Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

An Overview of Amendments Used in Soil and Water Conservation in Iran

Seyed Hamidreza Sadeghi[*1], Sudabe Gharemahmudli[2]

1. Corresponding Author, Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: sadeghi@modares.ac.ir
2. Ph.D. Graduate in Watershed Management Sciences and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: gharemahmudlisudabe@yahoo.com

Article Info

Article type:
Review Paper

Article history:
Received: 05.24.2022
Revised: 06.07.2022
Accepted: 06.20.2022

Keywords:
Soil conservation,
Soil cover,
Soil erosion,
Soil modifiers,
Soil stabilizers

ABSTRACT

Background and Objectives: Soil erosion is a kind of land degradation that is one of the world's environmental issues. One of the most common causes of land degradation is soil erosion. Various additives and amendments are being employed in order to safeguard the country's water and land. As a result, understanding diverse soil additives and their roles in the conservation of soil and water resources, as well as complete watershed management, is critical. As a result, the purpose of this study was to provide comprehensive information on the background and recent studies on the use of organic, inorganic, and biological soil additives, as well as to evaluate various effects and determine their performance and application in erosion control and soil and water conservation.

Materials and Methods: All studies and research on the application of amendments in soil and water conservation in different conditions on various components of soil erosion and conservation in Iran were documented in databases and extracted from journal articles, conferences, executive reports, and related research, and theses and dissertations were investigated. The relevant 75 documents were then chronologically evaluated, analyzed, and summarized in order to assess the usage of various amendments in many areas, including the kind of amendments, the scope of use, the experimental setting, and the research variables. The necessary conclusions were ultimately drawn qualitatively.

Results: The use of soil stabilizers and amendments such as organic, inorganic, and biological elements to enhance the erodibility threshold and prevent soil water erosion has been widely documented based on the findings of this study. According to research findings, the performance of amendments varied depending on the kind, manner of application, scale, and soil type. In addition, the findings on the usage of amendments revealed that various additions are used and work well in soil and water conservation. However, adopting any of the customary changes has been noted as a considerable difficulty due to economic, environmental, health, administrative, functional, and technical restrictions. The use of biologically and ecologically friendly alternatives to boost the efficiency of the conditions for balancing and stabilizing the soil environment has been stressed due to the aforementioned constraints for the use of amendments.

Conclusion: Because of the widespread use of amendments, the feasibility of using environmentally friendly amendments, and emphasizing waste

management in the primary industry through additional studies and research, there is a need for proper and appropriate measures that are naturally environmentally friendly in the long term. Nevertheless, additional research on the application of various amendments resulting from the direct or modified use of significant industrial wastes with respect to various aspects of environmental, economic, ecological, and even aesthetic and at different scales is necessary to summarize and develop appropriate executive instructions.

Cite this article: Sadeghi, Seyed Hamidreza, Gharemahmudli, Sudabe. 2022. An Overview of Amendments Used in Soil and Water Conservation in Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29 (1), 1-30.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2022.20253.3559
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۰۶۹-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۲۷۹۴-۲۳۲۲

مروری بر افزودنی‌های مورداستفاده در حفاظت خاک و آب در ایران

سیّدحمیدرضا صادقی*[۱]، سودابه قره‌محمودلی[۲]

۱. نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
رایانامه: sadeghi@modares.ac.ir

۲. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: gharemahmudlisudabe@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۰۱/۰۳/۰۳
تاریخ ویرایش: ۰۱/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۰۱/۰۳/۳۰

واژه‌های کلیدی:
اصلاح‌گرهای خاک،
تثبیت‌کننده‌های خاک،
حفاظت خاک،
خاک‌پوش‌ها،
فرسایش خاک

چکیده

سابقه و هدف: تخریب سرزمین به شکل فرسایش خاک یکی از مشکلات محیطی در جهان و ایران است. فرسایش خاک یکی از فرآیندهای اصلی است که منجر به تخریب سرزمین می‌شود. امروزه مواد افزودنی و اصلاح‌گرهای متنوعی با هدف حفظ خاک و آب در کشور مورداستفاده قرارگرفته است. بنابراین آگاهی از انواع افزودنی‌های خاک و عملکرد آن‌ها در حفاظت منابع خاک و آب و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ضروری است. بر همین اساس پژوهش حاضر باهدف ارائه اطلاعات جامع از پیشینه و جدیدترین مطالعات انجام‌شده در خصوص استفاده از افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی خاک و ارزیابی اثرات مختلف و تعیین عملکرد و کاربرد آن‌ها در حفاظت خاک و آب انجام شده است.

مواد و روش‌ها: بررسی کاربرد افزودنی‌ها در حفاظت خاک و آب در شرایط مختلف بر مؤلفه‌های مختلف فرسایش و حفاظت خاک توسط پژوهش‌گران مختلف در کشور با استفاده از بازنگری و مرور همه مطالعات و پژوهش‌های مستند شده در پایگاه‌های اطلاعاتی و مستخرج از مقالات مجله‌ای، همایش‌ها، گزارش‌های اجرایی و پژوهشی و رساله‌ها و پایان‌نامه‌های مرتبط انجام‌شده است. سپس بازخوانی، تحلیل و جمع‌بندی‌های لازم ۷۵ مستند برای ارزیابی کاربرد افزودنی‌های مختلف در جنبه‌های مختلف با لحاظ نوع افزودنی، دامنه استفاده، محیط آزمایش، متغیر مطالعاتی و گستره کاربرد به‌صورت تاریخی صورت گرفته است. سپس جمع‌بندی نهایی کیفی از نتایج صورت گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج پژوهش حاضر، استفاده از تثبیت‌کننده‌ها و افزودنی‌های خاک مانند مواد آلی، غیرآلی و زیستی به‌منظور افزایش حد آستانه فرسایش‌پذیری و کاهش فرسایش آبی خاک به‌خوبی مورداستفاده قرار گرفته است. یافته‌های حاصل از پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که عملکرد افزودنی‌ها ازنظر نوع، نحوه کاربرد، مقیاس مورداستفاده و نوع خاک متفاوت

بوده‌اند. هم‌چنین یافته‌های به‌دست‌آمده در خصوص کاربرد افزودنی‌ها دلالت بر استفاده و عملکرد مؤثر انواع افزودنی‌ها در حفاظت خاک و آب داشته است. بااین‌حال محدودیت‌های اقتصادی، محیط‌زیستی، بهداشتی، اجرایی، عملکردی و فنی، به‌عنوان چالش‌های اساسی در کاربرد هر یک از افزودنی‌های مرسوم معرفی شده‌اند. با توجه به محدودیت‌های برشمرده برای به‌کارگیری تثبیت‌کننده‌ها، استفاده از جایگزین‌های زیستی و دوستدار محیط‌زیست برای افزایش اثربخشی زمینه‌سازی شرایط ایجاد تعادل و پایداری محیط‌زیست خاک مورد تأکید قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به استفاده گسترده از انواع افزودنی‌ها، امکان‌سنجی کاربرد افزودنی‌های دوستدار محیط‌زیست و با تأکید بر مدیریت پسماندهای صنایع مادر از طریق انجام مطالعات و پژوهش‌های تکمیلی در ضرورت تدبیر مناسب و متناسب و طبعاً سازگار با محیط‌زیست در طولانی‌مدت را ایجاب می‌کند. باوجوداین، انجام پژوهش‌های تکمیلی در زمینه کاربرد افزودنی‌های مختلف حاصل از استفاده مستقیم و یا تغییرشکل‌یافته پسماندهای صنایع مهم با رعایت جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی، اقتصادی، بوم‌شناختی و حتی زیبایی‌شناختی و در مقیاس‌های مختلف برای جمع‌بندی لازم و هم‌چنین تدوین دستورالعمل‌های اجرایی مناسب، ضروری است.

استناد: صادقی، سیّدحمیدرضا، قره‌محمودلی، سودابه (۱۴۰۱). مروری بر افزودنی‌های مورداستفاده در حفاظت خاک و آب در ایران. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۹ (۱)، ۳۰-۱.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.20253.3559

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

خاک یک عنصر حیاتی زیست‌کره (زمین) و یک منبع بسیار ارزشمند، که به‌عنوان واسطه رشد گیاهان و اساس کشاورزی است (۱). انسان‌ها به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم ۹۵ درصد غذای خود را از خاک تهیه می‌کنند (۲). خاک به دلایل زیادی، عنصر و پایه اساسی برای توسعه انسانی است زیرا خدمات مختلف بوم‌سازگان و موردنیاز انسان را فراهم می‌کند (۳). تخریب سرزمین یک تهدید جهانی است که بر عملکرد بوم‌سازگان و ظرفیت آن‌ها برای ارائه خدمات بوم‌سازگان تأثیر منفی می‌گذارد (٤). تخریب سرزمین به دلیل بهره‌برداری بیش‌ازحد از زمین منجر به تسریع فرسایش خاک تا حدود ۳٦ میلیارد تن بر سال در جهان شده است (۵، ٦ و ۷). فرسایش خاک فرآیندی است که در اثر نیروهای اصلی جریان مثل آب یا باد باعث برداشت فیزیکی خاک و سنگ از یک محل و سپس حمل آن به محل دیگری می‌شود (۸) و منجر به هدررفت مواد آلی و مواد مغذی در دسترس از لایه سطحی حاصلخیز خاک می‌شود (۹). هرساله حدود ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های زیرکشت در جهان به دلیل فرسایش از دسترس خارج می‌شود (۱۰ و ۱۱). به‌هرتقدیر از دست دادن خاک و آب عامل مهمی است که منجر به عدم تعادل بوم‌سازگان و تخریب محیط‌زیست می‌شود، که ممکن است به‌نوبه خود تأثیر شدیدی بر توسعه اجتماعی و اقتصادی داشته باشد و باعث ایجاد یک واکنش زنجیره‌ای نظام‌مند شود (۱۲). مباحث مربوط به فرسایش خاک به‌عنوان یکی از بحث‌های مهم در مدیریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست، منابع آب و طبعاً مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مطرح است (۱۳ و ١٤).

ایران در بخش خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و آن را به‌عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در برابر تغییرات اقلیمی و فرسایشی تبدیل کرده است (١٤). در حال حاضر ایران یکی از کشورهایی است که با جدی‌ترین وضعیت فرسایش خاک در جهان مواجه است. ارقام متفاوتی از ۰/۸ تا حتی ۷ میلیارد تن در هرسال برای میزان فرسایش خاک در ایران ارائه‌شده است که طی دهه‌های گذشته به‌تدریج افزایش‌یافته است (١٤ و ١٦). ازاین‌رو مهار و مدیریت فرسایش خاک به‌ویژه در مراحل اولیه آن در مدیریت منابع طبیعی اهمیت زیادی دارد (۱۷). با توجه به هزینه‌های بالای مهار فرسایش خاک، انتخاب دقیق فن‌آوری‌های عملی و کارا پیش‌نیاز مدیریت پایدار زمین است (۱۸). بنابراین راه‌کارهای مدیریتی مستقیم و غیرمستقیم متعددی به‌منظور کاهش میزان و اثرات سوء فرسایش از اولین مراحل شروع تا رسوب‌گذاری ارائه و اجراشده است. امّا تجربه‌های علمی و عملی بیانگر آن است که اتخاذ اقدامات مدیریتی و مهار در اولین گام‌های تأثیر عوامل فرساینده، مؤثرترین اقدام حفاظتی است (۱۹). در همین راستا در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیباتی اصلاح‌کننده و بهبودبخش کیفیت خاک و هم‌چنین کاهنده فرسایش‌پذیری خاک موردبررسی دقیق‌تری قرارگرفته است (۲۰ و ۲۱). بااین‌حال افزایش اصطکاک بین‌ذره‌ای، پیوستگی و نیروهای برهم‌چسبی ذرات خاک سطحی (۲۲) از طریق اقدامات مدیریتی و حفاظتی در سطح دامنه‌ها امکان تثبیت خاک و خاکدانه‌های سطحی و درنتیجه کاهش هدررفت خاک و آب را فراهم آورده است. در همین راستا اتخاذ اقدامات حفاظتی برای کاهش فرسایش خاک ازجمله افزودنی‌ها[1] و تثبیت‌کننده‌های خاک[2] (خاک‌پوش) به‌دلیل ویژگی‌های خاص آن و ایجاد خواص شیمیایی پایدار به‌عنوان یک فناوری نوین و پایدار برای اصلاح خاک به‌طور فزاینده‌ای موردتوجه پژوهشگران در سراسر جهان و به‌ویژه کشور ایران قرارگرفته است.

افزودنی‌های خاک سازگار با محیط عمدتاً برای بهبود پایداری خاکدانه‌ها، افزایش نفوذ، و کاهش رواناب و هدررفت خاک استفاده می‌شود (۱۷، ۲۳، ٢٤، ۲۵، ٢٦ و ۲۷). آن‌ها بیش‌تر در سطوح خارجی خاکدانه‌ها جذب می‌شود (۲۸) و ذرات خاک را به هم

1- Amendments
2- Soil Stabilizers

متصل می‌کنند (۲۹). برای افزایش مقاومت خاک در مقابل فرسایش باید به ویژگی‌های مکانیکی و شیمیایی خاک توجه داشت، این فرآیند باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش پاشمانی قطرات باران و جدا شدن توسط رواناب می‌شود (۳۰ و ۳۱)، بنابراین مقدار نفوذ را افزایش می‌دهد درحالی‌که رواناب و هدررفت خاک کاهش می‌یابد (۳۲، ۳۳ و ۳٤). هم‌چنین با استفاده از مواد افزودنی، شرایط برای انباشت و فعالیت فلزات سنگین کاهش‌یافته و از ورود آن‌ها به زنجیره غذایی جلوگیری می‌کنند (۳۵ و ۳٦).

