

خاک‌زی از طریق توسعه‌ی ریزموجودات به‌عنوان اولین حلقه از بوم‌سازگان باعث ایجاد شرایطی مناسب برای احیاء و ارتقاء پایدار بوم‌سازگان و در نهایت منجر به مهار هدررفت رواناب و خاک خواهد شد. بنابراین بررسی نقش ریزموجودات خاک‌زی به‌ویژه سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها در تحلیل فرآیندهای فرسایش و به‌کارگیری آن‌ها به‌عنوان جایگزینی برای سایر تثبیت‌کننده و افزودنی‌های معمول، به‌شرط بررسی آزمایشگاهی و در نظر گرفتن ابعاد محیط‌زیستی آن ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: افزودنی‌های خاک، توسعه‌ی پایدار، تولید رسوب، فرسایش‌پذیری خاک.

مقدمه

فرسایش خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تخریب اراضی، چالشی مهم در بحث توسعه‌ی پایدار و تهدیدی در کاهش کمیّت و کیفیت خاک بوده که مشکلی اساسی در زیست‌بوم‌های امروزی تلقی می‌شود [۷]. کاهش بهره‌وری و پایداری کشاورزی [۱۷]، افزایش بلاهای طبیعی از قبیل سیل، زمین لغزش و رسوب‌گذاری [۴۴]، مناقشه‌ها و مهاجرت‌های جوامع انسانی [۳۳] از جمله اثرات منفی درون و خارج از منطقه‌ای فرسایش خاک در بوم‌سازگان‌های^۵ در حال تخریب بوده که باعث تناقض عملی بین پایداری محیط زیست در کنار توسعه پایدار و بروز مشکلات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۴۳]. لذا راهکارهای مدیریتی مستقیم و غیرمستقیم متعددی به‌منظور کاهش میزان و اثرات سوء فرسایش از اولین مراحل شروع تا رسوب‌گذاری ارائه و اجرا گردیده است. اما تجربه‌های علمی و عملی حاکی از آن است که اتخاذ اقدامات مدیریتی و کنترلی در اولین گام‌های تأثیر عوامل فرساینده، مؤثرترین اقدام حفاظتی می‌باشد [۵۴]. از جمله اقدامات حفاظتی، تثبیت ذرات و خاک‌دانه‌های سطح خاک می‌باشد که باعث افزایش آستانه‌ی فرسایش‌پذیری خاک^۶ می‌شود [۱۹]. امروزه تثبیت ذرات خاک با استفاده از افزودنی‌ها، پایدارکننده‌ها و اصلاح‌کننده‌ها به‌منظور مهار تولید رواناب و هدررفت خاک به‌موجب فراوانی و قابلیت کاربرد زیاد، مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است [۴ و ۳۴].

نقش ریزموجودات خاک‌زی در مهار رواناب و هدررفت خاک

حسین خیرفام^۱، سید حمیدرضا صادقی^۲،

مهدی همایی^۳ و بهروز زارعی‌دارکی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۴

چکیده

فرسایش خاک و تولید رسوب ناشی از آن در آبخیزها یکی از محدودیت‌های اساسی در رسیدن به توسعه‌ی پایدار است. بر همین اساس استفاده از تثبیت‌کننده‌ها و افزودنی‌های خاک از قبیل مواد طبیعی، آلی و مصنوعی به‌منظور افزایش حد آستانه‌ی فرسایش‌پذیری و کاهش فرسایش خاک در سطوح خاکی مورد استفاده و یا آزمایش قرار گرفته است. با این حال محدودیت‌هایی هم‌چون ناپایداری و موقتی بودن افزودنی‌ها و هم‌چنین داشتن اثرات مخرب محیط زیستی، استفاده از آن‌ها را تا حدودی به چالش کشیده است. لذا در پژوهش حاضر سعی گردیده است تا در مورد استفاده از ریزموجودات خاک‌زی به‌عنوان راه‌کاری پایدار و زیستی برای احیاء و ارتقاء خاک‌های تخریب یافته اطلاعات جامع ارائه شود. بر اساس نتایج پژوهش‌های صورت گرفته نقش مؤثر ریزموجودات فعال پوسته‌ی سطحی خاک به‌ویژه سیانوباکتری‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پایداری خاک‌دانه‌ها، افزایش مقاومت کششی و برشی ذرات خاک، افزایش نفوذپذیری، نگه‌داشت رطوبت، تثبیت نیتروژن و کربن و افزایش کیفیت خاک برای حضور و رشد سایر موجودات و پوشش گیاهی از طریق ترشح پلی‌ساکارید و چسبندگی خاک‌دانه‌ها به اثبات رسیده است. لذا با نقش پویایی خود باعث پایداری و ایجاد شرایطی مناسب برای حضور پوشش گیاهی و سایر جانداران می‌شوند. لذا زمینه‌سازی سازگاری و یا حمایت از غنای موجودات

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران، نور

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری (نویسنده مسئول)، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران، نور، رایانامه: sadeghi@modares.ac.ir

۳- استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، تهران.

۴- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران، نور.

