1993. The role of roots, fungi and bacteria on clay particle organization: An experimental approach. *Geoderma*, 56: 179-194.
5. Garrity, G.M., Boone, D.R., Castenholz, R.W., 2001. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. (2nd ed.). New York, USA. 1: 173 p. Harvey, R. A. 2007. *Microbiology*. Lippincott Williams & Wilkins, 395 p.
6. Issa, O.M., Défarge, C., Le Bissonnais, Y., Marin, B., Duval, O., Bruand, A., Luigi D'Acqui, P., Nordenberg, S., Annerman, M., 2007. Effects of the inoculation of cyanobacteria on the microstructure and the structural stability of a tropical soil. *Plant and Soil*, 290(1-2): 209-219.
7. Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., Homaei, M., Zarei Darki, B., 2017a. Quality improvement of an erosion-prone soil through microbial enrichment. *Soil and Tillage Research*, 165: 230-238.
8. Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., Zarei Darki, B., Homaei, M., 2017b. Controlling rainfall-induced soil loss from small experimental containers through inoculation of bacteria and cyanobacteria. *Catena*, 152: 40-46.
9. Miralles, I., Cantón, Y., Solé-Benet, A., 2011. Two-dimensional porosity of crusted silty soils: indicators of soil quality in semiarid rangelands? *Soil Science Society of America Journal*, 75: 1289-1301.
10. Mugnai, G., Rossi, F., Felde, V.J.M.N.L., Colesie, C., Büdel, B., Peth, S., Kaplan, A., De Philippis, R., 2017. Development of the polysaccharidic matrix in biocrusts induced by a cyanobacterium inoculated in sand microcosms. *Biology and Fertility of Soils*, 1-14.
11. Muñoz-Rojas, M., Román, J.R., Roncero-Ramos, B., Erickson, T.E., Merritt, D.J., Aguila-Carricondo, P., Cantón, Y., 2018. Cyanobacteria inoculation enhances carbon sequestration in soil substrates used in dryland restoration. *Science of the Total Environment*, 636: 1149-1154.



12. Powell, J.T., Chatziefthimiou, A.D., Banack, S.A., Cox, P.A., Metcalf, J.S., 2015. Desert crust microorganisms, their environment, and human health. *Journal of Arid Environments*, 112: 127-133.
13. Rossi, F., Olgun, E.J., Diels, L., De Philippis, R., 2015. Microbial fixation of CO₂ in water bodies and in drylands to combat climate change, soil loss and desertification. *New Biotechnology*, 32(1): 109-120.
14. Sadeghi, S.H.R. 2017. Soil Erosion in Iran: State of the Art, Tendency and Solutions." *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 63(3): 33-37.
15. Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., Homaeae, M., Zarei Darki, B., Vafakhah, M., 2017. Improving runoff behavior resulting from direct inoculation of soil micro-organisms. *Soil and Tillage Research*, 171: 35-41.
16. Sadeghi, S.H.R., Seghaleh, M.B., Rangavar, A.S., 2013. Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. *Catena*, 102: 55-61.
17. Strauss, S.L., Day, T.A., Garcia-Pichel, F., 2012. Nitrogen cycling in desert biological soil crusts across biogeographic regions in the Southwestern United States. *Biogeochemistry*, 108: 171-182.
18. Wang, W.B., Liu, Y.D., Li, D.H., Hua, C.X., Rao, B.Q., 2009. Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 926-929.
19. Yoshimura, K., Onda, Y., Kato, H., 2015. Evaluation of radiocaesium wash-off by soil erosion from various land uses using USLE plots. *Journal of Environmental Radioactivity*, 139: 362-369.

Field inoculation of cyanobacteria to control runoff

Abstract

Inoculation of cyanobacteria on the soil surface is one of the novel and biotechniques in managing runoff yield, which has been recently confirmed in laboratory scale. Therefore, in this study, we assessed the effect of field inoculation of cyanobacteria on a degraded hill-slope on controlling natural rainfall-induced surface runoff. A mixed of two cyanobacteria species of *Nostoc sp.* and *Oscillatoria sp.* was inoculated on the 22.1×1.83 m-sized plots located on the degraded hill-slopes. During 7 erosive rainfalls, the surface runoff from plots were measured and analyzed. The results showed that, for all storms, the collected runoff from un-inoculated plots were 13.33 to 95 l, while cyanobacteria decreased runoff by 25 to 57% compared to those of control. Our field-plot soil inoculation under uncontrolled conditions, as a pioneering act, had promising results for large-scale using cyanobacteria to rapid restore degraded lands and manage runoff behavior.

Keywords: Bio-amendments; Erosion plots; Land degradation; Microbial inoculation; Runoff yield.