در این راستا در کشور اصلاح‌گر و افزودنی‌های مختلفی ازجمله کمپوست آلی، پوشش گیاهی و باقی‌مانده محصولات زراعی (۳۰، ۳۷، ۳۸، ۳۹ و ٤۰)، زغال‌های زیستی حاصل از مواد مختلف[1] (٤۱، ٤۲، ٤۳ و ٤٤) خاک‌پوش‌های نفتی و زغال‌سنگ (۲۳)، انواع پلیمرهای نفتی و زیست‌تخریب‌پذیر[2] (۲۱ و ٤۵)، اصلاح‌کننده‌های زیستی مانند ریزموجودات خاکزی (۳٤، ٤۵، ٤٦، ٤۷، ٤۸، ٤۹، ۵۰ و ۵۱)، ورمی‌کمپوست، نانوذرات سیلیکا، ویناس (۳۳)، کاه و کلش برنج (۵۲، ۵۳ و ۵٤)، افزودنی نرمه ضایعاتی (۵۵)، کود دامی (۳۱، ٤۰ و ۵٦) و لجن فاضلاب‌ها و پسماندهای شهری (٤۳) در مقیاس‌ها و شرایط مختلف باهدف بهبود ویژگی‌های خاک در طیف گسترده‌ای از شرایط اقلیمی و درنتیجه کاهش هدررفت خاک و مدیریت رواناب سطحی مورداستفاده قرارگرفته است. درعین‌حال بررسی تفصیلی و موشکافانه مطالعات و تلاش‌های ارزشمند انجام‌شده باهدف تبیین خطی مشی سیاست‌های پژوهشی، مدیریتی و اجرایی لازم و ترسیم نقشه راه حفاظت از منابع ارزشمند خاک و آب کشور صورت نپذیرفته است. ازاین‌رو پژوهش حاضر باهدف ارائه اطلاعات تکمیلی و جامع از پیشینه‌های پژوهشی انجام‌شده در خصوص استفاده از انواع افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی خاک و ارزیابی اثرات مختلف و تعیین عملکرد و کاربرد آن‌ها در حفاظت خاک و آب انجام‌شده است. بنابراین یافته‌های این مطالعه بستر مناسبی را برای تعیین رویکردهای حفاظت از خاک و آب با استفاده از افزودنی‌های مختلف خاک فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

در سال‌های اخیر بررسی تأثیر افزودنی‌ها و اصلاح‌گرها بر مؤلفه‌های مختلف پایداری و تثبیت خاکدانه‌ها نظر بسیاری از پژوهش‌گران را جلب کرده است. مروری بر مطالعات انجام‌گرفته در خصوص افزودنی‌های مورداستفاده در حفاظت خاک و آب در کشور به موضوعات مرتبط با فرسایش خاک و تولید رسوب و کاربرد روش‌های نوین در کاهش اثرات آن پرداخته‌شده است. در همین راستا مطالعات و پیشینه‌های بسیار زیاد و ناظر به اهداف مختلف به‌صورت فیزیکی و یا موتورهای جستجو موردبررسی قرار گرفت. سپس مطالعه و تحلیل ۷۵ پیشینه پژوهشی انجام‌شده در حوزه حفاظت خاک و آب در سراسر کشور از سال ۱۳۸٤ تا ۱٤۰۰ صورت گرفت. بر اساس اطلاعات موجود در پیشینه‌های پژوهشی جزئیات مربوط به نوع افزودنی مورداستفاده، متغیر موردمطالعه، هدف، مقیاس کار آزمایشی، نوع خاک و نتیجه آن مورد ارزیابی قرار گرفت. ارائه نتایج نیز اساساً با توجه به نوع اصلی افزودنی مورداستفاده و ایجاد همگونی و هم‌نوایی حداکثری در پژوهش‌های انجام‌شده در قالب جدول و سپس جمع‌بندی‌های مربوطه صورت گرفته است.

نتایج و بحث

تاکنون پژوهش‌های مختلفی مبتنی بر کاربرد انواع افزودنی‌های خاک مدنظر قرارگرفته است. خلاصه‌ای از نتایج بررسی ۷۵ مقاله استفاده‌شده از افزودنی‌های آلی، غیرآلی، زیستی و کاربرد ترکیبی آن‌ها در حفاظت خاک و آب به ترتیب مستندات فارسی و سپس انگلیسی و درعین‌حال از قدیم به جدید در جدول‌های ۱ تا ٤ آورده شده است.

1- Biochars
2- Biodegradable

جدول ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های آلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Table 1. Review of studies conducted on the use of organic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱	صادقی و همکاران (۵۷)	شرایط آزمایشگاهی	کاه و کلش برنج	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب سطحی و هدررفت خاک	لومی رسی شنی	اثر تیمارها در دو شدت ۵۰ و ۹۰ $mm\ h^{-1}$ بر کاهش حجم رواناب به ترتیب ۹۰ و ۹۶٪ در مقایسه با کرت شاهد بود و مقدار هدررفت خاک در هر دو شدت کاملاً متفاوت گزارش‌شده است.
۲	شریفی مقدم و همکاران (۵۴)	شرایط آزمایشگاهی	پسماند آلی ویناس	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	مؤلفه‌های رواناب و رسوب	لومی رسی شنی	کاربرد سطح پایین ویناس به ترتیب باعث افزایش ۱۵۱ و ۱۵۴٪ رواناب و هدررفت خاک در شدت ۵۰ $mm\ h^{-1}$ و افزایش ۶۴ و ۲۰۰٪ متغیرهای بررسی‌شده در شدت ۹۰ $mm\ h^{-1}$ در مقایسه با تیمار شاهد شده است و در سطح بالای ویناس، رواناب و هدررفت خاک به ترتیب ۷۹ و ۳۰٪ در شدت اول و هم‌چنین ۶۰ و ۵۸٪ در شدت دوم افزایش گزارش‌شده است.
۳	جمیلی و همکاران (۵۸)	شرایط آزمایشگاهی	ویناس و پالایه کیک (ضایعات نیشکر)	کرت ۵ × ۴۳ × ۱۰۵ (cm)	تثبیت شن‌های روان	رسی	اختلاف معنی‌دار (سطح ۱٪) در میزان نگهداشت آب در لایه سطحی بین تیمارها در مکش‌های مختلف وجود داشت. ولی در همه مکش‌ها میزان نگهداشت آب لایه سطحی تیمار ۲۵۰ g ویناس تفاوت معنی‌داری با شن بستر نداشت و با افزایش مقدار ویناس میزان نگهداشت آب لایه سطحی کاهش و میزان مقاومت خاک افزایش یافت.
۴	کاویان و همکاران (۵۹)	شرایط آزمایشگاهی	کاه گندم	کرت ۰/۵ (m^2)	تغییرات زمان شروع و ضریب رواناب	شنی لومی	دو شدت ۵۰ و ۱۰۰ $mm\ h^{-1}$ تیمار حفاظتی توانست زمان شروع و ضریب رواناب را به ترتیب افزایش و کاهش دهد و پوشش ۹۰٪ بیش‌ترین در زمان شروع رواناب و کاهش ضریب رواناب داشت.
۵	کاویان و همکاران (۶۰)	شرایط آزمایشگاهی	بقایای گیاه مرتعی	کرت ۲ × ۱ × ۰/۲ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لومی سیلتی	درصد پوشش‌های مختلف (۳۰ و ۷۰٪) برای اندازه چهار سانتی‌متر نشان داد که بین پوشش‌های مختلف در این اندازه در سطح اطمینان ۹۵٪ در حجم رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب رواناب اختلاف معنی‌دار وجود دارد.
۶	صادقی و همکاران (۱۹)	شرایط آزمایشگاهی	پسماند کارخانه‌های صنایع لبنی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	هدررفت خاک	سیلتی لومی رسی	بیش‌ترین میزان فرسایش خاک در تیمار شاهد رخ‌داده است به‌طوری‌که میزان غلظت رسوب و فرسایش خاک در کل بازه زمانی و در دو شدت ۵۰ و ۹۰ $mm\ h^{-1}$ نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) داشت.

ادامه جدول ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های آلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 1. Review of studies conducted on the use of organic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۷	قویمی‌پناه و همکاران (٤٢)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی حاصل از پسماند کارخانه‌های لبنی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	نفوذ و رواناب	سیلتی لومی رسی	در این آزمایش میزان نفوذ آب در سطح کرت‌های تیمار شده ٤٠٠، ٨٠٠ و ١٢٠٠ $g\ cm^{-2}$ از زغال زیستی به ترتیب ٢٣، ٣٢ و ٣١٪ و حجم رواناب به ترتیب ٥٦، ٦٢، ٦٧٪ در شدت ٥٠ $mm\ h^{-1}$ و هم‌چنین میزان نفوذ و حجم رواناب به ترتیب در شدت ٩٠ $mm\ h^{-1}$، ٢١، ٢٣ و ٢٤٪؛ ٥٩، ٦٤، ٦٥٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش و کاهش داشته است.
۸	کاویان و همکاران (٢٦)	شرایط آزمایشگاهی	خرده چوب	کرت ۲ × ۱ × ۰/۲ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لومی سیلتی	درصد پوشش‌های مختلف نشان داد که بین پوشش‌های مختلف در اندازه ٤cm، در سطح اطمینان ٩٩٪ در میزان متغیرهای رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب رواناب اختلاف معنی‌دار وجود دارد (P<۰/۰۱۰). هم‌چنین میزان فرسایش از ٦٠ تا ٩٧٪ بسته به میزان درصد پوشش خاک‌پوش کاهش یافت.
۹	کریمی و همکاران (٦١)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی لجن کارخانه جوجه‌کشی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	تغییرات آب‌نمود و رسوب‌نمود در رطوبت مختلف	لومی شنی	افزودنی زغال زیستی با مقادیر مختلف در مقایسه با تیمارهای شاهد تأثیر معنی‌داری بر تغییرات آب‌نمود و رسوب‌نمود داشته است و تیمار حفاظتی با مقدار ١/٦ $ton\ h^{-1}$ در رطوبت‌های مختلف خاک تأثیر معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر روی آب‌نمود و رسوب‌نمود داشت.
۱۰	کله‌هویی و همکاران (٣٨)	شرایط آزمایشگاهی	کاه و کلش کلزا	کرت ۱ × ۰/۵ × ۰/۲ (m)	رواناب و هدررفت خاک	شنی لومی	در تمام ترازهای رطوبت در هر سه سطح پوشش حفاظتی، حجم رواناب به‌ترتیب ١٣/١٤، ٢٦/٢٩، ٣١/٥٢٪ و مواد معلق به ترتیب ٤١/٢١، ٧٢/٤٠، ٧٨/٧٨٪ کاهش‌یافته است. رطوبت، رواناب و مواد معلق تولیدشده افزایش یافت .علاوه بر آن، در همین ترازهای رطوبت، پس از اعمال پوشش حفاظتی تولید رواناب و مواد معلق کاهش یافت.
۱۱	غلامی و همکاران (٣٧)	شرایط میدانی تحت شبیه‌سازی بارندگی	تراشه‌های چوب	کرت ۱ (m^2)	مؤلفه‌های رواناب	آهکی	افزایش زمان شروع رواناب در سه سطح تیمار به ترتیب ٩٧، ١٩٢، ٢٠٣٪ و حجم رواناب نیز به ترتیب ٣٥، ٥٥، ٦٠٪ و ضریب رواناب به ترتیب ٤٢، ٦٧ و ٧٢ کاهش یافتند.
۱۲	یزدان‌پناهی و همکاران (٦٢)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی طبیعی و کمپوست زباله‌های شهری	کرت	آب‌گریزی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک	شنی	با افزایش درصد مصرفی زغال زیستی مدت زمان نفوذ آب به خاک افزایش یافت. مصرف زغال زیستی موردبررسی به‌خصوص زغال زیستی طبیعی به لحاظ آب‌گریزی مشکلی در نفوذپذیری خاک ایجاد نکرد. افزودنی‌های مورداستفاده به‌طور میانگین سبب کاهش ٤/٣٪ چگالی ظاهری، ٢/٢٪ ماده آلی و ١/٨٪ pH شدند.

ادامه جدول ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های آلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 1. Review of studies conducted on the use of organic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱۳	کله‌هویی و همکاران (۶۳)	شرایط آزمایشگاهی	خاک‌پوش آلی کاه و کلش کلزا	کرت ۱ × ۰/۵ × ۰/۲ (m)	زمان شروع و ضریب رواناب	لومی شنی	اعمال پوشش حفاظتی موجب افزایش و کاهش به ترتیب زمان شروع رواناب و ضریب رواناب می‌شود. هم‌چنین افزایش سطح‌های رطوبتی سبب افزایش ضریب رواناب و کاهش زمان شروع آن می‌شود که با اعمال پوشش حفاظتی از شدت آن کاسته شده است.
۱٤	غلامی و همکاران (٦٤)	شرایط آزمایشگاهی	پرلیت	فنجان پاشمان	فرسایش پاشمانی	کاربری مختلف (جنگل، مرتع، زراعی)	کاربرد مقادیر مختلف پرلیت در خاک برداشت‌شده از کاربری‌های مختلف سبب کاهش پاشمان کل و پاشمان خالص نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین خاک برداشت‌شده از کاربری مرتع و زراعی، پرلیت با ۲۵٪ بیش‌ترین تأثیر را در مهار فرسایش پاشمانی نسبت به دو مقدار دیگر (۵۰ و ۷۵٪) داشت.
۱۵	کریمی و همکاران (٦٥)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی باگاس نیشکر	کرت	عناصر غذایی و ویژگی‌های زیستی خاک	آهکی	به‌طورکلی زغال زیستی تهیه‌شده از باگاس نیشکر می‌تواند اصلاح‌کننده آلی مناسبی برای بهبود ماده آلی خاک، فراهمی عناصر غذایی (کربن آلی، فسفر، پتاسیم، منگنز و ظرفیت تبادل کاتیونی) و ویژگی‌های زیستی خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد.
۱٦	زارع و همکاران (٥٥)	شرایط آزمایشگاهی	افزودنی نرمه ضایعاتی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و هدررفت خاک	آهک مارنی	افزودنی نرمه در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ $l\ m^{-2}$ میزان رواناب تولیدی را به‌ترتیب ۳۵-، ۵- و ۱۵+ درصد میزان هدررفت خاک به ترتیب ٤۷، ۸٤ و ۷۱٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد.
۱۷	زارعی و همکاران (٦٦)	شرایط آزمایشگاهی	کود مرغی	کرت ۰/۵ × ۰/۲۵ × ۰/۲ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لومی رسی	کود مرغی با دو مقدار ۵ و ۱۰ $ton\ h^{-1}$ در بازه‌های زمانی موردمطالعه باعث افزایش زمان شروع رواناب و کاهش ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب شد.
۱۸	غلامی و همکاران (٥٦)	شرایط آزمایشگاهی	ورمی‌کمپوست و کود دامی	کرت ۰/۵ × ۰/۲۵ × ۰/۲ (m)	مؤلفه‌های رسوب (هدررفت خاک و غلظت رسوب)	لومی شنی	ضمن تأیید اثر معنی‌دار هر تیمار حفاظتی در سطح ۹۹٪ بر مؤلفه‌های موردنظر نشان داد که تیمار حفاظتی ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار نانوکود تأثیر بیش‌تری بر مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده داشت.
۱۹	غلامی و همکاران (٦٧)	شرایط آزمایشگاهی	کاه و کلش	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و تولید رسوب	شنی لومی	خاک‌پوش استفاده‌شده تغییرات معنی‌داری در سطح یک درصد بر ویژگی‌های رواناب و فرسایش خاک ایجاد کرد.

