نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۱، شماره ۲، ۱۳۹۸، صفحات ۳۴۴-۳۵۸

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 11, Issue 2, 2019, Pages 344-358
DOI: 10.22092/ijwmse.2017.107267.1175

بررسی آزمایشگاهی نوارهای حائل گیاهی در حفاظت کیفی و کمی آب و خاک

ایمان صالح[۱]، عطاءاله کاویان*[۲]، محمود حبیب‌نژاد روشن[۳] و زینب جعفریان [۴]

[۱] استادیار بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهکیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، [۲و۴] دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و [۳] استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

چکیده

کشور ایران که به‌طور عمده از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بهره می‌گیرد، دارای اکوسیستمی ناپایدارتر و شکننده‌تر نسبت به مناطق مرطوب است و اهمیت حفاظت از منابع آب و خاک در آن دو چندان است. یکی از راه‌کارهای موثر در کاهش آلودگی در آب‌های سطحی و فرسایش خاک، استفاده از نوارهای حائل گیاهی است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر شدت رواناب، نوع و سن گیاه بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت و کمیت رواناب در منطقه ساری به انجام رسیده است. این پژوهش، با استفاده از کرت‌های آزمایشی ۱۰×۱ متری و تولید رواناب مصنوعی با دبی معادل رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ سال طی یک سال صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و همچنین، چمن بومی تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال، در کاهش کلیه آلاینده‌های مورد مطالعه و همچنین، حجم رواناب خروجی از کرت‌ها در کلیه نوبت‌های نمونه‌برداری بالاتر از نوارهای حائل گیاهی تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بود. همچنین، با توجه به یافته‌های این تحقیق، کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت و کمیت رواناب تحت رواناب های شدید، کمتر تحت تأثیر خصوصیات نوار حائل و مرحله رشد گیاه و گونه آن است و خصوصیات جریان نقش مهمتری ایفا می‌کند. دو گونه گیاهی مورد مطالعه شامل وتیور و چمن نیز عملکرد متفاوتی در کاهش حجم رواناب و آلاینده‌های موجود در آن نشان دادند. همچنین، با گذشت زمان و افزایش سن گیاهان کارایی متفاوتی برای نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: چمن بومی، رسوب، ساری، فسفات، نیترات، وتیور

مقدمه

حفاظت و استفاده بهینه از منابع آب و خاک از اصول توسعه پایدار هر کشور می‌باشد. استفاده بیش از حد از منابع طبیعی به واسطه افزایش سطح زیرکشت اراضی و نیز استفاده بیش از ظرفیت معمول آن‌ها پیامدهایی از قبیل فرسایش خاک، کاهش حاصل‌خیزی خاک، تخریب اراضی، بیابان‌زایی و آلودگی آب و خاک را در پی داشته است. کشور ایران که به‌طور عمده از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بهره می‌گیرد، دارای اکوسیستمی ناپایدارتر و شکننده‌تر نسبت به مناطق مرطوب است و اهمیت حفاظت از منابع آب و خاک در آن دو چندان است. بر

* مسئول مکاتبات: a.kavian@sanru.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

خلاف اهمیت این مسئله و نیز تلاش‌ها و پژوهش‌های انجام گرفته در بیش از نیم قرن گذشته، فرسایش خاک در کشور ایران، بسیار بیشتر از میانگین جهانی است (Salehi و همکاران، ۲۰۱۱). فرسایش نه‌تنها خاک را از بین می‌برد، بلکه با ایجاد رسوب مواد در آبراهه سبب مسدود شدن آن‌ها و پر کردن مخازن سدها می‌شود (Gvancheng، ۲۰۰۴). بهترین روش‌های مدیریت (BMPs[1])، رویکردی بسیار شایع در کاهش اثرات مخرب رواناب‌های سطحی هستند و یکی از راه‌کارهای موثر یا بهترین روش‌های مدیریت، در کاهش آلودگی در آب‌های سطحی، استفاده از نوارهای حائل گیاهی[2] است (Lam و همکاران، ۲۰۰۸؛ Hellberg، ۲۰۱۱). حائل‌های گیاهی نوارهایی هستند که شامل انواع گیاهان نظیر علف‌ها، درختان و درختچه‌ها یا ترکیبی از آن‌ها هستند که در پایین‌دست اراضی فرسایش‌پذیر و کشاورزی و در کناره رودخانه‌ها تعبیه می‌شوند (Dabney، ۲۰۰۳). به‌عبارت دیگر، نوارهای حائل گیاهی شامل گیاهی خاص می‌باشند که جریان قبل از ورود به آبراهه‌ها از آن‌ها عبور می‌کند و این موجب کاهش حجم رواناب، آفت‌کش‌های انباشته شده و دیگر آلاینده‌های جریان به‌وسیله نفوذ، جذب و انباشت رسوب می‌شوند (Yuan، ۲۰۰۹؛ Otto و همکاران، ۲۰۱۱؛ Dunn و همکاران، ۲۰۱۲). گیاه وتیور یک گیاه دائمی گرمسیری و بومی جنوب و جنوب شرق آسیا است که به‌طور 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 (Shoushtarian و Tehranifar، ۲۰۱۱). این گیاه سریع‌الرشد است، ارتفاع آن ۱۵۰–۵۰ سانتی‌متر و به گستردگی ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. ریشه‌های وتیور افشان، بسیار منشعب و حجیم بوده، تا عمق دو الی چهار متر در خاک نفوذ می‌کنند که این امر در حفظ آب و خاک بسیار موثر است (Iranian association for vetiver promotion، ۲۰۰۸). تحقیقات و آزمایشاتی که در چین انجام گرفته است، نشان می‌دهد که وتیور می‌تواند فسفر محلول را پس از سه هفته تا ۱۱ درصد و ازت محلول را پس از پنج هفته تا ۲۱ درصد کاهش دهد و ظرفیت پاک کردن سالانه ۲۳۱ تن ازت و ۱۵ تن فسفر را در هکتار دارد (Babalola، ۲۰۰۷).

در گذشته، پژوهش‌های بسیاری در زمینه تأثیر نوارهای حائل گیاهی بر کنترل کیفیت و کمیت رواناب صورت پذیرفته‌اند (Delgado و همکاران، ۱۹۹۵؛ Norris، ۱۹۹۳؛ Lee و همکاران، ۲۰۰۳؛ Patty و همکاران، ۱۹۹۷؛ Golabi و همکاران، ۲۰۰۵؛ Borina و همکاران، ۲۰۰۵؛ Hay و همکاران، ۲۰۰۶؛ Mankin و همکاران، ۲۰۰۷؛ Duchemin و Hogue، ۲۰۰۹؛ Borin و همکاران، ۲۰۱۰؛ Milan و همکاران، ۲۰۱۴) که در برخی از آن‌ها پژوهشگران تلاش کرده‌اند تا یک دستورالعمل برای کاربرد نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت آب تهیه کنند و معتقدند که نزدیک بودن نوار حائل به منبع آلودگی، نقش بسیار مهمی در کارایی آن دارد و ارزش مهم نوارهای حائل گیاهی را نه فقط در مفید بودن آن‌ها در کنترل کیفیت آب، بلکه در فواید دیگر آن به‌منظور نگهداری منطقه وسیعی از گیاهان طبیعی می‌دانند (Norris، ۱۹۹۳). Campo-Bescos و همکاران (۲۰۱۵) نیز معتقدند که نصب حائل‌های گیاهی متراکم در اراضی فاریاب مناطق آسیب‌پذیر نیمه‌خشک می‌تواند در کاهش اثرات مخرب کشاورزی و بهبود حفاظت محیط زیست موثر باشد، اما نبایستی به آن به‌عنوان یک راه‌کار جایگزین نگاه کرد، بلکه باید به‌عنوان یک روش کنترل آلودگی تکمیلی در کنار دیگر اقدامات خارج از عرصه، مورد استفاده قرار گیرد. برخی محققین نیز پس از مرور اثربخشی نوارهای حائل گیاهی در بهبود کیفیت آب اعلام کردند که نوارهای حائل گیاهی قادر به از بین بردن آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی یا آلودگی غیر نقطه‌ای هستند (Lee و همکاران، ۲۰۰۳؛ Delgado و همکاران، ۱۹۹۵؛ Patty و همکاران، ۱۹۹۷). در حالی‌که خود خاک نیز می‌تواند تا حدودی این کاهش آلودگی را انجام دهد، اما سامانه ترکیب خاک با گیاه بهترین عملکرد را خواهد داشت (Delgado و همکاران، ۲۰۰۵). Lee و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند که ترکیبی از گیاهان مختلف می‌تواند اثربخشی نوارهای حائل گیاهی را در کاهش

