

و رسوب را نشان داد. بر اساس یافته‌های این تحقیق، نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش دو ماه پس از کاشت گیاهان تأثیر قابل توجهی بر کاهش حجم رواناب و آلاینده‌های موجود در آن و در نتیجه حفاظت آب و خاک داشتند. از طرف دیگر به جهت انتقال مواد مغذی به همراه ذرات ریزدانه رسوب، ارتباط مستقیمی بین کاهش نیترات، فسفات و رسوب معلق مشاهده گردید.

کلید واژه‌ها: رسوب، رواناب مصنوعی، فسفات، نیترات

مقدمه

کشور ایران که به طور عمده از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بهره می‌گیرد، دارای اکوسیستمی ناپایدارتر و شکننده‌تر نسبت به مناطق مرطوب می‌باشد و اهمیت حفاظت از منابع آب و خاک در آن دوچندان است [۱]. دانشمندان علوم زیست‌محیطی نحوه ایجاد آلودگی در منابع آب و خاک را به دو دسته آلودگی‌های متمرکز یا نقطه‌ای^۴ و آلودگی‌های غیرمتمرکز یا غیرنقطه‌ای^۵ تقسیم‌بندی نموده‌اند [۱۲]. آلودگی غیرنقطه‌ای تهدید بسیار جدی برای آب‌های سطحی است به‌خصوص در زمینه اوتروفیکاسیون که توسط فسفر حاصل از کشاورزی ایجاد می‌شود. مواد مغذی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها هم به زهکش‌ها و هم به آب‌های سطحی منتقل و منتشر می‌شوند که باعث به‌وجود آمدن یک آلودگی در مقیاس بزرگ شده و کنترل آن‌ها بسیار مشکل است. به‌علاوه، حجم زیادی از آب و رسوب تولیدی، این آلاینده‌ها را همراهی می‌نمایند که با توجه به غیرقابل پیشبینی بودن جریان و طبیعت، روش‌های تکنولوژیکی مهار این‌گونه آلاینده‌ها به امری غیرواقعی (به جز در شرایط بسیار محدود) تبدیل می‌شود [۱۲]. هم‌چنین آلاینده‌های غیرنقطه‌ای در سالهای اخیر موجب کاهش روزافزون کیفیت اکوسیستم‌های آبی پایبندست در حوزه‌های آبخیز شده است [۲۰].

حائل‌های گیاهی، نوارهایی هستند که شامل علف‌ها، درختان و درختچه‌ها یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشند که در پایبندست اراضی فرسایش‌پذیر و کشاورزی و در کناره رودخانه‌ها تعبیه می‌گردند [۱۴]. به عبارت دیگر، نوارهای حائل گیاهی شامل گیاهان خاصی می‌باشند که جریان قبل از ورود به آبراهه‌ها از آن‌ها عبور می‌نماید و این موجب کاهش حجم رواناب، آفت‌کش‌های انباشته شده و دیگر

بررسی مراحل فنولوژیک گیاه و نوع آلاینده‌ها در میزان کارایی نوارهای حائل گیاهی

ایمان صالح^۱، عطاله کاویان^۲، محمود حبیب نژاد روشن^۳ و زینب جعفریان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۷

چکیده

آلودگی غیرنقطه‌ای تهدید بسیار جدی برای آب‌های سطحی به خصوص در زمینه اوتروفیکاسیون است. نوارهای حائل گیاهی شامل گیاهان خاصی می‌باشند که جریان قبل از ورود به آبراهه‌ها از آن‌ها عبور می‌نماید و این موجب کاهش حجم رواناب، آفت‌کش‌های انباشته شده و دیگر آلاینده‌های جریان توسط نفوذ، جذب و انباشت رسوب می‌گردند. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر مراحل فنولوژی گیاه و نوع آلاینده‌ها بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در نگهداشت آن‌ها به انجام رسیده است. این پژوهش با استفاده از کرت‌های آزمایشی ۱۰×۱۰ متری و تولید رواناب مصنوعی با دبی حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال و هم‌چنین با استفاده از دو گونه گیاهی وتیور و چمن بومی در منطقه لایم ساری طی یک سال به انجام رسید. نتایج نشان داد که نوار حائل حاوی وتیور در مراحل رشد رویشی و گلدهی بهترین عملکرد را در کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب دارد به‌طوری‌که حجم رواناب، غلظت رسوب، نیترات و فسفات را به ترتیب تا ۸۰٪، ۸۷٪، ۸۱٪ و ۹۳٪ کاهش داد. هم‌ینطور این کارایی برای نوار حائل حاوی چمن در مرحله رشد رویشی به حداکثر خود رسید به‌طوری‌که حجم رواناب، غلظت رسوب، نیترات و فسفات را به ترتیب تا ۹۱٪، ۹۱٪، ۷۹٪ و ۷۱٪ کاهش داد. هم‌چنین نتایج نشان داد که در ماه‌های انتهایی دوره آزمایش، میانگین غلظت آلاینده‌ها افزایش و کارایی نوارهای حائل گیاهی در نگهداشت آلاینده‌ها کاهش یافت که این موضوع قابلیت نوارهای حائل گیاهی در ایفای نقش به عنوان منبع مواد مغذی

۱- استادیار، بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج

۲- نویسنده مسئول و دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیک: a.kavian@sanru.ac.ir

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

4. Point source pollution

5. Non-point source pollution

آلاینده‌های جریان توسط نفوذ، جذب و انباشت رسوب می‌گردند [۳۲]. تحقیقات نشان داده‌اند که رواناب سطحی خروجی از اراضی کشاورزی ممکن است حاوی دامنه وسیعی از آلاینده‌ها با غلظت‌های بسیار متفاوت باشند اما پایش تک‌تک آن‌ها نیازمند زمان و هزینه زیادی است. بنابراین پایش و اندازه‌گیری آلاینده‌های مهم که زیاد پرهزینه نیستند، منطقی و مطلوب است [۳۸]. مجموع مواد جامد معلق، پاتوژن‌ها و باکتری‌ها، فسفات و نیتрат به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های موجود در رواناب‌های سطحی شناخته شده‌اند [۱۳]. هم‌چنین انتقال رسوب و رسوب‌گذاری یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان می‌باشد. این مسأله عموماً به دلیل در معرض قرار گرفتن خاک به علت از دست دادن پوشش گیاهی که موجب کاهش ظرفیت خاک-آب، بهره‌وری خاک، آلودگی و اوتروفیکاسیون پیکره‌های آبی می‌گردد، می‌باشد [۱۹]. در اراضی با شیب زیاد، انتقال رسوب بسیار در هدر رفت مواد مغذی از اکوسیستم‌ها تأثیرگذار است [۶]. فسفات نیز یکی از مهم‌ترین مواد مغذی است که موجب رشد فزاینده جلبک‌ها می‌شود که اثرات ناخوشایند زیبایی‌شناسی و هم‌چنین اوتروفیکاسیون را در پیکره‌های آبی و آب‌های سطحی در پی خواهد داشت [۴۲]. هم‌چنین نیترات یکی از شایع‌ترین آلاینده‌های محلول در آب‌های سطحی و رواناب است و در پیکره‌های آبی نزدیک به اراضی کشاورزی، نیترات می‌تواند به سطح بالایی برسد که به صورت بالقوه باعث اوتروفیکاسیون، مرگ آبزیان، محدود شدن رشد، تضعیف سیستم ایمنی و به وجود آمدن استرس در برخی گونه‌های آبرزی می‌گردد [۱۷].