ادامه جدول ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های آلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 1. Review of studies conducted on the use of organic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۲۰	غلامی و همکاران (۳۰)	شرایط آزمایشگاهی	خاک‌پوش کاه و کلش	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رفتار هیدرولوژیک	لومی شنی	در شرایط آزمایشگاهی با شدت بارش شبیه‌سازی‌شده ۶۰ و ۱۲۰ $mm\ h^{-1}$ در چهار سطح رطوبتی خاک ۱۲، ۲۵، ۳۳ و ۴۰٪ با شیب نه درصد انجام‌شده است. نتایج نشان داد استفاده از خاک‌پوش در مقایسه با تیمار لخت اثرات حفاظتی معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) بر فرسایش پاشمانی، ضریب رواناب، غلظت رسوب، هدررفت خاک، نفوذ و زهکشی خاک داشت.
۲۱	صادقی و همکاران (۵۳)	شرایط آزمایشگاهی	خاک‌پوش کلشی (کاه و کلش)	کرت ۰/۲۵ (m^2) و ۶ (m)	اثرات مقیاس بر رواناب و هدررفت خاک	شنی لومی	خاک‌پوش کاه تأثیر معنی‌داری بر کاهش ضریب رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک در مقیاس کرت ۰/۲۵ m^{-2} داشت. حداکثر اثربخشی در زمان رواناب برای هر دو مقیاس در شدت بارندگی ۹۰ $mm\ h^{-1}$ مشاهده شد. حداکثر افزایش و کاهش در زمان رواناب و ضریب رواناب در شدت بارندگی ۹۰ $mm\ h^{-1}$، با ۳۶۷/۹۲ و ۹۶۷/۷۱٪ برای کرت ۰/۲۵ m^{-2} و ۱۱۰/۱۰ و ۱۵/۰۸٪ برای قطعه ۶ m^{-2} مشاهده شد. حداکثر کاهش در ضریب رواناب در نمودار ۰/۲۵ m^{-2} برای دو شدت بارندگی ۵۰ و ۹۰ $mm\ h^{-1}$، با ۸۹/۳۴- و ۹۶/۷۱- درصد بود.
۲۲	غلامی و همکاران (۳۱)	شرایط آزمایشگاهی	کود گوسفندی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لومی شنی	کود دامی می‌تواند فرسایش پاشمانی را در تمام شدت‌های بارندگی موردمطالعه کاهش دهد و هم‌چنین بیش‌ترین کاهش در شدت بارندگی ۳۰ $mm\ h^{-1}$ رخ داد. کود دامی در تغییر ویژگی‌های فرسایش پاشمانی، رواناب و هدررفت خاک تأثیر متفاوتی دارد.
۲۳	صادقی و همکاران (۴۱)	شرایط آزمایشگاهی	ویناس(صنعت نیشکر)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و مؤلفه‌های فرسایش خاک در رگبار متوالی	لومی شنی	مقدار بالای ویناس باعث کاهش هدررفت خاک و غلظت رسوب شد، درحالی‌که مقدار پایین ویناس باعث افزایش هدررفت خاک و غلظت رسوب شد. به‌طورکلی، سطح بالای ویناس پارامترهای هیدرولوژیک را بهتر از سطح پایین ویناس در طول بارندگی‌های بعدی با شدت‌های مختلف مهار می‌کند. هم‌چنین تأثیر معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) توالی بارندگی را بر زمان شروع رواناب، حجم رواناب، ضریب رواناب و هدررفت خاک و اثر غیرمعنی‌دار ($P = ۰/۱۳$) بر غلظت رسوب نشان داد.
۲۴	صادقی و همکاران (۶۸)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی حاصل از پساب صنایع غذایی(لبنیات)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	کیفیت خاک	لومی رسی شنی	فلزات سنگین اندازه‌گیری شده شامل سرب، نیکل، آل، کروم، منگنز، آهن و روی در زغال زیستی تولیدشده به‌طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) نسبت به پساب لبنیات خام کاهش‌یافته است. علاوه بر این، استفاده از دو سطح ۴۰۰ و ۸۰۰ $g\ m^{-2}$ زغال زیستی به خاک موردمطالعه باعث افزایش کربن، نیتروژن، ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در ۵/۵-۲/۶۷، ۲-۳، ۵/۵-۲/۶۷ برابر و ۲۲-۶۱ درصد در مقایسه با شاهد شد.

ادامه جدول ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های آلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 1. Review of studies conducted on the use of organic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۲۵	غلامی و همکاران (٤٣)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی لجن فاضلاب	کرت ۲ × ۱ (m)	رطوبت مختلف خاک	شنی لومی	زغال زیستی در تمامی تیمارها باعث افزایش زمان شروع رواناب، کاهش رواناب و فرسایش خاک در تمامی تیمارهای رطوبتی نقش مناسبی در حفظ خاک و آب داشت. حداکثر کاهش در فرسایش خاک در ۱/٦ $ton\ h^{-1}$ زغال زیستی در خاک خشک هوا مشاهده شد.
۲٦	هاتفی و همکاران (٦)	شرایط آزمایشگاهی	خاک‌پوش با پوشش گیاهی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	هدررفت خاک و رواناب	مارنی	زمان شروع رواناب در کرت‌های کاشته شده با سه گونه مرتعی *A. trichophorum*، *L. prenne* و *M. sativa* تحت شرایط انجماد-ذوب، به ترتیب مقدار ٥٤، ١١١ و ١٠٪ افزایش، حجم رواناب ٢٧، ٦٨ و ٠/٤٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش و هدررفت خاک به میزان ٣٤، ٦٢ و ٦٦/٥ درصد یافت. تیمار *L. Prenne* بهترین عملکرد را در کاهش رواناب و هدررفت خاک از کرت‌های تحت یک چرخه انجماد-ذوب را داشت.
۲۷	زارع و همکاران (٦٩)	شرایط آزمایشگاه	نانو الیاف حاصل از کارتن‌های کنگره‌ای کهنه	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	هدررفت خاک و آب	لوم رسی سیلتی	افزایش زمان شروع رواناب در سه سطح استفاده‌شده به ترتیب ٧٦، ٨٦ و ٨١٪ کاهش حجم رواناب به میزان ٥٥، ١٠٠ و ٧٠٪ و هم‌چنین کاهش ٨٧، ١٠٠ و ٩٦٪ هدررفت خاک نسبت به شاهد تائید شد.
۲۸	وحیدی و همکاران (٤٤)	شرایط آزمایشگاهی	زغال زیستی تولیدشده از زرشک و عناب	کرت	فرسایش، عناصر غذایی و ویژگی‌های خاک	-	استفاده از زغال زیستی در سطح کاربرد ۲ و ۵٪ به‌طور قابل‌توجهی فرسایش خاک را کاهش داد و ویژگی‌های خاک را بهبود بخشید. تیمار زغال زیستی زرشک ۵٪ بیش‌ترین کاهش وزن ظاهری و هدررفت خاک را به همراه داشت. علاوه بر این، این تیمار میانگین وزنی قطر سنگ‌دانه‌ها، رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی، کربن زیست‌توده میکروبی، تنفس میکروبی و تنفس ناشی از بستر خاک را به میزان زیادی نسبت به سایر تیمارها افزایش داد. هم‌چنین در افزایش و حفظ مواد مغذی خاک کارآمدتر بود.

جدول ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های غیرآلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Table 2. Review of studies conducted on the use of inorganic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱	شکفته و همکاران (۷۰)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۲۵×۰/۲۵ (m)	رواناب	ماسه لومی، لومی، لومی رسی	مقادیر مختلف پلی‌آکریل‌آمید (۱۰، ۲۰ و ۳۰ $kg\ h^{-1}$) در بارش با شدت ۳۹ و ۷۹ $mm\ h^{-1}$ مقدار پلی‌آکریل‌آمید در ۱۰ $kg\ h^{-1}$ کم‌ترین رواناب در تمام خاک‌های گزارش کردند.
۲	شهبازی و همکاران (۷۱)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۲۵×۰/۲۵ (m)	رواناب	رسی، شور و قلیایی	بررسی مقادیر مختلف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ $kg\ h^{-1}$) پلی‌آکریل‌آمید در بارندگی با شدت ۳۰ و ۴۰ $mm\ h^{-1}$ نشان داد مقدار ۳۰ $kg\ h^{-1}$ در تمام خاک‌ها بیش‌ترین تأثیر را در کاهش رواناب داشته است.
۳	اکبرزاده و همکاران (۷۲)	شرایط آزمایشگاه	پلی‌آکریل‌آمید	تشتک شیب پذیر	تثبیت شیب‌های ناپایدار	از تپه‌های مارنی (دارای بافت رسی)	استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در شیب‌های تند تأثیر چندانی در کاهش رواناب و پاشمان هوایی ذرات به‌سمت پایین شیب نداشت، درحالی‌که استفاده از آن کارایی نسبتاً زیادی در کاهش رسوب تولیدی داشت. مقاومت برشی سطح خاک داخل فلوم نیز با اضافه کردن پلی‌آکریل‌آمید به خاک در اثر افزایش پایداری خاکدانه‌ها افزایش یافت.
٤	اکبرزاده و همکاران (۷۳)	شرایط آزمایشگاهی	گچ	کرت صحرایی (ناودان یا فلوم)	رواناب، رسوب و تثبیت خاک	مارنی	رواناب و رسوب نسبت به تیمار شاهد به ترتیب بین صفر تا ۱۳ درصد و ۱۱ و ۹۲٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. هم‌چنین باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و پایداری خاکدانه‌های در آب شد.
٥	ربیعی و همکاران (۲۳)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید آنیونی بر پایه آکریل‌آمید	ظرف پتری	تثبیت‌کننده خاک	رسی	پلی‌الکترولیت آنیونی بر پایه آکریل‌آمید با ۳۰٪ وزنی بار منفی نسبت به نمونه‌های دارای ۱۰ و ۲۰٪ بار منفی باعث پیوستگی و چسبندگی بهتر ذرات خاک و موجب تقویت خواص خاک نیز شود.
٦	حزباوی و همکاران (۷٤)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	تغییرات مقدار رواناب	لسی	کاهش مقدار رواناب در هفت سطح استفاده‌شده از پلی‌آکریل‌آمید از روند خاصی تبعیت نکرد. ارزیابی مقدار رواناب در گام‌های زمانی مشترک نشان داد که استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در مهار رواناب به‌جز گام زمانی اول و سوم در سایر گام‌های زمانی اختلاف معنی‌داری ($P>0/12$) نداشتند.

ادامه جدول ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های غیرآلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 2. Review of studies conducted on the use of inorganic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۷	صادقی و همکاران (۲۰)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب	لسی	اثر کاهنده پلی‌آکریل‌آمید بر هدررفت خاک (P=۰/۰٤) و غلظت رسوب (P=۰/۰۰٤) دارد. بیش‌ترین مقدار مجموع هدررفت خاک و غلظت رسوب کل در تیمار شاهد به ترتیب با مقدار ٤۹/۳۲ g و ۱۰/۷۹ g l^{-1} و کم‌ترین مقدار هدررفت خاک و غلظت رسوب در تیمار ٦ g m^{-2} به ترتیب ۱۸/۰۳ g و ٦/۹۳ گرم در لیتر g l^{-1} به‌دست‌آمده است.
۸	بشری‌سه‌قلعه و همکاران (۷۵)	شرایط آزمایشگاهی	قطعه سنگ	کرت ۱/۵ × ۱ (m)	رواناب و رسوب	لسی	به‌طورکلی افزایش درصد سطوح سنگی اثر چندانی بر افزایش رواناب ندارد. اما مقادیر غلظت رسوب با حضور بخش‌های سنگی به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به خاک فاقد سطوح سنگی افزایش نشان می‌دهد، گرچه همگام با افزایش درصد سطوح سنگی مقادیر رسوب حاصله افزایشی خطی نشان نمی‌دهند.
۹	بروغنی و همکاران (۷٦)	شرایط آزمایشگاهی	نانوزئولیت	کرت ۰/۵ × ۱ × ۰/٤ (m)	فرسایش خاک	مارنی	کلیه سطوح نانوزئولیت (صفر، ۰/۲، ۰/٤ و ۰/٦ g m^{-2}) نسبت به شاهد در سه شیب ۷، ۹، ۱٤ درجه اختلاف معنی‌داری در کاهش فرسایش خاک نداشته است.
۱۰	صادقی و همکاران (۷۷)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید	فنجان پاشمان	فرسایش پاشمانی	لومی سیلتی	فرسایش پاشمانی خالص با اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱۸) در قبل و بعد از کاربرد پلی‌آکریل‌آمید و وجود اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۰۳) در میزان فرسایش پاشمانی بالادست در تیمار انجماد و عدم وجود اختلاف معنی‌داری (P>۰/۳٦۵) در تیمار انجماد-ذوب در قبل و بعد از کاربرد پلی‌آکریل‌آمید بود و وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰٤۱) بین میزان فرسایش پاشمانی در پایین‌دست فنجان‌های پاشمان در کلیه تیمارهای مطالعاتی مشاهده‌شده است.
۱۱	صادقی و همکاران (۷۸)	شرایط آزمایشگاهی	سطح مصرف پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	سطح مصرف پلی‌آکریل‌آمید هدررفت خاک	لومی رسی	اثر معنی‌داری (P=۰/۰۰) شکل مصرف پلی‌آکریل‌آمید و شدت بارندگی مختلف بر میزان هدررفت خاک در سطوح مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید بود. شکل پودری مصرف پلی‌آکریل‌آمید در شرایط موردنظر در این پژوهش از عملکرد بهتری برخوردار بوده لذا کاربرد آن به حالت محلول برای مهار هدررفت خاک پیشنهاد شده است.
۱۲	منافی و همکاران (۷۹)	شرایط آزمایشگاه	پلی‌آکریل‌آمید و آکریلیک اسید	ظرف پتری	تثبیت خاک و هدررفت خاک	رسی	کاهش هدررفت خاک به‌خصوص در تیمار ٦ g m^{-2} با ۱۱/۲٤ g به دست آمد. به دلیل سازگاری خوب هم‌بسپار با خاک با افزایش مقدار هم‌بسپار در خاک، هدررفت خاک نیز کاهش یافت.