5. Ecosystems

6 Soil Erodibility Threshold

مروری بر روش‌های مرسوم تثبیت خاک

اصولاً تثبیت‌کننده‌های خاک^۱ به سه دسته اصلی مواد طبیعی، آلی و مصنوعی تقسیم‌بندی شده [۳۱] و مواد مختلفی از جمله گچ، آهک، خاک ارّه و خاکستر چوب، پسماندهای شهری [۴۹]، کمپوست آلی، کودهای حیوانی و گیاهی، باقی‌مانده‌ی محصولات زراعی و صنایع غذایی [۳۱]، مالچ‌های نفتی و ذغال‌سنگ [۳۷] و همچنین انواع پلیمرهای نفتی و زیست تخریب‌پذیر^۲ [۳، ۲۴ و ۶۳] را شامل می‌شود. هر چند کاربرد هر یک از روش‌ها و افزودنی‌های مذکور به‌نوعی اهداف پژوهش‌گران متعدد برای کاهش فرسایش خاک و بهبود مؤلفه‌های مترتب بر تثبیت خاک را تأمین کرده‌اند [۲، ۴، ۲۳، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۷، ۳۹، ۴۲، ۴۷، ۶۰ و ۶۴]، اما نتایج پژوهش‌های مختلف حاکی از آن است که کاربرد هر یک از مواد و روش‌های مذکور دارای محدودیت‌هایی خاص بوده است. همچنین اثرات سوء محیط زیستی و انسانی مالچ‌های نفتی و مواد مشابه به آن و ناپایداری آن در سطح خاک به اثبات رسیده است [۲۰ و ۳۷]. از طرفی کاربرد تثبیت‌کننده‌های طبیعی از قبیل کمپوست آلی، کودهای حیوانی و گیاهی، باقی‌مانده محصولات زراعی و صنایع غذایی در کشورهای توسعه نیافته و در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، پوشش گیاهی کم و خاک فقیر از موجودات خاک‌زی، نتایج مطلوبی نداشته است [۵ و ۹]. از طرف دیگر با این‌که انواع پلیمرها امروزه نسبت به تثبیت‌کننده‌های پیشین به‌عنوان افزودنی‌های با کارایی بیش‌تر، ارزان، قابل دسترس و زیست تخریب‌پذیر شناخته شده و کاربرد وسیعی یافته‌اند [۴ و ۴۲]، ولی نتایج پژوهش‌های متعدد حاکی از آن است که پلیمرهای مذکور در معرض نور تخریب شده [۶۱] و بعضاً مواد سمّی تولید می‌کنند [۵، ۱۱، ۳۸، ۴۸ و ۶۱] که علاوه بر اثرات سوء بر جوامع تحت تأثیر خود به‌ویژه موجودات خاک‌زی [۳۵ و ۵۰]، احتمال مبتلا به انواع سرطان، بیماری‌های پوستی، گوارشی و ریوی در جوامع بشری در اثر پراکنش در هوا، آب و محصولات کشاورزی و غذایی را چندین برابر افزایش داده است [۱۶، ۲۷، ۳۸ و ۵۲]. هم‌چنین پلیمرها تنها با جذب آب و با جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک مانع از هم‌پاشیدگی ذرات خاک و کاهش خلل و فرج می‌شود که افزایش نفوذ آب در خاک، کاهش رواناب و در نتیجه کاهش هدررفت خاک می‌شود [۱۶ و ۶۲]. بنابراین پلیمرها فقط محافظ سطحی بوده و به‌هیچ وجه در بین منافذ و ذرات خاک نفوذ نکرده و در نتیجه تغییری در ساختار خاک ایجاد نخواهند کرد و طبعاً ناپایداری و موقتی بودن پلیمرها را به‌دنبال دارد [۵ و ۴۶]. علاوه بر موارد مذکور وابستگی میزان اثربخشی پلیمرها به‌مدّت، شدّت و فراوانی رگبارها، تغییرات زمانی و فصلی، اقدامات مدیریت زراعی و اراضی و جنس خاک [۵] نیز از دیگر محدودیت‌های پلیمرها می‌باشد. هر چند Stott و Green [۲۴] پلیمرها به‌ویژه پلی‌آکریل‌آمید^۳ را

به‌عنوان یک افزودنی با قابلیت اتصال ذرات خاک و افزایش دهنده‌ی کیفیت آب و خاک معرفی کرده‌اند. هم‌چنین حزباوی [۲۵] نیز به میزان بهینه‌ای از کاربرد پلی‌آکریل‌آمید با در نظر گرفتن جنبه‌های محیط زیستی در مهار فرسایش و رسوب دست یافت اما با این حال Sepaskhah و Shahabizad [۴۶] طی بررسی تأثیر کیفیت آب و میزان کاربرد پلی‌آکریل‌آمید بر میزان فرسایش، نفوذ و رواناب در شرایط شبیه‌سازی آزمایشگاهی، بر کاهش معنی‌دار اثر حفاظتی پلی‌آکریل‌آمید در بارش‌های دوم به بعد بر میزان فرسایش، نفوذ و بارش به‌ویژه در آب با کیفیت پایین در بافت‌های مختلف خاک تأکید کردند. هم‌چنین در این راستا Awad و همکاران [۳] ضمن بررسی تأثیر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در افزایش کربن در خاک، بر عدم تأثیر معنی‌دار پلی‌آکریل‌آمید در افزایش کربن در خاک اشاره داشته‌اند. لذا با توجه به محدودیت‌های موجود برای به‌کارگیری تثبیت‌کننده‌ها، ضروری است تا از جایگزین مناسب و طبعاً زیستی استفاده شود تا علاوه بر رفع کاستی‌های مترتب بر استفاده از تثبیت‌کننده‌های متداول، از میزان اثربخشی مناسب برخوردار بوده و شرایط ایجاد تعادل و پایداری در محیط زیست خاک را نیز فراهم کند.