گیاه وتیور (*zizanioides vetivera*) یک گیاه دائمی گرمسیری و بومی جنوب و جنوب شرق آسیا است که به طور طبیعی در اراضی پست و مرتفع و در انواع خاک‌ها می‌روید. این گیاه در هر آب و هوایی می‌تواند زندگی کند و حتی در خشکسالی‌های هندوستان هم خود را توانا نشان داده است [۳۹]. این گیاه سریع‌الرشد است، ارتفاع آن ۱۵۰ - ۵۰ سانتی متر و با تاج پوششی به قطر ۳۰ سانتی متر می‌باشد. ریشه‌های وتیور افشان، بسیار منشعب و حجیم بوده و تا عمق ۴-۲ متر در خاک نفوذ می‌کنند که این امر در حفظ آب و خاک بسیار موثر است [۲۱]. هم‌چنین در اکثر مطالعات انجام شده، چمن بومی هر منطقه به عنوان یکی از گونه‌های گیاهی مطلوب جهت استفاده در نوارهای حائل مورد آزمایش قرار گرفته است. دلیل این امر سازگاری با اقلیم منطقه، تراکم مناسب و رشد سریع این گیاه جهت کاهش سرعت جریان و افزایش نفوذپذیری خاک و هم‌چنین پخش جریان آب به‌منظور افزایش کارایی نوار گیاهی در جذب و کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب است.

در گذشته پژوهش‌های بسیاری در زمینه تأثیر نوارهای حائل گیاهی بر کنترل کیفیت و کمیت رواناب صورت پذیرفته‌اند [۸، ۹، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۳۴] که در برخی از آن‌ها پژوهش-گران تلاش نموده‌اند تا یک دستورالعمل برای کاربرد نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت آب تهیه نمایند. برخی محققین نیز پس از

مرور اثربخشی نوارهای حائل گیاهی در بهبود کیفیت آب اعلام نمودند که نوارهای حائل گیاهی قادر به از بین بردن آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی یا آلودگی غیرنقطه‌ای هستند [۱۵، ۲۳، ۳۴] در حالی که خود خاک نیز می‌تواند تا حدودی این کاهش آلودگی را انجام دهد اما سیستم ترکیب خاک با گیاه بهترین عملکرد را خواهد داشت [۱۵]. پژوهشگران به تأثیر منفی افزایش شدت رواناب بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل آلاینده‌ها و حجم رواناب نیز اشاره داشته‌اند [۹، ۴۱]. پس از انجام پژوهشی، گلابی و همکاران [۱۸] در گزارش نتایج تحقیق خود اعلام نمودند که سیستم وتیور نه تنها در کنترل فرسایش موثر است بلکه کیفیت رواناب را بهبود می‌بخشد. بورین و همکاران [۸] نیز مروری بر داده‌های به دست آمده از تحقیقات انجام شده در دهه‌های گذشته در زمینه اجرای نوارهای حائل گیاهی در منطقه وتو ایتالیا داشتند و گزارش نمودند که نوارهای حائل جوان رواناب کل را تا ۳۳ درصد، هدررفت نیتروژن را تا ۴۴ درصد و هدررفت فسفر را تا ۵۰ درصد در مقایسه با نواحی بدون نوار حائل کاهش داده‌اند. هم‌چنین به اعتقاد ایشان یک نوار حائل بالغ قادر است غلظت نیترات و نیتروژن و فسفر را تا ۱۰۰ درصد کاهش دهد. پن و همکاران [۳۳] معتقدند که هم خصوصیات خاک و هم ویژگی‌های گیاه مورد استفاده در نوارهای حائل گیاهی در نحوه و زمان اجرای این نوارها نقش قابل توجهی ایفا می‌نمایند. هم‌چنین بارلینگ [۲] مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه عملکرد نوارهای حائل گیاهی در شرایط کشور استرالیا انجام داد و اشاره نمود که اثربخشی نوارهای حائل گیاهی در نگهداشت رسوبات، با کاهش اندازه ذرات رسوب کاهش می‌یابد. در پایان این تحقیق اعلام شد که نوارهای حائل گیاهی تأثیر بیشتری در کاهش رسوبات نسبت به مواد مغذی دارند. بلانکو-کانکی [۵] به بررسی تأثیر حائل‌های علفی و نوارهای حائل گیاهی در کاهش هدر رفت رواناب، رسوب، نیتروژن و فسفر پرداختند. ایشان گزارش نمودند که تأثیر نوارهای حائل گیاهی به مراتب بیش از تیمار حائل علفی خصوصاً در کاهش انتقال شکل‌های مختلف نیتروژن و فسفر بود. اوسبورن و کواچیچ [۳۱] مروری بر نوارهای حائل گیاهی و محدودیت‌های استفاده از آن‌ها به‌منظور بهبود کیفیت آب داشتند. ایشان گزارش نمودند که نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش در دوره خواب خود، مقداری فسفر به آب زیرزمینی آزاد نمودند، بنابراین این نوارها می‌توانند در مواقعی از سال نقش منبع مواد مغذی را نیز ایفا نمایند. کمپو-بسکاس و همکاران [۱۰] نیز معتقدند که نصب حائل‌های گیاهی متراکم در اراضی فاریاب مناطق آسیب‌پذیر نیمه خشک می‌تواند در کاهش اثرات مخرب کشاورزی و بهبود حفاظت محیط زیست مؤثر باشد اما نبایستی به آن به‌عنوان یک راهکار جایگزین نگاه کرد بلکه باید به عنوان یک روش کنترل آلودگی تکمیلی در کنار دیگر اقدامات خارج از عرصه مورد استفاده قرار گیرد. در زمینه مدل‌سازی نوارهای حائل گیاهی نیز کارلور و همکاران [۱۱] مدل VFSMOD که با شبیه‌سازی اثرگذاری نوارهای

می‌باشد. مطابق آمار هواشناسی ایستگاه دشت ناز ساری که در فاصله ۵ کیلومتری عرصه واقع شده است، متوسط بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه منطقه به ترتیب ۷۸۹ میلی‌متر، ۱۷ درجه سانتیگراد و ۷۷ درصد می‌باشد [۳۶].

طراحی آزمایش

به منظور ارزیابی کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌ها و همچنین حفاظت آب و خاک، از کرت‌های آزمایشی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی^۱ استفاده شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق با سه تکرار به شرح زیر می‌باشند:

تیمار ۱: وتیور گراس، تیمار ۲: چمن بومی، تیمار ۳: شاهد (بدون پوشش)

گیاه وتیور در هر آب و هوایی می‌تواند زندگی کند و حتی در خشکسالی‌ها هم خود را توانا نشان داده است [۳۹]. این گیاه سریع‌الرشد است، ارتفاع آن ۱۵۰ - ۵۰ سانتی‌متر و با تاج پوششی به قطر ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. ریشه‌های وتیور افشان، بسیار منشعب و حجیم بوده و تا عمق ۴-۲ متر در خاک نفوذ می‌کنند که این امر در حفظ آب و خاک بسیار موثر است [۲۱] و بنا به خصوصیات ذکر شده، این گیاه به عنوان یکی از تیمارهای مورد آزمایش در این پژوهش در نظر گرفته شد. دلیل استفاده از چمن بومی نیز سازگاری با اقلیم منطقه، تراکم مناسب و رشد سریع این گیاه جهت کاهش سرعت جریان و افزایش نفوذپذیری خاک و همچنین پنخس جریان آب به منظور افزایش کارایی نوار گیاهی در جذب و کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب است.