ادامه جدول ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های غیرآلی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 2. Review of studies conducted on the use of inorganic amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱۳	سلیمانی و همکاران (۸۰)	شرایط آزمایشگاه	پلی‌آکریل‌آمید و خاک‌پوش پلیمری پارسیان	کرت	زمان شروع و ضریب رواناب	خاک لومی شنی و لوم رسی شنی	میانگین زمان شروع رواناب در تیمار شاهد بیش‌تر از تیمارهای پلی‌آکریل‌آمید و پلیمر پارسیان است و میانگین ضریب رواناب در تیمارهای شاهد و پوشش‌های سطحی متفاوت، اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵٪ خطا) ازنظر ضریب رواناب باهم داشتند.
۱٤	شریفی و همکاران (۸۱)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید و خاک‌پوش پلیمری پارسیان	کرت ۰/۱ × ۰/۳۳ × ۱ (m)	مهار فرسایش و تثبیت خاک	لومی رسی شنی	افزودنی‌های مورداستفاده منجر به کاهش ۹۰٪ رسوب ناشی از باران شده است. هم‌چنین توقف کامل هدررفت خاک و افزایش تولید رواناب نسبت به تیمار شاهد شد. دو اصلاح‌کننده پلی‌آکریل‌آمید و پلیمری پارسیان دارای بیش‌ترین تأثیر در کاهش میزان فرسایش از جداره کانال‌های زه‌کش بود.
۱۵	حق‌جو و همکاران (۸۲)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌وینیل‌استات	فنجان پاشمان	تغییرات پاشمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها	لومی شنی	اثر پلی‌وینیل‌استات در سطح ۱، ۳ و ۵٪ بر پاشمان خالص و پاشمان کل به ترتیب در سطح ۹۵ و ۹۹٪ معنی‌دار بود. که علاوه بر کاهش فرسایش پاشمانی، پایداری خاکدانه‌های خاک افزایش نیز یافت.
۱٦	فرزاد فر و همکاران (۸۳)	شرایط آزمایشگاهی	افزودنی موکلولارسیو ضایعاتی پالایشگاه	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب	لوم رسی سیلتی	تأثیر مولکولارسیو ضایعاتی بر مؤلفه‌های پاشمان در سطح‌های یک، دو و چهار گرم بر مترمربع غیرمعنی‌دار (P>۰/۱۵۸)، بر حجم رواناب به ترتیب حدود ٤۲، ۷۳ و ۷۲ درصد کاهش غیرمعنی‌دار (P=۰/۰۹۱) و هدررفت خاک به ترتیب ٦۱، ۷۳ و ۸۳ درصد کاهش معنی‌دار (P=۰/۰۰۹) بوده است.
۱۷	شریفی مغانی و همکاران (۸٤)	شرایط آزمایشگاهی	پسماند گوگردی پالایشگاهی	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لوم رسی سیلتی	اثر معنی‌دار جداگانه سطح مصرف (P≤۰/۰٤) و نوع پسماند گوگردی (P≤۰/۰۳) و همچنین اثر متقابل سطح مصرف و نوع پسماند گوگردی (P≤۰/۰۰) بر حجم رواناب، و نیز تأثیر معنی‌دار (P≤۰/۰۲) سطح‌های مختلف و غیرمعنی‌دار (P≤۰/۰٦) نوع پسماند گوگردی و همچنین اثر متقابل معنی‌دار (P≤۰/۰۱) سطح مصرف و نوع پسماند گوگردی بر هدررفت خاک تائید شد.
۱۸	صادقی و همکاران (۸۵)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید و آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	مقدار بهینه پلی‌آکریل‌آمید در کاهش رواناب و رسوب	لومی سیلتی	مقدار بهینه پلی‌آکریل‌آمید بر اساس باقی‌مانده پلی‌آکریل‌آمید و آکریل‌آمید در رواناب و رسوب به ترتیب ۲، ۰/٤، ۲ و ۱ $g\ m^{-2}$ بود.
۱۹	بهزادفر و همکاران (۲۱)	شرایط آزمایشگاهی	زئولیت	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و هدررفت خاک	لسی	زئولیت می‌تواند با موفقیت اثرات چرخه انجماد-ذوب را بر متغیرهای اصلی هیدرولوژیک (مقدار کاربرد ۷۵۰ $g\ m^{-2}$ قبل از چرخه انجماد-ذوب باعث افزایش زمان شروع رواناب و کاهش حجم رواناب و هدررفت خاک به ترتیب به میزان ٦٤٤، ٦۸ و ۹۱٪) پروفایل خاک ناشی از چرخه انجماد-ذوب کاهش دهد.

جدول ۳- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های زیستی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Table 3. Review of studies conducted on the use of biological amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱	اسمعیلی دستجردی‌پور و همکاران (۳۲)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات (سیانوباکتری‌ها)	ظروف با قطر داخلی ۵ و ارتفاع ۸ (cm)	مقاومت به نفوذ و میکرومورفولوژی پوسته‌های زیستی خاک	شنی	کاربرد ترکیبی سیانوباکتری‌ها منجر به تشکیل پوسته زیستی باضخامت بیش‌تر شده است. هم‌چنین قطر منافذ خاک نیز با کاربرد این سیانوباکتری‌ها کاهش‌یافته است.
۲	صادقی و همکاران (۲۵)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات (باکتری)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	نفوذپذیری	رسی سیلتی لومی	تیمارهای تلقیحی باکتری و ماده غذایی و ترکیبی آن‌ها به ترتیب منجر به افزایش ۱۸، ۱۰ و ۲۱٪ نفوذ آب در خاک شدند.
۳	خیرفام و همکاران (۴۹)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	تثبیت‌کننده نیتروژن	لوم رسی سیلتی	بعد از سی روز تلقیح باکتری‌ها مقدار نیتروژن خاک ۱۴۸ درصد افزایش داشت.
٤	خیرفام و همکاران (۸٦)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (باکتری)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و فرسایش خاک	لوم رسی سیلتی	زمان شروع و زمان تا اوج رواناب در تیمار شاهد (بدون تزریق) به‌ترتیب از ۲٤/۸۳ به ٤۹/۲۲ min و از ۷۸/٦٦ به ۹۲/٦٦ min در تیمار تزریق B4 به‌صورت معنی‌دار (P<۰/۰۱) افزایش یافت. همچنین حجم و مقدار اوج رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب در تیمار تزریق B4 با کاهش معنی‌دار (P<۰/۰۱) و به‌ترتیب ۸۸، ۹۲، ۹۵ و ۳۵٪ نسبت به تیمار شاهد، ۲۷۵/٦٦ و ۱۸/٦٦ mm و ۰/٤۹ g و ۱/۷۹ $g\ l^{-1}$ اندازه‌گیری شد
۵	خیرفام و اسدزاده (۸۷)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات (سیانوباکتری)	کرت (سینی‌های) استاندارد فرسایشی ۵۰ × ۳۰ × ۱۰ (m)	تثبیت ماسه‌های روان	ماسه‌ای	هر دو راه‌کار تحریک و تلقیح سیانوباکتری‌ها منجر به کاهش معنی‌دار (P<۰/۰۱) و به ترتیب ۱٤ و ۹٤٪ انتقال ماسه‌ها نسبت به تیمار شاهد شدند. اثرگذاری تلقیح سیانوباکتری‌ها نسبت به تیمار تحریک سیانوباکتری‌ها بسیار بیش‌تر بود. تلقیح سیانوباکتری‌ها منجر به بهبود محتوای ماده آلی (۱٦۲٪) و پایداری خاکدانه‌ها (۱۰٦٪) شد.
٦	قره‌محمودلی و همکاران (٤٦)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (سیانوباکتری)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و مؤلفه‌های رواناب	لسی	افزایش زمان شروع رواناب و زمان تا اوج به ترتیب ۲۲۸ و ٤۹٪ کاهش حجم رواناب، مقدار اوج و ضریب رواناب به ترتیب ٦۵، ۳٤، ۳۱، ۱۳۵٪ با تلقیح سیانوباکتری‌ها بود.
۷	خیرفام و همکاران (٤۸)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	کیفیت خاک	مارنی	افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۱) نیتروژن آلی کل، کربن آلی کل و مواد آلی خاک در تمامی تیمارها و کل نیتروژن آلی و کربن آلی کل و مواد آلی خاک در سیانوباکتری‌ها، باکتری‌ها و تیمارهای تلقیح شده ترکیبی به‌ترتیب ۲٤۰، ۱۸۸ و ۱۷۲٪ و ٤۰، ۳۹ و ۳۳٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت.
۸	خیرفام (۸۸)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (باکتری‌ها و سیانوباکتری‌ها)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	کیفیت خاک	مارنی	نتایج ایشان حاکی از افزایش کربن آلی خاک از ۰/۲۳۲ به ۰/۲۹٤ $g\ m^{-2}$ در تیمار تلقیح شده با باکتری و سیانوباکتری‌ها بود.

ادامه جدول ۳- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های زیستی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 3. Review of studies conducted on the use of biological amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۹	خیرفام و همکاران (۲۸)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (باکتری‌ها و سیانوباکتری‌ها)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	فرسایش خاک	لوم رسی سیلتی	نتایج آن‌ها حاکی از کاهش تا ۹۹٪ هدررفت خاک بود. در این پژوهش سیانوباکتری‌ها عملکرد بهتری نسبت به باکتری‌ها در کاهش هدررفت خاک داشت.
۱۰	صادقی و همکاران (۳٤)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رفتار رواناب	لوم رسی سیلتی	کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۱) در ضریب و اوج رواناب در تیمارهای تلقیح شده با باکتری، سیانوباکتری و باکتری + سیانوباکتری نسبت به تیمار شاهد، هم‌چنین تأخیر قابل‌توجهی (P<۰/۰۱) در زمان شروع رواناب (۲۰۵-۳۸٪) و زمان رسیدن به اوج رواناب (۵۲-٤۸ درصد) و کاهش ضریب (۹٦-۷٤٪) و اوج رواناب (۸٦-٤۸٪) وجود داشت.
۱۱	سپهر و همکاران (۲۷)	شرایط آزمایشگاهی	ریزموجودات (سیانوباکتری‌ها)	ظروف آزمایشگاهی (ظرف پتری)	پایداری خاک	لومی و لومی لسی	سیانوباکتری‌ها قادر به افزایش نیتروژن و کربن خاک، تشکیل خاکدانه‌های بزرگ و افزایش پایداری خاک در شرایط خشکی بوده‌اند.
۱۲	صادقی و همکاران (۸۹)	شرایط آزمایشگاه بارش طبیعی	ریزموجودات (باکتری، سیانوباکتری)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رواناب و هدررفت خاک	مارنی	پس از ۳۲ روز تلقیح، پنج بارندگی طبیعی در کرت‌های آزمایشی، تیمارهای تلقیح‌شده (باکتری، سیانوباکتری، و باکتری + سیانوباکتری) باعث کاهش ضریب رواناب (۷۷-۲۹٪)، از دست دادن خاک (۷۷-۸۹٪) و غلظت رسوب (٦۰-۷٦٪) در مقایسه با تیمار شاهد شدند.
۱۳	صادقی و همکاران (۱۷)	شرایط طبیعی	ریزموجودات (سیانوباکتری)	کرت استاندارد (m ۱/۸۳ × ۲۲/۱)	رواناب و هدررفت خاک	زمین دیم کشاورزی متروکه میاندوآب	کاهش رواناب به ترتیب ۳۵، ۲۵، ۳۱، ۳۳، ٤٦، ٤۷ و ۵۷٪ در هفت رویداد بارندگی طبیعی و غلظت رسوب به ترتیب ۱٦، ۳٤، ۳٦ و ۱۳۵٪ نسبت به تیمار شاهد و شاخص‌های ترک، زبری و پایداری خاکدانه‌ها نیز به‌ترتیب ۵/۱ تا ۲۷٪، ۱٤ تا ۲۰٪ و ۱۳ تا ۲۲٪ بهبود یافتند.
۱٤	خیرفام و همکاران (٤۷)	شرایط طبیعی	سیانوباکتری	کرت استاندارد (m ۱/۸۳ × ۲۲/۱)	حفاظت خاک	زمین دیم کشاورزی متروکه میاندوآب	آزمایش به مدت شش ماه در شرایط طبیعی انجام‌شده است. اندازه‌گیری هفت بارندگی فرسایشی کاهش قابل‌توجهی خاک (۰/۸۸ تا ۹/۷۹ $g\ m^{-2}$) را از کرت‌های بدون تلقیح (شاهد) نشان داد، درحالی‌که سیانوباکتری‌ها ۳٦ تا ۵۷٪ هدررفت خاک را در مقایسه با موارد ثبت‌شده کاهش دادند. تیمارهای سیانوباکتری هم‌چنین محتوای کربن آلی و نیتروژن را به ترتیب به میزان ۳۲ و ۵٦٪ در مقایسه با شاهد در طول دوره مطالعه بهبود بخشیدند.