[1] Best Management Practices
[2] Vegetative buffer strips

Archive of SID

www.SID.ir

آلودگی رواناب افزایش دهد، در حالی‌که Hay و همکاران (۲۰۰۶) یک آزمایش تجربی به‌منظور ارزیابی اثرات نوارهای حائل گیاهی بر زدودن آلاینده‌هایی نظیر رسوب، مواد مغذی و میکروارگانیسم‌های تولید شده از اراضی آبیاری شده و مراتع را به انجام رساندند و اعلام کردند که نوار فیلتر مورد استفاده تحقیق ایشان از کارایی بالایی برخوردار نبوده است که این می‌تواند به‌دلیل حجم بالای رواناب، شیب زیاد و جریان کانالی شده باشد. Borina و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که روانابی که از نوار حائل گیاهی عبور نمی‌کند، بیشتر تحت تأثیر مجموع بارندگی است، در حالی‌که برای روانابی که از نوار حائل گیاهی عبور می‌کند، بیشینه شدت بارندگی نقش مهمتری ایفا می‌کند. Golabi و همکاران (۲۰۰۵) در گزارش نتایج تحقیق خود اعلام کردند که سامانه وتیور نه‌تنها در کنترل فرسایش موثر است، بلکه کیفیت رواناب را بهبود می‌بخشد. Mankin و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که نوع گیاه مورد استفاده در نوار حائل اثر قابل توجهی بر از بین بردن آلاینده‌ها دارد. Barling (۱۹۹۵) مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه عملکرد نوارهای حائل گیاهی در شرایط کشور استرالیا انجام داد و اشاره کرد که بیشینه کارایی نوارهای حائل گیاهی، زمانی اتفاق می‌افتد که جریان به‌صورت کم عمق، آهسته و یکنواخت وارد نوار شود. اثربخشی این نوارها در نگهداشت رسوبات، با کاهش اندازه ذرات رسوب کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش Leeds-Harrison و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که حائل‌های علفی تأثیر چندانی بر کاهش آلاینده‌ها نداشته‌اند. به عقیده محققین مذکور، این عدم کارایی به‌دلیل ایجاد جریان‌های فرعی در طول زمستان و بارندگی‌های شدید می‌باشد. Collins و همکاران (۲۰۰۴) معتقدند که در طول رخدادهای شدید رواناب، کاهش قابل توجه آلاینده‌های رسیده به آبراهه نیازمند نوار با طول بیش از پنج متر است.

همان‌طور که از تحقیقات انجام شده بر می‌آید، اثربخشی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلودگی آب‌های سطحی محرز است اما تغییرات میزان این اثربخشی تحت تأثیر شرایط متفاوت اقلیمی و جوی که شامل پارامترهایی نظیر بارندگی و شدت رواناب تولیدی آن می‌باشد، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، در برخی منابع به‌صورت کلی در زمینه مؤثر بودن گونه گیاهی و مرحله رشد آن در کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفی و کمی رواناب اشاراتی شده است اما به جزئیات آن پرداخته نشده است. از آن‌جا که وجود دانش در زمینه شرایط لازم برای رسیدن به بیشینه کارایی نوارهای حائل گیاهی در حفاظت آب و خاک خصوصا در فاز اجرا ضروری است، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر شدت رواناب، نوع و سن گیاه بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت و کمیت رواناب به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: عرصه این تحقیق بخشی از اراضی کشاورزی دیم منطقه میاندرود از توابع شهرستان ساری می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی ´۱۰ °۵۳ طول شرقی و ´۳۳ °۳۶ عرض شمالی در نیم‌کره شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع عرصه از سطح دریا ۲۳ متر و شیب دامنه مورد مطالعه ۱۵ درصد، دارای جهت جغرافیایی شمالی-جنوبی با خاک لوم رسی است. مطابق آمار هواشناسی ایستگاه دشت ناز ساری که در فاصله پنج کیلومتری عرصه واقع شده است، متوسط بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه منطقه به‌ترتیب ۷۸۹ میلی‌متر، ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۷۷ درصد می‌باشد (Sadeghi Ravesh، ۲۰۱۱).

طراحی آزمایش: به‌منظور ارزیابی کارایی نوارهای حائل گیاهی با گونه‌های مختلف گیاهی و مراحل مختلف رشد گیاه در از بین بردن و یا کاهش آلاینده‌های مختلف موجود در رواناب، از کرت‌های آزمایشی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی (Complete Block Design Randomized) استفاده شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق به شرح زیر می‌باشند.

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

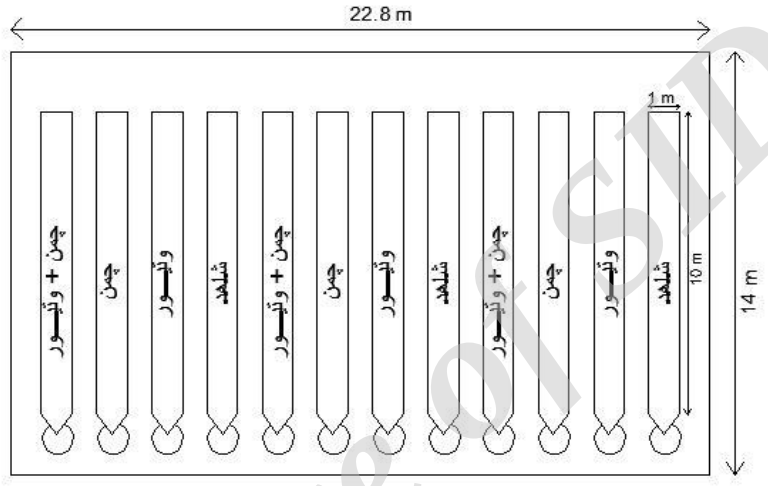
در این پژوهش، ۱۲ کرت آزمایشی ۱۰ متر مربعی (۱×۱۰ متر) با شیب ۱۵ درصد که به‌وسیله ورق‌های

Archive of SID

www.SID.ir

گالوانیزه تا عمق ۱۰ سانتی‌متر از محیط اطراف جدا شده‌اند، ایجاد و استفاده شد (Kelarestaghi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Lee و همکاران، ۱۹۹۹). در انتهای (پایین شیب) هر کرت نیز زهکش‌هایی تعبیه شدند که خروجی را به یک مخزن ۱۲۰ لیتری موجود در انتهای هر کرت انتقال می‌دادند. همچنین، گیاهان مورد آزمایش در اواخر دی ماه ۱۳۹۳ در کرت‌ها کاشته شدند، به‌طوری که سه متر از طول هرکرت شامل گیاه مورد آزمایش بود و هفت متر باقی‌مانده بدون پوشش به‌منظور تولید رواناب رها شد (شکل ۲).

تولید رواناب مصنوعی: به‌منظور ارزیابی تأثیر دو شدت متفاوت رواناب بر کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه، ابتدا داده‌ها و آمار مورد نیاز از وضعیت بارندگی منطقه مورد مطالعه از ایستگاه هواشناسی دشت ناز (فرودگاه) ساری گردآوری شد، سپس شدت بارندگی با تداوم ۱۰ دقیقه با دوره‌های بازگشت ۱۰۰ سال و ۲۵ سال از مدل Ghahraman و Abkhezr (۲۰۰۴) برآورد و استخراج شد (جدول ۱).