ریز موجودات خاک‌زی پایدارکننده‌ی خاک

سطح خاک با ضخامت چند میلی‌متر تا چندین سانتی‌متر و حتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محل تجمع بزرگ، متوسط و ریزموجودات خاک‌زی از قبیل کرم‌های خاکی، حشرات، باکتری‌ها، خزّه‌ها، سیانوباکتری‌ها، جلبک‌ها، قارچ‌ها و گل‌سنگ‌ها بوده [۱۳] و به‌عنوان مهندسين بوم‌سازگان [۲۲]، سطح بیولوژیکی خاک^۴ [۱۰] را تشکیل می‌دهند. لذا زمینه‌سازی رشد و توسعه فضای زیستی آن‌ها از طریق تغییر شرایط سطح خاک، تأثیر به‌سزایی در زیستگاه سایر موجودات زنده جانوری و گیاهی [۱۴] و پایداری خاک و طبعاً مقابله با فرسایش خاک خواهد داشت. در این بین، ریزموجودات خاک‌زی به‌عنوان اولین حلقه از این بوم‌سازگان به‌دلیل ایجاد شرایط مناسب برای حضور سایر حلقه‌ها، بسیار حائز اهمیت می‌باشند. از طرفی ریزموجودات خاک‌زی از نظر شاخص‌های تغذیه‌ای به دو گروه تغذیه‌کننده از مواد آلی خاک (دگر تغذیه)^۵ و از طریق فتوسنتز (خودتغذیه)^۶ طبقه‌بندی شده‌اند [۶]. بنابراین ریزموجودات خاک‌زی تغذیه‌کننده از خاک زمانی توانایی تکثیر و فعالیت در خاک را دارند که مواد آلی در اختیار داشته باشند و از طرفی به‌صورت طبیعی، ریزموجودات خاک‌زی فتوسنتز کننده نیز در سطح بیولوژیکی خاک حضور کم‌تری دارند که به این دلیل عمل‌کرد ریزموجودات خاک‌زی در مجموع در خاک‌های تخریب یافته و یا با کمبود مواد آلی مطلوب نمی‌باشد [۴۵]. لذا زمینه‌سازی سازگاری و یا حمایت از غنای این موجودات خاک‌زی از طریق توسعه ریزموجودات به‌عنوان اولین حلقه از بوم‌سازگان از طریق تزریق مواد آلی و یا تلقیح مستقیم

4. Biological Soil Crust
5. Heterotroph
6. Autotroph

1. Soil Stabilizers
2. Biodegradable
3. Polyacrilamid

ریزمووجودات خودتغذیه به خاک باعث ایجاد شرایطی مناسب برای احیاء و ارتقاء پایدار بوم‌سازگان خواهد شد.

عمل کرد ریزمووجودات خاک‌زی در مهار فرسایش

ریزمووجودات موجود در پوسته‌ی بیولوژیک خاک علاوه بر ترشح مواد چسبنده‌ی پلی‌ساکاریدی^۱ و چسبیدگی ذرات ریز خاک و تشکیل ریزساختار^۲ (محیط)، باعث ارتباط و پیوستگی مجموعه‌ای از ریزمووجودات خاک‌زی با هم‌دیگر به صورت ریز شبکه‌ای و تشکیل یک بزرگ ساختار خواهد شد [۱۸] که در نتیجه منجر به افزایش ظرفیت نگهداشت آب [۱۲]، افزایش تخلخل [۳۲]، اصلاح ویژگی‌های ناهم‌واری سطحی خاک [۴۰]، افزایش تجمع مواد مغذی و حاصل‌خیزی خاک [۴۱] و بهبود و پایداری خاک [۵۱] می‌شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته ریزمووجودات خاک‌زی توانایی فعالیت در pH بین ۴ تا ۱۱ و دمای ۱۰ تا ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و هم‌چنین تحمل شرایط خشکی تا رطوبت ۱۵ درصد برای چند میلیون سال را دارند [۲۲ و ۲۶]. در سال‌های اخیر بررسی تأثیر ریزمووجودات خاک‌زی بر مؤلفه‌های مختلف پایداری و تثبیت خاک نظر بسیاری از پژوهش‌گران را جلب کرده است. Chamizo و همکاران [۱۳] طی پژوهشی به ارتباط ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی لایه‌هایی سطحی و زیرین خاک و در شرایط غنا و فقر ریزمووجودات خاک‌زی در دو منطقه نیمه‌خشک El Cautivo و Las Amoladeras جنوب شرقی اسپانیا پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که میزان پایداری خاک‌دانه‌ها، ظرفیت نگهداشت آب، غنای نیتروژن و کربن همبستگی مثبت بالایی با میزان و غنای ریزمووجودات خاک‌زی داشته و این همبستگی در لایه‌ی سطحی خاک (۰ تا ۱ سانتی‌متر از سطح) بیش‌تر از لایه زیرین (۱ تا ۵ سانتی‌متر) بود. هم‌چنین بیش‌ترین میزان مؤلفه‌های بررسی شده در عمق ۱ سانتی‌متری از خاک بود. Tisdall و همکاران [۵۳] به منظور امکان‌سنجی استفاده از شش نوع قارچ‌گندروی^۳ (تغذیه از طریق مواد آلی موجودات غیرزنده) برای افزایش مقاومت خاک در مقابل فرسایش بادی، شش عامل مقاومت در برابر سایش، مقاومت کششی، میزان تراکم طول ریشه‌های قارچ‌ها، شاخص پخشودگی، pH و میزان عصاره‌ی کربوهیدرات حل شده در آب گرم در پژوهش‌کده Mallee واقع در Walpeup استرالیا را بررسی نمودند. نتایج حاکی از این بود که میزان مقاومت سایشی و کششی رابطه‌ی مستقیمی با میزان تراکم ریشه‌های قارچ‌ها داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که همه قارچ‌ها با شدت‌های مختلف برای انواع قارچ‌ها، باعث افزایش میزان ارتباط و بزرگ شدن ذرات خاک شد. Umer و همکاران [۵۶] ارتباط بین مؤلفه‌های پایداری خاک‌دانه‌ها، غلظت مواد آلی، بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری را با برخی مؤلفه‌های پایایی ریزمووجودات خاک‌زی از قبیل تنفس