در این پژوهش نه کرت آزمایشی ۱۰ متر مربعی (۱۰×۱ متر) با شیب ۱۵ درصد که به وسیله ورق‌های گالوانیزه تا عمق ۱۰ سانتی‌متر از محیط اطراف جدا گشتند، ایجاد و استفاده شد [۲۲، ۲۴] (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه آماده‌سازی و قرار گرفتن گونه‌های گیاهی مورد آزمایش در کرت‌های آزمایشی

Fig 2. Preparation and installation of the studied plant species in the plots

حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌های رواناب و تغییر آن با اندازه‌ها و ابعاد مختلف نوارها کاربر را در یافتن اندازه بهینه نوارهای حائل گیاهی یاری می‌نماید را معرفی نموده‌اند.

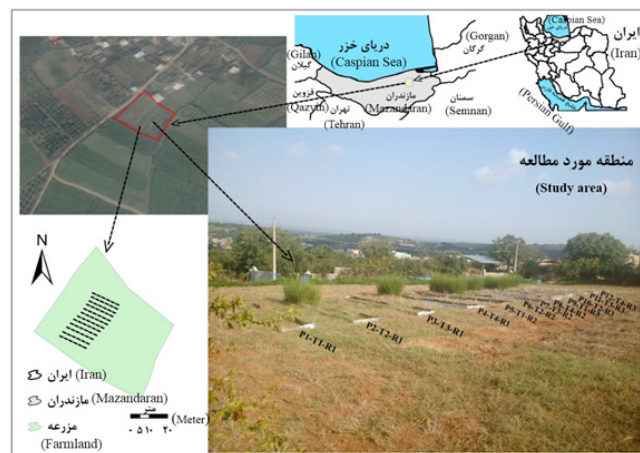
همانطور که ملاحظه شد، پژوهش‌های مختلفی در زمینه عملکرد نوارهای حائل گیاهی به انجام رسیده است که اکثریت آن‌ها به تأثیر قابل قبول این نوارها بر کنترل کیفیت و کمیت رواناب اشاره داشته‌اند. اما اینکه حداکثر کارایی نوارهای حائل در چه زمانی اتفاق می‌افتد و همچنین آگاهی نسبت به ارتباط آلاینده‌های مختلف می‌تواند مجریان طرح‌های احداث نوارهای حائل گیاهی را در اجرای هرچه مؤثرتر این نوارها یاری نماید، که این موارد تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند.

بارندگی‌های شدید در استان مازندران و سطوح وسیع تحت کشت در این استان و طبیعتاً استفاده گسترده از کودها و سموم کشاورزی موجب جاری شدن حجم وسیعی از رواناب‌های آلوده به سمت پیکره‌های آبی و آب‌های سطحی می‌گردد. هم‌چنین رشد سریع جمعیت، کاهش منابع آب شیرین، افزایش نگرانی‌ها در مورد تخریب منابع آب و خاک کشور و نیاز به اجرای روشی کم‌هزینه به منظور کنترل آلودگی‌های غیرنقطه‌ای آب‌های سطحی در کشور از دلایل لزوم و ضرورت انجام تحقیق حاضر می‌باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

عرصه این تحقیق بخشی از اراضی کشاورزی دیم شهرستان میانرود در استان مازندران می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی در نیمکره شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig 1. Location of the study area

ارتفاع عرصه از سطح دریا ۲۳ متر و شیب دامنه مورد مطالعه ۱۵ درصد، دارای جهت جغرافیایی شمالی-جنوبی با خاک لوم رسی

آزمایشگاه انتقال داده شدند تا از تبدیل نیتريت به نترات در نمونه آب و به وجود آمدن خطا در آزمایشات جلوگیری به عمل آید [۲۴] (شکل ۳).

اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌ها

اندازه‌گیری میزان فسفات و نترات در آب به ترتیب با روش‌های کالریمتری و اولترا ویولت (UV) و واحد اندازه‌گیری میلی‌گرم بر لیتر صورت پذیرفت [۴]. به این منظور، نمونه‌های آب برداشت شده جهت اندازه‌گیری غلظت فسفات و نترات به آزمایشگاه اداره آب منطقه‌ای شهرستان ساری منتقل شدند. همچنین به منظور اندازه‌گیری میزان رسوب موجود در نمونه‌های آب، ابتدا نمونه‌ها توزین شدند و پس از آن در آون به مدت ۲۴ ساعت تحت حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند تا آب موجود در نمونه به طور کامل تبخیر گردد و در پایان نمونه باقیمانده دوباره توزین شد تا وزن رسوب موجود در نمونه به دست آید. رابطه (۱) میزان غلظت رسوب معلق در نمونه آب را محاسبه می‌نماید [۲۴]:

$$TSS = \frac{M}{V} \quad (1)$$

که در آن M وزن مواد جامد پس از خشک کردن نمونه (میلی‌گرم) و V حجم نمونه آب (لیتر) می‌باشد.

کارایی نوارهای حائل گیاهی

کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش (تیمارها) در کاهش غلظت آلاینده‌ها/حجم رواناب موجود در رواناب با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد [۲۴]:

به منظور تعیین میزان دبی رواناب مصنوعی، ابتدا داده‌ها و آمار مورد نیاز از وضعیت بارندگی منطقه مورد مطالعه از ایستگاه هواشناسی دشت ناز (فرودگاه) ساری گردآوری گردید، سپس شدت بارندگی با تداوم ۱۰ دقیقه با دوره بازگشت ۱۰۰ سال از مدل قهرمان و آبخضر برآورد و استخراج گردید (جدول ۱). با توجه به شدت بارندگی به دست آمده از مدل مذکور و همچنین مساحت ۱۰ متر مربعی کرت‌های آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش، دبی ورودی نهایی ۷۸۶ لیتر بر ساعت محاسبه گردید. البته امکان جاری شدن چنین روانابی در صورتی وجود دارد که هیچ‌گونه نفوذی صورت نپذیرد. در این تحقیق نیز مقداری از رواناب ورودی در هفت متر ابتدایی کرت آزمایشی در خاک نفوذ می‌نماید و تا زمان رسیدن به نوار حائل از شدت آن کاسته می‌شود. رواناب با دبی مورد نظر به وسیله یک مخزن و پمپ وارد کرت‌های آزمایشی گردید.