ادامه جدول ۳- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد افزودنی‌های زیستی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 3. Review of studies conducted on the use of biological amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱۵	جعفرپور و همکاران (۵۰)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (سیانوباکتری)	کرت ٦× ۱ × ۰/۵ (m)	رواناب و برخی رفتار هیدرولیکی و هیدرودینامیکی فرسایش شیاری	مارن	حجم رواناب، ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب را به ترتیب به میزان ٤۲، ٦٤، ۸۲ و ٦۲٪ کاهش، هم‌چنین افزایش ۷٤٪ علاوه بر این مؤلفه‌های هیدرولیکی و هیدرودینامیکی جریان شامل سرعت، عمق، عدد فرود و عدد رینولدز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.
۱٦	صادقی و همکاران (۹۰)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (باکتری، سیانوباکتری)	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	هدررفت خاک و غلظت رسوب	لسی	پس از ٦۰ روز تحت شرایط انجماد و ذوب، تیمارهای تلقیح باکتری ها و سیانوباکتری‌ها میانگین هدررفت خاک را به ترتیب ۳/۰۳ و ۷/۰۷ برابر کاهش هم‌چنین میانگین غلظت رسوب را به ترتیب ۲/۰۰ و ۲/۹۰ برابر کاهش دادند.
۱۷	قره‌محمودلی و همکاران (۲۹)	شرایط آزمایشگاه	سیانوباکتری	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	ریخت‌سنجی درز و شکاف‌های سطحی خاک	لسی	بهبود الگوهای ترک‌خوردگی خاک و ویژگی‌های رئولوژیک و هیدرولوژی خاک
۱۸	جعفرپور و همکاران (۵۰)	شرایط آزمایشگاه	ریزموجودات (سیانوباکتری)	کرت ٦× ۱ × ۰/۵ (m)	اجزای هیدرولوژیک ناشی از فرسایش شیار (مؤلفه‌های رواناب)	لوم رسی سیلتی	وجود تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۲۱$) در رفتارهای هیدرولوژیک در کرت‌های شاهد و تیمار تلقیح شده وجود داشت. به‌طوری‌که تا پایان مدت زمان اولیه ۳۰ min بارش شبیه‌سازی‌شده در کرت‌های تیمار شده رواناب سطحی تولید نشد.

جدول ٤- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد ترکیبی افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی در حفاظت خاک و آب در ایران.

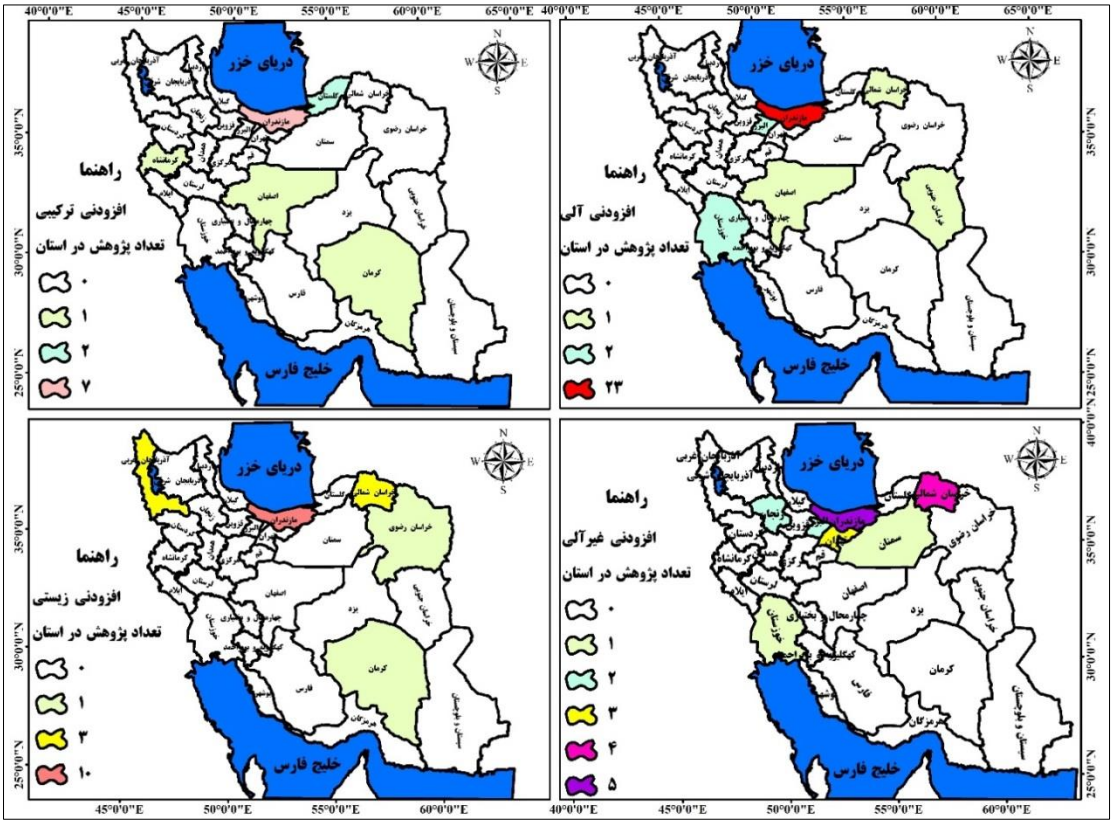
Table 4. Review of studies conducted on the combined use of organic, inorganic and biological amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
۱	میرزایی تالارپشتی (۹۱)	شرایط آزمایشگاهی	کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست، کود گاوی، کود مرغی و کمپوست زباله	کرت آزمایشی	ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک	شنی لومی	اثر تیمارها بر خصوصیات شیمیایی خاک شامل کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم قابل‌جذب، ماده آلی، pH خاک و CEC در سطح یک درصد معنی‌دار بود. ولی تأثیر معنی‌دار بر EC خاک نداشت. هم‌چنین موجب افزایش ریز عناصر خاک نیز شدند. اثر تیمارها بر جرم مخصوص ظاهری، درصد خلل و فرج خاک و هدایت هیدرولیکی خاک اشباع در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مصرف کودهای آلی به‌خصوص کمپوست و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش ماده آلی خاک که خود موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شده است.
۲	موسوی‌فر و همکاران (۳۳)	شرایط آزمایشگاهی	ورمی‌کمپوست و نانو ذرات سیلیکا	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	نفوذپذیری خاک	رسی سیلتی لومی	به تیمار سطح سه نانوسیلیکا (۱۰ $g\ m^{-2}$) در سطح ۹۹٪ نفوذپذیری خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت.
۲	صادقی و همکاران (۱۸)	شرایط آزمایشگاهی و طبیعی	زغال زیستی و پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	رفتار هیدرولوژیک	خاک مارنی و لسی	مؤلفه‌های هیدرولوژیک (زمان رواناب، ضریب رواناب و نفوذ)، مؤلفه‌های کیفیت رواناب (pH و هدایت الکتریکی (EC) و مؤلفه‌های فرسایش (فرسایش پاشمانی (بالادست و پایین‌دست)، از دست دادن خاک و غلظت رسوب) در خاک‌های مارنی و لسی موردبررسی قرار گرفته است.
٤	صادقی و همکاران (۹۲)	شرایط آزمایشگاهی و طبیعی	زغال زیستی و پلی‌آکریل‌آمید	کرت ۰/۵ × ۰/۵ (m)	مؤلفه‌های فرسایش	خاک مارنی و لسی	کل نتایج طیف وسیعی را برای کاهش مؤلفه‌ها با تیمارهای موردمطالعه از ۲۵/۰۹+ تا ۳۷/٤۹- ٪ برای رواناب و از ۳۸/۵۹+ تا ۲۳۱- درصد برای از هدررفت خاک با اثربخشی بیش‌تر برای خاک لس مراوه‌تپه و هم‌چنین کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌آمید و زغال زیستی نشان داد.
٥	صادقی و همکاران (٤۰)	شرایط آزمایشگاهی	افزودنی آلی و غیرآلی (کود دامی، کاه و کلش و پلی‌آکریل‌آمید TA-200)	کرت ٦ × ۱ (m)	غلظت رسوب و هدررفت خاک	لومی شنی	خاک‌پوش کاه فرسایش خاک را به میزان ٤٥/٦۰ درصد نسبت به کرت‌های شاهد کاهش داد و عملکرد بهتری نسبت به کود دامی (۸/۹۸ کاهش) و پلی‌آکریل‌آمید (کاهش ٤/۷٤٪) داشت. حداکثر کاهش غلظت رسوب و هدررفت خاک برای تمام افزودنی‌ها در شدت بارندگی ۹۰ $mm\ h^{-1}$ با ۵۸/٦۹ و ٦۳/۲٤٪ برای خاک‌پوش کاه، ۱٤/٦٥ و ۱۳/۱٤ درصد برای کود دامی و ۲۰/۱٤ و ۲۰/۲۳ برای پلی‌آکریل‌آمید گزارش کرده‌اند.

ادامه جدول ٤- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده حاصل از کاربرد ترکیبی افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی در حفاظت خاک و آب در ایران.

Continue Table 4. Review of studies conducted on the combined use of organic, inorganic and biological amendments in soil and water conservation in Iran.

شماره No.	نویسنده Authors	محیط آزمایش Test environment	نوع افزودنی Amendment type	مقیاس کار آزمایش Experimental work scale	متغیر موردمطالعه Studied variable	بافت خاک Soil texture	نتایج Results
٦	زارع و همکاران (٩٣)	شرایط طبیعی	خاک‌پوش غیرنفتی (رزینی، پلیمری، بیوپلیمری، معدنی و زیستی)	تپه‌های منفرد و یکسان (بارخان ناقص)	تثبیت ماسه‌های روان	ماسه‌ای	بالاترین ضریب اثر تثبیت‌کنندگی با اختلاف معنی‌دار مربوط به خاک‌پوش زیستی بود و پس از آن به ترتیب رزین، معدنی و پلیمری قرار داشت. از بین خاک‌پوش‌های موردبررسی تنها خاک‌پوش زیستی کارایی مناسب‌تری داشت.
٧	رضایی پاشا و همکاران (٩٤)	شرایط آزمایشگاهی تحت شرایط بارش طبیعی	ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اوره	کرت ٥ × ١ (m)	تغییرات رواناب	رسی	ورمی‌کمپست در ماه نخست باعث کاهش معنی‌دار حجم رواناب شد. پارامترهای تولید رسوب، غلظت نیترات، EC و pH رواناب تحت تأثیر تیمارهای تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود اوره قرار نگرفتند.
٨	صادقی و همکاران (٩٥)	شرایط آزمایشگاهی	پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست	کرت ٠/٥ × ٠/٥ (m)	رواناب و فرسایش خاک	لومی رسی	اثر معنی‌داری کلیه تیمارها (P=٠/٠٠) بر کاهش میزان رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب و هم‌چنین تأثیر کاربرد ترکیبی تیمارها بر فرسایش و غلظت رسوب بیش از اثر آن بر رواناب بود.
٩	اسمعیلی دستجردی‌پور و همکاران (٢٤)	شرایط آزمایشگاهی	پوسته‌های زیستی و پلیمر پلی‌الکترولیت آنیونی	ظروف با قطر داخلی ٥ و ارتفاع ٨ (cm)	ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک	شنی	تیمار ترکیب دوگانه با دوره زمانی ٦٠ روز، با ٢/٢ درصد کربن آلی، ٠/٢ مگاپاسکال مقاومت به نفوذ، ٩٦/٧٪ خاکدانه‌های درشت به‌عنوان تیمار برتر معرفی شد. در بخش دوم تأثیر تیمار سیانوباکتری و زمان‌بر اندازه خاکدانه‌ها بررسی و تیمار ٦٠ روز با ٩٦/٧٪ خاکدانه‌های درشت مؤثرترین تیمار ارزیابی شد.
١٠	فرهودی و همکاران (٩٦)	شرایط آزمایشگاهی	ورمی‌کمپوست و کاه و کلش گندم	کرت ٢ (m^2)	رواناب و رسوب	لومی	تیمار کاه گندم حجم رواناب و بار رسوب معلق را به ترتیب ٦٥و ٤٥٪ و تیمار ورمی‌کمپوست حجم رواناب و بار رسوب معلق را به ترتیب ٤٧ و ٣٦٪ کاهش دهد. هر دو تیمار با افزایش شدت بارندگی تأثیر بهتری بر حفاظت خاک داشته‌اند.



شکل ۱- نقشه پراکنش استانی تأمین خاک برای آزمایشگاه و عرصه و نوع کاربرد افزودنی‌های آلی، غیرآلی، زیستی و ترکیبی در کشور.

Figure 1. Provincial distribution map of soil supply for laboratory and field and type of application of organic, inorganic, biological and combined amendments in Iran.