1. Polysaccharide secretions
2. Micro-structure
3. Saprophyt or Saprotoph
4. Hypha

پایه، تنفس ناشی از بستر، زیست توده میکروبی و ضریب سوخت و ساز میکروبی در منطقه‌ی Vlademirskaya با خاک پدزولی و Korskya با خاک جنگلی در روسیه را بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود همبستگی مثبت بین پایداری خاک‌دانه‌ها و مؤلفه‌های مذکور و از همه بیش‌تر با میزان سوخت و ساز میکروبی بود. علاوه بر این، مؤلفه‌های میکروبیولوژیکی و پایداری خاک‌دانه‌ها در خاک‌های جنگلی به مراتب فعال‌تر و بیش‌تر از خاک‌های پدزولی بود. Abed و همکاران [۱] با هدف بررسی تنوع زیستی قارچ‌های آزاد و گل‌سنگی و نقش آن‌ها در بهبود ویژگی‌های خاک وادی Al-Khoud و Al-Jabal Al-Akhdar عمان، هشت تکه به اندازه‌ی سه تا پنج سانتی‌متر از تیمارهای پوسته‌ی خاک حاوی سیانوباکتری، حاوی گل‌سنگ و پوسته‌بدون حضور ریزمووجودات خاک‌زی را پس خشک و وزن کردن به منظور بررسی میزان مقاومت هر یک از تیمارها در برابر فرسایش آبی به مدت دو ماه در فضای آزاد و در معرض دو بارش با میزان ۶/۶ و ۲۲/۶ میلی‌متر قرار دادند. نتایج نشان داد که مقدار خاک هدر رفته در پوسته‌ی حاکی سیانوباکتری ۳/۱۲ درصد، پوسته‌ی حاکی سیانوباکتری‌ها ۶/۱۷ درصد و در پوسته‌ی حاکی بدون حضور ریزمووجودات خاک‌زی ۲۲/۶ درصد از حجم اولیه خاک بود. Powell و همکاران [۳۶] در یک مطالعه مروری به بررسی اثرات محیط زیستی ریزمووجودات خاک‌زی موجود در پوسته سطحی بیابان‌ها پرداختند. مجموعه‌ی نتایج پژوهش‌های متعدد در این مطالعه نشان می‌دهد که ریزمووجودات خاک‌زی موجود در مناطق بیابانی با شرایط اقلیمی نامناسب از قبیل دمای بالا و پایین تا ۴۰ و ۳۰- درجه‌ی سانتی‌گراد، خشکی زیاد تا ۴۰۰ سال، مناطق اقلیمی با میانگین بارش سالانه‌ی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر و اشعه‌ی ماوراء بنفش بالا سازگاری مناسبی پیدا کرده‌اند. نتیجه‌ی این سازگاری و فعالیت ریزمووجودات خاک‌زی باعث کاهش تبخیر و تعرق، افزایش تثبیت نیتروژن، ترشح مایع چسبنده‌ی پلی‌ساکاریدی و برقراری ارتباط قوی بین ذرات خاک و کاهش میزان فرسایش و هم‌چنین توانایی این ریزمووجودات برای جذب آب و رطوبت تا ۱۲ برابر وزن خشک (تا ۱۰ برابر حجم) و انتشار تدریجی آن شده و در نهایت شرایط مناسب برای حضور و رشد پوشش گیاهی در این مناطق را مهیا کرده است. Ushio و همکاران [۵۷] میزان فعالیت‌های تجزیه‌ای، تنفس ریزمووجودات خاک‌زی و کیفیت خاک مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه Wisconsin امریکا در سه تیمار خاک جداگانه قارچ‌ها، جداگانه باکتری‌ها و با حضور هر دو نوع ریزمووجودات خاک‌زی در شرایط آزمایشگاهی را بررسی کردند و اعلام نمودند که با اعمال هر نوع شرایط منجر به کاهش کیفیت خاک برای ادامه زیست ریزمووجودات خاک‌زی، میزان فعالیت تجزیه‌ای و تنفس باکتری و قارچ‌ها و هم‌چنین کیفیت خاک در تیمار ترکیبی قارچ-باکتری کم‌ترین میزان کاهش را نسبت به دو تیمار دیگر داشت. اخیراً Colica و همکاران [۱۵] اثر ترشحات پلی‌ساکاریدی دو نوع سیانوباکتری *Microcoleus vaginatus* Gom و *Scytonema*

javanicum Born et Flah بر رفتار هیدرولوژیک چهار نوع خاک شنی تیمار شده در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ بر تپه‌های شنی بیابان Hobg چین (مغولستان داخلی) توسط Chen و همکاران [۱۴] و Wang و همکاران [۵۹] به صورت محلول با آب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که علاوه بر این که ترشحات پلی ساکاریدی به طور معنی داری باعث بهبود ساختمان خاک شده است، میزان هدایت هیدرولیکی همبستگی منفی بالایی با میزان کربوهیدرات‌های موجود در ترشحات پلی ساکاریدی داشته که منتج به بالا بودن میزان نگهداشت آب در لایه‌ی سطحی خاک شده است. از طرفی در تیمارهایی که تلقیح ریزموجودات خاک‌زی در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ صورت گرفته بود، حضور پوشش گیاهی، بهبود ساختمان خاک و فعالیت ریزموجودات چهار برابر دو تیمار دیگر (۲۰۰۵ و ۲۰۰۷) بود. جذب آب توسط ریزموجودات خاک‌زی از رطوبت موجود در هوا و در شرایط بارانی و تراوش آن در شرایط با خشکی طولانی مدت نیز از نتایج دیگر پژوهش مذکور بود. هم‌چنین Valencia و همکاران [۵۸] با استفاده از روش معدنی سازی بیولوژیکی^۱ در خاک‌های تحت تأثیر فرسایش استوایی اقدام به تزریق نوعی ماده مغذی به نام Be^2 به عنوان محرک فعالیت باکتری‌ها به خاک کرده و اعلام نمودند که در اثر این روش باکتری‌ها باعث ترسیب کلسیم کربنات شده و کریستال‌هایی تشکیل می‌شود که به اصلاح ساختمان خاک کمک می‌کند. پس از عکس برداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی و طیف سنجی پراش الکترونی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که استحکام برشی، مقاومت در برابر کشش و قدرت مکش آب به ترتیب ۲۰، ۶۰ و ۵۷ درصد افزایش و فروریختگی، شکستگی و فرسایش پذیری به ترتیب ۵۰، ۹۰ و ۴۰ درصد کاهش یافته است. اما با این حال میزان نفوذ پذیری هم‌کاران [۲۱] تأثیر کاربرد و تلقیح دو جنس از سیانوباکتری‌ها در خاک‌های شنی مناطق بیابانی، مقاومت به نفوذ و میکرومورفولوژی پوسته‌های بیولوژیک خاک در اطراف کرمان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد ترکیبی سیانوباکتری‌ها منجر به تشکیل پوسته‌ی بیولوژیکی با ضخامت بیش تر شده و با افزایش فاصله‌ی زمان تلقیح تا اجرای آزمایش میزان ضخامت پوسته‌ی بیولوژیکی خاک هم افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین قطر منافذ خاک نیز با کاربرد این سیانوباکتری‌ها کاهش یافت. بنابراین با توجه به اثرات زیان‌بار فرسایش و تولید رسوب و اهمیت مهار این پدیده و از طرفی دیگر وجود محدودیت‌های متعددی که برای روش‌های مهار تولید رواناب و هدررفت خاک ذکر شد، استفاده از روش‌هایی با کارایی مؤثر و دائمی برای مهار تولید رواناب و هدررفت خاک هم چون کاربرد ریزموجودات خاک‌زی بیش از پیش تأکید می‌شود. این روش هم راستا با رویکرد بوم سازگانی مطرح بوده و هم زمان با