نمونه برداری رواناب

نمونه برداری از رواناب جمع‌آوری شده توسط مخزن‌های موجود در انتهای هر کرت از یک ماه پس از کاشت گونه‌های گیاهی آغاز و به صورت ماهانه تکرار شد به طوری که نمونه برداری از بهمن ماه سال ۱۳۹۳ آغاز و در دی ماه سال ۱۳۹۴ پایان یافت. به منظور اندازه‌گیری دقیق آلاینده‌ها دو نمونه مجزا از آب جمع‌آوری شده در مخازن برداشت شد که یک نمونه توسط ظروف ۱/۵ لیتری و به منظور اندازه‌گیری میزان رسوب و نمونه دیگر با استفاده از ظروف ۲۵۰ میلی‌لیتری جهت اندازه‌گیری غلظت نترات و فسفات برداشت شدند. نمونه‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری در یخ نگهداری شده و سریعاً به

جدول ۱- نتایج حاصل از محاسبه مقادیر شدت بارش (mm/h) در دوره بازگشت‌های مختلف برای منطقه مورد مطالعه

Table 1. The results of rainfall intensity calculation for various return periods in the study area

دوره بازگشت (سال)						تداوم بارش (دقیقه)
Return period (year)						Rainfall duration (min)
100	50	25	10	5	2	10
78.6	72.4	62.8	54.8	47.4	32.9	



شکل ۳- برداشت نمونه‌های آب جمع‌آوری شده در مخازن انتهای کرت‌های آزمایشی

Fig 3. Water sampling from the collected water in the downslope reservoirs

$$Effectiveness(T_i) = (1 - \frac{P_i}{P_1}) \times 100 \quad (2)$$

که در آن T_i کارایی تیمار i برای کاهش غلظت آلاینده/حجم رواناب (درصد)، P_i میزان غلظت آلاینده در نمونه آب/حجم رواناب خروجی تیمار i و P_1 میزان غلظت آلاینده در نمونه آب تیمار شاهد/حجم رواناب ورودی است.

نتایج

غلظت آلاینده‌ها

جداول (۲) و (۳) و (۴) مقادیر میانگین غلظت آلاینده‌های مورد مطالعه در رواناب خروجی از انتهای کرت‌های آزمایشی را در طول ۱۲ ماه آزمایش نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌گردد در ماه‌های دوم، سوم و چهارم نوار چمن غلظت نیتрат کمتری در مقایسه با نوار حاوی وتیور نشان داد اما در دیگر ماه‌های نمونه‌برداری

این تیمار وتیور بود که غلظت نیترات کمتری نشان داد (جدول ۲). نتایج اندازه‌گیری غلظت فسفات نیز نشان داد که تنها در ماه دوم آزمایش نوار چمن غلظت کمتری نشان داد و در دیگر ماه‌های نمونه‌برداری نوار وتیور غلظت فسفات کمتری را موجب گردید (جدول ۳). نتایج اندازه‌گیری غلظت رسوب رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی نیز نشان می‌دهد که درست به مانند نیترات، نوار چمن در ماه‌های دوم، سوم و چهارم غلظت رسوب کمتری نسبت به نوار وتیور نشان داد در حالی که تیمار وتیور پس از رشد کامل و از ماه پنجم به بعد عملکرد بهتری در کاهش غلظت رسوب ارائه نمود (جدول ۴). هم‌چنین در پنج ماه انتهایی دوره آزمایش افزایش میانگین غلظت آلاینده‌ها و کاهش کارایی نوارهای حائل گیاهی در نگهداشت آلاینده‌ها رخ داد که حاصل از انباشته شدن مواد مغذی و رسوب در نوارهای حائل به مرور زمان است، بنابراین همان‌طور که اشاره گردید نوارهای حائل گیاهی می‌توانند به عنوان منبع مواد

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت نیترات در سه تیمار مورد بررسی در طول دوره آزمایش

Table 2. Comparison of means of nitrate concentration in the three studied treatments during the study period

ماه Month	تیمار (Treatment)	غلظت نیترات (میلی گرم بر لیتر) Nitrate concentration (mg L ⁻¹)
۴۳ بهمن Feb 2015	شاهد (Control)	44.2 ^c
۴۳ اسفند Mar 2015	وتیور (Vetiver grass)	28.73 ^{ab}
۴۳ فروردین Apr 2015	چمن (Turf-grass)	32.71 ^a
۴۳ اردیبهشت May 2015		22.15 ^a
۴۳ خرداد Jun 2015		10.15 ^b
۴۳ تیر Jul 2015		15.53 ^a
۴۳ مرداد Aug 2015		8.09 ^b
۴۳ شهریور Sep 2015		11.67 ^b
۴۳ مهر Oct 2015		4.26 ^a
۴۳ آبان Nov 2015		7.6 ^{ab}
۴۳ آذر Dec 2015		19.52 ^a
۴۳ دی Jan 2016		23.69 ^c

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means followed by the same letter do not differ statistically

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت فسفات در سه تیمار مورد بررسی در طول دوره آزمایش

Table 3. Comparison of means of phosphate concentration in the three studied treatments during the study period

ماه Month	تیمار (Treatment)	غلظت فسفات (میلی گرم بر لیتر) Phosphate concentration (mg L ⁻¹)
۴۳ بهمن Feb 2015	شاهد (Control)	1.30 ^c
۴۳ اسفند Mar 2015	وتیور (Vetiver grass)	0.94 ^a
۴۳ فروردین Apr 2015	چمن (Turf-grass)	1.05 ^a
۴۳ اردیبهشت May 2015		0.52 ^a
۴۳ خرداد Jun 2015		0.55 ^b
۴۳ تیر Jul 2015		0.24 ^b
۴۳ مرداد Aug 2015		0.18 ^{ab}
۴۳ شهریور Sep 2015		0.26 ^b
۴۳ مهر Oct 2015		0.25 ^a
۴۳ آبان Nov 2015		0.06 ^a
۴۳ آذر Dec 2015		0.32 ^a
۴۳ دی Jan 2016		0.33 ^a

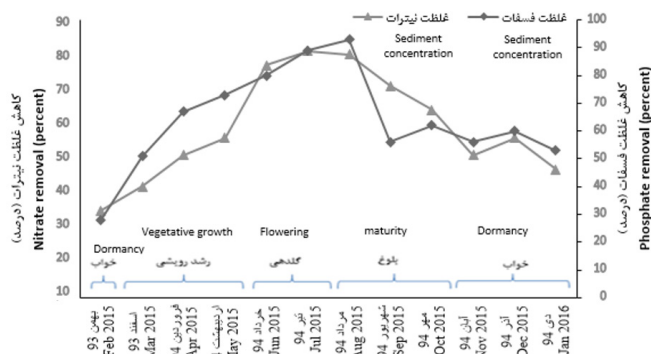
میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means followed by the same letter do not differ statistically

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت رسوب در سه تیمار مورد بررسی در طول دوره آزمایش

Table 4. Comparison of means of sediment concentration in the three studied treatments during the study period