همان‌طور که در جدول‌ها مشاهده می‌شود افزودنی‌های مختلفی در شرایط و با هدف‌های مختلف مورداستفاده قرارگرفته است. در مطالعه پیشینه‌های پژوهشی حدود ۳۷/۳۳ درصد از آن‌ها مربوط به افزودنی‌های آلی خاک، ۲۵/۳۳ درصد افزودنی‌های غیرآلی خاک (پلیمرها، پلی‌آکریل‌آمید، سوپرجاذب TA-200، پلی‌وینیل‌استات، گچ، آهک، زئولیت، نانوزئولیت) و ۲٤ درصد نیز در زمینه افزودنی‌های زیستی (ریزموجودات خاکزی ازجمله باکتری‌ها، سیانوباکتری‌ها و خاک‌پوش زیستی) است. هم‌چنین حدود ۱۳/۳۳ درصد پیشینه‌های پژوهشی نیز به‌صورت استفاده ترکیبی از انواع افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی (شامل کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست، کود گاوی، کود مرغی و کمپوست زباله، ورمی‌کمپوست با نانوذرات سیلیکا، کاه و کلش گندم و پلی‌آکریل‌آمید، پوسته‌های زیستی و پلیمر پلی‌الکترولیت آنیونی) پرداخته‌شده است. با توجه به جدول‌های ارائه‌شده (۱ تا ٤) بیش‌تر مطالعه‌ها در شرایط آزمایشگاهی و در مقیاس‌های مختلف ازجمله ظروف پتری و کرت‌ها با ابعاد مختلف بوده است. فراوانی استفاده از افزودنی‌های آلی مختلف را می‌توان به ترتیب از بیش‌ترین به انواع زغال زیستی (حاصل از ویناس، صنایع لبنی، کارخانه جوجه‌کشی، زرشک و عناب)، کاه و کلش، انواع کود دامی (مرغی، گوسفندی)، کمپوست، ورمی‌کمپوست، ویناس، پوشش و بقایای گیاهی، تراشه‌ها و خرده‌های چوب، پسماند کاغذی، لجن فاضلاب و افزودنی نرمه ضایعاتی نسبت داد. فراوانی کاربرد افزودنی‌های

غیرآلی نیز از پلی‌آکریل‌آمید با بیش‌ترین کاربرد، تا پلیمر، افزودنی‌های پالایشگاه نفتی، زئولیت، نانوزئولیت، گچ، آکریلیک اسید، و نهایتاً پرلیت بوده است. در خصوص افزودنی‌های زیستی نیز بیش‌ترین فراوانی مربوط به ریزموجودات خاکزی (سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها) و سپس ترکیبی از افزودنی‌های آلی، غیرآلی و زیستی با یکدیگر بوده است. طی مطالعه پیشینه‌های پژوهشی بیش از ۸۹ درصد از مطالعات انجام‌شده در شرایط آزمایشگاهی، ٦/٦٧ درصد در شرایط آزمایشگاهی و طبیعی و تنها چهار درصد آن در شرایط طبیعی انجام‌شده است. هم‌چنین با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده پژوهش‌گران به شرایط کار آزمایشی در مقیاس‌های مختلف ازجمله ظروف آزمایشگاهی، فنجان (کاسه) پاشمان و کرت‌های آزمایشی با ابعاد مختلف پرداخته‌اند. که از این بین ۸۹/۳۳ درصد در مقیاس کرت، ۵/۳۳ درصد ظروف آزمایشگاهی، چهار درصد فنجان پاشمان و ۱/۳۳ درصد بر دامنه‌های منفرد آزمایش و بررسی کرده‌اند.

با توجه به پیشینه‌های پژوهشی، هدف از کاربرد هر یک از افزودنی‌ها به‌منظور کاهش رواناب و مؤلفه‌های آن (٦، ٣٤، ٣٧، ٤٦، ٥٧، ٥٩، ٦٣، ٧١ و ٨٣)، هدررفت خاک و مؤلفه‌های آن (١٩، ٢٨، ٤٠، ٥٦، ٦٩، ٨٦ و ٩٠)، تثبیت خاکدانه‌ها و پایداری خاک (١٧، ٢٧، ٧٣، ٨١ و ٨٢)، کیفیت و پایداری خاک (بررسی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک) (٢٣، ٣٢، ٦٥، ٦٨ و ٩١)، نفوذپذیری (٢٥، ٣٣، ٤٢ و ٦٢)، تثبیت ماسه‌های روان (٥٨، ٨٧ و ٩٣)، رفتار هیدرولوژیک و هیدرولیک (٢١، ٣٠، ٥٠ و ٥١)، کاهش انواع فرسایش پاشمانی، سطحی و شیاری (٢٧، ٤٧، ٥٠، ٥١، ٦٤، ٧٧، ٨٢، ٨٩ و ٩٠)، تغییرات آب‌نمود و رسوب‌نمود (٦١) و ریخت‌سنجی و رئولوژی خاک (٢٩) موردبررسی قرارگرفته است که ٧٤/٦٧ درصد از مطالعات باهدف بررسی مؤلفه‌های رواناب و فرسایش، ١٨/٦٧ درصد کیفیت و پایداری خاک، چهار درصد تثبیت ماسه‌های روان، چهار درصد رفتار هیدرولوژیک و هیدرولیک، ١/٣٣ درصد سطح مصرف افزودنی و ١/٣٣ درصد به بررسی ریخت‌سنجی و رئولوژیک خاک پرداخته‌اند. علاوه‌بر این پژوهشگران در انواع مختلف خاک ازجمله مارنی، رسی، لسی، آهکی، لومی شنی، لومی رسی شنی، سیلتی لومی رسی، رسی شور، لومی سیلتی، لومی رسی کاربرد افزودنی‌ها را بررسی کرده‌اند.

نتایج بسیار متفاوتی در شرایط مختلف مقدار، نوع خاک، شدت بارندگی، شیب و سایر شرایط آزمایشگاهی گزارش‌شده است، با بررسی انجام‌شده در کاربرد افزودنی‌های مختلف آلی، غیرآلی و زیستی نتایج پژوهش‌گران نشان داد که در بیش از ۹۰ درصد مطالعات انجام‌شده نتیجه مثبت در حفاظت خاک و آب داشته است (٢٠، ٢١، ٢٣، ٢٦، ٢٩، ٣٤، ٣٧، ٤١، ٤٢، ٤٤، ٥٠، ٥٣، ٥٦، ٦٠، ٦٨، ٧٠، ٧٥، ٨٣، ٨٤، ٨٩ و ٩٠) اما اثر افزودنی‌ها در برخی مطالعات در برخی مؤلفه‌ها مثبت و یا منفی (٤١، ٥٤، ٧٢ و ٧٥) و یا بی‌تأثیر (٧٦) بوده است. هم‌چنین با توجه به شکل ١ تحلیل نتایج نشان می‌دهد بیش‌تر پراکنش استانی تأمین خاک برای پژوهش‌های انجام‌شده از نیمه شمالی کشور به‌ویژه استان مازندران حدود ٦٠ درصد (٤٥ مقاله) و استان‌های خراسان شمالی (٨ مقاله)، خوزستان (٤ مقاله)، تهران و آذربایجان غربی (٣ مقاله)، کرج، اصفهان، زنجان و کرمان (هر یک دو مقاله)، خراسان جنوبی، کرمانشاه، مشهد و سمنان (یک مقاله) مورداستفاده و پژوهش قرارگرفته است. بنابراین با توجه اجرای موفقیت‌آمیز بیش از ۹۰ درصد افزودنی‌ها در شرایط مختلف آزمایشگاهی، استفاده از افزودنی‌ها در خاک دیگر استان‌های کشور و به‌ویژه استان‌های مستعد هدررفت منابع حیاتی خاک و آب ضروری است.

هرچند کاربرد هر یک از روش‌ها و افزودنی‌های مذکور به‌نوعی اهداف متصورِ در بهبود ویژگی‌های خاک و درنتیجه کاهش هدررفت خاک و آب در شرایط مختلف را تأمین کرده‌اند، حال آن‌که نوع و شیوه مصرف آن‌ها باهدف دست‌یابی به روش بهینه کاربرد آن‌ها موردتوجه جدی (برای مثال صادقی و همکاران، ۲۰۱۵ پ) قرار نگرفته است (۷۸). نتایج پژوهش‌های مختلف بیانگر آن است که کاربرد هر یک از مواد و روش‌های مذکور دارای مزایا و درعین‌حال محدودیت‌هایی خاص بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، می‌توان بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (۲۳، ۳۲، ٦٥، ٦٨ و ۹۱)، بهبود نفوذپذیری آب در خاک (۲۵، ۳۳، ٤٢ و ٦٢)، کاهش رواناب و هدررفت خاک و بهبود مؤلفه‌های فرسایش (٦، ۱۹، ۲۸، ۳٤، ۳۷، ٤٠، ٤٦، ٥٦، ٥٧، ٥٩، ٦٣، ٦٩، ۷۱، ۸۳، ۸٦ و ۸۹)، تثبیت خاکدانه‌ها و پایداری خاک (۱۷، ۲۷، ۷۳، ۸۱ و ۸۲)، تثبیت شن‌های روان (٥٨، ۸۷ و ۹۳)، بهبود الگوهای ترک‌خوردگی خاک (۲۹)، بهبود رفتار هیدرولوژیکی و کیفیت آب (۱۸، ۳۰، ٥٠ و ٥١) را به‌عنوان مزایای اصلی کاربرد آن‌ها جمع‌بندی نمود. اما نتایج پژوهش‌های مختلف بیانگر آن است که کاربرد هر یک از مواد و روش‌های مذکور دارای محدودیت‌های خاصی نیز بوده است. اثرات سوء محیط زیستی و ناپایداری خاک‌پوش‌های (خاک‌پوش) نفتی و مواد مشابه به آن در سطح خاک به اثبات رسیده است (۲۳ و ۹۷). از طرفی کاربرد خاک‌پوش‌های آلی (طبیعی) مانند کمپوست‌های آلی، کودهای حیوانی و گیاهی، باقی‌مانده محصولات زراعی و صنایع غذایی و زغال‌های زیستی تولیدشده از آن‌ها در کشورهای توسعه‌نیافته و در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، پوشش گیاهی کم و خاک فقیر از موجودات خاک‌زی، نتایج مطلوبی نداشته است (۹۸). یکی از دلایل عدم توفیق استفاده از خاک‌پوش‌های باقی‌مانده محصولات زراعی کمبود علوفه در مناطق مذکور، مراتع و چراگاه‌ها بوده که جوامع روستایی الزاماً اقدام به استفاده کامل از باقی‌مانده محصولات زراعی می‌کنند.

علاوه بر این، امروزه انواع پلیمرها نسبت به تثبیت‌کننده‌های پیشین به‌عنوان افزودنی‌های با کارایی بیش‌تر، ارزان، قابل‌دسترس و زیست‌تخریب‌پذیر شناخته‌شده و کاربرد وسیعی یافته‌اند (۲۵ و ۹۹)، ولی نتایج برخی پژوهش‌ها بیانگر آن است که برخی پلیمرهای مذکور در معرض نور تخریب‌شده (۱۰۰) و بعضاً مواد سمّی تولید می‌کنند (۹۸). پیامد مذکور علاوه بر اثرات سوء بر جوامع تحت‌تأثیر خود به‌ویژه موجودات خاکزی (۱۰۱ و ۱۰۲)، احتمال مبتلابه انواع سرطان، بیماری‌های پوستی، گوارشی و ریوی در جوامع بشری در اثر پراکنش در هوا، آب و محصولات کشاورزی را چندین برابر افزایش می‌دهد (۱۰۳).

حال با توجه به اثرات زیان‌بار فرسایش خاک، ضرورت استفاده از روش‌های با کارایی مؤثر و دائمی برای مهار هدررفت خاک و آب را بیش‌ازپیش تبیین می‌کند. ازاین‌رو نیاز به استفاده از روش‌هایی هم‌راستا با رویکرد بوم‌سازگانی است که هم‌زمان ضمن حفظ بوم‌سازگان طبیعی و احیاء بوم‌سازگان تخریب‌شده به تأمین نیازهای جوامع بشری نیز توجه کند. از طرفی مجموعه مطالعات خیرفام و همکاران (۲۱۰۷ ب، پ؛ ۲۰۲۰)؛ صادقی و همکاران، (۲۰۱۷د، ۲۰۲۰الف، پ؛ ۲۰۲۱ب)؛ قره‌محمودلی و همکاران، (۲۰۲۲) و جعفرپور و همکاران، (۲۰۲۲ الف، ب) نشان داد که امکان استخراج و تکثیر و تلقیح مجدد باکتری‌ها و سیانوباکتری‌های بومی خاک‌های حساس به تخریب باهدف بهبود ویژگی‌های خاک، کاهش هدررفت خاک و مدیریت رفتار رواناب سطحی در شرایط آزمایشگاهی و طبیعی تحت شرایط اقلیمی و خاک