1. Biomineralization
2.215 g/l calciumacetate, 4 g/l yeast extract and 5 g/l dextrose and pH 8

حفظ بوم سازگان طبیعی و احیاء بوم سازگان تخریب شده به تأمین نیازهای جوامع بشری نیز توجه می‌کند. از طرف دیگر، اقتصادی بودن استفاده از ریزموجودات خاک‌زی با هدف اصلاح خاک و کاهش میزان فرسایش و افزایش نفوذ آب در خاک نیز می‌تواند دلیل بر توجیه پذیر بودن آن باشد. بر اساس استعمال از سازمان‌های مربوطه و نتایج پژوهش‌های صورت گرفته میزان مورد نیاز کود دامی، پلی آکریل آمید و هر یک از ریزموجودات خاک‌زی در واحد هکتار به طور متوسط به ترتیب ۵۰ تن، ۳۰ کیلوگرم و ۱۰^۲ تا ۱۰^۳ عدد [۵۵] و بر اساس تخمین‌های به عمل آمده قیمت خرید، کاربرد و یا تکثیر هر یک از گزینه‌های مورد نظر در حال حاضر به ترتیب حدود ۴۰/۰۰۰/۰۰۰، ۳/۰۰۰/۰۰۰ و ۲/۰۰۰/۰۰۰ ریال در هر هکتار خواهد بود. بنابراین کاربرد ریزموجودات خاک‌زی علاوه بر داشتن پایداری و پویایی نسبت به سایر گزینه‌ها، از جنبه اقتصادی نیز توجیه پذیر است.

نتیجه گیری و جمع بندی

به رغم استفاده گسترده از تثبیت کننده و افزودنی‌های حفاظتی به خاک، به دلیل اثبات اثرات سوء محیط زیستی و هم‌چنین عدم پایداری آن‌ها در طبیعت نتوانسته و نمی‌تواند به عنوان راه حل کافی و نهایی در مبحث مهار فرسایش و اصلاح خاک مطرح باشند. از طرف دیگر نقش سازنده‌ی ریزموجودات خاک‌زی به عنوان اولین حلقه‌های بوم سازگان در سال‌های اخیر در مباحث اکولوژی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ریزموجودات خاک‌زی به دلیل گستردگی سطحی بالا، توان تکثیر و ترشح پلی ساکارید بالا، فراوانی و سازگاری با شرایط نامناسب محیطی به عنوان مؤثرترین و مهم ترین موجودات خاک‌زی شناخته می‌شوند. هم‌چنین ریزموجودات خاک‌زی خود تغذیه به سبب برخورداری از سیستم تغذیه‌ای فتوسنتزی باعث تبدیل مواد معدنی به مواد آلی می‌شوند که به نوعی با تأمین مواد غذایی ریزموجودات خاک‌زی دگر تغذیه بستر تکثیر و فعالیت بیش تر آن‌ها را فراهم می‌کنند. از طرف دیگر، اقتصادی بودن استفاده از ریزموجودات خاک‌زی با هدف اصلاح خاک و کاهش میزان فرسایش و افزایش نفوذ آب در خاک نیز می‌تواند دلیل بر توجیه پذیر بودن آن باشد. با این همه، تمام مطالعات انجام شده در زمینه ریزموجودات خاک‌زی، بیش تر به ارتباط و همبستگی بین ریزموجودات خاک‌زی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پرداخته شده است. در پژوهش‌های صورت گرفته نقش ریزموجودات خاک‌زی به ویژه سیانوباکتری‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پایداری خاک دانه‌ها، افزایش مقاومت کششی و برشی ذرات خاک، افزایش نفوذ پذیری، نگهداشت رطوبت، تثبیت نیتروژن و کربن و افزایش کیفیت خاک برای حضور و رشد سایر موجودات و پوشش گیاهی به اثبات رسیده است. هم‌چنین با توجه به ارتباط مستقیمی که بین میزان فرسایش و مؤلفه‌های مذکور وجود دارد نقش ریزموجودات خاک‌زی در کاهش فرسایش خاک را می‌توان مثبت تلقی کرد. فعالیت کوتاه مدّت ریزموجودات نیز باعث تشکیل

Crusts. *Soil Biology and Biochemistry*. 65: 158-167.

8. Bowker, M.A., Belnap, J., Davidson, D.W. and Phillips, S.L. 2005. Evidence for Micronutrient Limitation of Biological Soil Crusts: Importance to Arid-lands Restoration. *Ecological Applications*. 15: 1941-1951.