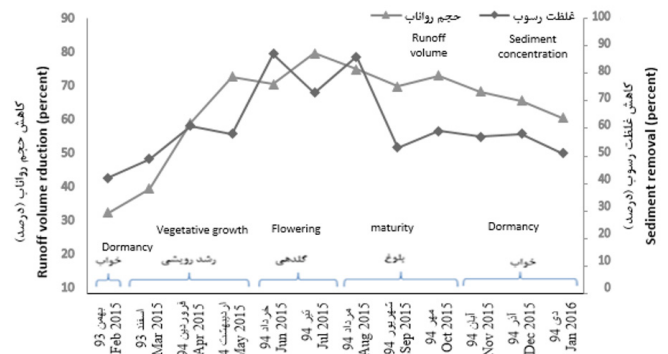
ماه Month	تیمار (Treatment)	غلظت رسوب (گرم بر لیتر) Sediment concentration (g L ⁻¹)
Jan 2016	شاهد (Control)	182.66 ^d
Feb 2016	شاهد (Control)	322.45 ^d
Mar 2016	شاهد (Control)	300.35 ^c
Apr 2016	شاهد (Control)	277.66 ^d
May 2016	شاهد (Control)	290.27 ^c
Jun 2016	شاهد (Control)	213.59 ^c
Jul 2016	شاهد (Control)	115.23 ^d
Aug 2016	شاهد (Control)	118.46 ^c
Sep 2016	شاهد (Control)	296.66 ^c
Oct 2016	شاهد (Control)	414.02 ^d
Nov 2016	شاهد (Control)	263.50 ^d
Dec 2016	شاهد (Control)	138.75 ^d
Jan 2017	شاهد (Control)	182.66 ^d
Jan 2016	وتیور (Vetiver grass)	89.50 ^a
Feb 2016	وتیور (Vetiver grass)	187.02 ^a
Mar 2016	وتیور (Vetiver grass)	153.18 ^b
Apr 2016	وتیور (Vetiver grass)	108.29 ^c
May 2016	وتیور (Vetiver grass)	121.91 ^b
Jun 2016	وتیور (Vetiver grass)	27.77 ^a
Jul 2016	وتیور (Vetiver grass)	31.11 ^a
Aug 2016	وتیور (Vetiver grass)	16.58 ^a
Sep 2016	وتیور (Vetiver grass)	139.43 ^a
Oct 2016	وتیور (Vetiver grass)	169.75 ^a
Nov 2016	وتیور (Vetiver grass)	113.31 ^a
Dec 2016	وتیور (Vetiver grass)	58.28 ^a
Jan 2017	وتیور (Vetiver grass)	89.50 ^a
Jan 2016	چمن (Turf-grass)	147.95 ^c
Feb 2016	چمن (Turf-grass)	222.49 ^c
Mar 2016	چمن (Turf-grass)	39.05 ^a
Apr 2016	چمن (Turf-grass)	24.99 ^b
May 2016	چمن (Turf-grass)	40.64 ^a
Jun 2016	چمن (Turf-grass)	96.12 ^b
Jul 2016	چمن (Turf-grass)	67.99 ^c
Aug 2016	چمن (Turf-grass)	60.41 ^b
Sep 2016	چمن (Turf-grass)	198.76 ^b
Oct 2016	چمن (Turf-grass)	318.80 ^c
Nov 2016	چمن (Turf-grass)	210.80 ^c
Dec 2016	چمن (Turf-grass)	108.23 ^c
Jan 2017	چمن (Turf-grass)	147.95 ^c

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. Means followed by the same letter do not differ statistically



شکل ۵- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور در کاهش غلظت نیترات و فسفات در طول دوره آزمایش

Fig 5. Efficiency variations of vetiver buffer strips in nitrate and phosphate removal during the study period



شکل ۴- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور در کاهش حجم رواناب و غلظت رسوب در طول دوره آزمایش

Fig 4. Efficiency variations of vetiver buffer strips in runoff volume and sediment reduction during the study period

رویشی این گیاه اتفاق افتاد و حداقل آن نیز در مرحله خواب گیاه به دست آمد، در حالی که کارایی بالای نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن برای کاهش حجم تا اواسط دوره بذردهی ادامه داشت. البته کاهش کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش در ماه‌های انتهایی تنها به مراحل فنولوژیکی رشد گیاه ارتباط نداشته و تجمع رسوب و متعاقباً فسفات و نیترات در بین نوارها طی ماه‌های ابتدایی و میانی دوره آزمایش دلیل دیگر کاهش کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب می‌باشد.

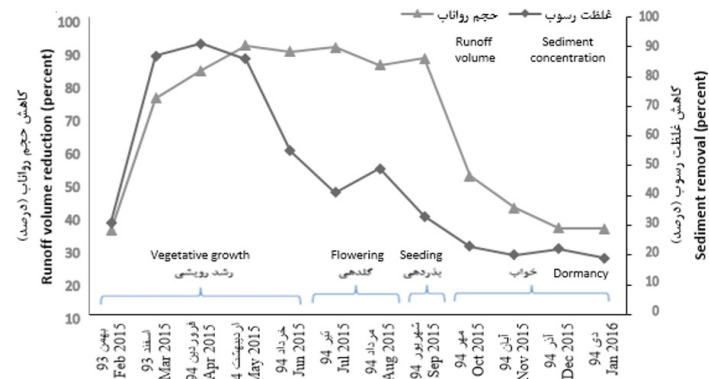
همبستگی آلاینده‌ها

بررسی همبستگی بین پارامترها و آلاینده‌ها مورد مطالعه در این پژوهش از آن جهت اهمیت دارد که عامل کاهش غلظت آلاینده‌ها تا حدودی مشخص می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد که در نوارهای حائل

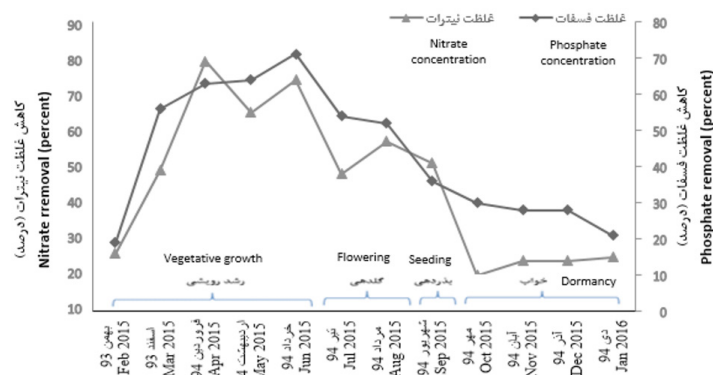
مغذی و رسوب نیز ایفای نقش نمایند. این نتیجه با نتایج اوسبورن و کواچیچ [۳۱]، باتارای و همکاران [۳] و استاتر و همکاران [۴۰] مطابقت دارد.

شکل‌های (۴) و (۵) نشان‌دهنده کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور در کاهش حجم رواناب و آلاینده‌های موجود در آن در طول دوره آزمایش می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌گردد نوار حائل وتیور در اواسط مرحله گلدهی و اوایل مرحله بلوغ از عملکرد بالایی در کاهش حجم رواناب و آلاینده‌های موجود در آن برخوردار است. در مرحله خواب گیاه نیز کم‌ترین میزان کارایی نوار حائل مشاهده گردید.

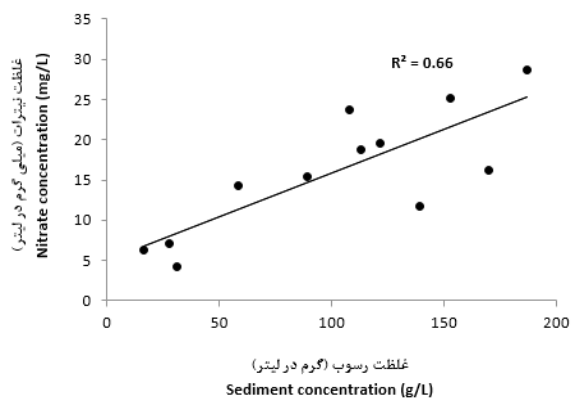
شکل‌های (۶) و (۷) نیز نشان می‌دهند که حداکثر کارایی نوار حائل گیاهی چمن در کاهش غلظت آلاینده‌ها در مرحله رشد



شکل ۶- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن در کاهش حجم رواناب و غلظت رسوب در طول دوره آزمایش
Fig 6. Efficiency variations of turf-grass buffer strips in runoff volume and sediment reduction during the study period