متفاوت وجود داشته و ازلحاظ قابلیت اجرایی، اقتصادی و محیط‌زیستی نسبت به سایر راه‌کارهای مرسوم توجیه‌پذیر است (۱۷، ۲۵، ۲۹، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۸۹ و ۹۰). ولی هنوز تأثیر آن پس از گذشت چند سال و یا اثر محیط‌زیستی طولانی‌مدت آن موردبررسی و مطالعه قرار نگرفته است. برخی محدودیت‌های حاصل از تلقیح مصنوعی ریزموجودات خاکزی مانند رقابت بین گونه‌ها و سویه‌های مختلف ریزموجودات خاکزی ممکن است باعث تغییر در بوم‌سازگان شود، هم‌چنین محتمل است با گذشت زمان افزایش برخی گونه‌ها، تغییرات نامطلوبی در بوم‌سازگان و جامعه زیستی خاک به وجود آورد. ازاین‌رو مطالعات تکمیلی برای تعمیم نتایج طی پژوهش‌های جداگانه و جامع در آینده ضروری است. بنابراین با توجه به محدودیت‌های موجود برای به‌کارگیری تثبیت‌کننده‌ها، ضروری است قبل از کاربرد هر یک از افزودنی‌های مطروحه تمام جوانب اقتصادی، اجتماعی، فنی، محیط‌زیستی و بهداشتی نیز مدنظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نوشتار پیش‌رِو باهدف مروری بر کاربرد افزودنی‌های مختلف آلی، غیرآلی، زیستی و ترکیبی از آن‌ها روی مؤلفه‌های مختلف رواناب و هدررفت خاک، کیفیت و پایداری خاک و رفتارهای متفاوت هیدرولوژیک، هیدرولیک در فرسایش‌های مختلف ارائه شد. بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که استفاده از فناوری‌های بازدارندگی فرسایش خاک مبتنی بر کاربرد افزودنی‌ها و اصلاح‌گرها باعث حفاظت و بهبود ویژگی‌های مختلف خاک ازجمله بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، کاهش و مهار مؤلفه‌های مختلف رواناب و هدررفت خاک، بهبود الگوهای ترک خاک، پایداری خاکدانه‌ها شده است. به‌طورکلی، برتری عمومی افزودنی‌های زیستی در مقایسه با افزودنی‌های آلی و غیرآلی به سبب صرفه اقتصادی، عملکرد فنی، پایداری و حفاظت بهتر منابع خاک و آب استنباط شد. بررسی پژوهش‌های انجام‌شده هم‌چنین تأیید می‌کند که استفاده از افزودنی‌ها و اصلاح‌گرها مانند مواد آلی، غیرآلی و زیستی در حفاظت از خاک و آب و به‌منظور افزایش حد آستانه فرسایش‌پذیری و کاهش فرسایش خاک و نیز هدررفت آب به‌طور گسترده توسط پژوهشگران در مقیاس آزمایشگاهی در کشور مورداستفاده قرارگرفته است. بنابراین استفاده از افزودنی‌ها در شرایط و سطح بهینه مناسب آن‌ها در شرایط میدانی باهدف حفاظت از منابع خاک و آب دارای اهمیت است. ازاین‌رو، این امر مستلزم مطالعات بیش‌تر برای بهبود درک عوامل اصلی مهارکننده فرسایش خاک در محدوده وسیع‌تر از مناطق جغرافیایی و مقیاس‌های اجرایی بزرگ‌تر پس از کسب اطلاعات بیش‌تر در مورد پوشش زمین و شیوه‌های مدیریت و زمینه‌سازی بهبود پشتیبانی برای برنامه‌ریزی اجرا و ارزیابی اقدامات است. بااین‌حال محدودیت‌های محیط‌زیستی، اثربخشی کم و زمان‌بر بودن، دسترسی کم و حجم زیاد موردنیاز کاربرد افزودنی‌ها در شکل معمول را با چالش مواجه کرده است. بنابراین با توجه به عملکرد مناسب افزودنی‌ها در کاهش هدررفت خاک و آب، اصلاح و ارتقاء کیفیت عملکرد افزودنی‌ها اجتناب‌ناپذیر است. درعین‌حال اغلب پژوهش‌های انجام‌شده به‌صورت پژوهشی بوده است و همان‌طور که در جدول‌ها نیز اشاره‌شده است فقط چهار درصد در شرایط طبیعی و در حد کرت‌های استاندارد و تپه‌های کوچک منفرد بوده است. مطالعه و پژوهش در شرایط نمونه و صحرایی در وسعت زیاد انجام‌نشده است. درعین‌حال نویسنده مسئول مشخصاً مراتب توفیق آزمایشگاهی و نمونه برخی اقدامات انجام‌شده

توسط ایشان را به بالاترین سطوح اجرایی کشور و برای آزمون در مقیاس‌های عملیاتی و حوزه‌های آبخیز توصیه نموده‌اند ولی تاکنون نتیجه‌ای حاصل نشده است. اساساً مقاومت در مقابل تغییر و هم‌چنین رجحان اقدامات سازه‌ای و مهندسی و مسیربخشی عمده اعتبارات به روش‌های مزبور از دلایل عمده عدم توسعه روش‌های موفق استفاده از افزودنی‌ها در حفاظت خاک و آب به نظر می‌رسند. ازاین‌رو انجام پژوهش‌های جامع و تکمیلی در زمینه کاربرد افزودنی‌های مختلف و رعایت جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی، اقتصادی، بوم‌شناختی و حتی زیبایی‌شناختی و در مقیاس‌های متنوع مکانی، زمانی و سامانه‌ای برای جمع‌بندی لازم و هم‌چنین تدوین دستورالعمل‌ها و ضوابط اجرایی مناسب کاربرد هر یک از آن‌ها ضروری است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از سردبیر مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک برای پیشنهاد پژوهش فعلی تقدیر و تشکر می‌نمایند. هم‌چنین از داوران محترم این مقاله به سبب ارائه نظرات و پیشنهادهای سازنده تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌ها و اطلاعات این پژوهش از پایگاه‌های اطلاعاتی و مستخرج از مقالات مجله‌ای، همایش‌ها، گزارش‌های اجرایی و پژوهشی و رساله‌ها و پایان‌نامه‌های مرتبط جمع‌آوری شده است. همه داده‌ها از طریق سایت و موتورهای جستجو (SID.ir و Google Scholar) قابل دانلود هستند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: طرح تحقیق و روش‌شناسی، جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، مشارکت در آنالیزها، نگارش مقاله، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله و نویسنده دوم: روش‌شناسی و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، مشارکت در آنالیزها، نگارش مقاله، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید آن‌هاست.

حمایت مالی

این پژوهش از حمایت مستقیم مالی برخوردار نبوده است.

منابع

1. Saha, M., Sauda, S.S., Real, H.R.K., and Mahmud, M. 2022. Estimation of annual rate and spatial distribution of soil erosion in the Jamuna basin using RUSLE model: A Geospatial Approach. Environ. Chal. 100524.
2. FAO. 2015. Healthy soils are the basis for healthy food production. Fao 4. http://www.fao.org/3/a-i4405e.pdf.
3. Hannam, I. 2022. Soil governance and land degradation neutrality. Soil Sec. 6, 100030.
4. Lal, R. 2010. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. BioScience, 60: 9. 708-721.
5. Ahmad, N.S.B.N., Mustafa, F.B., and Didams, G. 2020. A systematic review of soil erosion control practices on the

agricultural land in Asia. Int. Soil Water Conserv. Res. 8: 2. 103-115.
6. Hatefi, M., Sadeghi, S.H.R., Erfanzadeh, R., and Behzadfar, M. 2020a. Inhibiting soil loss and runoff from small plots induced by an individual freeze-thaw cycle using three rangeland species. Int. Soil Water Conserv. Res. 8: 3. 228-236.
7. Borrelli, P., Panagos, P., Ballabio, C., and Alewell, C. 2022. Land degradation in Iran. In Global Degradation of Soil and Water Resources, pp. 3-10. Springer, Singapore.
8. Sadeghi, S.H.R. 2005. A semi-detailed technique for soil erosion mapping based on BLM and satellite image applications. J. Agricult. Sci. Technol. (JAST), 7: 133-142. 133.
9. Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Fenta, A.A., and Poesen, J. 2022. Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation. Int. Soil Water Conserv. Res. 10: 2. 161-176.
10. Pimentel, D., and Burgess, M. 2013. Soil erosion threatens food production. Agriculture, 3: 3. 443-463.
11. Admas, B.F., Gashaw, T., Adem, A.A., Worqlul, A.W., Dile, Y.T., and Molla, E. 2022. Identification of soil erosion hot-spot areas for prioritization of conservation measures using the SWAT model in Ribb watershed, Ethiopia. Resources, Environ. Sus. 100059.
12. Wang, Y.Y., You, L.C., Lyu, H.H., Liu, Y.X., He, L.L., Hu, Y.D., and Yang, S.M. 2022. Role of biochar-mineral composite amendment on the immobilization of heavy metals for Brassica chinensis from naturally contaminated soil. Environ. Technol. Innov. 102622.
13. UNESCO, 2009. Integrated water resources management guidelines at river basin level, Part 1, 24 p.
14. Sadeghi, S.H.R. 2010. Study and measurement of water erosion, Tarbiat Modares University Press. 200p. (In Persian)
15. Sadeghi, S.H.R., and Hazbavi, Z. 2022. Land degradation in Iran. In Global Degradation of Soil and Water Resources, pp. 342-380. Springer, Singapore.
16. Sadeghi, S.H.R. 2017. Soil erosion in Iran: state of the art, tendency and solutions. Poljoprivredai Sumarstvo, 63: 3. 33-37.
17. Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., and Zarei Darki, B. 2020a. Controlling runoff generation and soil loss from field experimental plots through inoculating cyanobacteria. J. Hydro., 585, 124814. 59.
18. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Kiani-Harchegani, M., Younesi, H., Sadeghi, P., Angulo-Jaramillo, R., and Lassabatere, L. 2021a. The hydrologic behavior of Loess and Marl soils in response to biochar and polyacrylamide mulching under laboratorial rainfall simulation conditions. J. Hydro. 592: 125620.
19. Sadeghi, S.H.R., Ghavimi Panah, M.H., and Younesi, H. 2017a. Feasibility of reducing soil loss using biochar produced from dairy factory waste. J. Soil Water Conserv. Res. 24: 4. 211-226. (In Persian)
20. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Younesi, H.A., and Behzadfar, M., 2013. The trend of changes in soil loss and sediment concentration due to the use of polyacrylamide, J. of Soil Water Res. Conserv. 2: 4. 56-70. (In Persian)
21. Behzadfar, M., Sadeghi, S.H.R., Khanjani, M.J., and Hazbavi, Z. 2017. Effects of rates and time of zeolite application on controlling runoff generation and soil loss from a soil subjected to a freeze-thaw cycle. Int. Soil Water Conserv. Res. 5: 2. 95-101.
22. Morgan, R.P.C. 2006. Soil Erosion and Conservation. Blackwell Publishing. UK. 304p.
23. Rabiee, A., Gilani, M., and Jamshidi, H. 2011. Preparation of anionic polyacrylamide based on acrylamide as soil stabilizer. J. Poly. Sci. Technol. 4: 24. 291-300. (In Persian)
24. Ismaili Dastjerdipour, A., Farpoor, M.H., and Sarcheshmehpour, M. 2014. The effect of biological shells and

anionic polyelectrolyte polymer on some physical and chemical properties of a sandy soil. J. Agricult. Sci. Technol. Nat. Res., Soil Science, 18: 69. 10-1. (In Persian)

25. Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., Homaee, M., and Zarei Darki, B. 2017e. Improvability of water infiltration in an erosion-prone soil under laboratorial conditions through artificial increasing of soil micro-organisms population. Iran. J. Soil Water Res. 47: 4. 797-805. (In Persian)
26. Kavian, A., Elahi, E., and Zabihzadeh, S.M. 2018. Evaluation of the effect of wood chips on runoff control and soil loss - a laboratory study at plot scale. Iranian Water Res. 11: 25. 61-69. (In Persian)
27. Sepehr, A., Hassanzadeh, M., and Rodriguez-Caballero, E. 2019. The protective role of cyanobacteria on soil stability in two Aridisols in northeastern Iran. Geoderma Regional, 16, e00201.
28. Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., Zarei Darki, B., and Homaee, M. 2017c. Controlling rainfall-induced soil loss from small experimental plots through inoculation of bacteria and cyanobacteria. Catena, 152: 40-46.
29. Gharemahmudli, S., Sadeghi, S.H.R., Sadeghi, V.S., Najafinejad, A., and Jafarpoor, A. 2022. Morphometrical analysis of cracks and crevices on a cyanobacterized soil surface subjected to a freeze-thaw cycle using image processing. Catena, 213: 106150.
30. Gholami, L., Banasik, K., Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A., and Hejduk, L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. J. Water Land Dev. 22: 1. 51-60.
31. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homaee, M. 2016. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil. Catena, 139: 99-104.
32. Ismaili Dastjerdipour, A., Farpoor, M.H., and Sarcheshmehpour, M. 2013. Penetration resistance and micromorphology of biological shells resulting from simultaneous application of two genera of cyanobacteria. Agricult. Eng. (Sci. J. Agricult.). 36: 2. 17-35. (In Persian)
33. Mousavifar, S.S., Sadeghi, S.H.R., and Bahramifar, N. 2017. The effect of separate and combined application of vermicompost and silica nanoparticles on the permeability of a type of soil sensitive to erosion. J. Soil Res. Con. 7: 1. 49-59. (In Persian)
34. Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., Homaee, M., Zarei Darki, B., and Vafakhah, M. 2017d. Improving runoff behavior resulting from direct inoculation of soil micro-organisms. Soil and Tillage Research, 171: 35-41.
35. Kaur, R., Bhatti, S.S., Singh, S., Singh, J., and Singh, S. 2018. Phytoremediation of heavy metals using cotton plant: a field analysis. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 101: 5. 637-643.
36. Wang, Y., Qian, X., Zhou, Y., and Chen, X. 2022. Spatial difference of Chinese public awareness of soil and water conservation and perception of information construction. Alexandria Eng. J. 61: 11. 8611-8623.
37. Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., and Kavian, A. 2018. Role of woodchips on runoff components control at plot scale. J. Water. Eng. Manag. 10: 3. 375-387. (In Persian)
38. Kalehhouei, M., Kavian, A., Gholami, L., and Jafarian, Z. 2018. Protective impact of colza straw (*Brassica napus* L.) on runoff and soil loss control using rainfall simulation. Water. Manag. Res. 31: 1. 73-82. (In Persian)
39. Hatefi, M., Sadeghi, S.H.R., Erfanzadeh, R., and Behzadfar, M. 2020b. Laboratory study of the role of vegetation in runoff production in small plots under the freeze-thaw cycle, J. Water soil, 34: 4. 755-764. (In Persian)
40. Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., Homaee, M., and Khaledi Darvishan, A. 2015a. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale, Solid Earth, 6: 2. 445-455.