9. Bowker, M.A., Belnap, J. and Miller, M.E. 2006. Spatial Modeling of Biological Soil Crusts to Support Rangeland Assessment and Monitoring. *Rangeland Ecology and Management*. 59: 519-529.

10. Büdel, B. and Lange, O.L. 2003. Synopsis: Comparative Biogeography and Ecology of Soil-crust Biota and Communities. In: Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*. Springer-Verlag, Berlin. 141-152.

11. Caulfield, M.J., Qiao, G.G. and Solomon, D.H. 2002. Some Aspects of the Properties and Degradation of Polyacrylamides. *Chemical Reviews*. 102: 3067-3083.

12. Chamizo, S., Cantón, Y., Domingo, F. and Belnap, J. 2011. Evaporative Losses from Soils Covered by Physical and Different Types of Biological Soil Crusts. *Hydrological Processes*. 27(3): 324-332.

13. Chamizo, S., Cantón, Y., Miralles, I. and Domingo, F. 2012. Biological Soil Crust Development Affects Physicochemical Characteristics of Soil Surface in Semiarid Ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*. 49: 96-105.

14. Chen, L. Z., Xie, Z. M., Hu, C. X., Li, D.H., Wang, G.H. and Liu, Y.D. 2006. Man-made Desert Algal Crusts as Affected by Environmental Factors in Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*. 67: 521-527.

15. Colica, G., Li, H., Rossi, F., Li, D., Liu, Y. and De Philippis, R. 2014. Microbial Secreted Exopolysaccharides Affect the Hydrological Behavior of Induced Biological Soil Crusts in Desert Sandy Soils, *Soil Biology and Biochemistry*. 68: 62-70.

16. Costa, R., Pereira, J.L., Gomes, J., Gonçalves, F., Hunkeler, D. and Rasteiro, M.G. 2014. The Effects of Acrylamide Polyelectrolytes on Aquatic Organisms: Relating Toxicity to Chain Architecture. *Chemosphere*. 112: 177-184.

17. Diamond, J. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Succeed or Fail*. Viking Press, New York. 592 p.

18. Dorioz, J.M., Robert, M. and Chenu, C. 1993. The Role of Roots, Fungi and Bacteria on Clay Particle

پوسته‌ی بیولوژیک مقاوم خاک شده و حتی پس از حاکم شدن شرایط نامناسب زیست و غیرفعال شدن آن‌ها، پوسته‌ی بیولوژیک مقاوم پایدار خواهد ماند. با این حال پژوهشی مستند در رابطه با بررسی مستقیم، آزمایشگاهی یا کاربرد ریزموجودات خاک‌زی در تحلیل فرآیندهای فرسایش مشاهده نشده است. بنابراین بررسی نقش ریزموجودات خاک‌زی به‌ویژه سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها در تحلیل فرآیندهای فرسایش و به‌کارگیری آن‌ها به‌عنوان جایگزینی برای سایر تثبیت‌کننده و افزودنی‌های معمول، ضروری به نظر می‌رسد. اگرچه ارائه جمع‌بندی‌های نهایی تنها از طریق بررسی ابعاد مختلف کاربرد آن‌ها در تعامل با اهداف مختلف و نیز اثرات آن‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.

منابع

1. Abed, R.M.M., Al-Sadi, A.M., Al-Shehi, M., Al-Hinai, Sh. and Robinson, M.D. 2013. Diversity of Free Living and Lichenized Fungal Communities in Biological Soil crusts of the Sultanate of Oman and Their Role in Improving Soil Properties. *Soil Biology and Biochemistry*. 57: 695-705.

2. Abu-Zreig, M., Al-Sharif, M. and Amayreh, J. 2007. Erosion Control of Arid Land in Jordan with Two Anionic Polyacrylamides. *Arid Land Research Management*. 21: 315-328.

3. Awad, Y. M., Blagodatskaya, E., Ok, Y. S. and Kuzyakov, Y. 2012. Effects of Polyacrylamide, Biopolymer, and Biochar on Decomposition of Soil Organic Matter and Plant Residues as Determined by ^{14}C and Enzyme Activities. *European Journal of Soil Biology*. 48: 1-10.

4. Behzadfar, M., Sadeghi, S.H.R., Khangani, M.J. and Hazbavi, Z. 2012. Effectability of Runoff and Sediment Yield from Soils Induced by Freezing and Thawing Cycle under Simulated Rainfall Condition. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 2(1): 13-25. (In Persian)

5. Blanco, H. and Lal, R. 2008. *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer Science, Business Media B.V. 638 p.

6. Blagodatskaya, E. and Kuzyakov, Y. 2013. Active Microorganisms in Soil: Critical Review of Estimation Criteria and Approaches. *Soil Biology and Biochemistry*. 67: 192-211.

7. Bowker, M.A., Belnap, J., Chaudhary, V. B. and Johnson, N.C. 2008. Revisiting Classic Water Erosion Models in Drylands: The Strong Impact of Biological Soil

from Arable Land under Conservation and Conventional Tillage: The Role of Residue Cover. *Journal of Hydrology*. 390: 143-154.

29. Liu, J., Shi, B., Jiang, H., Huang, H., Bae, S. and Huang, H. 2009. Improvement of Water-stability of Clay Aggregates Admixed with Aqueous Polymer Soil Stabilizers. *Catena*. 77: 175-179.

30. Liu, J., Shi, B., Jiang, H., Huang, H., Wang, G. and Kamai, T. 2011. Research on the Stabilization Treatment of Clay Slope Topsoil by Organic Polymer Soil Stabilizer. *Engineering Geology*. 117: 114-120.

31. Miller, R.M. 2002. The Function of Mycorrhizal Fungi in Soil Restoration. p. 21-22. In: International Workshop- Microbial Function in Revegetation Process of Degraded Terrestrial Environments: From Gene to Ecosystem, November 29, 2002. 26 p.