شکل ۱- نحوه قرار گرفتن تیمارهای آزمایشی

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

جدول ۱- نتایج حاصل از محاسبه مقادیر شدت بارش (mmh^{-1}) در دوره بازگشت‌های مختلف برای منطقه مورد مطالعه

تداوم بارش (دقیقه)	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱۰	۳۲/۹	۴۷/۴	۵۴/۸	۶۲/۸	۷۲/۴	۷۸/۶
۲۰	۲۲/۴	۳۲/۹	۳۸/۳	۴۳/۸	۴۹/۴	۵۳/۵
۳۰	۱۸/۳	۲۶/۶	۳۱/۰	۳۵/۵	۴۰/۸	۴۴/۹

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طور که اشاره شد، مساحت کرت‌های آزمایشی ۱۰ متر مربع می‌باشد، بنابراین شدت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ سال به‌ترتیب ۶۲۸ و ۷۸۶ لیتر بر ساعت محاسبه شد که به‌طور تقریبی ۶۰۰ و ۸۰۰ لیتر بر ساعت به‌ترتیب به مدت ۴۸ و ۳۶ دقیقه (به‌منظور تولید حجم برابر) به‌وسیله پمپ تولید و وارد کرت‌های آزمایشی شد.

نمونه‌برداری رواناب: نمونه‌برداری از رواناب جمع‌آوری شده به‌وسیله مخزن‌های موجود در انتهای هر کرت از یک ماه پس از کاشت گونه‌های گیاهی آغاز و به‌صورت ماهانه تکرار شد، به‌طوری که نمونه‌برداری از بهمن ماه سال ۱۳۹۳ آغاز و در دی ماه سال ۱۳۹۴ پایان یافت. به‌منظور اندازه‌گیری دقیق آلاینده‌ها، دو نمونه مجزا از آب جمع‌آوری شده در مخازن برداشت شد که یک نمونه به‌وسیله ظروف ۱/۵ لیتری و به‌منظور اندازه‌گیری میزان رسوب و نمونه دیگر با استفاده از ظروف ۲۵۰ میلی‌لیتری برای اندازه‌گیری غلظت نیترات و فسفات برداشت شدند. نمونه‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری در یخ نگهداری شده، سریعاً به آزمایشگاه انتقال داده شدند (Lee و همکاران، ۱۹۹۹) (شکل ۳).

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

اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌ها: با ارسال نمونه‌های آب برداشت شده به آزمایشگاه اداره آب منطقه‌ای شهرستان ساری میزان نیترات و فسفات آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین، به‌منظور 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 به‌طور کامل تبخیر شود و در پایان نمونه باقی‌مانده دوباره توزین شد تا وزن رسوب موجود در نمونه به‌دست آید. رابطه (۱) میزان غلظت رسوب معلق در نمونه آب را محاسبه می‌کند (Lee و همکاران، ۱۹۹۹).

$$TSS = \frac{M}{V} \qquad (۱)$$

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

کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌های رواناب: کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش (تیمارها) در کاهش آلاینده‌های مورد نظر موجود در رواناب با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Lee و همکاران، ۱۹۹۹).

$$Effectiveness(T_i) = (1-\frac{P_i}{P_1})\times 100 \qquad (۲)$$

که در آن، T_i کارایی تیمار i برای زدودن آلاینده مورد نظر (درصد)، P_i میزان غلظت آلاینده مورد نظر در نمونه آب تیمار i و P_1 میزان غلظت آلاینده مورد نظر در نمونه آب تیمار شاهد است.

نتایج و بحث

حجم رواناب: جدول ۲، آمار توصیفی داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری حجم رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی را نشان می‌دهد. پس از تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های حجم رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری در سطح

Archive of SID
www.SID.ir

اطمینان ۹۹ درصد با دو تیمار وتیور و چمن در طول دوره آزمایش مشاهده شد، به‌طوری که تیمارهای وتیور و چمن به‌طور معنی‌داری حجم رواناب خروجی کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. به‌طور کلی متوسط حجم رواناب خروجی از کرت‌ها تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بیش از متوسط این مقدار در کرت‌های تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال می‌باشد (در حالی‌که حجم رواناب ورودی به کلیه کرت‌ها برابر بود) که این موضوع در مورد هر دو گونه گیاهی مورد استفاده در این آزمایش نیز صادق است (جدول ۳).

جدول ۲- آمار توصیفی داده‌های حجم رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

تیمار	میانگین (L)	انحراف معیار	میانه	ضریب چولگی	حداقل	حداکثر
دوره بازگشت ۲۵ سال						
شاهد	۲۸۸	۸۱/۴۶	۳۳۰	-۰/۴۵	۱۸۰	۴۰۲
وتیور	۱۸۶	۳۹/۷۵	۱۲۳	۱/۲۹	۹۰	۲۳۴
چمن	۱۷۴	۵۴/۶۹	۱۵۹	۰/۳۰	۷۸	۲۷۰
دوره بازگشت ۱۰۰ سال						
شاهد	۵۶۹	۷۳/۳۵	۵۶۵/۱۶	-۱/۵۲	۴۷۲	۶۲۸/۹۶
وتیور	۴۷۶	۱۰۷/۳۸	۲۴۴/۷۶	۱/۲۴	۱۶۲/۳۲	۵۳۲
چمن	۲۵۶	۱۳۶/۵۹	۲۴۸	۰/۵۷	۱۶۰	۵۱۶/۸۰

جدول ۳- مقادیر میانگین حجم رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

ماه	بهمن ۹۳	اسفند ۹۳	فروردین ۹۴	اردیبهشت ۹۴	خرداد ۹۴	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴	دی ۹۴
تیمار	حجم رواناب خروجی (L)											
دوره بازگشت ۲۵ سال												
شاهد	۲۸۸	۳۲۴	۴۰۲	۲۴۶	۱۹۸	۱۸۰	۳۸۴	۱۸۰	۳۸۴	۳۸۴	۳۶۶	۳۶۶
وتیور	۲۳۴	۱۸۶	۱۶۲	۱۰۸	۹۰	۹۶	۱۳۸	۱۱۴	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۰	۱۰۸
چمن	۲۰۴	۱۴۴	۱۷۴	۱۲۰	۷۸	۸۴	۱۵۶	۱۲۶	۱۶۲	۱۸۶	۲۳۴	۲۷۰
دوره بازگشت ۱۰۰ سال												
شاهد	۲۸۸	۳۲۴	۴۰۲	۲۴۶	۱۹۸	۱۸۰	۳۸۴	۱۸۰	۳۸۴	۳۸۴	۳۶۶	۳۶۶
وتیور	۲۳۴	۱۸۶	۱۶۲	۱۰۸	۹۰	۹۶	۱۳۸	۱۱۴	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۰	۱۰۸
چمن	۲۰۴	۱۴۴	۱۷۴	۱۲۰	۷۸	۸۴	۱۵۶	۱۲۶	۱۶۲	۱۸۶	۲۳۴	۲۷۰

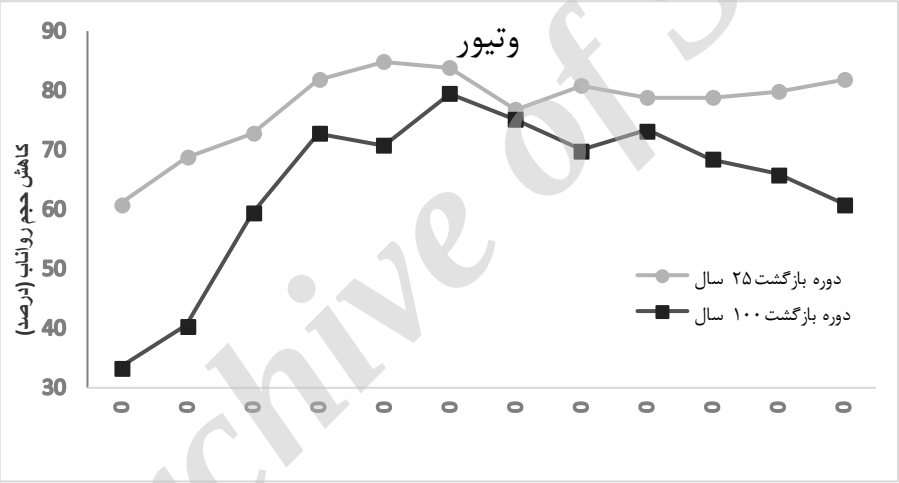
شکل ۴، نشان‌دهنده تغییرات کارایی نوارهای حائل حاوی گیاه وتیور در طول دوره یک ساله آزمایش است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال در کاهش حجم رواناب در کلیه نوبت‌های نمونه‌برداری بالاتر از کارایی نوارهای حائل وتیور تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بوده است. همچنین، کارایی نوارهای حائل وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال در طول دوره آزمایش روند منظم‌تری نسبت به