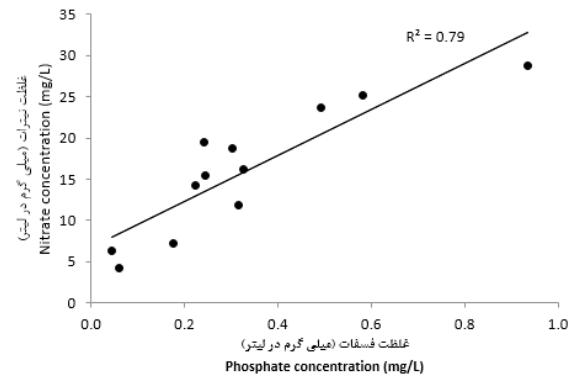


شکل ۷- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن در کاهش غلظت نیترات و فسفات در طول دوره آزمایش
Fig 7. Efficiency variations of turf-grass buffer strips in nitrate and phosphate removal during the study period



شکل ۹- همبستگی بین غلظت رسوب - غلظت نیترات در نوار وتیور در طول دوره آزمایش

Fig 9. Correlation of sediment-nitrate concentration in vetiver buffer strip during the study period



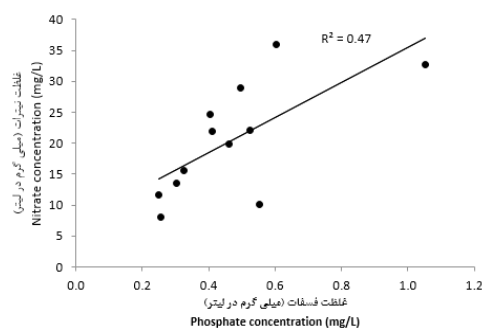
شکل ۸- همبستگی بین غلظت فسفات - غلظت نیترات در نوار وتیور در طول دوره آزمایش

Fig 8. Correlation of phosphate-nitrate concentration in vetiver buffer strip during the study period

به همین دلیل نیترات و فسفات نیز همبستگی خوبی با یکدیگر نشان دادند.

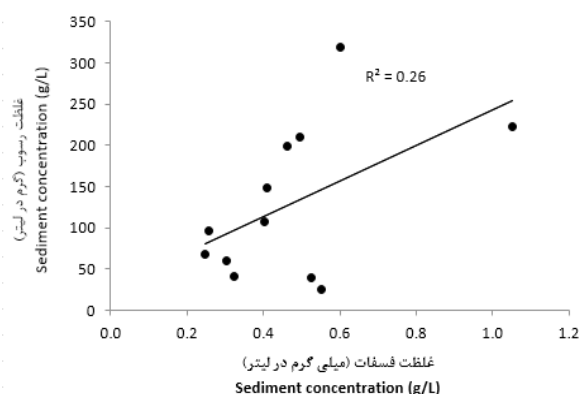
با توجه به شکل‌های (۱۱) و (۱۲) و (۱۳) به نظر می‌رسد که فسفات در نوار چمن نقش متفاوتی نسبت به نوار وتیور ایفا می‌نماید به‌طوری‌که علی‌رغم همبستگی خوبی که بین غلظت رسوب و

حاوی وتیور بین غلظت رسوب و غلظت نیترات همبستگی نسبی وجود دارد (شکل‌های ۸ و ۹ و ۱۰). از این موضوع می‌توان پی برد که همانطور که بارلینگ [۲] نیز در تحقیق خود اشاره نموده است، مواد مغذی به ذرات رسوب چسبیده‌اند و با افزایش میزان رسوب، غلظت مواد مغذی مانند نیترات و فسفات نیز افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۱. همبستگی بین غلظت فسفات - غلظت نیترات در نوار چمن در طول دوره آزمایش

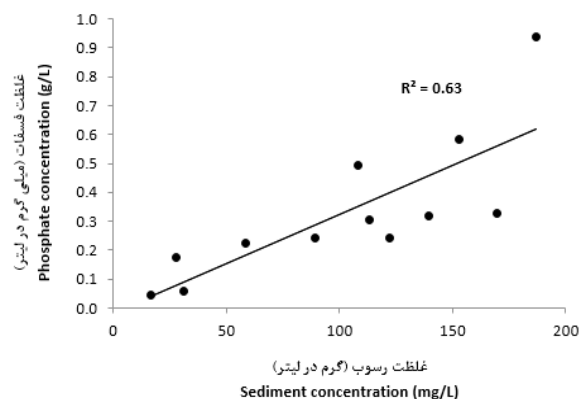
Fig 11. Correlation of phosphate-nitrate concentration in turf-grass buffer strip during the study period



شکل ۱۳. همبستگی بین غلظت رسوب - غلظت فسفات در نوار چمن در طول دوره آزمایش

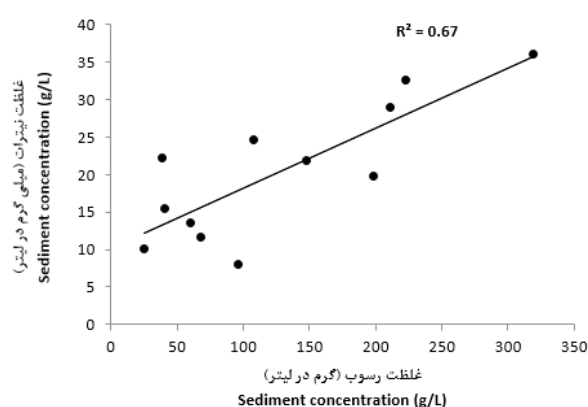
Fig 13. Correlation of sediment-phosphate concentration in turf-grass buffer strip during the study period

همچنین محلول بودن نیترات در آب [۱۷] و در نتیجه انتقال این آلاینده توسط رواناب به خارج از کرت‌های آزمایشی است که این نتایج با نتایج به دست آمده توسط لورنس و همکاران [۲۵]، بابالولا و همکاران [۱]، رحمان و همکاران [۳۵] مطابقت دارد. در پنج ماه پایانی آزمایش نیز افت کارایی کلیه تیمارها در کاهش غلظت رسوب مشاهده گردید که تجمع رسوب و دیگر آلاینده‌ها در نوارها با گذشت زمان و عدم جذب توسط گیاه دلیل این موضوع می‌باشد. این نتیجه با نتایج اوسبورن و کواچیچ [۳۱]، باتارای و همکاران [۳] و استاتر و همکاران [۴۰] همخوانی دارد. اما نوار چمن روند متفاوتی را نسبت به نوار وتیور در کاهش آلاینده‌های مورد مطالعه در این پژوهش موجب گردید، به طوری که در چهار ماه ابتدایی (مرحله رشد رویشی) نوار چمن که از حداکثر رشد و تراکم پوشش برخوردار بود کارایی بسیار خوبی در کاهش غلظت رسوب نشان داد که این نتیجه با نتایج ارائه شده توسط بورین و بیگون [۷] لی و همکاران [۲۳] و متئو و همکاران [۲۷] همسو است، اما از ابتدای مرحله گلدهی افت



شکل ۱۰. همبستگی بین غلظت رسوب - غلظت فسفات در نوار وتیور در طول دوره آزمایش

Fig 10. Correlation of sediment-phosphate concentration in vetiver buffer strip during the study period



شکل ۱۲. همبستگی بین غلظت رسوب - غلظت نیترات در نوار چمن در طول دوره آزمایش

Fig 12. Correlation of sediment-nitrate concentration in turf-grass buffer strip during the study period