41.Sadeghi, S.H.R., Sharifi Moghadam, E., and Khaledi Darvishan, A. 2016b. Effects of subsequent rainfall events on runoff and soil erosion components from small plots treated by vinasse. Catena, 138: 1-12.
42.Ghavimi Panah, M.H., Sadeghi, S.H.R., and Younesi, H. 2017. The role of bio-charcoal topsoil from dairy waste on infiltration and runoff in small laboratory plots. Iranian Soil Water Res. 48: 4. 905-916. (In Persian)
43.Gholami, L., Karimi, N., and Kavian, A. 2019. Soil and water conservation using biochar and various soil moisture in laboratory conditions. Catena, 182, 104151.
44.Vahidi, M.J., Zahan, M.H.S., Atajan, F.A., and Parsa, Z. 2022. The effect of biochars produced from barberry and jujube on erosion, nutrient, and properties of soil in laboratory conditions. Soil Till. Res. 219, 105345.
45.Behzadfar, M., Sadeghi, S.H.R, Khanjani, M.J., and Hezbawi, Z. 2012. Impact of runoff production and sedimentation of soils under freezing-thawing cycle under rainfall simulation conditions. J. Soil Res. Conserv. 2: 1. 13-25. (In Persian)
46.Gharemahmudli, S., Najafinejad, A., Sadeghi, S.H.R., Zarei Darki, B., Mohammadian Behbahani, A., and Kheirfam, H. 2020. Reducing Surface Runoff from Soils Subjected to a Freezing-Thawing Cycle using Soil Cyanobacteria. Water Soil Conserv. 27: 3. 163-180. (In Persian)
47.Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., and Zarei Darki, B. 2020. Soil conservation in an abandoned agricultural rain-fed land through inoculation of cyanobacteria. Catena, 187, 104341.
48.Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., Homaee, M., and Zarei Darki, B. 2017b. Quality improvement of an erosion-prone soil through microbial enrichment. Soil Till. Res. 165: 230-238.
49.Kheirfam, H., Homaee, M., Sadeghi, S.H.R., and Zarei Darki, B. 2017a. Role of Biological soil crusts enrichment through bacteria inoculation and stimulation of nitrogen increasing in an erosion-prone soil. Water and Soil, 31: 2. 545-556. (In Persian)
50.Jafarpoor, A., Sadeghi, S.H.R., Zarei-Darki, B., and Homaee, M. 2022a. Changes in morphologic, hydraulic, and hydrodynamic properties of rill erosion due to surface inoculation of endemic soil cyanobacteria, Catena. 208, 105782.
51.Jafarpoor, A., Sadeghi, S.H.R., Zarei-Darki, B., and Homaee, M. 2022b. Changes in hydrologic components from a mid-sized plots induced by rill erosion due to cyanobacterization. Int. Soil Water Conserv. Res. 10: 1. 143-148.
52.Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homaee, M. 2015. Effect of rice straw mulch on runoff threshold and coefficient from rainfall. Iranian Water Res. J. 8: 15. 33-40. (In Persian)
53.Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., Sharifi, E., Khaledi Darvishan, A., and Homaee, M. 2015b. Scale effect on runoff and soil loss control using rice straw mulch under laboratory conditions. Solid Earth, 6: 1-8.
54.Sharifi Moghadam, E., Sadeghi, S.H.R., and Khaledi Darvishan, A. 2014. Influence of runoff and sediment components of small experimental plots from the use of organic waste from Vinas, Iranian Soil Water Res. 45: 4. 499-508. (In Persian)
55.Zare, S., Sadeghi, S.H.R., and Khosravani, A. 2020. Impact of runoff production and soil loss from waste soft additive in small laboratory plots, J. Soil Conserv. Res. 27: 2. 195-207. (In Persian)
56.Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., and Karimi, N. 2021b. Variability of sediment components with application of vermicompost and nano-manure and various moisture levels. J. Soil Water Sci. 25: 3. 131-143. (In Persian)
57.Sadeghi, S.H.R., Sharifi Moghadam, A., and Gholami, L. 2014. Effect of rice straw on surface runoff and soil loss in small plots. J. Water Soil Res. Conserv. 3: 4. 73-83. (In Persian)
58.Jamili, T., Khalilimoghadam, B., and Shahbazi, E. 2015. Investigation of water holding capacity of sugarcane

mulch for sand dune stabilization in Ahvaz. J. Water Soil, 29: 5. 1278-1287. (In Persian)
59. Kavian, A., Mohammadi, M., Fallah, M., and Gholami, L. 2015. Effect of wheat straw on changing time to runoff and runoff coefficient in laboratory plots under rainfall simulation. J. Water Soil Res. Conserv. 15: 2. 73-81. (In Persian)
60. Kavian, A., Abassi, E., and Jafarian, Z. 2016. Effect of *Agropyron elongatum* residue on decreasing runoff and soil loss- An experimental study using rainfall simulator. Water. Manag. Res. (Pajouhesh & Sazandegi). 29: 1. 33-40. (In Persian)
61. Karimi, N., Gholami, L., and Kavian, A. 2018. Water changes and sedimentation of small experimental plots affected by the application of biochar protection treatment in different soil moisture. Iranian J. Water. Manag. Sci. Eng. 12: 43. 98-107. (In Persian)
62. Yazdan Panahi, A., Ahmadali, Kh., Zare, S., and Jafari, M. 2019. Study of the effect of different levels of two types of charcoal on hydrophobicity and some physical and chemical properties of soil. J. Soil Water Res. Protec., (Scientific-Research), 9: 1. 19-34. (In Persian)
63. Kalehhouei, M., Kavian, A., Gholami, L., and Jafarian, Z. 2020. Influence of start time and coefficient of runoff to application of organic mulch under small laboratory plots. Iran-Water. Manag. Sci. Eng. 13: 47. 8-18. (In Persian)
64. Gholami, L., Balvayeh, A., Karimi, N., and Shokrian, F. 2021a. Perlite effect on changes of splash erosion in three collected soil types with different land uses. Water soil res. Conserv. 10: 2. 113-128. (In Persian)
65. Karimi, A., Moezzi A.A., Chorom M., and Enayatizamir N. 2020. Influence of sugarcane bagasse biochar on nutrition availability and biological properties of a calcareous soil. Appl. Soil Res. 8: 1. 1-17. (In Persian)
66. Zareii, B., Gholami, L., Kavian, A., and Shahedi, K. 2020. Study of soil loss changes using poultry manure in various time intervals. J. Water Soil Conserv. 27: 4. 1-21. (In Persian)
67. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homaee, M. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. Soil Sci. Soc. Ame. J. 77: 268-278.
68. Sadeghi, S.H.R., Ghavimi Panah, M.H., Younesi, H., and Kheirfam, H. 2018. Ameliorating some quality properties of an erosion-prone soil using biochar produced from dairy wastewater sludge. Catena, 171: 193-198.
69. Zare, S., Sadeghi, S.H.R., and Khosravani, A. 2021. Controllability of soil and water loss in small plots using nanofiber amendment produced from recycled old paperboard containers. Soil Till. Res. 209, 104949.
70. Shekofteh, H., Rafahi, H.Gh., and Gorji, M. 2005. The Chemical effect of polyacrylamide on the soil erosion and runoff. Iranian J. Agricul. Sci. 36: 177-186. (In Persian)
71. Shahbazi, A., Yazdipour, A.R., and Raofi, M. 2009. Study on the effect of polyacrylamide on canola seedling emergence in a crusted soil and some physicochemical properties of soil. J. Water Soil. 23: 2. 38-45. (In Persian)
72. Akbarzadeh, A., Refahi, H., Rohipour, H., and Georgian, M. 2010. Evaluation of the efficiency of polyacrylamide (PAM) in increasing aggregate stability and reducing erosion of marl soils in sloping lands of Zanjan province. Iranian Soil Water Res. (Iranian Agricult. Sci.), 40: 2. 119-131. (In Persian)
73. Akbarzadeh, A., Refahi, H., Rohipour, H., and Georgian, M. 2010. Evaluating the effect of gypsum application on temporary soil stabilization. J. Nat. Environ. 63: 2. 127-141. (In Persian)
74. Hazbavi, Z., Sadeghi, S.H.R., and Younesi, H. 2013. Analysis and assessing effectability of runoff components from different levels of polyacrylamide. J. Water Soil Conserv., (ISSN), 2: 2. 1-13. (In Persian)
75. Bashari Se Ghale, M., Moradi, H.R., Kheirkhah, M.M., and Jafari Khaledi, M. 2013. Simulation of the effect of soil surface rock fragments on runoff and sediment yield, J. Water. Eng. Manag. 5: 2. 104-114. (In Persian)

76. Boroghani, M., Mirnia, S.Kh., Vahhabi, J., and Ahmadi, S.J. 2014. Investigation of Nanozeolite Effects on Soil Erosion Decreasing using FEL3 Rainfall Simulator. J. Water. Eng. Manag. 5: 9. 95-106. (In Persian)
77. Sadeghi, S.H.R., Raeisi, M.B., and Hazbavi, Z. 2015d. The effect of polyacrylamide application in inhibiting spray erosion from soil under the influence of freeze-thaw phenomenon, J. Soil., (Agricult. Sci. Industries), 29: 6. 1601-1611. (In Persian)
78. Sadeghi, S.H.R., Karimi, Z., and Bahrami, H.A. 2015c. The effect of type and level of polyacrylamide consumption on soil loss, Journal of Soil and Water Resources Conservation, 4: 3. 29-37. (In Persian)
79. Manafi, M., Manafi, P., and Kahtri Karam, S. 2016. Prevention of soil loss by polyacrylamide-based copolymer. Advanced Materials and Technologies, 4: 4. 0-0. (In Persian).
80. Solaimani, F., Kavian, A., Solaimani, K., Sharifi, F., and Shahedi, K. 2018. Effect of application of several amendments on threshold and coefficient of runoff in various conditions under rainfall simulation, J. Water. Eng. Manag. 10: 2. 214-230. (In Persian)
81. Sharifi, F., Solaimani, F., and Hosseini, S.A. 2018. Development and evaluation of new soil stabilization technologies to reduce runoff and erosion and stabilize drainage canal sidewall and steep lands in Khuzestan. 32: 3. 343-360. (In Persian)
82. Haghjoo, Z., Gholami, L., Kavian, A., and Mosavi, S.R. 2020. Study of soil splash and stability of soil aggregates using polyvinyl acetate. Iran-Water. Manag. Sci. Eng. 13: 47. 52-63. (In Persian)
83. Farzadfar, E., Sadeghi, S.H.R., and Tanha Ziyarati, M. 2021. Effectabillity of runoff generation from application of molecular sieve waste amendments produced in refinery, In: Proceedings of the 2nd International and 5th National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, University of Mohaghegh Ardabili (UMA), Ardabil, Iran, 09 and 10 June, 2021: 2482-2488. (In Persian)
84. Sharifi Moghani, M., Sadeghi, S.H.R. and Bahramifar, N. 2021. Introducing runoff and soil loss control approach using refinery sulfur wastes, In: Proceedings of 2nd International and 5th National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, University of Mohaghegh Ardabili (UMA), Ardabil, Iran, 09 and 10 June, 2021: 3114-3120. (In Persian)
85. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Younesi, H.A., and Bahramifar, N. 2016a. Trade-off between runoff and sediments from treated erosion plots and polyacrylamide and acrylamide residues. Catena, 142: 213-220.
86. Kheirfam, H., Sadeghi, S.H.R., Zarei Darki, B., and Homaee, M. 2018. Reducing soil and water loss through stimilation of soil bacteria in experimental small plots. J. Water Soil Conserv. 25: 4. 243-257. (In Persian)
87. Kheirfam F., and Asadzadeh F. 2020. Soil feasibility of mowing sands stabilization in the dried-up beds of Lake Urmia using inoculation and stimulation of soil native cyanobacteria. Appl. Soil Res. 8: 1. 31-43. (In Persian)
88. Kheirfam, H. 2020. Increasing soil potential for carbon sequestration using microbes from biological soil crusts. J. Arid Environ. 172, 104022.
89. Sadeghi, S.H.R., Sadeghi Satri, M., Zarei Darki, B., and Kheirfam, H. 2020c. Runoff and soil loss from small plots of erosion-prone marl soil inoculated with bacteria and cyanobacteria under real conditions, Eur. J. Soil Bio. 101: 103-214.
90. Sadeghi, S.H.R., Najafinejad, A., Gharemahmudli, S., Darki, B.Z., Behbahani, A.M., and Kheirfam, H. 2021b. Reduction in soil loss caused by a freeze-thaw cycle through inoculation of endemic soil microorganisms. Appl. Soil Ecol. 157, 103770.
91. Mirzaei Talarpashti, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Effect of different organic

fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Iranian Agricult. Res. 7: 1. 259-270. (In Persian)

92. Sadeghi, S.H.R., Kiani-Harchegani, M., Hazbavi, Z., Sadeghi, P., Angulo-Jaramillo, R., Lassabatere, L., and Younesi, H. 2020b. Field measurement of effects of individual and combined application of biochar and polyacrylamide on erosion variables in loess and marl soils. Sci. Total Environ. 728, 138866.
93. Zare, S., Jafari, M., Ahmadi, H., Tavili, A., Rohipour, H., and Khalil Arjmandi, R. 2019.Investigation of stabilizing effect of some non-oil mulches in order to stabilize quicksand. Iranian J. Nat. Res. 71: 4. 939-948. (In Persian)
94. Rezaei Pasha, M., Shahedi, K., Vahabzadeh, Q., Kavian, A., Qajar, M., and Joket, P. 2017. Effect of vermicompost and urea fertilizer on monthly runoff changes at plot scale. Echo Hydro. 4: 4. 1061-1070. (In Persian)
95. Sadeghi, S.H.R., Karimi, Z., and Hashemieh Arian, Z., 2017c. Combined application of polyacrylamide and vermicompost on inhibition of runoff and soil erosion, J. Water. Eng. Manag. 9: 1. 1-10. (In Persian)
96. Farhoudi, M.H., Beheshti Al-Agha, A., Aghabigi Amin, S., Bazrafshan, A., Hali Saz, A., and Ismailpour, Y. 2018. Impact of runoff and soil sediment from vermicompost, compost and straw additives. Geo. Environ. Sus. 8: 4. 1-12. (In Persian)
97. Epelde, L., Burges, A., Mijangos, I., and Garbisu, C. 2014. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. Appl. Soil Ecol. 75: 1-12.
98. Blanco, H., and Lal, R. 2008. Principles of soil conservation and management. Springer Science and Business Media, 638p.
99. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Gholami, L., and Khaledi Darvishan, A. 2017b. Soil and water conservation using amendments. Tarbiat Modares University Press. 467p.
100. Woodrow, J.E., Seiber, J.N., and Miller, G.C. 2008. Acrylamide release resulting from sunlight irradiation of aqueous polyacrylamide/ iron mixtures. J. Agricult. Food Chem. 56: 8. 2773-2779.
101. Pospisil, J., and Weideli, H. J. 1996. Environmental impacts associated with the application of radical-55 scavenging stabilizers in polymers. Polymer degradation and stability, 52: 2. 109-117.
102. Sojka, R.E., and Entry, J.A. 2000. Influence of polyacrylamide application to soil on movement of microorganisms in runoff water. Environ. Pollu. 108: 405-412.
103. Klaunig, J.E. 2008. Acrylamide carcinogenicity. J. Agricult. Food Chem. 56: 15. 5984-5988.