Archive of SID

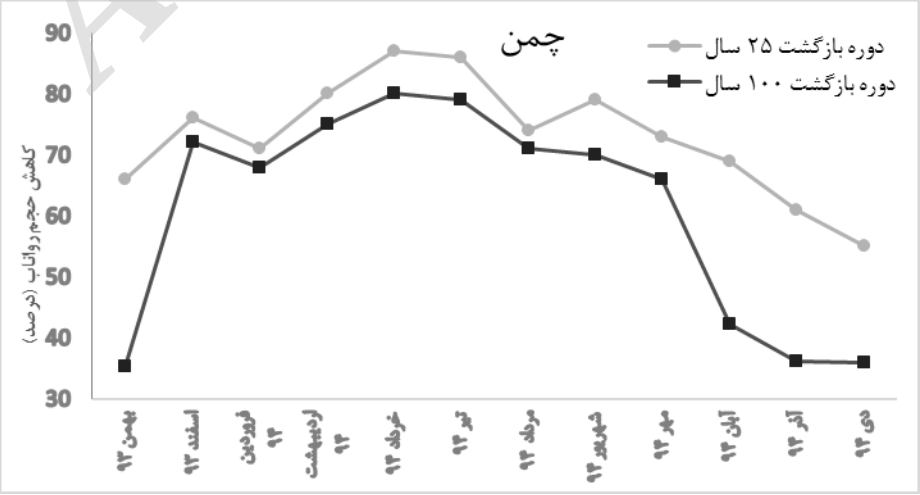
www.SID.ir

دوره بازگشت ۱۰۰ سال نشان داد. همچنین، بهترین کارایی در کرت‌های حاوی وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال در ماه‌های چهارم و پنجم و ششم که گیاه وتیور به بیشینه رشد و سطح پوشش خود رسیده است، اتفاق افتاد. در کرت‌های حاوی وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال نیز بالاترین کارایی در ماه ششم آزمایش (تیر ماه) دیده می‌شود. در چهار ماه پایانی آزمایش نیز یک روند نزولی در کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش حجم رواناب در کرت‌های تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال مشاهده می‌شود که در ادامه مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.

در تیمار چمن نیز کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش حجم رواناب در کرت‌های تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال بالاتر از نوارهای حاوی چمن تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بود. همچنین، نوسانات بیشتری در نوارهای حاوی چمن تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال مشاهده می‌شود. کارایی نوارهای حائل حاوی چمن در کاهش حجم رواناب، از ماه دوم آزمایش افزایش قابل توجهی نشان داد و بالاترین کارایی نیز در ماه‌های پنجم و ششم در هر دو شدت رواناب به‌وقوع پیوست. همچنین، از ماه هفتم تا انتهای دوره آزمایش، یک روند نزولی در کارایی نوارها در کاهش حجم رواناب، در هر دو شدت رواناب مورد آزمایش مشاهده شد که دلایل آن مورد بحث قرار خواهد گرفت (شکل ۵).



شکل ۴- تغییرات میزان کاهش حجم رواناب به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی وتیور در طول دوره آزمایش



شکل ۵- تغییرات میزان کاهش حجم رواناب به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی چمن در طول دوره آزمایش

Archive of SID
www.SID.ir

غلظت رسوب: آمار توصیفی داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت رسوب رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین، تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری (P=0.01) غلظت رسوب بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر مورد آزمایش نشان داد. به‌طور کلی متوسط غلظت رسوب رواناب خروجی از کرت‌ها تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بیش از متوسط این مقدار در کرت‌های تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال است (جدول ۵).

جدول ۴- آمار توصیفی داده‌های غلظت رسوب رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

تیمار	میانگین (gl^{-1})	انحراف معیار	میانه	ضریب چولگی	حداقل	حداکثر
			دوره بازگشت ۲۵ سال			
شاهد	۵۶/۳۵	۱۸/۳۲	۵۵/۲۴	۰/۹۷	۴۲/۵۱	۹۷/۳۰
وتیور	۱۸/۶۰	۵/۵۷	۱۰/۷۱	۱/۵۶	۶/۷۶	۲۷/۶۱
چمن	۶/۷۶	۹/۵۶	۲۱/۱۳	-۰/۰۴	۶/۲۰	۳۳/۸۱
			دوره بازگشت ۱۰۰ سال			
شاهد	۳۲۲/۴۵	۸۷/۹۲	۲۷۰/۵۸	۰/۰۲	۱۱۵/۲۳	۴۱۴/۰۲
وتیور	۱۶۴/۴۵	۳۸/۲۵	۱۳۵/۴۳	-۰/۵۵	۶۱/۲۷	۱۸۷/۰۲
چمن	۶۴/۴۹	۷۵/۴۴	۲۰۳/۱۴	-۰/۵۷	۴۸/۳۷	۲۶۱/۱۸

جدول ۵- مقادیر میانگین غلظت رسوب رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

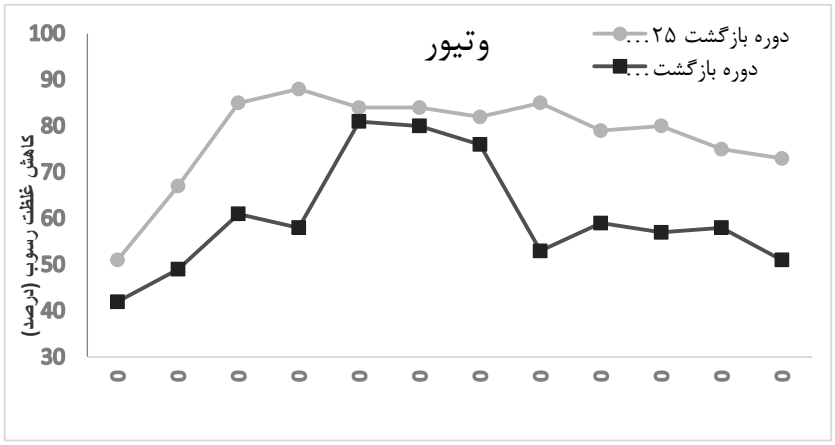
ماه	بهمن ۹۳	اسفند ۹۳	فروردین ۹۴	اردیبهشت	خرداد ۹۴	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴	دی ۹۴
تیمار						غلظت رسوب (gl^{-1})						
						دوره بازگشت ۲۵ سال						
شاهد	۵۶/۳۵	۵۳/۶۱	۴۲/۵۱	۶۰/۵۵	۸۶/۲۹	۹۷/۳	۵۴/۱۳	۹۵	۴۴/۸۳	۴۹/۰۷	۵۳/۶۳	۵۶/۹۷
وتیور	۲۷/۶۱	۱۸/۶۰	۸/۴۵	۶/۷۶	۹/۰۲	۹/۰۲	۱۰/۱۴	۸/۴۵	۱۱/۸۳	۱۱/۲۷	۱۴/۰۹	۱۵/۲۱
چمن	۲۰/۲۹	۶/۲۰	۶/۷۶	۹/۰۲	۱۱/۸۳	۱۵/۷۸	۲۲/۵۴	۲۱/۹۸	۲۷/۶۱	۳۱/۵۶	۳۱/۵۶	۳۳/۸۱
						دوره بازگشت ۱۰۰ سال						
شاهد	۳۲۲/۴۵	۳۰۰/۳۵	۲۷۷/۶۶	۲۹۰/۲۷	۲۱۳/۵۹	۱۱۵/۲۳	۱۱۸/۴۶	۲۹۶/۶۶	۴۱۴/۰۲	۲۶۳/۵۰	۱۳۸/۷۵	۱۸۲/۶۶
وتیور	۱۸۷/۰۲	۱۶۴/۴۵	۱۲۵/۷۶	۱۳۵/۴۳	۶۱/۲۷	۶۴/۴۹	۷۷/۳۹	۱۵۱/۵۵	۱۳۲/۲۰	۱۳۸/۶۵	۱۳۵/۴۳	۱۵۸
چمن	۲۲۲/۴۹	۴۸/۳۷	۶۴/۴۹	۷۷/۳۹	۱۴۵/۱۰	۱۹۰/۲۵	۱۶۴/۴۵	۲۱۶/۰۴	۲۴۸/۲۹	۲۵۷/۹۶	۲۵۱/۵۱	۲۶۱/۱۸

همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد، کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال در کاهش غلظت رسوب در کلیه نوبت‌های نمونه‌برداری بالاتر از کارایی نوارهای حائل وتیور تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بوده است. همچنین، کارایی نوارهای حائل وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال در طول دوره آزمایش نوسانات کمتری نسبت به دوره بازگشت ۱۰۰ سال نشان داد. همچنین، نتایج نشان دهنده این هستند که در این بخش نیز کارایی نوارهای حائل گیاهی در دوره خواب گیاه وتیور تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد. بهترین کارایی در کاهش غلظت رسوب نیز تقریباً در زمان مشابه کاهش حجم رواناب اتفاق افتاد.

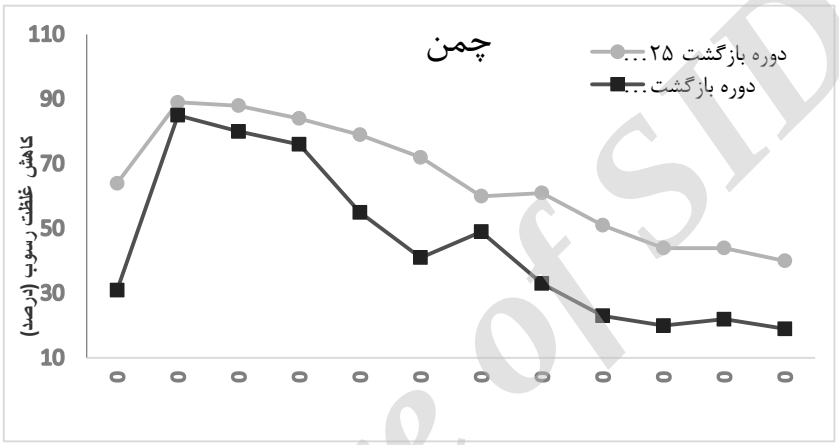
به مانند نوارهای حاوی وتیور، در تیمار چمن نیز کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب در کرت‌های تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال در کل طول دوره آزمایش، بالاتر از نوارهای حاوی چمن تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بود. نکته قابل توجه این‌که در هر دو شدت رواناب مورد آزمایش، کارایی نوارهای حائل حاوی چمن در کاهش غلظت رسوب در ماه دوم به بیشینه رسیده، پس از آن یک روند نزولی را در پیش گرفت که این روند تا پایان دوره آزمایش ادامه یافت (شکل ۷).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶- تغییرات میزان کاهش غلظت رسوب به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی وتیور در طول دوره آزمایش



شکل ۷- تغییرات میزان کاهش غلظت رسوب به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی چمن در طول دوره آزمایش

غلظت نیترات: با توجه به جدول ۶، می‌توان دریافت که در این بخش نیز مقدار متوسط غلظت نیترات خروجی از کرت‌های آزمایشی در نوارهای حائل گیاهی تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال برای هر دو گونه گیاهی مورد مطالعه بیش از متوسط این مقدار در کرت‌های تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال است. همچنین، تیمارهای وتیور و چمن به‌طور معنی‌داری غلظت نیترات کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (P=0.01). جدول ۷ نیز آمار توصیفی داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت فسفات رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی را ارائه می‌دهد.

جدول ۶- مقادیر میانگین غلظت نیترات رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

ماه	بهمن ۹۳	اسفند ۹۳	فروردین ۹۴	اردیبهشت	خرداد ۹۴	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴	دی ۹۴
تیمار	غلظت نیترات (mgl^{-1})											
	دوره بازگشت ۲۵ سال											
شاهد	۱۲/۲۳	۱۱/۷۸	۹/۴۸	۱۰/۲۱	۱۱/۵۳	۱۱/۶۸	۹/۶۵	۱۰/۴۴	۸/۹۲	۹/۲۵	۹/۳۹	۱۰/۶۳
وتیور	۶/۲۴	۴/۱۶	۲/۴۵	۲/۰۸	۲/۴۵	۲/۵۷	۲/۸۱	۲/۹۴	۳/۴۲	۳/۶۷	۴/۱۶	۴/۰۴
چمن	۴/۱۶	۲/۹۴	۲/۳۲	۲/۲۰	۲/۹۴	۳/۷۹	۵/۲۶	۵/۵۰	۶/۲۴	۷/۲۲	۷/۴۶	۷/۴۶
	دوره بازگشت ۱۰۰ سال											
شاهد	۴۴/۲۰	۴۳/۴۳	۴۸/۳۴	۴۴/۳۷	۳۱/۱۲	۲۲/۴۴	۳۱/۵۰	۴۰/۵۸	۴۵/۰۳	۳۸/۱۳	۳۲/۴۱	۲۹/۱۸
وتیور	۲۸/۷۳	۲۵/۶۴	۲۱/۶۶	۱۹/۴۵	۱۰/۱۷	۱۲/۳۸	۱۳/۷۰	۱۲/۸۲	۱۵/۹۱	۲۱/۶۶	۱۹/۴۵	۲۳/۴۳
چمن	۳۲/۷۱	۲۲/۵۴	۱۱/۰۵	۱۵/۴۷	۱۳/۲۶	۲۲/۹۸	۲۱/۶۶	۲۱/۶۶	۳۵/۳۶	۳۳/۵۹	۳۳/۶	۳۳/۱۵