نیترات وجود دارد، فسفات همبستگی خوبی با دو پارامتر مذکور ندارد که علت این موضوع می‌تواند وجود عواملی غیر از نفوذ آب و تله‌اندازی رسوب مانند جذب گیاهی فسفات باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که نتایج نشان داد، دو ماه پس از کاشت گیاهان، نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش تاثیر قابل توجهی بر کاهش حجم رواناب و آلاینده‌های موجود در آن و در نتیجه حفاظت آب و خاک داشته‌اند که این نتیجه با نتایج بسیاری از محققین همخوانی دارد [۸، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۳۴]. در اکثر نوبت‌های نمونه‌برداری خصوصاً از ابتدای مرحله رشد رویشی تا پایان مرحله گلدهی نوار وتیور غلظت فسفات را نسبت به غلظت نیترات و رسوب بیشتر کاهش داد و به عبارت دیگر، کارایی بالاتری در کاهش غلظت فسفات نشان داد در حالی که کم‌ترین کارایی نوار وتیور برای کاهش غلظت نیترات می‌باشد. دلیل این موضوع جذب فسفر توسط گیاه وتیور و

3. Bhattarai, R., Kalita, P. K. and Patel, M. K. 2009. Nutrient transport through Vegetative Filter Strip with subsurface drainage. *Journal of Environmental Management* 90: 1868–1876.

4. Binaye Motlaq, P. 2010. Guidelines and methods of measurement of Physico-chemical factors and mineral toxic materials in drinking water. Department of health, Health Center of Work and Environment, Ministry of Health and Medical Education, Islamic Republic of Iran.

5. Blanco-Canqui, H., Gantzer, J. C., Anderson, S. H., Alberts, E. E. and Thompson, A. L. 2004. Grass Barrier and Vegetative Filter Strip Effectiveness in Reducing Runoff, Sediment, Nitrogen, and Phosphorus Loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1670–1678.

6. Bojie, Fu. and Liding Chen. 2000. Agricultural landscape spatial analysis in the semi-arid hill area of the Loess Plateau, China. *J Arid Environ* 44:291–303.

7. Borin, M. and Bigon, E. 2002. Abatement of NO₃-N concentration in agricultural waters by narrow buffer strips. *Environmental Pollution*, 117: 165–168.

8. Borin, M., Passoni, M., Thiene, M. and Tempesta, T. 2010. Multiple functions of buffer strips in farming areas. *Europ. J. Agronomy*, 32: 103–111.

9. Borina, M., Vianello, M., Moraria, F. and Zanin, B. 2005. Effectiveness of buffer strips in removing pollutants in runoff from a cultivated field in North-East Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 105: 101–114.

10. Campo-Bescos, M. A., Munoz-Carpena, R., Kiker, G. A., Bodah, B. W. and Ullman, J. L. 2015. Watering or buffering? Runoff and sediment pollution control from furrow irrigated fields in arid environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 205: 90-101.

11. Carlucci, N., Lauvernet C., Noll, D. and Munoz-Carpena R. 2016. Defining context-specific scenarios to design vegetated buffer zones that limit pesticide transfer via surface runoff. *Science of The Total Environment*, In press.

12. Chung, S. J., Ahn, H. K., Oh, J. M., I., Choi, S., Chun, S. H., Choung, Y. K., Song, I. S. and Hyun, K. H. 2010. Comparative analysis on reduction of agricultural non-point pollution by riparian buffer strips in the Paldang Watershed, Korea, *Desalination and Water Treatment*, 16:1-3: 411-426.

13. Collins, K. A., Lawrence, T. J., Standerc, E. K., Jontosd, R. J., Kaushale, S. S., Newcomerf, T. A., Grimm, G.

قابل توجهی در این کارایی مشاهده می‌گردد که دلیل این موضوع کاهش تراکم و یکنواختی پوشش چمن به دلیل عوامل پیش‌بینی نشده‌ای مانند چرای دام و هم‌چنین نامساعد شدن شرایط آب و هوایی جهت بقای گیاه چمن می‌باشد. در ماه‌های هشتم و نهم نوار چمن کارایی بهتری در کاهش نیترات نسبت به دیگر آلاینده‌ها نشان داد اما در چهار ماه انتهایی آزمایش (مرحله خواب) افت شدیدی در کارایی نوار چمن در کاهش نیترات مشاهده گردید که همان‌طور که در بخش قبل نیز اشاره شد، تجمع رسوب و دیگر آلاینده‌ها در نوارها با گذشت زمان و نیز عدم جذب توسط گیاه دلیل این موضوع می‌باشد. این نتیجه در نتایج مربوط به ویتور نیز به‌دست آمد، بنابراین نوارهای حائل گیاهی می‌توانند به عنوان منبع مواد مغذی و رسوب نیز ایفای نقش نمایند. هم‌چنین با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که مواد مغذی مانند نیترات و فسفات به ذرات ریزدانه رسوب می‌چسبند و توسط رسوبات انتقال می‌یابند بنابراین کاهش نیترات، فسفات و رسوب معلق ارتباط مستقیمی با یکدیگر دارند.

پیشنهادهای

به‌منظور مقابله با ایفای نقش نوارهای حائل گیاهی پیشنهاد می‌گردد که گیاهان نوارهای حائل به‌صورت دوره‌ای کوتاه و هم‌چنین نوارها لایروبی گردند. هم‌چنین زمان‌بندی نصب و کاشت نوارهای حائل گیاهی بایستی به‌گونه‌ای تنظیم گردد که در نوارهای حائل ویتور مرحله رشد رویشی و گلدهی گیاه و در نوارهای حائل چمن مرحله رشد رویشی گیاه با زمان حداکثر بارندگی محتمل در منطقه مقارن گردد. از آن‌جا که گونه‌های گیاهی مورد استفاده در نوارهای حائل گیاهی نیز نقش مهمی را در کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب ایفا می‌نمایند و همان‌طور که مشاهده شد نوار چمن در کاهش غلظت رسوب و نوار ویتور در کاهش غلظت فسفات عملکرد بهتری نسبت به دیگر آلاینده‌ها نشان دادند، لذا انجام تحقیقاتی در زمینه تأثیر گونه گیاهی مورد استفاده در نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب، نفوذپذیری خاک تحت تأثیر نوارهای حائل گیاهی مختلف و تأثیر آن بر شدت تولید رواناب و هم‌چنین نفوذ آلاینده‌ها به همراه رواناب در خاک و میزان جذب آن‌ها توسط پوشش گیاهی در نوار حائل گیاهی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Babalola, O., Oshunsanya, K and Are, K. 2007. Effects of vetiver grass (*Vetiveria nigritana*) strips, vetiver grass mulch and an organomineral fertilizer on soil, water and nutrient losses and maize (*Zea mays*, L) yields. *Soil & Tillage Research* 96: 6–18.

2. Barling, R. D. 1994. Role of Buffer Strips in Management of Waterway Pollution: A Review. *Environmental Management*. 18(4): 543-558.