32. Miralles, I., Cantón, Y. and 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.

33. Opie, J. 2000. Ogallala: Water for a Dry Land. University of Nebraska Press, Lincoln. Pierson, F.B., 2000. Erosion Models: Use and Misuse on Rangelands. In: Arnalds, O., Archer, S. (Eds.), *Rangeland Desertification*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 67-76.

34. Prats, S.A., Martins, M.A.D.S., Malvar, M.C., Ben-Hur, M. and Keizer, J.J. 2014. Polyacrylamide Application Versus Forest Residue Mulching for Reducing Post-fire Runoff and Soil Erosion. *Science of the Total Environment*. 468-469: 464-474.

35. Pospisil, J. and Weideli, H.J. 1996. Environmental Impacts Associated with the Application of Radical-scavenging Stabilizers in Polymers. *Polymer Degradation and Stability*. 52: 109-117.

36. Powell, J.T., Chatziefthimiou, A.D., Banack, S. A., Cox, P.A. and Metcalf, J.S. 2013. Desert Crust Microorganisms, Their Environment, and Human Health. *Journal of Arid Environments*, In Press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.11.004>.

37. Rabiei, A., Gilani, M. And Jamshidi, H. 2011. Anionic Polyacrylamide Prepared Based on Acrylamide as Soil Stabilizers. *Journal of Polymer Science and Technology*. 4(24): 291-300. (In Persian)

Organization: An Experimental Approach. *Geoderma*. 56: 179-194.

19. Entry, J.A., Sojka, R.E. and Hicks, B.J. 2008. Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios Can Estimate Anionic Polyacrylamide Degradation in Soil. *Geoderma*. 145: 8-16.

20. Epelde, L., Burges, A., Mijangos, I. and Garbisu, C. 2013. Microbial Properties and Attributes of Ecological Relevance for Soilquality Monitoring During a Chemical Stabilization Field Study. *Applied Soil Ecology*. 75: 1-12.

21. Esmaeili Dastjerdi, A., Farpour, M.H. and Sarcheshmehpoor, M. 2013. Resistance to Penetration and Micromorphology of Biological Crust Obtained from Simultaneous Application of Two Gender Cyanobacteria. *Agricultural Engineering (Agricultural Scientific Journal)*. 36(2): 17-35. (In Persian)

22. Fallah, A., Besharati, H. and Khosravi, H. 2009. *Soil Microbiology*. Translation, Aiizh Press, 2nd Ed. 192 p. (In Persian)

23. Goodson, C.C., Schwartz, G. and Amrhein, C. 2006. Controlling Tailwater Sediment and Phosphorus Concentrations with Polyacrylamide in the Imperial Valley, California. *Journal of Environmental Quality*. 35: 1072-1077.

24. Green, V.S. and Stott, D.E. 2001. Polyacrylamide: A Review of the Use, Effectiveness and Cost of a Soil Erosion Control Amendment. 10th International Soil Conservation Meeting, May 24- 29, 1999, Purdue University and the USDA-ARS, National Soil Erosion Research Laboratory. 384- 389.

25. Hazbavi, Z. 2013. Soil Erosion Control by Application of Polyacriamids to Minimize Its Residues in Runoff and Sediment. MSc Thesis, Iran, Tarbiat Modares University, 98 p. (In Persian)

26. Hui Xia, P., ZhengMing, CH., XueMei, ZH., ShuYong, M., XiaoLing, Q. and Fang, W. 2007. A Study on an Oligotrophic Bacteria and Its Ecological Characteristics in an Arid Desert Area. *Science in China Series D: Earth Sciences*. 50: 128-134.

27. Klaunig J.E. 2008. Acrylamide Carcinogenicity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 56: 5984-5988.

28. Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Berckmoes, E. and Takken, I. 2010. Scale Effects on Runoff and Erosion Losses

of Environmental (Outdoor) Exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 37: 76-91.

49. Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D. and Orts, W.J. 2007. Polyacrylamide in Agriculture and Environmental Land Management. *Advances in Agronomy*. 92: 75-162.

50. Sojka, R.E. and Entry, J.A. 2000. Influence of Polyacrylamide Application to Soil on Movement of Microorganisms in Runoff water. *Environmental Pollution*. 108: 405-412.

51. Strauss, S.L., Day, T.A. and Garcia-Pichel, F. 2012. Nitrogen Cycling in Desert Biological Soil Crusts across Biogeographic Regions in the Southwestern United States. *Biogeochemistry*. 108: 171-182.

52. Tan, D., Li, L., Wang, S., Wei, B., Zhang, X., Sun, B. and Ji, S. 2013. The Cytogenetic Effects of Acrylamide on *Carassius Auratus* Peripherial Blood Cells. *Food and Chemical Toxicology*. 62: 318-322.

53. Tisdall, J. M., Nelson, S.E., Wilkinson, K.G, Smith, S.E. and McKenzie, B.M. 2012. Stabilisation of Soil Against Wind Erosion by Six Saprotrophic Fungi. *Soil Biology and Biochemistry*. 50: 134-141.

54. Toy, T.J., Foster, G.R. and Renard, K.G. 2002. *Soil Erosion: Process, Prediction, Measurement, and Control*. John Wiley and Sons, New York. 352 p.

55. Tugel, A.J. and Lewandowski, A.M. 2010. *Soil Biology Primer* [online]. Available: www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/soil_biology_primer.htm November 4. 2010.

56. Umer, M.I. and Rajab, Sh.M. 2012. Correlation between Aggregate Stability and Microbiological Activity in Two Russian Soil Types. *Eurasian Journal of Soil Science*. 1: 45-50.

57. Ushio, M., Miki, T. and Balser, T.C. 2013. A Coexisting Fungal-bacterial Community Stabilizes Soil Decomposition Activity in a Microcosm Experiment. *Plos One*. 8(11): e80320, 1-7.