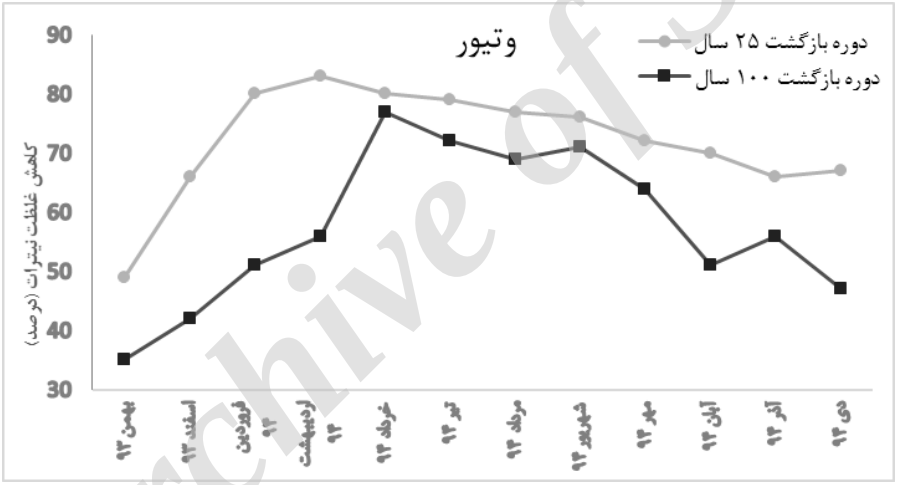
Archive of SID

www.SID.ir

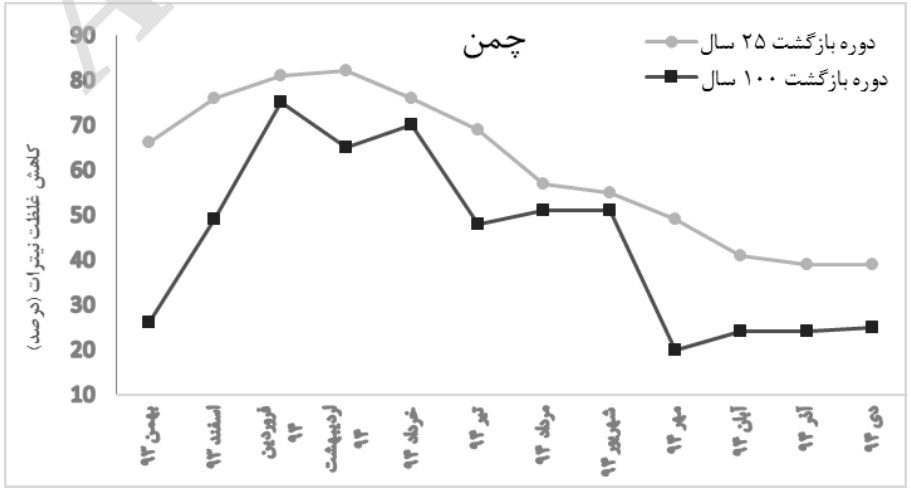
جدول ۷- آمار توصیفی داده‌های غلظت نیترات رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

تیمار	میانگین (mgl^{-1})	انحراف معیار	میانه	ضریب چولگی	حداقل	حداکثر
			دوره بازگشت ۲۵ سال			
شاهد	۱۲/۲۳	۱/۰۹	۱۰/۳۳	۰/۲۵	۸/۹۲	۱۲/۲۳
وتیور	۴/۱۶	۱/۱۰	۳/۱۸	۱/۱۶	۲/۰۸	۶/۲۴
چمن	۲/۳۲	۱/۹۲	۴/۷۱	۰/۱۱	۲/۲۰	۷/۴۶
			دوره بازگشت ۱۰۰ سال			
شاهد	۴۴/۲۰	۷/۶۹	۳۹/۳۶	-۰/۴۰	۲۲/۴۴	۴۸/۳۴
وتیور	۲۵/۶۴	۵/۵۵	۱۹/۴۵	۰/۱۱	۱۰/۱۷	۲۸/۷۳
چمن	۱۱/۰۵	۸/۳۵	۲۲/۷۶	-۰/۱۹	۱۱/۰۵	۳۵/۳۶

بررسی نتایج محاسبه کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و همچنین، چمن در کاهش غلظت نیترات نیز روندی تقریبا مشابه نتایج غلظت رسوب نشان می‌دهد، با این تفاوت که میانگین کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب مقداری از کارایی آن‌ها در کاهش غلظت نیترات بیشتر می باشد (شکل‌های ۸ و ۹). همچنین، نوسانات شدید در کرت‌های تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال پابرجاست.



شکل ۸- تغییرات میزان کاهش غلظت نیترات به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی وتیور در طول دوره آزمایش



شکل ۹- تغییرات میزان کاهش غلظت نیترات به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی چمن در طول دوره آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت فسفات: نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که مقدار متوسط غلظت فسفات خروجی از کرت‌های آزمایشی در نوارهای حائل گیاهی تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال برای هر دو گونه گیاهی مورد مطالعه بیش از متوسط این مقدار در کرت‌های تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال است (جدول ۸) که این اتفاق برای هر چهار پارامتر مورد مطالعه (حجم رواناب، غلظت رسوب، غلظت نیترات و غلظت فسفات) رخ داد. همچنین، تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری غلظت فسفات بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر نشان داد (P=0.01). در جدول ۹ نیز آمار توصیفی داده‌های غلظت فسفات رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی ارائه شده است.

جدول ۸- مقادیر میانگین غلظت فسفات رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

ماه	بهمن ۹۳	اسفند ۹۳	فروردین ۹۴	اردیبهشت ۹۴	خرداد ۹۴	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴	دی ۹۴
تیمار	غلظت فسفات (mgl^{-1})											
	دوره بازگشت ۲۵ سال											
شاهد	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۳
وتیور	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۵
چمن	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۵
	دوره بازگشت ۱۰۰ سال											
شاهد	۱/۳۰	۱/۱۹	۱/۴۹	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۸۶	۰/۶۹	۰/۵۶	۰/۵۲
وتیور	۰/۹۴	۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۶۱
چمن	۱/۰۵	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۶۰	۰/۶۲	۰//۸۳	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۴	۱/۰۳

جدول ۹- آمار توصیفی داده‌های غلظت فسفات رواناب خروجی در سه تیمار مورد بررسی

تیمار	میانگین (mgl^{-1})	انحراف معیار	میانه	ضریب چولگی	حداقل	حداکثر
		دوره بازگشت ۲۵ سال				
شاهد	۰/۴۳	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۴۳
وتیور	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۶۸	۰/۰۶	۰/۱۸
چمن	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۴۲	۰/۰۹	۰/۲۵
		دوره بازگشت ۱۰۰ سال				
شاهد	۱/۳۰	۰/۳۰	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۵۲	۱/۴۹
وتیور	۰/۶۴	۰/۱۹	۰/۵۱	۰/۷۱	۰/۲۶	۰/۹۴
چمن	۰/۴۸	۰/۲۳	۰/۷۳	-۰/۰۶	۰/۳۸	۱/۰۵

با توجه به شکل‌های ۱۰ و ۱۱ بایستی اشاره کرد که در این بخش نیز کارایی نوارهای حائل برای هر دو گونه گیاهی مورد مطالعه تحت هر دو شدت رواناب در این آزمایش روندی مشابه غلظت رسوب و همچنین، نیترات نشان می‌دهد.

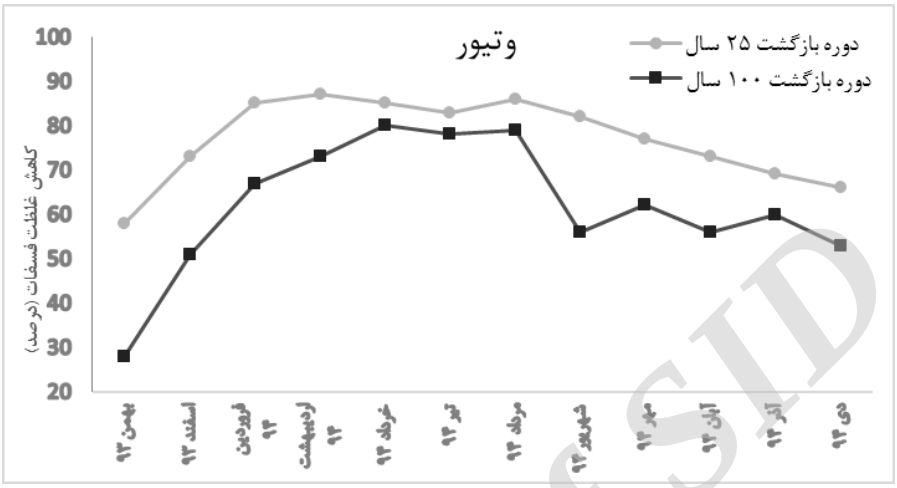
با مقایسه عملکرد نوار حائل گیاهی چمن و وتیور مشاهده می‌شود که نوار حاوی چمن تقریباً در سه ماه ابتدای آزمایش کارایی بیشتر یا در ماه سوم برابر با نوار حاوی وتیور گراس در کاهش آلاینده‌های مورد مطالعه ارائه کرده است که در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

همان‌طور که نتایج نشان داد، کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و همچنین، چمن تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال در کاهش کلیه آلاینده‌های مورد مطالعه و همچنین، حجم رواناب خروجی از کرت‌ها در کلیه نوبت‌های نمونه‌برداری بالاتر از نوارهای حائل گیاهی تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بود. دلیل این موضوع وجود فرصت بیشتر برای نفوذ رواناب و همچنین جذب آلاینده‌ها به‌وسیله گیاهان نوار حائل برای رواناب با شدت کمتر می‌باشد که این نتیجه با نتایج Barlin (۱۹۹۴) مطابقت دارد. همچنین، کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه تحت رواناب