24. Lee, K-H., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C. and Mickelson, K. S. 1999. Nutrient and sediment removal by switchgrass and cool-season filter strips in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 44: 121-132.
25. Lowrance, R., Altier, L. S., Newbold, J. D., Schnabel, R. R., Groffman, P. M., Denver, D.L. Correll, J.W. Gilliam, J.L. Robinson, R.B. Brinsfield, K.W. Staver, W. Lucas, and Todd, A. H. 1997. Water quality functions of riparian buffers in Chesapeake Bay watersheds.
26. Mankin, K. R., Daniel, M. N., Charles J. B., Stacy L. H., and Wayne A.G. 2007. Grass-Shrub Riparian Buffer Removal of Sediment, Phosphorus, and Nitrogen from Simulated Runoff. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 43(5): 1108-1116.
27. Matteo, M., Randhir, T., and Bloniarz, D. 2006. Watershed-Scale Impacts of Forest Buffers on Water Quality and Runoff in Urbanizing Environment. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 132(3): 144-152.
28. Milan, M., Ferrero, A., Letey, M., De Palo, F. and Vidotto, F. 2014. Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48: 1021-1033.
29. Morgan, R.P.C. and Rickson, R. J. 1995. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. Chapman & Hall, London.
- Norris, V. 1993. The use of buffer zones to protect water quality: A review. *Wat. Resources Manage.* 7: 257-272.
30. Osborne, L. L. and D. A. Kovacic. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *freshwater Biology* 29: 243-258.
31. Otto, S., Cardinali, A., Marotta, E., Paradisi, C. and Zanin, G. 2012. Effect of vegetative filter strips on herbicide runoff under various types of rainfall. *Chemosphere* 88: 113-119.
32. Pan, D., Gao, X., Dyck, M., Song, Y., Wu, P. and Ahao, X. 2017. Dynamics of runoff and sediment trapping performance of vegetative filter strips: Run-on experiments and modeling. *Science of Total Environment*, 593-594: 54-64.
33. Patty, L., Real, B. and Gril, J. 1997. The Use of Grassed Buffer Strips to Remove Pesticides, Nitrate and Soluble Phosphorus Compounds from Runoff Water. *Pestic.*
- N. B., and Cole Ekberg, M. L. 2010. Opportunities and challenges for managing nitrogen in urban stormwater: A review and synthesis. *Ecological Engineering*. 36: 1507-1519.
14. Dabney, S.M. 2003. Erosion control, vegetative. *Encyclopaedia of Water Science*. Marcel Dekker, Madison Ave, New York, USA.
15. Delgado, A. N, Periago, E. L. Viqueira, F. D. 1995. Vegetated filter strips for wastewater purification: a review. *Bioresource Technology*. 51: 13-22.
16. Duchemin, M. and Hogue, R. 2009. Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec (Canada). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 85-97.
17. Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P. Howarth, R.W., Cowling, E.B., et al. 2003. The nitrogen cascade. *Bioscience* 53 (4): 341-356.
18. Golabi, M. H., Iyekar, C., Minton, D., Raulerson, C. L. and Drake, J. C. 2005. Watershed Management to Meet Water Quality Standards by Using the Vetiver System in Southern Guam. *AU J.T.* 9(1): 63-70.
19. Hay, V., Pittroff, W., Tooman, E. E. and Meyer, D. 2006. Effectiveness of vegetative filter strips in attenuating nutrient and sediment runoff from irrigated pastures. *Journal of Agricultural Science*. 144: 349-360.
20. Hyun-Min, H., and D. Foster, G. 2008. Polychlorinated biphenyls in stormwater runoff entering the tidal Anacostia River, Washington, DC, through small urban catchments and combined sewer outfalls. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 43: 567-575.
21. Iranian association for vetiver promotion. 2008. Vetiver system to prevent and treatment of chemical pollutions of water and soil. (In Persian)
22. Kelarestaghi, A. A., Ahmadi, H., Esmacili Ori, A. and Ghodusi, J. 2008. Comparison of runoff and sediment production in various agricultural land use treatments. *Iran-Watershed Management Science and Engineering*, 2(5): 41-52. (In Persian)
23. Lee, K. H., Isenhardt, T. M., and Schultz, R. C. 2003. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation*. 58(1): 1-8.

39. Stutter, M., Langan, S. and Lumsdon, A. 2009. Vegetated buffer strips can lead to increased release of phosphorus to waters: A biogeochemical assessment of the mechanisms. *Environment Science Technology*. 43: 1858–1863.
40. Tate K. W., Atwill E. R., Bartolome, J. W. and Nader, G. 2006. Significant *Escherichia coli* Attenuation by Vegetative Buffers on Annual Grasslands. *Journal of Environmental Quality*. 35: 795–805.
41. Weiss, P.Y., Gulliver, J.S. and Erickson, A.J. 2007. Cost and pollutant removal of stormwater treatment practices. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 133 (3): 218-229.
34. Rahman, A., Rahman, S. and Cihacek, L. 2014. Influence of soil pH in vegetative filter strips for reducing soluble nutrient transport. *Environmental Technology*, 35(14): 1744-1752.
35. Sadeghi Ravesh, M. H. 2011. Comparison of human thermal comfort amount in arid and humid climates (Case study: Yazd and Sari cities). *Arid Biom Scientific and Research Journal*. 1(2): 50-61. (In Persian)
36. Salehi, M. H. Esfandiarpour Borujeni, A., Mohajer, R. and Baqeri Bodagabadi, M. 2011. Supplementary water and soil conservation. PNU Press. p:9 (In Persian)
37. Shirley, E. C. and Christina, Y.S. 2011. Effectiveness of TSS, TN, and TP as indicators of stormwater runoff pollutant concentration and partitioning. *World Environmental and Water Resources Congress*: 691-699.
38. Shooshtarian, S. and A. Tehranifar. 2011. Introducing the vetiver grass. *Journal of Iranian Agricultural Science*: 70 p.

Abstract**Investigation of Phenological Stages and Type of Pollutants on the Efficiency of Vegetative Buffer Strips**I. Saleh¹, A. Kavian², M. Habibnezhad Roshan³ and Z. Jafariyan²

Received: 04-04-2017 Accepted: 17-06-2017

Non-point source pollution is considered as a serious issue, especially in the field of eutrophication for surface waters. Vegetative buffer strips include a specific plant being passed by flow before entering the waterways, so it causes to reduce runoff volume, deposited pesticides and other pollutants of the flow through infiltration, absorption and sediment deposition. The present study has been carried out with aim to investigate the effect of pollutant type on the efficiency of vegetative buffer strips to reduce sediment transport. This study was conducted using 1×10 experimental plots and producing artificial runoff with a discharge rate as much as precipitation with 100-year return period as well as two plant species of vetiver grass and native turf grass during one year in Lalim region of Sari, Mazandaran, Iran. According to the results, vetiver buffer strip reaches its maximum efficiency of pollutants removal at phenological stages of vegetative growth and flowering; so that, runoff volume, sediment, nitrate and phosphate concentration were reduced by 80%, 87%, 81% and 93%, respectively. Also, this efficiency reached its maximum amount for the turf-grass buffer strips at vegetative growth stage; so that, runoff volume, sediment, nitrate and phosphate concentration were reduced by 91%, 91%, 79% and 71%, respectively. The mean concentration of the pollutants increased and the efficiency of vegetative buffer strips was reduced in the last months of the experiment those which showed the capability of vegetative buffer strips to play as a role as the source of nutrients and sediment. According to the findings, the studied vegetative buffer strips considerably affected the pollutants removal as well as runoff volume reduction and consequently water and soil conservation after two months. On the other hand, a strong correlation was observed among nitrate, phosphate and sediment removal; because, the nutrients are attached to the fine sediments.

Keywords: *Sediment, Artificial runoff, Phosphate, Nitrate*

1. Assistant Professor, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Iran.

2. Corresponding Author and Associate Professor, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. Email: a.kavian@sanru.ac.ir

3. Professor, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.