58. Valencia, Y., Camapum, J. and Torres, F.A. 2014. Influence of Biomineralization on the Physico-mechanical Profile of a Tropical Soil Affected by Erosive Processes, *Soil Biology and Biochemistry*. 74, 98-99.

59. Wang, W., Liu, Yongding., Li, Dunhai., Hua, Ch. and Rao, B. 2009. Feasibility of Cyanobacterial Inoculation

38. Renn, O. 2003. Acrylamide: Lessons for Risk Management and Communication, *Journal of Health Communication*. 8(3): 435- 441.

39. Ryals, R., Kaiser, M., Tor, M. S., Berhe, A.A. and Silver, W.L. 2014. Impacts of Organic Matter Amendments on Carbon and Nitrogen Dynamics in Grassland Soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 68: 52-61.

40. Reynolds, R., Belnap, J., Reheis, M., Lamothe, P. and Luiszer, F. 2001. Aeolian Dust in Colorado Plateau Soils: Nutrient Inputs and Recent Change in Source. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98: 7123-7127.

41. Rodríguez-Caballero, E., Cantón, Y., Chamizo, S., Afana, A. and Solé-Benet, A. 2012. Effects of Biological Soil Crusts on Surface Roughness and Implications for Runoff and Erosion. *Geomorphology*. 145-146: 81-89.

42. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Younesi, H. and Behzadfar, M. 2013. Trend of Soil Loss and Sediment Concentration Changeability due to Application of Polyacrylamide. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 2(4): 53-67. (In Persian)

43. Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh. and Nikkami, D. 2009. Land Use Optimization in Watershed Scale. *Land Use Policy*. 26: 186-193.

44. Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S. and Onda, Y. 2008. Determinant Factors of Sediment Graphs and Rating Loops in a Reforested Watershed. *Journal of Hydrology*. 356: 271-282.

45. Safari Sanjabi, E.A. 2011. *Soil Biology and Biochemistry*. Bu-Ali Sina University Press, 3rd Ed, 383 p. (In Persian).

46. Sepaskhah, A. R., Shahabizad, V. 2010. Effects of Water Quality and PAM Application Rate on the Control of Soil Erosion, Water Infiltration and Runoff for Different Soil Textures Measured in a Rainfall Simulator. *Biosystems Engineering*. 106: 513-520.

47. Shekofteh, H., Refahi, H.GH. and Gorji, M. 2005. The Chemical Effect of Polyacriamid on the Soil Erosion and Runoff. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 36: 177-186. (In Persian)

48. Smith, E.A. Prues, S.L. and Oehme, F.W. 1997: *Environmental Degradation of Polyacrylamides*. II. Effects

62. Wu, L., Ok, Y.S., Xu, X.L. and Kuzyakov, Y. 2012. Effects of Anionic Polyacrylamide on Maize Growth: A Short Term ^{14}C Labeling Study. *Plant Soil*. 350:311-322.
63. Zohuriaan-Mehr, M.J. and Kabiri, K. 2008. Superabsorbent Polymer Materials: A Review. *Iranian Polymer Journal*. 17(6): 451-477.
64. Zupanc, V., Kastelec, D., Lestan, D. and Greman, H. 2014. Soil Physical Characteristics After EDTA Washing and Amendment with Inorganic and Organic Additives. *Environmental Pollution*. 186: 56-62.
- for Biological Soil Crusts Formation in Desert Area. *Soil Biology and Biochemistry*. 41: 926-929.
60. Wilson, G.V., McGregor, K.C. and Boykin, D. 2008. Residue Impacts on Runoff and Soil Erosion for Different Corn Plant Populations. *Soil and Tillage Research*. 99: 300-307.
61. Woodrow, J. E., Seiber, J.N. and Miller, G.C. 2008. Acrylamide Release Resulting from Sunlight Irradiation of Aqueous Polyacrylamide/ iron Mixtures. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 56(8): 2773-2779.

**Abstract****Role of Soil Microorganisms in Soil and Water Loss Control**H. Kheirfam¹ S. H.R. Sadeghi², M. Homaei³ and B. Zarei Darki⁴

Recived: 2014.07.09 Accepted: 2014.11.15

Soil erosion and sediment yield in the watersheds are the major limitations in achieving the sustainable development. Hence, the stabilizers and soil amendments such as natural, organic and synthetic materials have been used or tested on erodible soil surface in order to increase the soil stability and reduce soil erosion. However, the use of stabilizers and amendment are somewhat challenged due to their limitations such as having instabilities and temporary nature as well as having the destructive effects to the environment. Therefore, the present study has attempted to provide comprehensive information about microorganism's application as a sustainable and biological strategy for the restoration of degraded soils. According to the results reported in literatures, the effective role of biological soil crust made by microorganisms especially cyanobacteria, bacteria and fungi in aggregate stability, soil particles shear strength, permeability, moisture retention, carbon and nitrogen sequestration has been documented. It increases soil quality for the presence and growth of vegetation and other organisms through secreting polysaccharides and developing aggregate adhesions. Thus, these soil microorganisms with dynamic role create the suitable conditions for stabilization, vegetation present and other organisms. Therefore, the support and richness of soil microorganism through the development of this organism as the first stage of plant ecosystem of soil would cause the suitable conditions for the sustainable restoration and promotion of ecosystems and eventually would lead to runoff and soil loss control. Therefore, it is necessary to examine the role of soil microorganisms especially cyanobacteria and bacteria in soil erosion processes analysis and their application as an alternative to other conventional stabilizers and additives. However, it is initially needed to be examined under laboratory conditions with further attention to environmental aspects.

Keywords: Sediment yield, Soil amendment, Soil erodibility, Sustainable development

1. PhD Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

2. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University. Corresponding Author Email: sadeghi@modares.ac.ir.

3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.

4. Behrouz Zarei-Darki, Department of Biology Marine, Faculty of Marine Science, Tarbiat Modares University.