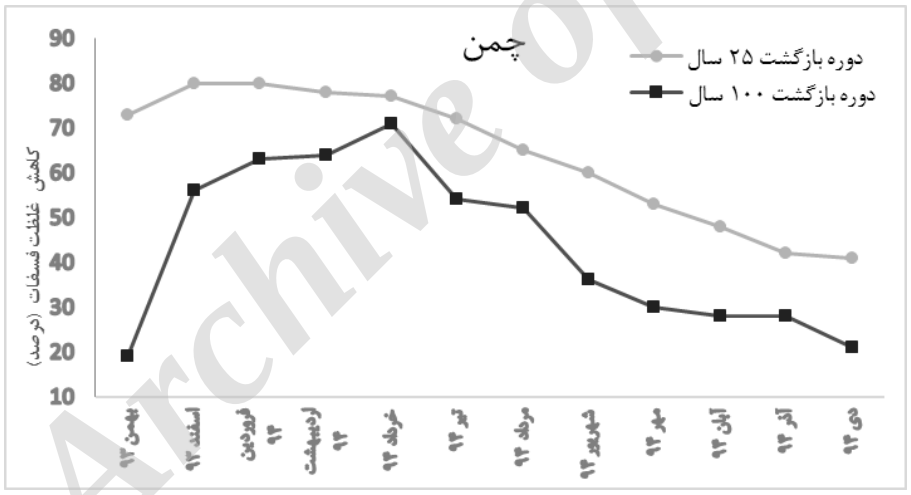
Archive of SID

www.SID.ir

با دوره بازگشت ۲۵ سال در طول دوره آزمایش روند منظم‌تری نسبت به دوره بازگشت ۱۰۰ سال نشان داد و از نوسانات کمتری برخوردار بود، بنابراین می‌توان گفت که کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت و کمیت رواناب تحت رواناب‌های شدید، کمتر تحت تأثیر خصوصیات نوار حائل و مرحله رشد گیاه آن است و خصوصیات جریان نقش مهمتری ایفا می‌کند که این نتایج نیز با نتایج به‌دست آمده به‌وسیله Borina و همکاران (۲۰۰۵) و Leeds-Harrison و همکاران (۱۹۹۹) هم‌سو است.



شکل ۱۰- تغییرات میزان کاهش غلظت فسفات به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی وتیور در طول دوره آزمایش



شکل ۱۱- تغییرات میزان کاهش غلظت فسفات به‌وسیله نوار حائل گیاهی حاوی چمن در طول دوره آزمایش

با نگاهی به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که دو ماه پس از کاشت گیاهان، نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش، تأثیر 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 (Patty و همکاران، ۱۹۹۷؛ Lee و همکاران، ۲۰۰۳؛ Hay و همکاران، ۲۰۰۶؛ Mankin و همکاران، ۲۰۰۷؛ Duchemin و Hogue، ۲۰۰۹؛ Borin و همکاران، ۲۰۱۰؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، بهترین کارایی در کرت‌های حاوی وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۲۵ سال در ماه‌های چهارم و پنجم و ششم که گیاه وتیور به بیشینه رشد و سطح پوشش خود رسیده است، اتفاق افتاد. در کرت‌های حاوی وتیور تحت رواناب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال نیز بالاترین کارایی در ماه ششم آزمایش (تیر ماه) دیده می‌شود. در چهار ماه پایانی آزمایش، یک روند نزولی در کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش حجم رواناب در کرت‌های

Archive of SID

www.SID.ir

تحت رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال مشاهده می‌شود، چرا که در این دوره زمانی گیاه وتیور در دوره خواب خود به سر می‌برد. نتیجه فوق برای رواناب حاصل از بارندگی با دوره بازگشت ۲۵ سال صادق نبود، بنابراین دوره خواب گیاه وتیور در میزان کارایی نوارهای حائل گیاهی در شدت‌های بالاتر رواناب در کاهش حجم رواناب تأثیرگذار است و موجب کاهش آن می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از آزمایشات صورت گرفته در کرت‌های حاوی چمن، حاکی از یک روند نزولی قابل توجه از ماه هفتم تا انتهای دوره آزمایش، در کارایی نوارهای چمن در کاهش حجم رواناب برای هر دو شدت رواناب مورد آزمایش است، که دلیل این موضوع را می‌توان کاهش سطح پوشش گیاه چمن در اثر چرای دام و پس از آن نامساعد شدن شرایط آب و هوایی برای رشد و بقای چمن ذکر کرد. نکته قابل توجه این‌که در هر دو شدت رواناب مورد آزمایش، کارایی نوارهای حائل حاوی چمن در کاهش غلظت رسوب در ماه دوم به بیشینه رسیده، پس از آن یک روند نزولی را در پیش گرفت که این روند تا پایان دوره آزمایش ادامه یافت. بنابراین، می‌توان دریافت که با گذشت زمان و تجمع رسوب در نوار حائل حاوی چمن، کارایی این نوع نوار حائل گیاهی کاهش می‌یابد که این اتفاق در نوارهای حائل حاوی وتیور بسیار کمتر احساس می‌شود. این نتیجه نیز با نتایج Osborne و Kovacic (۱۹۹۳)، Bhattarai و همکاران (۲۰۰۹) و Stutter و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. بنابراین، نوارهای حائل گیاهی می‌توانند به‌عنوان منبع مواد مغذی و رسوب نیز ایفای نقش نمایند.

با مقایسه عملکرد نوار حائل گیاهی چمن و وتیور مشاهده می‌شود که نوار حاوی چمن تقریباً در سه ماه ابتدای آزمایش کارایی بیشتر و یا برابر (در ماه سوم) با نوار حاوی وتیور گراس در کاهش آلاینده‌های مورد مطالعه ارائه کرده است. علت این موضوع، رشد سریع‌تر گیاه چمن نسبت به گیاه وتیور است، در حالی که از ماه سوم به بعد و با رشد گیاه وتیور و افزایش تراکم ساقه و قابلیت قابل توجه این گیاه در نگه‌داشت رسوب (Golabi و همکاران، ۲۰۰۵) و در نتیجه مواد مغذی چسبیده به ذرات رسوب، نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور کارایی بهتری در کاهش آلاینده‌های مورد مطالعه نشان دادند. همچنین، از ماه هفتم تا انتهای دوره آزمایش یک افت قابل توجه در کارایی نوارها در کاهش آلاینده‌های مورد مطالعه و همچنین، حجم رواناب در هر دو شدت رواناب به‌دلیل این کاهش سطح پوشش گیاه چمن در اثر چرای دام و پس از آن نامساعد شدن شرایط آب و هوایی برای رشد و بقای چمن مورد آزمایش قابل مشاهده است.

مقایسه نتایج اندازه‌گیری غلظت رسوب و غلظت نیترات نشان داد که کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش این دو آلاینده در طول دوره آزمایش روندی مشابه دارد، با این تفاوت که میانگین کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب مقداری از کارایی آن‌ها در کاهش غلظت نیترات بیشتر است. دلیل این موضوع محلول بودن نیترات در آب است و این‌که مقداری از نیترات محلول در آب به همراه آن به خارج از نوار حائل گیاهی انتقال می‌یابد. البته این نتایج نشان‌دهنده وابستگی غلظت نیترات به غلظت رسوب است که علت آن می‌تواند چسبیدن مواد مغذی به رسوبات ریزدانه باشد (Barling، ۱۹۹۴).

نتایج محاسبه کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت فسفات نیز برای هر دو گونه گیاهی مورد مطالعه، تحت هر دو شدت رواناب در این آزمایش، روندی مشابه غلظت رسوب و همچنین، نیترات در طول دوره آزمایش نشان می‌دهد. از آن‌جا که فسفات به مانند نیترات با چسبیدن به ذرات رسوب منتقل می‌شود (Barling، ۱۹۹۴)، این تشابه روند در کارایی نوارهای مورد مطالعه منطقی است.

همان‌طور که مشاهده شد، مرحله رشد و سن گیاه نقش قابل توجهی در کارایی نوار حائل گیاهی در کنترل غلظت رسوب دارد، به‌طوری که هر چه از زمان کاشت گیاهان سپری شد، گیاه وتیور با افزایش ارتفاع و درصد سطح پوشش خود عملکرد بهتری در کنترل غلظت آلاینده‌ها خصوصا رسوب معلق در مقایسه با دیگر نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش نشان داد که این نتیجه نیز با نتایج Borin و همکاران (۲۰۱۰) هم‌سو است. نوع گیاه استفاده شده در نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق نیز تأثیر قابل توجهی در نتایج به‌دست آمده و کنترل کیفیت و

Archive of SID

www.SID.ir

کمیت رواناب برجای گذاشت که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده به‌وسیله Mankin و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

از نتایج پژوهش حاضر می‌توان دریافت که به‌منظور استفاده از نوارهای حائل گیاهی و حصول بیشینه کارایی در کاهش آلاینده‌های موجود در رواناب، این نوارها تا حد امکان نبایستی در مناطقی که امکان وقوع سیلاب‌های شدید در آن‌ها وجود دارد، نصب شوند و یا در صورت نصب، پیش از رسیدن رواناب به نوارهای حائل گیاهی به‌وسیله برخی اقدامات مکانیکی و یا بیولوژیکی از شدت آن کاسته شود. همچنین، استفاده از نوار حائل گیاهی حاوی وتیور در منطقه و اقلیم مورد مطالعه و یک گونه گیاهی با ویژگی‌های تراکم و یکنواختی چمن اما مقاوم‌تر در برابر تغییرات آب و هوایی و چرای دام و همچنین، سازگار با اقلیم منطقه، جهت افزایش هرچه بیشتر کارایی این نوارها توصیه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، نوارهای حائل گیاهی می‌توانند به‌عنوان منبع مواد مغذی و رسوب نیز ایفای نقش کنند که برداشت و کوتاه کردن دوره‌ای گیاه به‌عنوان راه‌کاری موثر به‌منظور مقابله با این موضوع توصیه می‌شود.

انجام تحقیقاتی در زمینه نفوذپذیری خاک تحت تأثیر نوارهای حائل گیاهی مختلف و تأثیر آن بر شدت تولید رواناب و همچنین، میزان جذب آلاینده‌ها به‌وسیله پوشش گیاهی در نوار حائل گیاهی، مطالعه گونه‌های گیاهی دیگر که خواص نگهداشت، نفوذ و جذب آلاینده‌ها را دارند و از خوش‌خوراکی کمتری برای دام برخوردارند. بررسی ارتباط بین شرایط مختلف اقلیمی، مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی بالادست نوارهای حائل گیاهی و کارایی این نوارها در کنترل کیفی و کمی رواناب نیز می‌تواند کمک شایانی به افزایش شناخت و تأثیر این نوارها در محافظت از آب و خاک در حوزه‌های آبخیز باشد.

منابع مورد استفاده

1. Babalola, O., K. Oshunsanya and K. Are. 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 and 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.
3. Bhattarai, R., P.K. Kalita and M.K. Patel. 2009. Nutrient transport through vegetative filter strip with subsurface drainage. Journal of Environmental Management, 90: 1868–1876.
4. Borin, M., M. Passoni, M. Thiene and T. Tempesta. 2010. Multiple functions of buffer strips in farming areas. European Journal of Agronomy, 32: 103–111.
5. Borina, M., M. Vianelloa, F. Moraria and G. Zaninb. 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.
6. Campo-Bescos, M.A., R. Munoz-Carpena, G.A. Kiker, B.W. Bodah and J.L. Ullman. 2015. Watering or buffering? Runoff and sediment pollution control from furrow irrigated fields in arid environments. Agriculture, Ecosystems and Environment, 205: 90–101.
7. Collins, R., A. Donnison, C. Ross and M. McLeod. 2004. Attenuation of effluent derived faecal microbes in grass buffer strips. New Zealand Journal of Agricultural Research, 47(4): 565-574.
8. Dabney, S.M. 2003. Encyclopaedia of water science. CRC Press, 1586 pages.
9. Delgado, A.N., E.L. Periago and F.D. Viqueira. 1995. Vegetated filter strips for wastewater purification: a review. Bioresource Technology, 51: 13-22.
10. Duchemin, M. and R. Hogue. 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.
11. Dunn, A.M., G. Julien, W.R. Ernst, A. Cook, K.J. Doe and P.M. Jackman. 2011. Evaluation of buffer zone effectiveness in mitigating the risks associated with agricultural runoff in Prince Edward Island. Science of the Total Environment, 409: 868–882.
12. Golabi, M.H., C. Iyekar, D. Minton, C.L. Raulerson and J.C. Drake. 2005. Watershed management to meet water quality standards by using the vetiver system in Southern Guam. AU Journal of Technology, 9(1): 63-70.

Archive of SID

www.SID.ir

13. Gvancheng, H. 2004. Consideration on the integrated watershed management in the western China. In the Proceeding of Symposium on Hydropower and Sustainable Development, 24-27.
14. Hay, V., W. Pittroff, E.E. Tooman and D. Meyer. 2006. Effectiveness of vegetative filter strips in attenuating nutrient and sediment runoff from irrigated pastures. Journal of Agricultural Science, 144: 349–360.
15. Hellberg, C., H.R. Easton and M.D. Davis. 2008. Integrated catchment management planning in Auckland, New Zeland, experiences and lessons learned. World Environmental and Water Resources Congress 2008 Ahupua'a.
16. Kelarestaghi, A.A., H. Ahmadi, A. Esmaeili Ori and J. Ghodusi. 2008. Comparison of runoff and sediment production in various agricultural landuse treatments. Watershed Management Science and Engineering, 2(5): 41-52 (in Persian).
17. Lam, Q.D., B. Schmalz and N. Fohrer. 2011. The impact of agricultural best management practices on water quality in a North German lowland catchment. Environmental Monitoring, 183: 351–379.
18. Lee, K.H., T.M. Isenhart and R.C. Schultz. 2003. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. Journal of Soil and Water Conservation, 58(1): 1-8.
19. Lee, K.H., T.M. Isenhart, R.C. Schultz and K.S. Mickelson. 1999. Nutrient and sediment removal by switchgrass and cool-season filter strips in central Iowa, USA. Agroforestry Systems, 44: 121-132.
20. Mankin, K.R., M.N. Daniel, J.B. Charles, L.H. Stacy and A.G. Wayne. 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.
21. Milan, M., A. Ferrero, M. Letey, F. De Palo and F. Vidotto. 2014. Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields. Journal of Environmental Science and Health, 48: 1021–1033.
22. Norris, V. 1993. The use of buffer zones to protect water quality: a review. Water Resource Management, 7: 257-272.
23. Osborne, L.L. and D.A. Kovacic. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. Freshmler Biology, 29: 243-258.
24. Otto, S., A. Cardinali, E. Marotta, C. Paradisi and G. Zanin. 2012. Effect of vegetative filter strips on herbicide runoff under various types of rainfall. Chemosphere, 88: 113–119.
25. Patty, L., B. Real and J. Gril. 1997. The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrate and soluble phosphorus compounds from runoff water. Journal of Pesticide Science, 49: 243-251.
26. 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).
27. Salehi, M.H., A. Esfandiarpoor Borujeni, R. Mohajer and M. Baqeri Bodagabadi. 2011. Supplementary water and soil conservation. PNU Press, 9 pages (in Persian).
28. Stutter, M., S. Langan and A. Lumsdon. 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.
29. Wang, L., J. Duggin and D. Nie. 2012. Nitrateenitrogen reduction by established tree and pasture buffer strips associated with a cattle feedlot effluent disposal area near Armidale, NSW Australia. Journal of Environmental Management, 99: 1-9.
30. Yuan, Y., R.L. Bingner and M.A. Locke. 2009. A review of effectiveness of vegetative buffers on sediment trapping in agricultural areas. Journal of Ecohydrology, 2: 321–336.

Archive of SID

www.SID.ir